***Химический состав звёзд***

**По мере повышения температуры состав частиц, способных существовать в атмосфере звезды, конечно, упрощается. Спектральный**

**анализ звёзд классов О, B, A (температура от 50 000 до 10 000 С) показывает в их атмосферах линии ионизированных водорода и гелия и ионы металлов, в классе К (5000 С)обнаруживаются уже радикалы, а в классе М(3800 С) - даже молекулы оксидов.**

**В таблице 1 указаны более подробно соотношения между отдельными элементами, встречающимися в одном из звёздных классов, именно в классе В.**

**т а б л и ц а 1**

**Химический состав звёзд В** (относительные числа атомов)

**Элемент относительные количества атомов в звёздах**

τ**-Скорпиона** ξ **-Персея** γ **-Пегаса**

**Водород 8530 8300 8700**

**Гелий 1450 1700 1290**

**Углерод 2,0 1,5 3,3**

**Азот 3,1 1,7 0,9**

**Кислород 11,0 9,0 3,7**

**Фтор   -- -- 0,028**

**Неон 4,5 3,4 4,65**

**Магний 0,46 0,49 0,76**

**Алюминий 0,032 0,05 0,005**

**Кремний 0,75 0,77 0,094**

**Фосфор -- -- 0,0028**

**Сера -- 0,25 0,55**

**Хлор -- -- 0,014**

**Аргон -- -- 0,07**

**В таблице 1 указаны относительные числа. Это значит, что, например, в звезде** γ **- Пегаса на 8700 атомов водорода приходится 1290 атомов гелия,**

**0,9 атомов азота и т.д.**

**В списке звезд первых четырех классов преобладают линии водорода и гелия, но по мере понижения температуры появляются линии других элементов и даже линии, указывающие на существование соединений. Эти соединения еще очень просты. Это оксиды циркония, титана (класс М), а также радикалы CH, OH, NH, CH2, C2, C3, СаН и др. Наружные слои звезд состоят главным образом из водорода; в среднем на 10 000 атомов водорода приходится около 1000 атомов гелия, 5 атомов кислорода и менее одного атома других элементов.**

**Существуют звезды, имеющие повышенное содержание того или иного элемента. Так, известны звезды с по повышенным содержанием кремния (кремниевые звезды), звезды, в которых много железа (железные звезды), марганца (марганцевые), углерода (углеродные) и т. п. Звезды с аномальным составом элементов довольно разнообразны. В молодых звездах типа красных гигантов обнаружено повышенное содержание тяжелых элементов. В одной из них найдено повышенное содержание молибдена, в 26 раз превышающее его содержание в Солнце. Вообще говоря, содержание элементов, атомы которых имеют массу, большую массы атома гелия, постепенно уменьшается по мере старения звезды. Вместе с тем, химический состав звезды зависит и от местонахождения звезды в галактике. В старых звездах сферической части галактики содержится немного атомов тяжелых элементов, а в той части, которая образует своеобразные периферические спиральные « рукава » галактики, и в ее плоской части имеются звезды, относительно богатые тяжелыми элементами. Именно в этих частях и возникают новые звезды. Поэтому можно связать наличие тяжелых элементов с особенностями химической эволюции, характеризующей жизнь звезды.**

**Химический состав звезды отражает влияние двух факторов: природы межзвездной среды и тех ядерных реакций, которые развиваются в звезде в течение ее жизни. Начальный состав звезды близок к составу межзвездной материи - газо-пылевого облака, из которого возникла звезда. Газо-пылевое облако не везде одинаково. Вполне возможно, что звезда, появившаяся в определенном месте вселенной, окажется, например, более богатой тяжелыми элементами, чем та, которая возникла в ином месте.**

**Спектральное исследование состава звезд требует учета множества факторов, к ним относятся силы тяжести, температура, магнитные поля и т. п. Но даже при выполнении всех правил исследования все же данные кажутся неполными: ведь спектральный анализ относится к внешним, поверхностным слоям звезды. Что происходит в недрах этих далеких объектов, как будто недоступно для изучения. Однако опыт показал, что в спектрах звезд обнаруживаются явные признаки наличия тех элементов, которые являются продуктами ядерных реакций ( барий, технеций, цирконий) и могут образоваться только в глубинах звезды. Отсюда следует, что звездное вещество подвергается процессам перемешивания. С точки зрения физика, совместить перемешивание с равновесием своей огромной массы звездного вещества довольно трудно, но для химика данные спектроскопии представляют бесценный материал, так как они позволяют сделать обоснованные предположения о ходе ядерных реакций в недрах космических тел.**

**Анализ шаровых скоплений звезд в той части Галактики, которая отвечает наиболее старым звездам, показывает пониженное содержание тяжелых металлов (Л. Аллер). С другой стороны, если Галактика развивалась из газового облака, содержащего в основном водород, то в ней должны быть и чисто водородные звезды. К таким звездам относятся**

**Т а б л и ц а 2**

**Распространенность элементов у субкарликов.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Элемент** | **распространенность** | **распространенность** |
|  | **HD 140283** | **HD 19445** |
| **Углерод** | **3,40** | **2,25** |
| **Магний** | **1,87** | **0,58** |
| **Аргон** | **3,73** | **1,54** |
| **Кобальт** | **2,02** | **1,37** |
| **Скандий** | **2,34** | **1,84** |
| **Титан** | **1,72** | **1,20** |
| **Ванадий** | **1,76** | **1,93** |
| **Марганец** | **1,99** | **1,54** |
| **Железо** | **2,06** | **1,75** |
| **Никель** | **1,42** | **1,53** |

**субкарлики. Они занимают промежуточное место между звездами главной последовательности и белыми карликами. В субкарликах много водорода и мало металлов.**

**В таблице 8 (по Л. Аллеру) указаны логарифмы отношений чисел атомов данного элемента на Солнце к числам атомов этого же элемента у субкарликов (распространенность). Как видно, все эти числа больше нуля, т.е. Солнце богаче металлами, чем субкарлтки.**

**Что касается следов ядерных превращений, изменивших «химическое лицо» звезды, то эти следы бывают иногда очень отчетливыми. Так, существуют звезды, в которых водород превратился в гелий; атмосфера таких звезд состоит из гелия Возможно, что значительную роль в обогащении звезды (ее внешних слоев) гелием сыграло перемешивание звездного вещества. Так, А.А. Боярчук обнаружил 8 звезд, в которых содержание гелия было в 100 раз больше, чем содержание водорода, причем на 10 000 атомов гелия в этих звездах приходится лишь 1 атом железа. Одна из гелиевых звезд вообще не содержала водорода. Это наблюдается редко и, по-видимому, свидетельствует о том, что в звезде водород полностью израсходован в процессе ядерных реакций.**

**При тщательном изучении одной из таких звезд в ней были обнаружены углерод и неон, а также титан. У другой гелиевой звезды на 500 атомов гелия приходится углерода - 0.56, азота - 0.72, кислорода - 1.0, неона - 3.2, кремния - 0.05, магния - 0.5. Яркая двойная звезда в созвездии Стрельца - сверхгигант с температурой поверхности около 10 000° С - также является дефицитной по водороду: в ее спектре наблюдается четко выраженные линии гелия и очень слабые линии водорода. По - видимому, это те звезды, в которых водород уже выгорел в пламени ядерных реакций. Наличие в них углерода и азота дает возможность сделать обоснованные предположения о ходе ядерных реакций, доставляющих энергию и производящих ядра различных элементов.**

**Очень интересны углеродные звезды. Это звезды относительно холодные - гиганты и сверхгиганты. Их поверхностные температуры лежат обычно в пределах 2500 - 6000°С. При температурах выше 3500°С при равных количествах кислорода и углерода в атмосфере большая часть этих эламентов существует в форме оксида углерода со. Из других углеродных соединений в этих звездах найдены циан (радикал СN) и радикал СН. Имеется также некоторое количество оксидов титана и циркония, выдерживающие высокие температуры. При избытке водорода концентрация СN, СО, С2 будет относительно меньшей, а концентрация СН увеличится. Такие звезды (СН-звезды) встречаются наряду со звездами, в которых наблюдается дефицит водорода.**

**В одной из звезд было найдено повышенное отношение содержания углерода к содержанию железа: количество углерода в 25 раз превышало количество железа и в то же время отношение содержания углерода к содержанию водорода равнялось 40. Это значит, что звезда очень богата углеродом при значительной недостаче водорода. Колебание блеска одной из звезд этого вида было даже приписано ослаблению светимости, вызываемому твердыми углеродными частицами, рассеянными в атмосфере звезды. Однако большинство углеродных звезд характеризуется нормальным содержанием водорода в атмосфере (Л. Аллер).**

**Важной особенностью углеродных звезд является повышенное содержание изотопа углерода 13С. Роль этого изотопа в общем энергетическом балансе звезды очень велика. Процессы, связанные с его участием, питают звезду энергией и развиваются лишь при очень высоких температурах в глубинных зонах. Появление изотопа 13С в поверхностных слоях, вероятно, обусловлено процессами перемешивания.**

**Некоторые типы звезд характеризуются повышенным содержанием металлов, расположенных в одном столбце периодической системы с цирконием; в этих звездах имеется неустойчивый элемент технеций 4399Тс. Ядра технеция могли образоваться из 98Мо в результате захвата нейтрона с выбрасыванием электрона из ядра молибдена или при фотопроцессе из 97Мо. Во всяком случае наличие нестабильного ядра - убедительное доказательство развития ядерных реакций в звездах.**

**Астрономы и астрофизики выполнили большую работу по анализу и сопоставлению спектральных данных и результатов исследований метеоритов. Оказалось, что элементы с четными порядковыми номерами встречаются чаще, чем с нечетными. Ядра элементов с четными порядковыми номерами более устойчивы; устойчивость ядра зависит от соотношения в нем числа протонов и нейтронов. Наиболее устойчивые ядра имели больше шансов образоваться и сохраниться в жестких условиях.**