

## О Т З Ы В

### научного руководителя о диссертации Кулешовой Алены Игоревны «НЕКОТОРЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА РАЗЛИЧНЫХ ВРЕМЕННЫХ ШКАЛАХ: ВСПЫШЕЧНЫЕ СОБЫТИЯ, 11-ЛЕТНИЙ ЦИКЛ, ГРАНДИОЗНЫЕ МИНИМУМЫ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.03.03 - Физика Солнца.

Солнечная активность характеризуется своими разнообразными проявлениями. Но у всех их общий источник – солнечное магнитное поле. Солнечное магнитное поле в свою очередь изменяется спорадически, периодически и циклически на различных пространственных и временных шкалах, приводя к экстремальным выбросам энергии – солнечным вспышкам, 11-летнему циклу носителей активности, грандиозным минимумам и максимумам амплитуды изменений. Именно этим отмеченным аспектам и посвящена диссертация А.И.Кулешовой.

Первая часть ее исследований имеет отношение к периодичности вспышечного энерговыделения в активных областях. К настоящему времени имеются два подхода к описанию этого явления: первый – так называемая «теория массового обслуживания», когда имеется некоторое среднее время между событиями, а распределение таких времен описывается распределением типа Пуассона, второй – распределение промежутков описывается так называемым скейлингом, отражая свойство масштабной инвариантности. Исследования А.И.Кулешовой позволило предложить третий подход: распределение времен рекуррентности описывается логнормальным законом. Объяснение полученного результата еще предстоит. Единственное – рамочное – объяснение может быть в рамках принципа пропорционального воздействия, восходящего к Каптейну и апеллирующего к мультипликативному варианту Центральной предельной теоремы. Колмогоровский каскад вряд ли возможен.

Вторая часть исследований посвящена изучению поведения 11-летнего цикла и ранней диагностики его максимума. Здесь классическим является правило Вальдмайера, говорящее, что чем меньше ветвь роста цикла, тем его максимум будет больше. Ряд исследователей пытались обобщить это правило, сопоставляя максимальную скорость роста на ветви роста  $DW$  с величиной максимума  $WM$ . Это было в работах Лантоса, группы ИЗМИРАН (Дмитриева и др.). Зависимость предполагалось линейной. Однако не было обращено внимание на то обстоятельство, что асимптотически при нулевой амплитуде цикла скорость на ветви роста должна быть тоже нулевой. Когда же это условие диссертантом было введено, оказалось что зависимость  $WM$  от  $DW$  – параболическая с отрицательным квадратическим членом (и с нулевым, естественно, свободным членом), что говорит об ограниченном сверху характере амплитуд 11-летних циклов. Позже это заключение было подтверждено и другими аргументами. В плане же диссертации такое новое «модифицированное правило Вальдмайера» позволило составить прогноз 24-го цикла, который подтвердился.

Третья часть посвящена грандиозным минимумам солнечной активности типа Маундеровского. Более точно: составлению реконструкции поведения солнечной активности на временах многие сотни лет, когда мы сталкиваемся с резкими понижениями ее уровня. Ключевым здесь является эффект Де-Врие: относительное содержание радиоуглерода в природных образцах зависит от потока галактических лучей, модулируемого гелиосферой в зависимости от уровня солнечной активности. Измеренное относительное содержание радиоуглерода в кольцах деревьев (т.е. привязанное к временной шкале), в частности, в Вашингтонской лаборатории Стюйвером (и далее – другими исследователями) позволяет с учетом обменной системы радиоуглерода и путем решения обратной задачи восстановить

уровень солнечной активности. Эти задачи решались, начиная с Дамона и Дормана. Важным, кроме прочего, считался учет изменений геомагнитного поля. Здесь можно отметить работы Соланки и др. (Nature, 2004) и Усоскина с разными соавторами. В работах диссертанта показано, что есть еще один из важных факторов, требующих корректировки вычислений: климатические изменения. Полученная картина изменений солнечной активности в прошлом и, главным образом, уровня грандиозных минимумов, – весьма интересна.

Таким образом, в диссертационной работе А.И.Кулешовой получены новые данные об особенностях солнечной активности и цикличности, и поставленные в диссертации задачи можно считать выполненной.

А.И.Кулешова – соавтор 7 работ в журналах, индексируемых Web of Science, 5 из которых вошли в диссертацию.

За время написания диссертации А.И.Кулешова проявила качества, достойные исследователя: трудолюбие, знание современных компьютерных методов обработки материала, способность к решению поставленных задач, анализу и интерпретации результатов.

Отмечу, что представленная диссертация, являясь формально завершенной работой, открывает целый ряд дальнейших направлений исследований, которые автор, несомненно, будет производить.

Считаю, что по уровню, объему и результатам проведенных исследований А.И.Кулешова, безусловно, достойна присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Главный научный сотрудник,  
Зам. директора ГАО РАН,  
Зав Отделом физики Солнца ГАО РАН,  
доктор физ.-мат. наук

Ю.А.Наговицын



« 05 » марта 2018 г.