

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации Арарата Геворковича Егикяна

«Превращения атомов и молекул в межзвездных облаках и образование предбиомолекул»,

представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02. — ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Диссертационная работа «Превращения атомов и молекул в межзвездных облаках и образование предбиомолекул» Арарата Геворковича Егикяна посвящена исследованию химических реакций атомов и молекул в межзвездных молекулярных облаках, газовых туманностях и в Солнечной системе.

Исследования, выполненные А.Г. Егикяном, направлены на решение таких важных и далеко не до конца решенных проблем астрофизики, как образование сложных молекул в межзвездной среде, главным образом сложных углеродосодержащих органических молекул. Результаты диссертации могут пролить свет на происхождение жизни на Земле и других небесных телах. Тем самым можно вполне уверенно заключить, что тема диссертации А.Г.Егикяна несомненно актуальна.

Актуальность темы диссертации, цели работы, научная новизна выполненного исследования и его практическая ценность описаны во введении к работе. Представлены положения, выносимые на защиту. Общий подход к построению химических и динамических объектов межзвездной среды, таких как молекулярные облака и газовые туманности. Обсуждаются такие важные вопросы, как влияние звездного ветра ядер планетарных туманностей на ионизационную структуру самих туманностей и значение псевдорезонансных линий, понятие о которых введено автором диссертации, на распределение атомов и ионов по уровням. Важной частью диссертации является построение астрохимических моделей газовых туманностей, обсуждаемых в главе 3.

Выполнены количественные расчеты образования и накопления молекул в твердой фазе в ледяных оболочках пылинок молекулярных облаков, посвящена. Рассмотрен вопрос об образовании метана в газовой и твердой фазах в сжимающемся облаке. Показано, что в первые 10^5 лет обилие твердого метана в пылинках превышает обилие водяного льда, и затем снижается до конечного значения 10-20%. Такое содержание твердого метана достаточно, чтобы при облучении пылевых частиц в молекулярных облаках ультрафиолетовым излучением и космическими лучами образовывались сложные углеводороды с содержанием 1-5 % от водяного льда, что согласуется с наблюдениями.

Химические процессы, происходящие в молекулярных облаках, и их влияние на образование сложных химических соединений описаны в основной части диссертации. В Главах 4-7 обсуждаются источники поступления энергии в молекулярные облака: ультрафиолетовое излучение от соседних звезд космические лучи. Рассчитано поле ультрафиолетового (УФ) излучения внутри облаков и оценены дозы поглощения УФ излучения ледяными частицами в области 1100-1800 Å в зависимости от глубины облучения и времени облучения. За время жизни молекулярного облака льды и смеси льдов смогут набрать дозу облучения 25 эВ/мол., что достаточно согласно лабораторным данным, для начала радиационно-химических превращений. Облучение молекулярных облаков галактическими космическими лучами анализируется в пятой главе. Рассчитаны потоки космических лучей внутри молекулярного облака в зависимости от их энергии и расстояния от границы облака. Оценены дозы поглощенной энергии в эВ/а.е.м. разных смесей льдов протонами и α -частицами, в зависимости от лучевой концентрации облака.

В главе 6 анализируется дозы облучения пылевых частиц в молекулярном облаке от проходящих через них AFG карликов. Оценена доза облучения водяного льда за время одного прохождения облака звездой. При многократных прохождениях звезд через облако за время его жизни доза облучения может превысить пороговое значение 25 эВ/мол. для смесей с преобладанием водяного льда, необходимое для синтеза сложных углеродсодержащих молекул, играющих важную роль в предбиологической эволюции вещества в облаках.

Важен также вопрос об облучения льдов внутри молекулярных облаков частицами аномальных космических лучей, образующейся при прохождении звезд через облака, рассмотренный диссертантом в главе 7. Автором диссертации оценено, что за время жизни молекулярного облака порядка 10-50 млн. лет оно успевает за время жизни испытать как минимум от 10 до 100 столкновений со звездами. Аномальные космические лучи формируются в ударных волнах от столкновения звездного ветра проходящих через облака звезд с газом самого облака. Показано, что вклад аномальных космических лучей обеспечивает дозы облучения порядка 0.1-1 эВ/а.е.м. ледяных мантий пылинок при многократных прохождениях звезд-карликов A, F и G классов за время жизни облака.

Особый случай представляет прохождение Солнца через молекулярное облако. Согласно рассмотренной в диссертации газодинамической модели обтекания солнечным ветром межзвездных облаков, через которые проходит Солнце примерно каждые 30 млн лет (облака HI), и 300-400 млн лет (облака H₂), гелиосфера сжимается до области планет-гигантов в первом случае, и вплоть до орбиты Земли – во втором. В последнем случае возникает значительный поток входящих в земную атмосферу атомов водорода. Поступление

нейтрального водорода в верхние слои атмосферы вызывает существенные изменения содержания климатообразующих газов. В частности, нейтральный водород вызывает уменьшение содержания атмосферного озона с образованием глобального и постоянного слоя мезосферных ледяных *серебристых* облаков, что согласно существующим климатическим моделям, достаточно для инициирования глобального оледенения. Возможное снижение содержания озона в земной атмосфере детально проанализировано в девятой главе. Детально проанализированы реакции образования и разрушения O_3 . Содержание озона в атмосфере существенно уменьшается на высотах выше 40 км.

Количественные расчеты облучения льдов Солнечной системы протонами солнечного ветра представлены в главе 10. Рассчитаны дозы облучения 12 льдов, включая водяной и метановый лед при их взаимодействии с протонами солнечного ветра и с галактическими космическими лучами на расстояниях 40 а.е. (пояс Койпера) и 10000 а.е. (облако Оорта). Показывают, что они достаточны для коренной радиационно-химической перестройки льдов поверхности, включая изменение их фотометрических характеристик. В частности, несколько миллионов лет облучения достаточно для преобразования значительной доли метана в объектах пояса Койпера и облака Оорта в тяжелые углеводорода.

В главе 11 изучается эволюция гелиосферы за время жизни Солнечной системы. Получены зависимости темпа потери массы солнечным ветром и скорости истечения от времени. Рассчитаны изменения потоков протонов в гелиосфере за все время ее существования, обусловленные уменьшением со временем темпа потери массы Солнцем и ее скорости. Так как значительная часть пыли в межзвездной среде поступает от холодных ветров звезд промежуточных масс на конечной стадии их эволюции при образовании планетарных туманностей, то в главе 12 исследовано облучение пыли УФ излучением и космическими лучами в планетарных туманностях. Предсказывается доза облучения, способствующая за время ранней фазы развития туманностей образованию соединений, подобных полициклическим ароматическим углеводородам и фуллеренам.

Важный вопрос об ускорении частиц в ударных волнах в туманностях вокруг звезд типа Вольфа-Райе, а также в планетарных туманностях рассмотрен в главе 13. Предсказаны потоки энергетических частиц в диапазоне 1-100 МэВ за характерное время жизни этих объектов, которые в состоянии обусловить дозы облучения, достаточные для важных радиационно-химических превращений, например, образования полициклических ароматических углеводородов и фуллеренов.

В главе 14 приводятся результаты расчетов содержания водяного льда, наблюдавшегося во многих активных галактиках, как с активными ядрами, так и с взрывным

звздообразованием. Показано, что содержание льда, а именно, значение его лучевой концентрации, зависит от значения потока космических лучей, и что повышение уровня потока влечет снижение содержания льда, что позволяет использовать наблюдения водяного льда и оценки его содержания для определения уровня активности галактик.

В главе 15 обсуждается наличие полициклических ароматических углеводородов в галактиках Вольфа-Райе с высоким темпом звездообразования. Показано, что доза облучения полициклических ароматических углеводородов космическими лучами от звезд типа Вольфа-Райе за время жизни этих звезд достаточна для разрушения таких молекул. Но инфракрасные полосы этих молекулы наблюдаются, поэтому можно сделать вывод, имеется источник пополнения молекул полициклических ароматических углеводородов. Предположено, что таким источником являются остатки сверхновых II типа, продуктов эволюции этих звезд. В остатках этих сверхновых, возможно, и формируются эти молекулы, кстати, вполне наблюдаемые в остатках галактических сверхновых.

Переходя к оценке диссертации следует прежде всего отметить огромный объем выполненной работы. Диссертация достаточно хорошо оформлена и структурирована. Поучено много новых важных результатов, в том числе и вывод о возможной связи глобального оледенения с прохождением солнечной системы через молекулярные облака.

К сожалению, в тексте диссертационной работы встречаются достаточно орфографические и стилистические погрешностей и жаргонных выражений. Например, на стр. 7 (14 строка снизу) говорится о “столбцовой плотности”, тогда как корректное выражение – лучевой концентрации. Термин «постшоковая температура» (стр. 242, строка 7 сл.) было бы уместно заменить на стандартный термин «температура за фронтом ударной волны.

В тексте диссертации наблюдается явный перебор с сокращениями, причем в тексте встречаются как русскоязычные, так и англоязычные аббревиатуры. Некоторые сокращения, например PDR, используются впервые на стр. 8 (строка 11 сл.) , а объясняются уже на стр. 125. Часто несогласованы падежные окончания.

Особо следует отметить избыточную многословность положений, выносимых на защиту. Особенно это относится к положению 2. Весь длинный текст на полстраницы можно, по мнению рецензента, свести, например к предложению «Галактические космические лучи с в диапазоне 1 МэВ и выше в состоянии обеспечить дозу облучения льдов пылинок молекулярных облаков, превышающее пороговое значение 0.3 эВ/а.е.м., достаточное для инициирования радиационно-химических реакций с образованием сложных органических соединений (углеводородов, аминокислот, и т.п.) за время жизни облаков.». Положения 6-8 начинаются со слов «Показано...», «Предложена модель...», «Предложены две аналитические модели...», то

есть говорится о том, что автором сделано. Сами выводы автора, полученные в результате анализа этих результатов также присутствуют, но их надо специально выискивать.

В автореферате диссертации подробно изложены основные выводы работы и положения, выносимые на защиту. Следует отметить хороший стиль изложения стоящей перед диссертантом проблемы в разделе «Актуальность работы». В то же время содержание работы изложено несколько хаотично. В автореферате приведен список публикаций диссертанта, в которых изложены результаты диссертации и указан личный вклад автора. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Несмотря на сделанные нами выше замечания можно сделать общий вывод о высоком научном уровне представленной работы. Следует отметить важность результатов, полученных диссертантом, для понимания природы образования высокомолекулярных соединений в межзвездной среде.

Результаты диссертации несомненно будут использоваться в исследованиях, проводимых в астрономических учреждениях России и зарубежных стран.

Считаю, что диссертационная работа «Превращения атомов и молекул в межзвездных облаках и образование предбиомолекул» Арарата Геворковича Егикяна соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02. —теоретическая физика, а автор диссертации безусловно заслуживает присуждения этой степени.

Отзыв составил официальный оппонент Холтыгин Александр Федорович, доктор физико-математических наук, профессор Кафедры астрономии федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Адрес оппонента: пр. Римского-Корсакова, д. 103, кв. 10, Адмиралтейский район, 190121, Санкт-Петербург, Россия. Электронная почта: afkholtygin@gmail.ru, телефон: +7(812)4284263.

14.03.2020

А.Ф.Холтыгин

