

## Дети в поисках населенных звездных миров

Л. Н. Филиппова

Научно-культурный центр SETI, Москва

Научные направления SETI и METI открывают необозримые информационные просторы для педагогической работы с детьми. Одно из них — организация познавательных занятий в период летней школы “Здравствуй, Галактика!” в Пушчино, итогом которых является выбор школьниками звезд, подходящих для мониторинга с целью SETI на RT-22.

Отбор звезд для наблюдений по этой программе в 2003 г. был основан на популярной гипотезе о пересечении в “окне радиоконтакта” с внеземной цивилизацией, существующей у какой-либо из солнцеподобных звезд. В 2005 году этот подход был дополнен знакомством ребят с эволюцией звезд и обсуждением новой гипотезы о создании погибшими (или обреченными) инопланетными цивилизациями радиоизлучающих “электромагнитных памятников” в окрестностях субгигантов или красных гигантов, ранее бывших солнцеподобными звездами. Также впервые обсуждалась гипотеза о существовании радиационных цивилизаций на планетах у красных карликов.

Отобранные в рамках рабочих гипотез звезды наблюдались с участием школьников на RT-22 в 2003 и 2005 годах.

**THE CHILDREN SEARCHING FOR HABITABLE STELLAR WORLDS, by L.N.Filippova.** The SETI and METI science opens vast information scope for educational work with children. One of these directions is organization of cognitive lessons during the ‘Hello, Galaxy!’ Summer School in Pushchino: the result is schoolchildren’s choice of stars suitable for SETI monitoring on the RT-22 radio telescope.

In 2003 compilation of lists of stars for SETI monitoring was based on the popular hypothesis about crossing in the ‘radio contact window’ with an extraterrestrial civilization that may exist at a sunlike star. In 2005 this approach was supplemented with children’s acquaintance with stellar evolution and with discussion of a new hypothesis about creation of radioemitting ‘electromagnetic monuments’ by lost (or doomed) exoplanet civilizations at the periphery of subgiant or red giant stars that were sunlike but left the main sequence. For the first time the hypothesis about the existence of radio civilizations on planets of red dwarfs was discussed.

The stars selected in the framework of the working hypotheses were included in 2003 and 2005 into the RT-22 summer time monitoring, in which the schoolchildren took part.

Прошло 4 десятилетия с начала в 1960 году первых поисков внеземных цивилизаций, проводившихся Ф. Дрейком и его коллегами на радиотелескопе диаметром 26 метров в радиоастрономической обсерватории Грин Бэнк в США.

За истекшие годы проблема SETI укрепила за собой статус научного и экспериментального направления, привлекательного для исследователей во многих странах: США, Австралии, Франции, России, Канаде, ФРГ, Японии и др.

Стремление человечества к открытию внеземных цивилизаций инициировало отправку первых межзвездных радиопосланий с Земли с помощью передающих систем двух крупнейших радиоло-

каторов планеты. Это направление деятельности землян по аналогии с SETI получило краткое название METI (Messaging to ETI).

В 2001 году с Земли было отправлено к шести солнцеподобным звездам в радиусе 70 световых лет первое детское радиопослание “Здравствуй, Галактика!”, адресованное внеземным цивилизациям. Возраст создателей и отправителей этого радиопослания — 11-16 лет. Ясно, что получателями звездного Ответа (в самом оптимистическом варианте) будут уже новые поколения, и взрослых и детей.

Необозримые научно-культурные потенциалы SETI и METI открывают новые направления для

педагогической работы с детьми.

В наступившем XXI веке Пушчинская радиоастрономическая обсерватория предоставила уникальную возможность российским ребятам подключаться к романтике поиска сигналов из звездных миров с помощью профессионального радиотелескопа РТ-22.

Для педагогов эта возможность стала стимулом в поиске новых эффективных форм работы со школьниками в рамках 10-дневной работы летнего астрономического лагеря (г. Пушино).

Необходимость подготовки рабочего списка звезд для SETI-мониторинга на РТ-22 подсказала идею одной из таких новых форм работы.

Суть идеи — организовать процесс быстрого освоения школьниками астрономических знаний, необходимых для научно обоснованного выбора звезд-кандидатов SETI для развития у ребят познавательного интереса к проблеме поиска внеземных цивилизаций, личного участия в мониторинге и осмыслению его результатов.

Следует отметить, что 6 звезд северного неба уже получили статус избранниц для пушчинского мониторинга SETI, так как к ним со скоростью света летят сигналы первого детского радиопослания.

Насколько удачно были выбраны 6 звезд-адресатов, покажет будущее, а пока они включены в программы наблюдений некоторых радиотелескопов (в частности РТ-22 и РАТАН-600).

Очевидно, что список космических объектов для программ SETI должен совершенствоваться в свете новых идей и астрономических открытий (например, звезд с земноподобными планетами).

Во время работы школы-семинара “Здравствуй, Галактика!” в Пушино (летом 2003 и 2005 гг.) ребятам было предложено, независимо от уровня их астрономических знаний, объединиться в малые группы (по 3-5 человек), чтобы выбрать звезды для SETI-наблюдений на РТ-22.

В работе таких “звездных групп” в 2003 году участвовали ребята из Москвы, Пушчина, Серпухова и Калуги, а в 2005 году — из Москвы и Волгодонска. Они учились работать с базами астрономических данных в Интернете, получать информацию (из SIMBAD) о 5 разных звездах (всего рассматривались 30 разных звезд 6-ю группами). Каждая группа должна была предложить 1-2 для мониторинга. Вдохновляющим стимулом (как для педагога, так и для ребят) являлось личное участие в радиоастрономических наблюдениях на РТ-22 избранных звезд на волнах 1.35 см ( $H_2O$ ) и 8.2 мм ( $HC_3N$ ).

На работу по выбору звезд отводилась одна вводная лекция и два двухчасовых занятия для самостоятельной работы групп и подготовке к итоговому докладу.

Далее участникам предстояла практическая работа в качестве сменных наблюдателей в течение 2-суточного мониторинга на РТ-22, включавшего наблюдения “своих” звезд.

В условиях ограниченности времени для занятий, разного уровня астрономических знаний ребят и очень широкого диапазона научных подходов к проблеме поиска внеземных цивилизаций, сложная задача выбора звезд для реальных наблюдений SETI требовала использования оптимальной педагогической стратегии. В нее были включены:

- разработка и использование специальных учебно-методических пособий, необходимых для быстрого погружения ребят в тему “Звезды для SETI” и освоения необходимых астрономических знаний;

- проблемная постановка ряда вопросов, активизирующая интерес к личному участию в работе по выбору звезд с использованием обоснованных критериев;

- организация выступлений по обоснованию выбора звезд-кандидатов SETI с целью активизации познавательного интереса ребят всех групп к полувыведенной программе для мониторинга и приобретения опыта научных дискуссий.

Для оптимизации погружения в информационное море астрономических понятий, необходимых для предстоящей работы, были разработаны и подготовлены раздаточные материалы.

#### Для каждого участника:

1. “Мини-словарь астрономических терминов”.
2. “Критерии выбора звезд-кандидатов SETI для летнего мониторинга в Пушино”.
3. “Анкета участника программы “Выбор звезд-кандидатов для SETI” в Пушино с заданиями для самостоятельной работы”.

#### Для каждой группы:

1. По 5 распечаток с информацией о 5 разных звездах-кандидатах SETI из астрофизической базы данных “SIMBAD”. Всего 30 распечаток о 30 звездах.
2. Набор звездных карт из “Атласа звездного неба 2000.0.”
3. По 2 подвижных карты звездного неба с нитью “небесного меридиана”.
4. Калькулятор.

Малое время (всего три практических занятия) требует от руководителя подготовки предварительного списка звезд, соответствующего научно обоснованным критериям их отбора. Так, в основу составления списков звезд для мониторинга SETI в 2003 году было заложено предположение о возможном пересечении в “окне радиоконтакта” с внеземной цивилизацией, существующей у какой-либо из близких солнцеподобных звезд, младших Солнца или старших его, но не более, чем на 2 млрд.

лет.

В 2005 году этот подход был дополнен обсуждением гипотезы о поиске “электромагнитных памятников” в радиодиапазоне погибших (или обреченных) цивилизаций в окрестностях красных гигантов, в которые превратились солнцеподобные звезды. Вспыхнувший к настоящему времени у некоторых исследователей интерес к некоторым красным карликам из солнечного окружения как объектам SETI стимулировал знакомство ребят и с этим классом звезд, чтобы активизировать их фантазию для обсуждения возможности существования жизни и разума в этих мирах.

Необходимо сделать пояснение относительно оптимального числа звезд-кандидатов SETI, которое определилось из практики и предлагалось для рассмотрения малым группам ребят. Как было сказано выше, группы формируются по желанию, в количестве до 5-6 школьников. Для мониторинга им надо выбрать 1-2 звезды в соответствии с принятыми критериями и подготовиться к защите своего решения. Если предложить список для рассмотрения, состоящий из трех звезд, ребята очень быстро выберут одну звезду для мониторинга, не задумываясь, насколько в действительности сложно выбрать несколько перспективных кандидатов SETI из десятков, сотен или тысяч звезд.

Если предложить для рассмотрения список из 10 и более звезд, то реализуется другая крайность: ребята не успевают осмыслить информацию о каждой звезде и остановить свой выбор на одном кандидате, подготовиться к защите, и тем более, выполнить другие задания и упражнения, разработанные специально с обучающей целью. Оптимальное, на наш взгляд, решение — подготовка списка из 5-6 звезд.

Приведем окончательно сложившуюся последовательность этапов организации учебно-познавательного процесса в течение 3 занятий:

1. Проблемная постановка задачи о выборе перспективных звезд кандидатов в ВЦ для мониторинга на РТ-22.

Формирование 5-6 “звездных групп” из ребят, желающих включиться в эту работу.

“Информационная загрузка” астрономическими понятиями, необходимыми для предстоящей работы.

2. Знакомство с предлагаемыми критериями выбора солнцеподобных звезд для SETI на РТ-22. Обсуждение их. Работа по обучающим заданиям.

3. Организация работы в каждой малой группе по анализу данных списка из 5 звезд для выбора одной звезды-кандидата SETI. Письменное обоснование выбора для его публичной защиты.

Итог работы: доклад по обоснованию выбора звезды для включения в мониторинг (защита).

При возможности, предпочтительнее проводить защиту в особое время, выделенное в расписании школы-семинара SETI. Это позволяет руководителю и группам творчески подготовиться: иметь время для обсуждения предлагаемых звезд и дискуссий; использовать демонстрационные и фантастические рисунки, сделанные ребятами; создать атмосферу ожидания волнующего события при передаче данных об избранных звездах научному руководителю мониторинга SETI на РТ-22 для составления расписания.

Методические замыслы педагога не ведомы детям и не представляют никакого интереса для детей. Им интересно узнать что-то новое и захватывающе воображение о звездах и инопланетянах, прочувствовать романтику участия в мониторинге на профессиональном радиотелескопе, ощутить уверенность в возможности открытия внеземной цивилизации. В то же время они вполне осознают, что такое событие может и не произойти.

Задача выбора звезд для SETI на 90% сводится к осмыслению огромного количества цифр и данных о звездах из таблиц каталогов по рабочим критериям. В результате чего, образ сверкающего, вызывающего восторг души светила на небе, преобразуется в понятийно-числовой: спектр, численные значения визуальной и абсолютной величин, светимости, параллаксы и т.д.

В связи с этим, перед руководителем занятий встает задача найти вариант двух практических занятий с погружением в необходимую числовую информацию равноценный двум занимательным лекциям. Выяснилось, что это удастся сделать, если технология проведения первого (вводного) занятия приведет ребят к осознанию значимости выбора звезд для реального научного эксперимента и большой ответственности, на них возложенной.

Ниже приводится сокращенное описание нашего опыта организации учебно-познавательной деятельности школьников, ориентированной на конкретную и важную задачу для SETI – научно обоснованный выбор звезд для мониторинга на РТ-22.

#### **Фрагменты занятия 1**

Первое занятие начиналось с постановки следующих вопросов:

Существует ли разумная жизнь во Вселенной? Если существует, можно ли с помощью радиотелескопа принять передачи разумных существ из звездных миров?

Самый первый проект поиска внеземных цивилизаций назывался “ОЗМА” и представлял собой систематический поиск радиосигналов разумных существ на волне 21 см с помощью высокочувствительной аппаратуры 26-метрового радиотелескопа в Грин Бэнк (США). Руководителем проекта был молодой американский радиоастроном Фрэнк

Дрейк. Первые звезды, на которые в мае, июне и июле 1960 года направлялся радиотелескоп, относились к солнечному типу, были близкими и назывались  $\epsilon$  Эридана (10.5 св.лет) и  $\tau$  Кита (12 св.лет)... Звезды молчали.

За 4 минувших десятилетия на Земле во многих странах были проведены радиопрослушивания тысяч звезд. Разумные сигналы не обнаружены. Причины тому могут быть самые разные.

Но для оптимистов, желающих включиться в поиск внеземного разума, отрицательный результат проведенных наблюдений не является преградой. Наоборот, сохраняется шанс стать первооткрывателями звездного мира с разумными обитателями!

Такой замечательный шанс дает чувствительная аппаратура радиотелескопа диаметром 22 метра в Пуццино!

Итак, что нам дано и что необходимо сделать?

Дано: радиотелескоп РТ-22 для мониторинга космических объектов на длине волны 1.35 см (радиодлина воды).

Вопрос: куда нужно навести антенну РТ-22, чтобы вероятность обнаружения ЕТІ не равнялась нулю? Ответ необходимо аргументировать.

Какими могут быть конкретные предложения?

(Ребята активизируются и высказывают свои предложения, которые критически оцениваются товарищами и дополняются педагогом).

Вот некоторые из обсуждавшихся предложений:

### **Предложение 1**

Наводить РТ-22 поочередно на яркие и красивые звезды ночного неба.

Были названы известные яркие звезды: Сириус, Вега, Альтаир, Капелла...

Яркие и прекрасные звезды с древних времен были знаковыми для людей... Им присваивались имена, с ними связывались легенды и сказания, к ним устремлялись вопросы, фантазии, мечты... В том числе, и мечты о Звездном Братстве.

Астрономические исследования выявили свойства ярких звезд, сильно уменьшающие оптимизм по отношению к возможности существования там планет, населенных разумными существами. (Приводятся данные о светимости в сравнении с Солнцем).

Знакомство с данными о знаменитых ярких звездах неба, приводит к мысли поискать другие подходы к выбору звезд-кандидатов для SETI.

### **Предложение 2**

Наводить РТ-22 поочередно на самые близкие звезды.

Самая близкая к нам звезда — Солнце. Значит ли это, что в поисках внеземных разумных существ надо направить радиотелескоп на Солнце?

Самая близкая звезда из солнечного окружения, расположенная на расстоянии 4.3 световых года, — звездная система из трех компонентов  $\alpha$  Центавра. Звездный мир неба южного полушария, недоступный для мониторинга в Пуццино.

На расстоянии 6 световых лет расположена вторая по удаленности звезда Барнарда.

Это красный карлик, имеющий светимость лишь 0.00043 от светимости нашего Солнца. И таких красных карликов в ближайшем окружении Солнца довольно много.

Исследования близкого красного карлика спектрального класса М звезды Gliese 876 из созвездия Водолея указали на существование, по меньшей мере, трех планет. Самая близкая — почти в 20 раз ближе к своему светилу, чем Меркурий к Солнцу, имеет массу в шесть раз большую массы Земли. Малая масса планеты указывает, что она, скорее всего, относится к типу земноподобных, т.е. по составу похожа на внутренние планеты нашей Солнечной системы. Оборот вокруг центральной звезды она совершает всего за 2 суток! Эта планета не слишком хорошее место для жизни, она настолько близка к звезде, что ее поверхностная температура достигает 200 градусов Цельсия. Две другие планеты имеют массы, сравнимые Юпитером, и тоже обращаются вокруг центрального светила по своим орбитам за очень короткое время — 30 и 60 суток. А планеты, по массам сравнимые с нашей Землей, пока не доступны обнаружению.

Еще один пример — красного карлика с планетой. Если 33.3 года лететь со скоростью света к звезде Gliese 436 из созвездия Льва с массой 0.4 и светимостью 0.0045 солнечных, то можно попасть на планету с продолжительностью года всего в 2 суток 15.5 часов! Есть ли там планеты, подобные нашей Земле, пока не известно.

По земным представлениям на планетах у таких звезд очень мала вероятность зарождения форм жизни, подобных земным. Однако есть много оптимистов из научного мира, считающих, что на планетах с благоприятными условиями вокруг звезд красных карликов тоже могла бы зародиться жизнь и, как знать, даже достичь уровня разумной и проявляющей себя в радиодиапазоне.

Как Вы считаете, стоит в звездную программу мониторинга на РТ-22 включить 1-2 карликов?

Они очень близки и, возможно, готовят для исследователей открытие!

### **Предложение 3**

Наблюдать на РТ-22 те звезды, около которых обнаружены экзопланеты.

Это предложение заслуживает особого внимания и обсуждения.

В феврале 1996 г. американские ученые Джеффри Марси и Пол Батлер сообщили об обнаружении планеты у звезды 47 Б.Медведицы, а в августе — об открытии планеты у звезды  $\nu$  Андромеды. Интересно, что через 3 года были открыты еще две планеты в системе  $\nu$  Андромеды, а в августе 2001 года была открыта вторая планета у 47 Б.Медведицы.

Во времени работы школы “Здравствуй, Галактика!” в Пушкино в конце июня 2003 года были известны 94 звезды со 108 планетами, к середине июня 2005 года число первых увеличилось до 136, а число известных внесолнечных планет до 154.

В интернете есть замечательный сайт <http://exoplanet.eu/catalog.php>, где размещен каталог внесолнечных планет и знакомство с ним исключительно интересно.

Однако следует иметь в виду, что современные методы поиска позволяют обнаруживать лишь массивные газовые планеты, похожие на Юпитер.

Открытие земноподобных планет — дело космических телескопов будущего.

И возможно, лучшими кандидатами являются звезды, у которых не обнаружены массивные “горячие юпитеры”. Также как и Солнце, они имеют относительно широкие “пояса жизни” (экосферы), достаточно долго находятся на главной последовательности и проживут еще миллиарды лет. Светимости и другие параметры этих звезд позволяют на планетах, предположительно сформировавшихся в экосферах, иметь благоприятные условия для эволюции жизни и разума. По мнению многих ученых, звезды солнечного типа заслуживают серьезного внимания как перспективные кандидаты SETI.

Таким образом, мы подошли к формулировке четвертого предложения.

#### **Предложение 4**

Наблюдать с помощью РТ-22 ближайшие солнцеподобные звезды.

Напомним, что в самом первом историческом эксперименте SETI Дрейка изучались именно ближайшие солнцеподобные звезды  $\tau$  Кита и  $\epsilon$  Эридана, но сигналы их гипотетических обитателей не были обнаружены. . .

Причин тому может быть много. . . Вот лишь одна (!) из них: возможно, звездные миры с ETI удалены от Солнца и от друг от друга на гораздо большие расстояния. . .

Следует отметить, что на звездном небе солнцеподобные звезды смотрятся очень скромно, ни одна из них не имеет красивого звездного имени, а в каталоги они занесены, как правило, просто

под номерами. Наше Солнце с разумными существами на планете Земля тоже смотрится скромно на небе других звезд. Даже на небе самой близкой системы  $\alpha$  Центавра наше Солнце займет восьмое место по яркости. . .

А вот еще одно, наверное, неожиданное для многих предложение.

#### **Предложение 5**

Наблюдать на РТ-22 звезду, которая ушла с главной последовательности, раздувшись в красного гиганта, неся гибель всему живому в ее планетной системе, включая разумную жизнь. . .

Вот два примера таких красных гигантов. Планета с массой около 11 масс Юпитера примерно на орбите Марса была заподозрена у Альдебарана,  $\alpha$  Тельца, одной из ярких и прекрасных звезд зимнего неба. Радиус Альдебарана в 45 раз больше солнечного и равен половине расстояния от Солнца до Меркурия. Светимость составляет 160 солнечных! Заподозрена планета и у другого красного гиганта —  $\iota$  Дракона, который излучает в 70 раз больше энергии, чем наше Солнце. Эти красные гиганты являются переменными.

Но такие звезды несут гибель цивилизации, возможно, появившейся в ходе эволюции жизни на планете, когда звезда была “нормальной”, похожей на наше Солнце. . . Ничто не вечно. Такая судьба уготована и земному человечеству через миллиарды лет, если оно не сможет переселиться на планеты у других солнц.

Человеку (обычному, не говоря уж о великих), прожившему, по обыкновению, не более 100 лет, родственники стремятся поставить памятники на века. . . Об ушедших в небытие земных цивилизациях помогают узнать долговечные исторические памятники — древние письмена на каменных плитах, наскальные рисунки, архитектурные сооружения. Информационная эра в развитии человечества открывает новые возможности сохранения памяти о себе. В том числе, и в радиодиапазоне. Самое первое межзвездное радиопослание с информацией о человечестве отправлено в 1974 году с гигантского радиотелескопа “Аресибо” к гипотетическим обитателям шарового скопления M13 в созвездии Геркулес, удаленного на 6.8 килопарсек. Радиопослание землян летит со скоростью света и сохранит информацию на протяжении 22200 лет, до прибытия к цели.

Можно предположить, что на окраине планетной системы красного гиганта или субгиганта обреченная на гибель цивилизация создала радиомаяк, питающийся миллионы лет энергией своего раздувающегося солнца и . . . информирующий разумных обитателей Галактики, о колыбели разума, судьбой которого распорядилось состарившее-

ся солнце...

Можно даже предположить, что с целью рационального расходования энергоресурсов и сообщения инопланетным цивилизациям расписания межзвездных передач, работа подобного радиомаяка будет синхронизирована с периодом переменности центрального светила, потерявшего свою стабильность... Ведь непрерывно работающий на протяжении миллионов лет передатчик трудно себе представить, — вряд ли такой где-либо создан.

Как вы думаете, в минимуме или максимуме яркости звезды стоит проводить мониторинг с целью радиопрослушивания?

А если звезда нестабильна и переменность ее нерегулярна?

(Высказываются предположения).

Итак, представлены гипотезы, для проверки которых надо выбрать самые интересные звезды, которых по-научному называют “кандидаты SETI”.

Вероятность обнаружения сигналов от внеземной цивилизации в процессе одного сеанса радиопрослушивания звезды очень мала, и в этом надо отдавать себе отчет!

Но она не равна нулю! Здесь главное, быть исследователем — оптимистом, настроенным на успех!

Ребятам предлагается объединиться в группы (независимо от уровня астрономических знаний) и выбрать наиболее привлекательную для своей группы гипотезу о типе звезды, в системе которой могла появиться на планете высокоразвитая внеземная цивилизация, посылающая радиосигналы.

Для того, чтобы справиться с поставленной задачей предлагается поработать с “Мини-словарем астрономических терминов”, разъясняющим такие понятия, как астрономическая единица, звездная величина визуальная и абсолютная, лучевая скорость, параллакс, парсек, световой год, светимость и др.

Ответы активных эрудированных школьников помогают другим заинтересоваться освоением сложных понятий и быстро подтянуться до необходимого уровня знаний.

### Фрагменты занятия 2

Сколько звезд и насколько далеких надо проанализировать, чтобы выявить из них самые перспективные кандидаты SETI?

Так, 100 ближайших к Солнцу звезд (самых разных по размерам, температурам, светимостям, возрасту жизни на главной последовательности) находятся в сфере радиусом 7.1 парсек или 23 световых года. В сфере 10 парсек (32.6 св. лет) открыты 163 одиночные звезды, 46 двойных, 13 тройных, 1 пятикратная система... продолжают обнаруживаться слабые коричневые карлики. В сфере ради-

усом 100 световых лет насчитывается уже около десяти тысяч звезд!

Становится очевидным, — для того, чтобы успеть сделать выбор звезд для мониторинга SETI к концу второго занятия необходимо руководствоваться рядом ограничений!

Какими могут быть эти ограничения? Например, взять для анализа не 1000 или 100 звезд, а 30 или даже по 5 для каждой группы...

Проверьте свои аналитические способности на 5 стоящих внимания кандидатах SETI, из которых для мониторинга надо выбрать лишь 1 звезду!

В конце концов, начав эту работу в Пушкино, вы можете продолжить ее дома и включить в дальнейшее рассмотрение любое количество звезд, данные о которых размещены в Интернете. А свои предложения представить руководителям школы “Здравствуй, Галактика!”

Целесообразно ввести ограничения и по расстояниям, например, чтобы звезды были не дальше 100 световых лет от Солнца...

Руководитель разъясняет необходимые понятия, активизирует интерес к ним с помощью опроса ребят и говорит о том, что новые астрономические открытия и новые гипотезы о местах обитания высокоразвитых внеземных цивилизаций могут привести изменения в критерии для выбора звезд или других объектов для SETI.

## КРИТЕРИИ ВЫБОРА

**солнцеподобных ЗВЕЗД-кандидатов SETI для летнего мониторинга — 2005 в Пушкино**

1. Звезда должна принадлежать к главной последовательности (V) и иметь постоянную светимость ( $L_*$ ), допускающую наличие у звезды “экосферы”(“пояса жизни”);

**априорно приняты ограничения:  $0.7L_{\odot} < L_* < 2.7L_{\odot}$** , что вместе соответствует спектральным классам звезд-кандидатов в интервале от **F7V - F8V до G8V**.

2. **Возраст звезды  $T_*$**  (время прожитой жизни на главной последовательности): **4 млрд.лет  $\leq T_* \leq 7-8$  млрд.лет.**

Предпочтительны звезды с возрастом, превышающим возраст Земли (4.6 млрд.лет).

3. Из рассмотрения желательно исключать высокоскоростные звезды, движущиеся быстрее 65 км/сек и выше.

4. Для звезд с экзопланетами предпочтения отдается тем из них, у которых эксцентриситеты орбиты планеты, проходящей внутри расчетной экосферы или в относительной близости от нее, не превышают 0.2, чтобы исключались разрушительные воздействия на гипотетически суще-

ствующие земноподобные планеты в зоне экосферы.

**5. Предпочтение отдается выбору одиночных звезд.** Однако, следует не исключать из рассмотрения и некоторые из близких визуально-двойных звезд с большими разделениями компонент.

**6. Звезды-кандидаты должны быть относительно близкими на расстояниях до 30 парсек ( $\sim 100$  св.лет).**

7. При анализе параметров звезды-кандидата для SETI следует **принимать во внимание близость звезды к выделенным на небе точкам** — к эклиптике, полюсам небесной сферы, центру или антицентру Галактики, близость звезды или ее проекции (и Солнца) к замечательным объектам Галактики.

**8. Звезды-кандидаты должны быть доступны наблюдениям на широте Пушино ( $54^\circ 49'$ ).**

Следует еще раз подчеркнуть, что новые астрономические открытия могут привести изменения в критерии для выбора звезд для SETI.

После знакомства и разъяснений предлагаемых критериев каждая “звездная группа” получает дополнительный раздаточный материал: распечатки данных из астрофизической базы SIMBAD интернета для 5 звезд кандидатов SETI, карты звездного атласа, подвижную карту звездного неба, включая анкеты участников программы “Выбор звезд-кандидатов SETI” с напечатанными в них заданиями.

#### Задания для групп.

1. Впишите в таблицу некоторые данные о 5 звездах из полученных распечаток.

2. По экваториальным координатам с помощью карт звездного атласа определите созвездия, в которых находятся звезды.

3. С помощью подвижной карты звездного неба определите видимость этого созвездия в Пушино над горизонтом после 18 часов (начало мониторинга по расписанию) и время его захода.

4. Определите время кульминации ярчайшей звезды этого созвездия.

5. По формуле  $\delta \leq - (90^\circ - \varphi)$  определите звезды из списка, которые могут наблюдаться в Пушино.

6. По данным о параллаксах определите расстояние до звезд в световых годах.

7. Выберите из предложенного списка одну звезду-кандидата SETI и письменно на обороте анкеты обоснуйте этот выбор.

Можно ли увидеть эту звезду невооруженным глазом?

Практическая работа с распечатками информации из Интернета, со звездными картами по за-

даниям анкеты помогает понять “образ звезды из чисел” и связать его с созвездием, видимостью на звездном небе, а при подключении воображения, и с образом звезды в сравнении с Солнцем по светимости, температуре, ширине пояса экосферы и другим характеристикам.

При возможности весьма желательно усилить “образы звезд”, посетив с ребятами сайт базы данных SIMBAD, и посмотреть фото со звездами Aladin Previewer и Aladin Java Applet.

Третье занятие посвящается самостоятельной работе каждой малой группы по анализу данных списка из 5 звезд для выбора одной звезды-кандидата SETI и его письменному обоснованию.

В рамках предлагаемых для ребят “гипотез” от руководителя требуется создание достаточно “добротного списка” звезд, представляющего научный интерес. Однако (по соображениям обучающего характера) в списки 5 звезд, предлагаемые группам, включались иногда звезды с заведомо “провокационными” данными, например, подходящие для SETI по всем параметрам, но не видимые на широте Пушино и др.

В гипотезы, предложенные автором, были заложены следующие три идеи: 1 — поиск внеземных цивилизаций у солнцеподобных звезд; 2 — поиск “радиомаяков-памятников” вблизи субгигантов и красных гигантов солнечных масс (принадлежит автору); 3 — гипотеза американских ученых из Института SETI, получившая признание у ряда ученых из России и других стран, о возможности существовании зон обитания вблизи красных карликов. Вторая и третья гипотезы впервые обсуждались с ребятами при подготовке мониторинга на РТ-22.

## ГИПОТЕЗА I

У солнцеподобных звезд существуют экосферы, где могли образоваться планеты с условиями, благоприятными для эволюции жизни и разума. Цивилизации, достигшие технического уровня, проявляют активность в радиодиапазоне (межзвездная радиосвязь, “шум” обитаемой планеты в радиодиапазоне). С некоторыми из подобных цивилизаций возможно “пересечение во времени” в “окне радиоконтакта”. Для анализа в рамках гипотезы предлагаются списки звезд-кандидатов SETI (Филиппова, 2001) (см. Табл.1 в Приложении), где приводятся некоторые данные — номер HD в порядке возрастания; визуальная звездная величина; спектральный класс; лучевая скорость в км/сек; возраст в млрд. лет из разных источников; расстояние в свет. годах; созвездие. Особо отмечены вспыхивающие и переменные звезды.

## ГИПОТЕЗА II

У солнцеподобных звезд, имевших обитаемые миры, но покинувших главную последовательность в процессе эволюции с переходом в фазу красных гигантов, в радиодиапазоне могут быть обнаружены трансляторы обреченных или погибших цивилизаций, передающие сигналы бедствия или межзвездные передачи, возможно, об истории и культуре своей цивилизации.

В рамках этой гипотезы был предложен список из семи субгигантов и пяти красных гигантов (см. Табл.2 и 3 в Приложении).

## ГИПОТЕЗА III

У красных карликов могут существовать планеты с подходящими условиями для возникновения и эволюции специфических форм жизни и разума, принципиально отличающихся от таковых у солнцеподобных звезд. Проявление деятельности таких цивилизаций в радиодиапазоне не исключается.

В рабочий список красных карликов входят 7 звезд (см. табл.4 в Приложении).

В заключение итогового третьего занятия каждая группа кратко представляла в письменном виде свое обоснование для включения одной избранной ими звезды в программу мониторинга РТ-22.

Более обстоятельно приоритет этой звезды для SETI обсуждался на защите предложений по программе наблюдений.

После защиты, на оборотной стороне листа распечатки с информацией о звезде из базы данных SIMBAD и точными координатами на 2000.0 ребята письменно указывали, что данная звезда предложена для мониторинга членами группы (записывали свои фамилии и расписывались), ставили дату и сдавали лист руководителю.

В качестве примера приведем только три самых кратких из письменных обоснований ребят:

Группа N 3 (2003 г.)

Участники:

1. Баринов Федор, 14 лет. Пущино.
2. Быховец Лев, 13 лет. Пущино.
3. Баринаева Вера, 16 лет. Пущино.

Предложили для SETI звезду HD 68017 из созвездия Рак.

“В качестве звезды-кандидата для мониторинга нами была выбрана звезда HD 68017 из Рака. И хотя ее светимость меньше солнечной (~ 0.8), она старше Солнца и, возможно, именно там есть обитаемая планета с разумными существами”.

Группа N 4 (2003 г.)

Участники:

1. Дмитриев Алексей, 12 лет. Москва.

2. Николаев Кирилл, 14 лет. Москва.

3. Рудик Дмитрий, 12 лет. Москва.

Предложили для SETI звезду HD 10307 из созвездия Андромеда.

“Выбрали звезду HD 10307 из Андромеды. Ее спектральный класс G1.5V, почти как у Солнца. Большая экосфера — от 1.1 до 1.5 астрономических единиц и возраст 7 миллиардов лет. Если там есть цивилизация, то она должна быть высокоразвита”.

Группа N 3 (2005 г.)

Участники:

1. Ерешко Максим, 17 лет. Зеленоград Московской обл.

2. Иммореев Алексей, 13 лет Москва

3. Саламатин Денис, 13 лет, Москва

Предложили для SETI звезду HD 9407 из созвездия Кассиопея.

“Мы думаем, что если не известно, есть ли у звезды планеты земного типа, то лучше всего выбрать звезду, по характеристикам как можно ближе к Солнцу. У HD 9407 светимость очень близка к Солнцу, а значит и экосфера по размерам как у Солнца. Возраст 5.6 млрд.лет близок к возрасту Солнца. Во время мониторинга эта звезда видна высоко над горизонтом в дневное время.”

Звезды HD 68017, HD 10307, HD 9407 и др. после публичного обоснования их выбора ребятами, были включены в программу мониторинга на РТ-22 (см. Табл.5 в Приложении).

В их число вошли и 6 звезд-адресатов детского межзвездного радиопослания “Здравствуй, Галактика!” (Филиппова, 2001).

Мониторинг на РТ-22 звезд-кандидатов SETI с участием школьников проводился в 2003 под руководством ст.н.с. ГАИШ, к.ф.м.н. Г.М.Рудницкого (2003), в 2005 году под руководством сотрудника ПРАО ФИАН, к.ф.м.н В.А. Самодурова.

Работая со списками, состоящими всего из 5 звезд, ребята на практике прочувствовали, сколь большой объем информации необходимо осмысливать, работая по проблеме SETI, и в частности, при составлении программы перспективных объектов для наблюдений. Но опыт получен. И несмотря на, казалось бы, на пугающее количество цифровых данных о звездах, в проведенной работе ребята участвовали с большим энтузиазмом и в сроки справились с поставленной задачей.

Летят сигналы первого детского радиопослания “Здравствуй, Галактика!” к 6 звездам, в выборе которых участвовали школьники. В Пущинской радиоастрономической обсерватории ребята участвуют в поисках звездных миров с внеземными цивилизациями.

XXI век открывает новые горизонты в космической педагогике.



Наш опыт помогает организовать деятельность ребят по подготовке к заинтересованному участию в радиоастрономических наблюдениях и активизируют познавательный интерес к звездным мирам, будущему Солнца, Земли, земной цивилизации и SETI.

### Список литературы

- Валенти Дж. А., Фишер Д.А. (Valenti J.A., Fischer D.A.), 2005, Spectroscopic properties of cool stars (SPOCS). I. 1040 F, G, and K dwarfs from Keck, Lick, and AAT planet search programs, *ApJS*, 159, 141-166
- Ибукияма А., Аримото Н. (Ibukiyama A., Arimoto N.), 2002, HIPPARCOS age-metallicity relation of the solar neighbourhood disc stars, *A & A*, 394, 927
- Ламберт Д.Л., Редди Б.Е. (Lambert D.L., Reddy B.E.), 2004, Masses, ages and metallicities of F-G dwarfs. Lithium abundances of the local thin disc stars, *MNRAS*, 349, 757-767
- Нордстром В. и др. (Nordstroem B., Mayor M., Andersen J., Holmberg J., Pont F., Jorgensen B.R., Olsen E.H., Udry S., Mowlavi N.), 2004, The Geneva-Copenhagen survey of the Solar neighbourhood. Ages, metallicities, and kinematic properties of  $\sim 14000$  F and G dwarfs, *A & A*, 418, 989
- Рудницкий Г.М., 2003, Вестник SETI, изд. Секции "Поиски внеземных цивилизаций" ИС по Астрономии РАН и НКЦ SETI, Москва, No.5/22-6/23. <http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/bulletin/23/1.2.html>
- Филиппова Л.Н., 2001, Московский открытый проект "Здравствуй, Галактика!" Труды школы-семинара. Евпатория, август- сентябрь. Выпуск 1. 2-е изд., с.130
- <http://lnfm1.sai.msu.ru/SETI/koi/articles/phil.html>