**Солнечно-земная физика**

В.Д.Кокоуров

ИСЗФ СО РАН

**Введение**

На страницах научной литературы в последнее время часто встречается термин солнечно-земная физика, смысл которого каждый специалист понимает по-своему. Систематически используют этот термин специалисты, занимающиеся физикой Солнца, геомагнитного поля, верхней атмосферы. Все больший интерес к солнечно-земной физике проявляют метеорологи и климатологи, биологи и медики, гидрологи и океанологи, ботаники и зоологи. Нет единого мнения, является ли указанное научное направление возникшим недавно или исследования здесь продолжаются уже столетия.

Ниже предложено определение солнечно-земной физики как совокупности наук и перечислены входящие в нее направления. Приведен некоторый перечень достижений: гипотез, разработок и открытий, которые отмечают известные вехи в истории этой совокупности наук и дают определенное представление о круге рассматриваемых ею проблем и задач. Описаны отличительные особенности солнечно-земной физики.

**Определение**

Солнечно-земная физика (в дальнейшем СЗФ) - это совокупность наук, изучающих явления и процессы, происходящие на Солнце, и воздействие Солнца на околоземное космическое пространство и планету Земля. Солнце является основным источником гравитационной энергии в солнечной системе и основным источником энергии, поступающей на Землю в волновом и корпускулярном излучении. Все изменения в физическом режиме Солнца находят отражение в состоянии околоземного космического пространства и планеты Земля. СЗФ изучает законы и закономерности физики Солнца и проявлений воздействия Солнца на околоземное пространство и планету Земля с целью раскрытия сущности этих явлений, понимания фундаментальных основ мироздания и обеспечения инженерной деятельности на планете и в ближнем космическом пространстве. Круг явлений и процессов, разыгрывающихся в околоземном пространстве, на планете и в ее оболочках под воздействием Солнца, очень велик и разнообразен. Поэтому к числу научных дисциплин, составляющих упомянутую совокупность, относятся теоретическая физика, физика плазмы, космическая физика, физика верхней атмосферы, геомагнетизм, метеорология, климатология, геотектоника и др.

Истечение корональной плазмы ( солнечный ветер) играет определяющую роль в состоянии околоземного космического пространства и магнитосферы. Процессы, происходящие в этих областях, выдвигают много проблем, общих для физики Солнца, физики магнитосферы, физики плазмы и астрофизики.

Весьма многообразно воздействие солнечного электромагнитного и корпускулярного излучения на атмосферу Земли. Излучение в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах определяет состояние верхних слоев атмосферы: частично мезосферы на высотах более 65 км и термосферы (высоты 90-400 км). Вопросы и проблемы, возникающие при изучении этих областей пространства, относятся к физике плазмы, физике верхней атмосферы, радиофизике и климатологии. В оптическом и, частично, инфракрасном диапазонах сосредоточена основная часть спектральной плотности излучения. Эта часть солнечной радиации трансформируется при энергообмене в средней и нижней атмосфере. Энергообмен является важнейшим фактором для общего течения процессов в нижней и средней атмосфере, а значит и для множества частных гидрометеорологических явлений. Известная связь гидрометеорологического режима с общей циркуляцией атмосферы и связь общей циркуляции атмосферы с солнечной деятельностью приводят к широкому распространению физико-географических проявлений солнечной активности. Имеют место систематические экзогенные явления. Появляющиеся здесь многочисленные задачи и проблемы решаются в рамках метеорологии, климатологии, гидрологии и физической географии. Обстоятельное изложение затронутых выше вопросов можно найти в многочисленных обзорах и монографиях, таких как [1-13].

Есть аргументированные указания, что солнечная активность может проявляться как геологический фактор. Эти проявления могут объясняться крупными вариациями экзогенных явлений, определяемых, в частности, метеорологическими процессами и палеоклиматическими колебаниями (таяние или образование ледников). Это утверждение, описание подтверждающих его фактов и анализ соответствующих публикаций приведены в [6].

СЗФ является одной из древнейших совокупностей наук. Как только человек осознал себя существом разумным, у него немедленно появилась масса вопросов относительно окружающей среды, относительно окружающего мира. Что это за мир, где мы существуем, как он устроен, какие причинно-следственные связи имеют место и как именно они действуют - какие законы управляют окружающей средой, как правильно описать состояние этой среды и как прогнозировать ее поведение? СЗФ и астрономия - сестры-близнецы, но задачи у этих наук разные, и развивалась каждая из них своим путем.

Вся история СЗФ это непрерывное взаимно догоняющее и взаимно стимулирующее развитие фундаментальных и прикладных исследований. Все вопросы об окружающей среде всегда были актуальными и жизненно важными. От простых и наивных вопросов древних: когда будет разлив рек, когда сеять хлеб - до серьезных и многогранных проблем наших дней - таких, как глобальные изменения природной среды, космическая погода и обороноспособность государства. Путь СЗФ - это последовательное усложнение решаемых задач о причинно-следственных связях в окружающей среде путем введения в рассмотрение все новых и новых объектов, участвующих в изучаемых процессах, и учета свойств этих объектов. Менялись эпохи, менялся уровень наших знаний об окружающей среде, менялись практические цели и задачи. При этом в поле зрения исследователей попадали все новые и новые объекты упомянутой системы, все новые и новые механизмы взаимодействия этих объектов, их роль и значимость в системе в целом.

Длительное время отдельные научные направления, например, метеорология, или климатология, или океанология, или физика верхней атмосферы развивались и функционировали как таковые, отвечая в известной мере нуждам практики (земледелия, градостроительства и мореплавания). Продолжительное, очень продолжительное время система Солнце-Земля исследовалась в весьма ограниченном своем составе: изучались, по существу, лишь явления и процессы в приземных слоях атмосферы. Но уже в позапрошлом столетии стало ясно, что полновесные исследования погоды и климата возможны лишь в масштабе всей планеты. В XVIII-XIX веках были начаты систематические наблюдения за явлениями и процессами на Солнце, состоянием магнитного поля, атмосферным электричеством, сейсмическими процессами [1,14-17]. С этого времени за 100-150 лет было получено много наблюдательного материала на глобальной сети обсерваторий по многим дисциплинам СЗФ, что позволило научному сообществу уже в конце девятнадцатого столетия выполнить комплексный анализ этих материалов и сделать ряд выводов, имеющих исключительно важное, фундаментальное значение.

В дальнейшем, со времен Международного Геофизического Года, при реализации всех геофизических проектов и программ работа мировой сети станций по всем дисциплинам СЗФ выполнялась по четкому координированному расписанию. Накопленные обширные экспериментальные материалы по гляциологии, океанологии, течениям, движениям земной коры, по приземным слоям атмосферы, стратосфере, средней атмосфере, слою озона, ионосфере и магнитосфере, солнечному ветру, космическим лучам и солнечной активности позволили выполнить большое количество исследований по всем дисциплинам СЗФ. Были выполнены многочисленные исследования отдельных явлений и процессов и проведены изучения их взаимодействий и взаимосвязи в различных сферах и регионах.

Приведенный ниже, конечно, очень и очень неполный перечень достижений СЗФ: гипотез, разработок и открытий отмечает некоторые вехи в истории этой совокупности наук и дает определенное представление о круге охватываемых ею к настоящему времени проблем.

Открытие в Китае в 1100 г. свойств магнитной стрелки, трактат В. Гильберта "О магните, магнитных телах и о большом магните Земле" в 1600 г. [16-18]. Открытие Гремом в 1722 г. суточных вариаций геомагнитного поля, наблюдения А. Цельсием и Д.Хиортером магнитного эффекта полярных сияний в 1741 г., появление представлений о зоне полярных сияний (Моран, 1833 г., Лумис, 1860 г. и Фритц, 1881г.) [16]. Создание Магнитного союза - первой международной геофизической организации и проведение всемирной съемки магнитного поля Земли (А. Гумбольдт, В. Вебер, 1850 г.) [19].

Наблюдения солнечных пятен в Китае более 4000 лет назад. Инструментальные наблюдения солнечных пятен и оценка скорости вращения Солнца Г. Галилеем в 1611 г. [16,20]. Обнаружение квазипериодической закономерности пятнообразовательной деятельности Солнца (Г.Швабе, 1843 г., Р.Вольф, 1848 г.) [13,14,16,20,21]. Измерение потока энергии Солнца [22], исследования физики Солнца [20,22].

Гипотеза А. Вегенера о перемещении материков по поверхности Земли, предложенная в 1912 г. и поиски доказательств этого предположения [23,24].

Создание концепции и разработка моделей общей циркуляции атмосферы [25,26]. Разработка концепции гравитационных и термических приливов в атмосфере [27]. Построение карты морских течений (А.Кирхер, 1664 г.); создание концепции и разработка моделей общей циркуляции океанических вод [28,29].

Гипотеза (В.Лодж, 1900г. и С.ФитцДжеральд, 1900 г.) о корпускулярных потоках от Солнца, магнитном хвосте Земли и солнечном ветре [16]. Разработка корональной концепции корпускулярного излучения Солнца (С.К.Всехсвятский, 1938 г.), теория нестационарной короны (С.К.Всехсвятский, Г.М.Никольский, Е.А.Пономарев, В.И.Чередниченко, 1955 г.) [30].

Гипотеза об электричестве в верхней атмосфере (Ф.Франклин, 1779 г., Г. Гаусс, 1839г.), теория суточных геомагнитных вариаций (Б.Стьюарт, 1883 г.), трансатлантическая радиосвязь (Г. Маркони, 1901г.), измерение высоты отражающего слоя (Г. Брейт и М.А. Туве, Е.В. Апплетон и А. Барнетт, 1924г.), теория возникновения ионизированных слоев (Б. Лассен, 1926 г., С. Чепмен, 1931 г.), начало регулярного радиозондирования ионосферы (обсерватория Слау, 1931 г., обсерватория Томск, 1936г.), классификация высотно-частотных характеристик (А.И. Лихачев, 1940 г.) [5,16,30].

Разработка методов определения абсолютного возраста и геохронологической шкалы [23,31].

Разработка метода определения палеотемператур по изотопному составу, изучение палеоклимата [32].

Разработка и совершенствование концепции климата, проблема Солнце - погода - климат [1-4,8,10-12,33,34].

Разработка модели общей циркуляции атмосферы на ионосферных уровнях [35-37].

Исследования магнитного поля Земли в прошлые эпохи ( палеомагнетизма) [38].

Изучение воздействия солнечной активности на биосферу [39,40].

Разработка новых методов наблюдений и исследований в СЗФ [16,41,42].

В последние годы в СЗФ появилось еще одно направление работ - суть в том, что в наше время значительное развитие получили энергетика, промышленность, транспорт и различные системы, использующие мощные радиопередающие средства. Деятельность энергетических, промышленных и транспортных комплексов сильно загрязняет окружающую среду и оказывает существенное влияние на протекание естественных явлений и процессов, наблюдаемых и изучаемых СЗФ. Изучение антропогенных воздействий на окружающую среду является сегодня одной из задач СЗФ.

Длительное время отдельные дисциплины, например метеорология или климатология, развивались как таковые, но теперь, очевидно, необходима какая-то интеграция, поскольку весь механизм солнечно-земных связей надо изучать и в целом, и во взаимодействии всех его частей. Для достижения дальнейших успехов в изучении солнечно-земных связей необходимо объединить результаты исследований во всех перечисленных областях и интерпретировать эти результаты совершенно новым образом.

Менялись эпохи, менялся уровень наших знаний об окружающей среде - менялись и названия обсуждаемой совокупности научных направлений: учение о земном магнетизме, геофизика, планетарная геофизика, гелиогеофизика, физика солнечно-земных связей. Теперь следует остановиться на названии солнечно-земная физика.

Отличительные особенности. Для четкого определения научного направления или совокупности наук следует указать изучаемый предмет, пространственные и временные масштабы, методику и взаимоотношения со смежными дисциплинами.

В настоящее время очевидно, что предметом СЗФ следует определить физическую систему, основные элементы которой суть Солнце, ближнее космическое пространство и планета Земля - ее твердое тело, гидросфера, атмосфера и магнитосфера и естественный спутник Луна [1-3,6,8,16,43]. Эта физическая система представляет собою согласованный в своих частях механизм; конечно, необходимо изучение всех его частей и каждой части в отдельности, но изучение этих частностей должно выполняться с полным представлением обо всей названной физической системе как о целом.

О временных и пространственных масштабах СЗФ можно заметить следующее. Все или почти все явления и процессы, наблюдаемые и исследуемые СЗФ, суть явления и процессы энергозависимые. Основным источником энергии в системе Солнце-Земля является Солнце. Количество энергии Солнца, испускаемое во всем диапазоне частот - от жесткого рентгена до метрового радиодиапазона - и получаемое по нормали единичной площадкой на границе земной атмосферы для среднего расстояния от Земли до Солнца в единицу времени называется солнечной постоянной [22]. Солнечная постоянная очень слабо, в пределах 2,5%, зависит от среднего числа солнечных пятен. Известно, что в первой половине прошлого столетия эта величина изменялась лишь в пределах 1%. Основная часть - 99,9% общей энергии испускаемого излучения содержится в диапазоне от 1,2x103 до 1x105 ангстрем (область частично ультрафиолетового, оптического и частично инфракрасного диапазонов). Эта наиболее богатая энергией часть солнечного спектра полностью определяет энергообмен в нижней и средней атмосфере [8,22]. Экспериментальные измерения полного потока энергии Солнца относятся к очень малому, по сравнению со всей историей Земли, промежутку времени, но основные фактические данные статистики звезд и объясняющие их теоретические представления современной астрофизики приводят к выводу о стабильности светимости Солнца для промежутков времени порядка миллиардов лет. Гарантами стабильности светимости Солнца являются, по мнению астрофизиков [2,44], устойчивое положение Солнца на диаграмме Герцшпрунга - Рассела и масса Солнца. Все это находит подтверждение в палеоклиматических исследованиях.

Плотность потоков солнечного излучения в рентгеновском и дальнем ультрафиолетовом диапазонах варьируется очень сильно - здесь имеют место и вариации солнечной активности с различной периодичностью, и отдельные солнечные вспышки [3,14,21,45-47]. Эти вариации потока не могут изменить хотя бы на заметные доли процента общий поток энергии, но оказывают решающее влияние на поглощение солнечного излучения и энергообмен в атмосфере на высотах 80-1000 км. Цикличность солнечной активности хорошо изучена на большом экспериментальном материале; в настоящее время известны 11-летний, 22-летний и 80-90-летний солнечные циклы. Известны циклы большой длительности - порядка 6 столетий; хорошо изучены вариации солнечной деятельности в пределах 11-летнего цикла. Кроме того, в настоящее время в СЗФ известны натуральные процессы, имеющие четкий сезонный ход, 27-суточную повторяемость, суточный ход.

Сказанное выше объясняет значимость многолетних однородных рядов в СЗФ и невозможность решения отдельных проблем за 10-20 лет.

Так обстоит дело с характерными для СЗФ временными интервалами.

Что касается пространственных масштабов, то понятно, что основные события разыгрываются в ближнем космосе на участке Солнце-Земля, т.е. для подавляющего числа задач СЗФ пространство можно считать ограниченным орбитой Земли. Для некоторых задач следует учитывать влияние солнечного ветра на расстояниях до нескольких сотен астрономических единиц. Есть также свидетельства о гравитационном влиянии планет на солнечную активность - в этих случаях, очевидно, должны учитываться события во всей Солнечной системе.

Методология СЗФ основана на измерительном наблюдении. СЗФ является важнейшим фрагментом естествознания. СЗФ изучает явления и процессы, происходящие в природе; все эти явления и процессы можно наблюдать при помощи измерительных приборов. Можно утверждать, что к настоящему времени все дисциплины СЗФ трансформировались из дисциплин описательных в дисциплины точные. Подавляющее большинство исследований по проблемам СЗФ выполнено путем статистического или физико-статистического анализа материалов наблюдений. Исследователь здесь не имеет в своем распоряжении лабораторных установок и не может организовать многократные эксперименты при совершенно идентичных условиях.

Во всех дисциплинах СЗФ наблюдения выполняются за явлениями и процессами природы в натуральных условиях, которые, естественно, изменяются ото дня ко дню, от сезона к сезону, от года к году. Изменения окружающих условий вызывается многими причинами - и изменением уровня солнечной активности, и изменением погодных условий, и вариациями геомагнитного поля и многими другими обстоятельствами. Здесь одновременно имеет место целый ряд причинно-следственных соотношений, соотношений оказывающих влияние, иногда и нелинейное, друг на друга, поэтому правильно и четко выделить искомое причинно-следственное соотношение часто бывает затруднительно. По этим причинам в СЗФ оперируют не только с физическими законами, но часто и с закономерностями, т.е. проявлениями причинно-следственных связей в среднем, для большого числа случаев. Одной из важнейших задач исследователя является правильная, объективная оценка условий наблюдений, извлечения из экспериментального материала достоверной информации об изучаемом явлении, и установление закономерности [48]. Еще раз следует подчеркнуть, что это обстоятельство, а также характерные временные масштабы процессов в СЗФ делают исключительно важными многолетние однородные наблюдения.

Значительную роль в СЗФ играет морфологический анализ [3,8,43]

Некоторые исследования в СЗФ выполняются путем расчетов на различных моделях. Построение модели исследуемого объекта или явления порою бывает важнейшим, иногда заключительным этапом работы. Здесь используют модели физические или эмпирические; модели часто оказываются необходимыми для ряда прикладных задач, в частности для решения задач прогнозирования.

Весьма важным, весьма актуальным является вопрос об истинности, вопрос о достоверности выводов, теорий или моделей. Каждый исследователь, находящийся на заключительном этапе работы, обобщая результаты и формулируя выводы, должен представлять, насколько правильными являются его взгляды, утверждения. Сложность обсуждаемого раздела естествознания, отсутствие экспериментального материала в нужном объеме, необходимость вводить ряд предположений и допущений приводят иногда к появлению нескольких вариантов концепций, моделей или теорий. Вопрос доказательства истинности является вопросом достаточно интересным и сложным в общенаучном и философском плане. Вопрос этот остается для СЗФ актуальным, его следовало бы рассмотреть в отдельных публикациях.

Влияние астрономии и СЗФ на формирование нашего мировоззрения переоценить трудно - оно колоссально. Значительна роль СЗФ в формировании представлений о единстве природы, взаимосвязи и взаимообусловленности явлений и процессов. Уже подчеркивалось очень большое влияние астрономии и СЗФ на формирование и развитие смежных научных дисциплин - философии, математики, физики, биологии и медицины [1,8,16,32,39,40,43,49].

Ни одна наука, кроме СЗФ, не предложила и не имела таких крупных, содержательных, комплексных проектов, как Международные Полярные Годы, Международный Геофизический Год и все последующие международные программы и проекты [49,50].

**Задачи**

В настоящее время научное сообщество располагает глобальной сетью гидрометеорологических, магнитных, ионосферных, солнечных, сейсмических и других станций, обсерваторий и экспедиций, выполняющих непрерывные наблюдения за состоянием электромагнитного поля Земли, состоянием атмосферы на различных высотных уровнях, солнечной активностью, сейсмической активностью и многими другими процессами и объектами СЗФ.

Упорядочение работы всех станций и обсерваторий в части программ наблюдений, первичной обработки получаемого материала, хранения и использования этих экспериментальных материалов было выполнено в ходе реализации ряда международных научных проектов, начиная с Международного Геофизического Года. Организованные в 1956-57гг. Международные Центры Данных имеют в настоящее время большие массивы материалов наблюдений и выполняют обмен этими материалами между организациями-участниками наблюдательных программ.

В последнее время такой обмен успешно выполняется в телекоммуникационной сети Интернет.

Получаемые экспериментальные материалы используются различными научными учреждениями для выполнения фундаментальных исследований и специальными организациями - прогностическими центрами - для нужд народного хозяйства. Гидрометеорологическими прогнозами различной срочности обеспечиваются городские и сельские регионы, прогнозами условий коротковолновой связи, условий работы бортовых и наземных технологических систем, ситуаций, представляющих угрозу для человеческой жизни или здоровья, обеспечиваются соответствующие организации и службы. В РФ обеспечение нужд народного хозяйства выполняет федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [51,52].

Исследования по СЗФ проводятся в настоящее время во многих научных учреждениях разных стран. Известное место в этих работах занимает Институт солнечно-земной физики Сибирского Отделения РАН. Созданный на базе старейшей магнитно-метеорологической обсерватории России ИСЗФ СО РАН имеет теперь мощную экспериментальную базу и выполняет обширную программу наблюдений и исследований по всем дисциплинам СЗФ. Изучен большой круг явлений и процессов на Солнце, в ближнем космическом пространстве и атмосфере Земли. Предложены теоретические объяснения и физические механизмы этих явлений, разработан ряд последовательно усложняющихся по объему учитываемых параметров и процессов моделей глобального распределения параметров системы Солнце-магнитосфера-ионосфера-атмосфера. Получены убедительные доказательства определяющего влияния солнечных процессов на состояние околоземного пространства, магнитосферно-ионосферного взаимодействия и метеорологических эффектов в ионосферных процессах. Созданы предпосылки разработки единой модели физической системы Солнце-Земля. Внесен значительный вклад в развитие и становление СЗФ.

Основной, фундаментальной задачей СЗФ является исследование на основе многолетних однородных наблюдений, явлений и процессов на поверхности Солнца, распространение потока солнечного излучения в спокойных и возмущенных условиях в пространстве на участке от Солнца до Земли и воздействие этого излучения на магнитосферу, атмосферу и гидросферу; изучение магнитосферно-ионосферных взаимодействий, изучение формирования и протекания процессов в атмосфере на всех высотных уровнях в планетарном масштабе, взаимодействия атмосферы и гидросферы, изучение климатообразующих факторов и процессов, формирующих погоду, исследование антропогенных влияний на окружающую среду и разработка соответствующих теоретических вопросов. Это необходимо для обеспечения четкой и точной информацией об околоземном пространстве всех видов деятельности человека в этой среде [43].

Успехи и достижения в перечисленных областях СЗФ расширят наши представления о строении и эволюции Вселенной и окружающей среды, углубят и уточнят понимание единства физического мира, откроют новые ресурсы, сделают понятными процессы формирования погоды, климата и состояния ближнего космического пространства и будут способствовать развитию смежных научных дисциплин.

Благодарности. Автор благодарит главного научного сотрудника, д.ф.-м.н., профессора Э.С.Казимировского за систематическое, многократное обсуждение философских вопросов и основных проблем солнечно-земной физики.

**Список литературы**

1. Эйгенсон М.С. Солнце, погода и климат. Л.: Гидрометеоиздат, 1963. 274 с.

2. Монин А.С., Шишков Ю.А., История климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 408 с.

3. Herman J.R. and Goldberg A. Sun, Weather and Climate. Scientific and Technical Information. Branch, Washington, 1978.

4. Bigelow F.H. Solar and terrestrial Magnetism. Washington: Government printing office, 1898. 176 p.

5. Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. М.: Наука, 1972. 559 с.

6. Эйгенсон М.С. Очерки физико-географических проявлений солнечной активности. Львов.: Издательство Львовского университета, 1957. 228 с.

7. Монин А.С. История Земли. Л.: Наука 1977. 228 с.

8. Лаутер Э.А. Атмосфера и ее роль в защите жизни на Земле. Наука и человечество. М.: Знание, 1978, с.84 - 99

9. Данилов А.Д., Казимировский Э.С., Вергасова Г.В., Хачикян Г.Я. Метеорогические эффекты в ионосфере. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 269 с.

10. Берг Л.С. Основы климатологии. Л.: Гос. Учебно-педагогическое изд. НАРКОМПРОСА РСФСР, 1938. 453 с.

11. Кеппен В. Основы климатологии. М.: Гос. Учебно-педагогическое изд. НАРКОМПРОСА РСФСР, 1938. 375 с.

12. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышев Н.В., Раевский А. Н.,Смекалова Л.К., Школьный Б.П. Климатология. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 567 с.

13. Эйгенсон М.С. Очерки физико-географических проявлений солнечной активности. Львов.: Издательство Львовского университета, 1957. 228 с.

14. Вальдмайер М. Результаты и проблемы исследования Солнца. М.; ИЛ, 1950. 240 с.

15 .Жеребцов Г.А. От магнитно-метеорологических наблюдений до проблем солнечно-земной физики. //, Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца, М.: Наука , 1986. вып. 76. 3

16. Rishbeth H. The centenary of solar-terrestrial physics.//JASTP. 2001. V.63. P. 1883-1890

17. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики с древнейших времен до конца ХVIII века. М.: Наука, 1974. 350 с.

18. Льоцци М. История физики /. Перевод с итал. Бурштейна Э.Л. М.: Мир, 1970. 463 с.

19. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики с начала ХIХ до середины ХХ в.в. М.: Наука, 1979. 315 с.

20. Монин А.С. Солнечный цикл. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 68 с.

21. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л.: Наука, 1973. 257 с.

22. Поток энергии Солнца и его изменения. / Под ред. О.Уайта М.: Мир, 1980. 558 с.

23. Такеучи Х., Уеда С., Канамори Х. Движутся ли материки. М.: Мир, 1970. 248 с.

24. Белоусов В.В. Основы геотектоники. М.: Наука, 1975. 262 с.

25. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 260 с.

26. Погосян Х.П. Общая циркуляция атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 394 с.

27. Чепмен С., Линдзен Р. Атмосферные приливы. М.: Мир, 1972. 292 с.

28. Шокальский Ю.М. Океанография. 2 изд. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. 536 с.

29. Истошин Ю.В. Океанология. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 469 с.

30. Всехсвятский С.К., Никольский Г.М., Иванчук В.И., Несмеянович А.Т., Пономарев Е.А., Рубо Г.А., Чередниченко В.И. Солнечная корона и корпускулярное излучение в межпланетном пространстве. Киев: изд. Киевского университета, 1965. 216 с.

31. Страхов Н.Н. Основы исторической геологии. Часть 1. М.-Л.: Государственное издательство геологической литературы, 1948. 252 с.

32. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 352 с.

33. Воейков А.И. Климаты земного шара//. Изб. Соч. т. 1. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1948. 750 с.

34. Кондратьев К.Я. Глобальный климат. С.-Пб.: Наука, 1992. 357 с.

35. Казимировский Э.С., Жовтый Е.И. Система горизонтальных дрейфов неоднородностей ионизации в термосфере. // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца, М.: Наука , 1973. вып. 29. 3-15

36. Казимировский Э.С., Кокоуров В.Д. Движения в ионосфере, Новосибирск: Наука, 1979. 343 с.

37. Казимировский Э.С. Верхняя и нижняя атмосфера как единая физическая система. // Исследования в области океанологии, физики атмосферы, географии, экологии, водных проблем и геокриологии. М.: ГЕОС, 2001. с. 141

38. Бурлацкая С.П. Археомагнетизм. М.: Наука, 1965. 127 с.

39. Сентман Д.Д., Троицкая В.А., Бреус Т.В. Солнечно-земное воздействие на биоту. Предварительный отчет специального комитета СКОСТЕП. 1992. 21 с.

40. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 366 с.

41. Наука и техника СССР. Хроника. М.: Наука, 1987. 759 с.

42. The First Results from SOHO / Ed. By Flack B., Svestka Z. Dordrecht: Kluw. Aear.Publ., 1998. 820 p.

43. Галкин А.И., Куклин Г.В., Пономарев Е.А., Солнечно-земная физика - новая наука. // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца, М.: Наука , 1986. вып. 76. С.

44. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1987. 352 с.

45. Наблюдения и прогноз солнечной активности./ Под ред. П.Мак-Интош и М.Драйера М.: Мир, 1976. 280 с.

46. Харгривс Д.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 351 с.

47. Nieves Ortiz de Adler, Ana G. Elias, Jose R. Manzano, Solar cycle length variation. // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 1997. vol. 59. No. 2, pp. 159-162

48. Куклин Г.В. Пространственно-временные закономерности пятнообразования и магнитных полей на Солнце. / Диссертация на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук, Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 1991. 99 с.

49. Селешников С.И., Астрономия и космонавтика, краткий хронологический справочник, Киев, Наукова думка, 1967. 302 с.

50. Калинин Ю.Д., Бенькова Н.П., Авсюк Г.А. и Крот В.Г. К итогам МГГ. // Информационный бюллетень . М.: изд. АН СССР, 1960. N 8 . с. 19

51. Ионосферно-магнитная служба./ Под ред. Авдюшина С.И. и Данилова А.Д. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 244 с.

52. Авдюшин С.И. Гелиогеофизическая служба, ее задачи и перспективы развития.// Метеорология и гидрология, 1981.N 6. с. 4