

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ им. А. И. ВОЕЙКОВА

06
778

Т Р У Д Ы

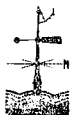
ВЫПУСК 355

285824

СОЛНЕЧНО-АТМОСФЕРНЫЕ
СВЯЗИ

Под редакцией д-ра физ.-мат. наук Л. Р. РАКИПОВОЙ

Ленинградский
Гидрометеорологический ин-т
БИБЛИОТЕКА
Л-д 195126 Малоохтинский пр., 98



ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
ЛЕНИНГРАД · 1975

Б. М. РУБАШЕВ

О ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ ДАННЫХ О СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ К ПРОГНОЗАМ ПОГОДЫ

Литература по воздействиям солнечной активности на метеорологические явления, как известно, весьма обширна и отражает широкий круг исследований, выполненных в этой области за достаточно большой ряд лет. Однако работ, посвященных непосредственному применению или, вернее, попыткам применения сведений о связи солнечной активности с метеорологическими явлениями, значительно меньше. Главной причиной этого, безусловно, является тот факт, что устойчивые и надежные связи солнечной активности с метеорологическими и климатическими явлениями представляют большую редкость. Большинство связей, если и не лежит вполне на пределе значимости, то, во всяком случае, не настолько превосходит этот предел, чтобы можно было говорить о практической значимости только сведений о солнечной активности для целей синоптической метеорологии и климатологии. Другой причиной является отрыв исследователей проявлений солнечной активности в тропосфере от практической службы прогнозов, а также известное предубеждение оперативных (не только их) работников в области метеорологии в отношении возможности каких-либо внешних (в том числе и солнечных) воздействий на метеорологические процессы. Наконец, третьей причиной является слабое развитие проблемы прогнозов самих солнечных явлений. Излишне напоминать, что успех всякого геофизического прогноза, частично или полностью основанного на учете солнечной активности, зависит не только от выявленных связей активности Солнца с соответствующим геофизическим явлением, но так же и от того, с какой надежностью может быть прогнозирована сама солнечная активность. Следует откровенно признать, что в этом отношении гелиофизика еще не сделала решающего шага. Однако можно указать некоторые примеры более или менее успешного применения сведений о солнечной активности к задачам прогноза погоды. Говоря об истории этого вопроса, следует прежде всего коснуться работ Клейтона [11]. Как известно, Клейтон был одним из основных представителей смитсоновской школы, занимающихся проб-

лемой Солнце — тропосфера. Представители этой школы считали основным механизмом воздействия солнечной активности на нижние слои земной атмосферы колебания солнечной постоянной. Впоследствии, как известно, этот механизм был поставлен под сомнение и предлагались другие модели, но в последнее время наблюдается тенденция «воскресить» этот самый элементарный из всех механизмов воздействия солнечной активности на метеорологические явления [1]. Исторически такая концепция сыграла большую роль и на основании ее соображениях о внедрении сведений о Солнце в практику метеорологических прогнозов следует остановиться подробнее.

Как уже говорилось, исследователи Солнца были всегда достаточно далеки от оперативных работников службы погоды, однако Клейтон, о практической деятельности которого в данной области мы намереваемся рассказать, представлял в некотором роде исключение. В течение ряда лет он был штатным сотрудником службы погоды США. Особенностью же этой службы на раннем этапе ее развития было отсутствие единой теоретической концепции, что в какой-то мере являлось следствием отсутствия в это время в США центрального метеорологического научного института или обсерватории [2]; взамен этого там долгое время бытовал чисто эмпирический подход. Может быть, именно вследствие этого служба погоды США с интересом восприняла идеи о том, что процессы погоды обусловлены колебаниями солнечной постоянной.

Среди многочисленных работ Клейтона особый интерес для данной статьи представляют те, в которых в явном виде указано на связь наблюдаемых явлений или периодичностей в метеорологии с соответствующими явлениями или циклами в солнечной активности. Клейтон установил, что при повышенной солнечной радиации (по месячным средним) наиболее высокое давление, как правило, отмечается над северной частью Американского континента, а именно над Аляской и Северной Канадой. При нормальных значениях солнечной постоянной максимальное давление наблюдается южнее, а при низких значениях солнечной радиации распределение давления было, в общем, обратным тому, какое наблюдалось при ее высоких значениях: низкое давление над Северной Канадой и Аляской, а высокое в южной части США. Подобная ситуация была характерной для середины зимы; что же касается середины лета, то высокое давление в основном было над океанами к северу от 60-й параллели. Так как, несмотря на тщательное исследование различных циклов в колебаниях солнечной постоянной, выполненных обсерваторией Смитсоновского института, прогноз этих колебаний оказывается достаточно затруднительным, было произведено сопоставление атмосферного давления непосредственно с числом солнечных пятен. Удалось установить, что при большом числе солнечных пятен зимой над сушей атмосферное давление было выше нормы на широтах, больших 40°, и ниже нормы в тропиках.

Остановимся более подробно на работах Клейтона, относящих-

ся к особенностям циклического проявления солнечной активности в метеорологических процессах. Под циклическими проявлениями подразумеваются процессы, постоянная времени которых соизмерима с 11-летним и с 22,5-летним циклами. Следует принять во внимание, что последний имеет, по Абботу и Клейтону, особо важное значение для колебаний солнечной постоянной.

Служба долгосрочных прогнозов в США была в какой-то мере налажена значительно позднее того времени, когда Клейтон был сотрудником службы погоды. Исследования Клейтона, имевшие известное практическое значение, касались прогнозов либо только краткосрочных, либо долгосрочных, но на очень небольшой срок. Особо четкую зависимость удалось установить для температур в Буэнос-Айресе, где за высоким значением солнечной радиации через 10 дней наступал первый, а через 17 — второй максимум температуры. При более низком значении солнечной радиации эти максимумы наступали раньше. На этой основе Клейтон разработал метод прогноза погоды в Аргентине на срок около недели и при такой же заблаговременности. Может быть не лишним будет упомянуть, что Аргентина и, в частности, Буэнос-Айрес еще до Клейтона привлекали внимание исследователей проблемы Солнце — тропосфера. Так, Гульд еще в 1878 г. установил по данным за 1856—1975 гг. связь между температурой, направлением ветра и относительными числами солнечных пятен для этого же пункта [12].

Известный успех прогностических правил Клейтона для Аргентины побудил Аббота предложить Клейтону разработать подобный же метод и для США. Беря в качестве реперных, в одном случае, даты, характеризующие высоким значением солнечного излучения, а в другом — его низким значением, Клейтон обнаружил что для станций, расположенных в поясе 30—40°, колебания давления после соответствующих реперных дат оказываются противоположными. Аналогичная связь давления с солнечным излучением наблюдается и для Канады, т.е. для более высокой широты. Максимумы и минимумы давления наблюдаются сначала в центральной части США, а затем смещаются к востоку. Следует добавить, что смещение должно иметь место и вне зависимости от каких-либо колебаний солнечной активности, отражая более чем хорошо известный факт западно-восточного переноса. Первый максимум давления, связанный с повышенным значением солнечного излучения, появляется в западной части США в самый первый день увеличения солнечной радиации. Удалось вообще установить связь между абсолютным значением величины солнечного излучения и местоположением центра высокого давления над США, который, как оказалось, смещается к юго-западу при уменьшении солнечного излучения почти до нормы.

Аббот, Клейтон, Арктиковский и другие ученые — представители смитсоновского направления в проблеме Солнце — тропосфера — имели тенденцию подходить со своих специфических позиций и к явлениям мировой погоды [13].

Клейтон был одним из первых исследователей, утверждавших, что макросиноптические процессы имеют волновой характер. Ему удалось подметить своеобразный волновой характер в движениях барических систем через территорию США, и он утверждал, что именно его исследования стимулировали Россби к поискам и к теоретическому осмысливанию длинных волн в атмосфере. Сами по себе волны, которые обнаружил Клейтон, еще не свидетельствуют о какой-либо их солнечной природе, но Клейтон пытался, и притом не вполне безуспешно, установить их связь с синоптическим периодом вращения Солнца. Этому вопросу посвящены также и некоторые работы Аббота, установившего, в частности, период осадков в Вашингтоне, несколько превышающий 27 дней [14]. Гармоники 27-дневного периода, по Абботу, обнаруживают связь с изменениями погоды в США и Канаде.

Изучая 27-дневную цикличность в тропосферных явлениях, Клейтон установил, что при усиленной солнечной активности, выражающейся в увеличении числа пятен, наблюдаются следующие явления: усиленный поток воздуха из низких широт в высокие, усиленный поток воздуха с океана на материк (зимой) и с материка на океан (летом) и образование волн, смещающихся со скоростью, пропорциональной их длине. В этой группе исследований Клейтон пользуется не непосредственно характеристиками солнечной активности, связанными с солнечной постоянной, а применяет гораздо легче определяемые и притом более надежные числа пятен. Специальный цикл исследований, посвященных связи пятен с излучением, приводит Аббота и Клейтона к выводу, что при большом числе пятен солнечное излучение превышает норму. Точнее, при прохождении пятен через центральный меридиан Солнца излучение падает, а при появлении пятен на краях диска растет. Оно существенно возрастает также при наличии на Солнце факелов. Последние особо сказываются на метеорологических явлениях в период между сентябрем и апрелем. Для ст. Виннипег (Канада) обнаружено очень заметное сходство хода интенсивности солнечного излучения с ходом давления и температуры, причем с давлением связь прямая, а с температурой — обратная. Так как излучение достигает максимума вскоре после выхода группы пятен из-за края и вторичного максимума при приближении группы к западному краю и минимума при прохождении группой центрального меридиана Солнца, то именно в это время и следует ожидать соответственно роста и падения давления. Именно на связях такого рода и основаны относительно краткосрочные прогнозы Клейтона. Прогнозы погоды по методу, основанному на солнечной активности (точнее на солнечном излучении), составлялись на три, четыре и пять дней вперед, а также на 27 дней. Клейтон указывал, что сначала прогнозы от трех до пяти дней вперед основывались только на средних кривых, связывающих солнечную радиацию и атмосферное давление, позднее, кроме того, использовались результаты прямых солнечных наблюдений и средние отклонения температуры и давления от нормы при том или ином положении

пятен на диске Солнца. Таким способом предсказывались средние и максимальные температуры в Нью-Йорке.

К попыткам использовать солнечно-тропосферные связи непосредственно для прогноза относятся исследования Фартинга [15]. Им установлено, что в некоторых штатах (например, Канзас и Миссури) наблюдается связь температуры и осадков с корональной активностью Солнца и что температура в этих районах постепенно растет с приближением к центральному меридиану Солнца очага повышенной интенсивности излучения в зеленой корональной линии. После прохождения области повышенной корональной активностью через центральный меридиан Солнца наблюдается прохождение холодного фронта, что, естественно, сопровождается понижением температуры в течение ближайших пяти дней. Усиление красной корональной линии дает более слабый эффект. Что касается осадков, то общая тенденция такова: при большом числе очагов с зеленой корональной линией отмечаются обильные осадки в том случае, если интенсивность этой линии значительно усилена; усиление красной корональной линии соответствует засушливым условиям. При ослаблении той и другой линий осадки близки к норме. Рассмотрев отношение интенсивности зеленой линии к красной, Фартинг пришел к выводу, что увеличение этого отношения ведет к увеличению осадков в теплый сезон (март — октябрь). Особенно сильные осадки наблюдались при прохождении через центральный меридиан Солнца очагов с повышенной интенсивностью зеленой линии. Выводы Фартинга были подвергнуты жестокой критике; его обвиняли в некорректном применении статистических критериев и утверждали, что статистически его работа неосновательна. Наиболее серьезным было то возражение, что оценки интенсивности корональных линий в те годы не были достаточно объективными: в то время как станция Клаймакс (Колорадо), данными которой пользовался Фартинг, давала высокое значение интенсивности какой-либо корональной линии, другая (или другие) станция могла дать для того же интервала солнечного позиционного угла нормальное или даже пониженное значение этой интенсивности. В связи с этим интерес к результатам Фартинга вскоре уменьшился. В настоящее время, однако, когда результаты корональных наблюдений получаются в надежной абсолютной шкале, следовало бы вернуться к работам типа выполненных Фартингом, произведя соответствующие исследования также и для других географических районов.

В Европе в конце 20-х годов попытки практического применения данных о солнечной активности к метеорологическим прогнозам были произведены Мирбахом и Ауфзессом [3]. Мирбах определял число вихревых бурь, т.е. циклонов, в зависимости от положения активного центра на солнечном диске. Удалось подметить, что число циклонов заметно увеличивается, когда активная область располагается близ центра диска. Основываясь на этом, Мирбах время от времени давал прогнозы. В частности, он предупредил французских летчиков, планировавших в начале 1927 г.

первый перелет из Франции в США, о возможности в ближайшее время развития штормовой ситуации над Атлантикой, ввиду того что в день, намеченный для вылета, из-за края Солнца вышла большая группа пятен. Его прогноз полностью оправдался. Шторм послужил причиной гибели французских пилотов.

Прогнозы, которые пытался делать Ауфзесс, касались антициклонических ситуаций над Европой. Изучалось распространение отрогов и ядер азорского антициклона к востоку. Ауфзесс подчеркивал, что это макросиноптическое явление связано не столько с солнечными пятнами, сколько с факелами на Солнце и наблюдается тогда, когда группа пятен приобретает тенденцию ослабевать и разрушаться. Позднее этот вывод был подтвержден пулковскими гелиогеофизиками путем применения объективного метода [3]. Ряд выводов, относящихся как к сравнительно краткосрочным прогнозам, так и к прогнозам на более долгий срок, в том числе и к попыткам предсказания климатических колебаний, был сделан Мемери [16]. В результате 47-летних наблюдений он утверждал, что всякое солнечное пятно (или группа пятен или факелов) оказывает особое воздействие, когда оно образуется или когда появляется на восточном крае Солнца, когда оно проходит через центральный меридиан Солнца, когда оно исчезает на западном крае и в особенности когда оно испытывает увеличение или уменьшение своей активности. Мемери называет такие воздействия солнечных пятен на земные явления *индивидуальными*. Степень индивидуального воздействия изменяется с изменением формы пятен, их гелиографической широты, причем как действительной, так и видимой, т.е. с учетом наклона солнечного экватора к эклиптике. Мемери подчеркивал хорошо известный факт, что время развития группы пятен всегда меньше времени ее распада, но добавлял что солнечные пятна активны в фазе своего развития и нейтральны в фазе своего уменьшения. На последнем выводе, как нам кажется, сказывается ограниченность информации, которой располагал Мемери, ибо, согласно Ауфзессу, воздействие пятна (или группы пятен) на земные явления в фазе разрушения характеризуется не штормовыми, а антициклоническими явлениями.

Мемери считал, что отдельные пятна правильной формы с четкими ядрами и полутенью оказывают более интенсивное воздействие, чем раздробленные группы пятен, быстро меняющие свой облик за время их наблюдений. С этим выводом нельзя, однако, вполне согласиться. Кроме того, Мемери указывал, что пятна, расположенные на небольших гелиографических широтах, оказывают более сильное воздействие на земные явления, чем высокоширотные, — факт, не подлежащий оспариванию.

Мы не будем останавливаться на выводе Мемери о связи температур в области Жиронда с солнечной активностью, так как подобных региональных соотношений можно найти очень много, но устойчивость таких связей не очень велика.

В области солнечно-климатических связей Мемери известен открытием 100-летнего цикла в колебаниях как солнечной актив-

ности, так и климатических явлений. Мемери указывал, что минимумы 11-летнего солнечного цикла в XIX столетии наблюдались в 1812/13, 1823 и 1843 гг. В XX столетии соответствующие минимумы были в 1913, 1923 и 1944 гг. Таким образом, за исключением последнего случая, когда получился сдвиг на один год, столетний цикл как будто выполняется. Максимум 1815 г. повторился в 1917 г., максимум 1828/29 г.— в 1928/29 г., максимум 1837 г.— в 1937 г., а максимум 1848 г.— в 1947 г. В дальнейшем 100-летний цикл несколько нарушается: максимум 1860 г. наблюдался в 1957 г., а минимум 1856 г.— в 1954 г., 1867 г.— в 1964 г. Дальше различие как будто несколько сглаживается: в XIX столетии максимум был в 1870 г., а в XX столетии — в 1969 г. Такой же период колебаний климатических данных Мемери установил для Западной Европы за историческую эпоху, однако здесь его выводы относятся к очень ограниченному числу характеристик, главным образом это годы урожайные и неурожайные в отношении сборов винограда.

Интересны заключения Мемери в отношении возможности использования этих выводов для сезонных прогнозов. Некоторые годы, в которых январь характеризовался отрицательной аномалией температуры, обнаруживают положительную аномалию температуры в июле. Из 9 таких лет в XIX столетии 5, а, возможно и 6 повторились ровно через сто лет.

Важное заключение, дополняющее предшествующие несколько ограниченные выводы Мемери, сводится к следующему. Всякое появление солнечных пятен или факелов из-за края или же их образование на диске сопровождается более или менее значительным повышением температуры воздуха в исследуемом Мемери районе. Обратно, всякое исчезновение или уменьшение солнечных пятен или факелов сопровождается понижением температуры. В этом и заключается, по мнению Мемери, индивидуальное воздействие солнечных пятен на метеорологические явления. Этот вывод Мемери сделал на основе многолетних наблюдений, но в качестве весьма яркого примера он приводит похолодание, наступившее в Западной Европе после 15 декабря 1938 г. Это похолодание было связано с распространением к западу отрога сибирского антициклона и произошло в тот период, когда (с 15 по 20 декабря) быстро исчезли семь групп пятен.

Мемери приводит ряд примеров составленных им сезонных прогнозов, причем — надо отдать ему должное — он приводит примеры как удачных, так и не оправдавшихся прогнозов. К удачным относится прогноз суровой зимы 1929 г. (аналог зим, наблюдавшихся в 1729 и 1829 гг.), прогнозы жаркого лета 1934 г. (также 100-летний аналог жаркого лета 1834 г.) и жаркого лета 1937 г. (также 100-летнее повторение). Удачными были прогнозы жаркого лета 1942 г. и мягкой зимы 1942-43 г. Однако прогноз суровой зимы 1930 г., который был основан на том, что суровой была зима 1830 г., не оправдался. Мемери объясняет это тем, что в зиму 1830 г. наблюдалось разрушение ряда крупных групп солнечных

пятен, в то время как зимой 1930 г. число пятен и их размеры даже увеличились.

Говоря о практическом значении исследований по проблеме Солнце — тропосфера, следует упомянуть о такой значительной фигуре, как Франц Баур. Его работы, касающиеся применения данных о солнечной активности к прогнозам погоды, относятся к области долгосрочных прогнозов, ибо он в течение ряда лет возглавлял соответствующий институт в Западной Германии. Однако, хотя там прогнозы составлялись в основном на 10-дневный срок (отчасти, правда, также и на месяц и на сезон), Бауру принадлежат некоторые исследования, касающиеся трехдневных и пятидневных прогнозов [17]. Сама методика Баура в известной степени является эклектической [2]. В основу кладутся корреляционные уравнения (множественная корреляция), но Баур не пренебрегает также и некоторыми ритмами и аналогами. Баур впервые во всей широте поставил вопрос о природе двойной волны в ходе огромного большинства тропосферных явлений в 11-летнем цикле и смело выступил с утверждением, что такого цикла в тропосфере вообще не существует, а имеет место 5—6-летняя цикличность. При попытке объяснить ее, исходя из астрофизических соображений, Баур вступил в противоречие с данными физики Солнца. Тем не менее его засуха в статистическом обосновании реальности 5—6-летней цикличности в тропосферных явлениях не может оспариваться. Баур подчеркивает, что все данные, как-то аналоги, свойства характерных моментов в развитии погоды, уравнения регрессии, таблицы множественной корреляции, анализ ритмов — все вместе взятое оказывается лишь необходимым подспорьем до тех пор, пока мы не имеем надежных текущих наблюдений за солнечной постоянной и ультрафиолетовым излучением Солнца, а также за теми солнечными процессами, которые приводят к колебаниям излучения. Только тогда, когда такие данные будут в распоряжении исследователей, и когда должным образом будут изучены связи между колебаниями излучения и погодой, можно будет приступить к решению задачи по составлению регулярных месячных и сезонных прогнозов с видами на успех.

Из сказанного, однако, не следует, что и на том этапе, к которому относится цитируемая работа Баура, он не делал попыток применить данные о солнечной активности к долгосрочным прогнозам. Ему принадлежит интересная работа, посвященная связи внутригодовых флуктуаций солнечной активности с макросиноптическими явлениями. Он, в частности, установил следующее правило: Если сравнить суммы чисел Вольфа за декабрь, январь, февраль, март данного года (декабрь относится к предшествующему году) и за май, июнь, июль и август данного года и окажется, что вторая сумма превосходит первую более чем на четыре единицы и при этом сумма среднемесячных значений чисел Вольфа за август—сентябрь более чем на те же четыре единицы превышает такую же сумму за октябрь—ноябрь, то можно ожидать холодную зиму в Средней Европе при следующих дополнительных

условиях: а) среднемесячное число Вольфа за август—сентябрь не больше, чем 110, б) ноябрьские средние разности между давлением на Азорских островах и о. Исландия не обнаруживают отрицательной аномалии, превосходящей 8,5 мб и в) средняя температура воздуха в Берлине с 1 до 10 декабря не превышает норму более чем на 2,5°C. Как видим, это правило довольно сложно, некоторые другие правила, установленные Бауром, также не отличаются простотой. Это и ряд других обстоятельств дали повод называть методику Баура «принципиально запутанной и невыдержанной» [2]. Нам представляется, что такая оценка незаслуженно сурова.

Мы не будем здесь останавливаться на столь широко известных исследованиях, как работы Уокера, в которых солнечная активность учтена при прогнозировании муссонных дождей в Индии, и на работах Брукса, в которых на основании данных о солнечной активности прогнозировались расходы Нила [18], а лишь подчеркнем, что выводы этих климатологов справедливы только с точностью до сохранения циркуляционной эпохи [4], т.е. устойчивость связей не очень велика, что вообще характерно для всей проблемы Солнце — тропосфера.

В СССР непосредственно для прогноза погоды могли использоваться результаты исследований, выполненные в начале 30-х годов группой геофизиков в Ташкенте [5]. Они внесли весьма ощутимый вклад в разработку методов прогноза погоды с учетом солнечной активности. В этой работе основным, по существу, является впервые выполненный цикл исследований, посвященных анализу проявлений 27-дневного периода вращения Солнца в ходе макросиноптических процессов. Усовершенствовав метод 27-дневных календарей Бартельса путем более точного учета синоптической поправки, т.е. используя действительный цикл Керрингтона, ташкентские специалисты получили ряд выводов, которые без преувеличения можно назвать эпохальными в проблеме Солнце—тропосфера. На солнечный календарь наносились различные индексы активности Солнца, главным образом относящиеся к его центральной зоне как к части диска, наиболее эффективной в смысле геофизических воздействий. Отдельно подобные календари строились и для макросиноптических явлений: даты антициклонических штормов Каспийского моря, даты распространений арктических вторжений на территорию Средней Азии, а также атмосферное давление в Ташкенте и т.д. Выполняя затем суммирование по столбцам календаря и сопоставляя полученные для календарей солнечных индексов и для календарей метеорологических явлений кривые суммы индексов, относящихся, очевидно, к различным географическим долготам, в соответствующие дни направленным на Землю, ташкентские исследователи получали возможность установить совпадение тех или других и выяснить, имеет ли место сдвиг одних относительно других, т.е. имеет ли место запаздывание тропосферной реакции на солнечное геоактивное возмущение. Удалось выяснить, что типичным является наличие на Солнце

одновременно двух геоактивных долгот, но в некоторых случаях их бывает и три. В первом случае они, как правило, отделены друг от друга интервалом долготы 180° , что соответствует примерно 14 дням, во втором случае этот интервал составляет 120° , т.е. около 9 дней. Ташкентские геофизики обращают внимание на большое значение дат «перестройки» активности со схемы двух на схему трех долгот и отмечают также, что в эпохи очень высокой активности число активных долгот может достигать до шести. 27-дневный, а также полугодовой циклы были названы ташкентскими исследователями *ритмами положения*, в то время как чередование истинных развитий активных центров в соответствующих долготных интервалах было названо *ритмами состояния*. Прогнозы, основанные на ритмах положения с точностью до сохранения схемы активных долгот, являются довольно элементарными, ритмы же состояния в ташкентской методике остаются неопределенными. Впрочем и сейчас, по прошествии сорока лет с того времени, когда были выполнены описываемые исследования, вопрос о законе чередования усилений активности в активных долготах не стал более ясным.

В ташкентских работах значительное внимание уделено макросиноптической стороне вопроса (разумеется, на уровне 30-х годов). В частности, было подтверждено, что запаздывание эффекта холодной волны относительно увеличения активности в центральной зоне Солнца существенно зависит от траектории, по которой распространяется соответствующее арктическое вторжение, т.е. от точки вхождения арктических масс воздуха.

Имеет смысл также остановиться на работах, которые в конце 30-х годов проводились в Пулковской обсерватории. Эти работы продолжались и в военное и в послевоенное время, но попытки прогнозирования были характерны именно для предвоенных работ. Основными предпосылками к исследованиям были сопоставления макропроцессов в тропосфере с макропроцессами на самом Солнце, конкретно с развитием активных центров. Объективный статистический анализ, основанный на разработанном в Пулкове методе отображения [3], позволил установить, в каких (по преимуществу) фазах развития солнечных активных центров развиваются те или иные тропосферные макропроцессы. Именно таким путем удалось установить, что арктические вторжения на Восточную Европу (четвертый тип циркуляционных механизмов Б. Л. Дзержевского) осуществляются преимущественно в фазе максимального развития пятнообразования в том активном центре, с прохождением которого через центральный меридиан Солнца и было связано возникновение соответствующей макросиноптической ситуации. Было продолжено дальнейшее усовершенствование методики ташкентских геофизиков, позволившее сделать вывод о том, что продолжительность 27,3-дневной последовательности соответствующих макросиноптических положений зависит от того, какова была мощность активного центра в фазе максимального пятнообразования. Кроме того, было показано, что надвижение ядер

азорского антициклона на Европу чаще всего осуществляется при наличии на Солнце таких активных центров, в которых максимальное развитие пятнообразования имело место за два оборота Солнца (т.е. за 54—55 дней) до этого макросиноптического процесса, что явилось объективной проверкой выводов Ауфзесса (см. выше).

Ориентируясь на улучшенный таким образом метод ташкентских исследователей, пулковские гелиогеофизики сделали весной 1939 г. попытку установить с заблаговременностью один месяц наиболее вероятные даты арктических вторжений на северное побережье Европейской части СССР. О наших работах в этой области мы поставили в известность Центральный институт прогнозов и в апреле 1939 г. там на эту тему был сделан доклад. Первые наши прогнозы были удачными, но затем их качество ухудшилось. Был установлен контакт с отделом долгосрочных прогнозов ЦИП, который тогда находился в Ленинграде. Основная цель, которую преследовали пулковские гелиогеофизики, заключалась в том, чтобы заинтересовать специалистов в области долгосрочных прогнозов погоды возможностью учета данных о солнечной активности. Надо сказать, что это удалось: один из главных специалистов по долгосрочным прогнозам Л. А. Вительс стал одним из ведущих специалистов по проблеме Солнце — тропосфера. Все его работы явно или не вполне явно, но имеют прогностический выход. Вительс занимался проблемой в различных ее аспектах, в круг его научных интересов входили и 27-дневный цикл, и активные долго-ты в сочетании с проблемой ритмов, и проявления солнечных циклов большой длительности в многолетних колебаниях барико-циркуляционного режима, и зависимость внутритропосферных прогностических связей от уровня солнечной активности. В качестве примера четкой зависимости рассматривается пространственно-временная связь октябрьских осадков на северо-западе Европейской части СССР и аномалий антициклоничности над юго-западной частью Сибири за предшествующие 1—13 месяцев [6]. Если над юго-западной частью Сибири (8-й район, согласно районированию Л. А. Вительса) в течение указанного периода преобладает антициклоническая циркуляция, т. е. основания ожидать дождливый октябрь над северо-западом ЕТС. Эта прогностическая связь сильно зависит от фазы 11-летнего солнечного цикла: в годы минимума и в начале восходящей ветви процент оправдываемости прогнозов, основанных на этой связи, оказывается наиболее низким (44), причем начало восходящей ветви дает еще более низкую оправдываемость. Для другой фазы: конец восходящей ветви, максимума и начало ветви спада, оправдываемость достигает 64%, а для нисходящей ветви цикла она повышается до 89%, доходя в самом конце цикла до 100%. Объяснение, которое Л. А. Вительс пытался дать этому явлению, основывается на изменении гелиографической широты активных центров с фазой 11-летнего цикла, т.е. с законом Шпёра.

Из числа других исследователей надлежит упомянуть имя Ю. Б. Храброва. Им рассмотрено поведение геопотенциала H_{500} в дни, близкие к датам прохождения групп солнечных пятен через центральный меридиан (реперные дни). Выяснилось, что в зонах преобладания антициклогенеза средняя продолжительность роста геопотенциала в 1,5—2 раза больше при наличии солнечного воздействия, чем без него. Вообще, блокирующие антициклоны имеют тенденцию встречаться гораздо чаще в дни, когда наблюдалось усиление солнечной активности, чем в другие. Храбров показал, что через 1—2 дня после реперного блокирующие антициклоны возникают в 2 раза чаще, чем за 1—2 дня до него [7].

Большой цикл работ, выполненных Э. Р. Мустелем и его сотрудниками в лаборатории солнечно-земных связей при Гидрометцентре СССР, является очень полезным для усовершенствования методики применения данных о солнечной активности к краткосрочным метеорологическим прогнозам. Напомним основные положения школы Э. Р. Мустеля.

1. Репером для развития цикла тропосферных процессов следует считать не какие-либо проявления видимой солнечной активности, а безусловные свидетельства попадания Земли в солнечный корпускулярный поток; самым лучшим свидетельством такого рода попаданий являются геомагнитные возмущения.

2. Цикл тропосферных явлений, на которых сказывается такое корпускулярное воздействие, начинается в среднем через 3,5 суток после начала магнитной бури.

3. Основным следствием корпускулярного воздействия на тропосферу является возникновение определенным образом географически распределенных очагов повышения и понижения атмосферного давления.

4. Весьма существенную роль при этом играют начальные условия, т.е. тот циркуляционный режим, который имел место к моменту начала корпускулярного воздействия [8].

Следует отметить, что автор настоящей статьи не может безоговорочно согласиться со всеми выводами школы Мустеля. На наш взгляд, чисто корпускулярная концепция солнечно-тропосферных связей обедняет реальную картину этих явлений. Более чем 30-летний опыт исследований этих вопросов убедительно говорит в пользу того, что в ряде случаев имеются безусловные свидетельства индивидуальных воздействий солнечной активности на тропосферу без каких-либо существенных аномалий, возникающих в геомагнитном поле. Имеются случаи, когда солнечная активность сначала воздействует на тропосферные процессы, а затем на геомагнитное поле. Поэтому полученная Э. Р. Мустелем и его сотрудниками «естественная заблаговременность» 3,5 суток в некоторых случаях должна быть поставлена под сомнение. Поскольку же с прогнозом геомагнитных возмущений дело обстоит не лучше, а, пожалуй, даже хуже, чем с прогнозом возмущений тропосферных, заблаговременность прогнозов, основанных на результатах Мустеля, вообще является сомнительной. Тем не менее вклад Э. Р. Мус-

теля и его сотрудников в проблему Солнце — тропосфера не следует преуменьшать. На основе этих результатов Р. Ф. Усманов сделал попытку выяснить влияние усиления солнечной активности на оправдываемость краткосрочных метеорологических прогнозов [9]. Хотя его выводы и были подвергнуты критике на совещании по этим проблемам в октябре 1972 г., нам они представляются заслуживающими пристального внимания. Эти выводы Р. Ф. Усманова натолкнули автора данной статьи и А. Н. Любарского на мысль исследовать распределение оправдываемости краткосрочных и трехдневных прогнозов в 27-дневном солнечном цикле. Выполненная по материалам Ленинградского бюро погоды работа такого рода подтвердила, что имеются такие дни солнечного календаря, когда прогнозы оправдываются лучше, и дни, когда они оправдываются хуже [10].

В заключение следует сказать несколько слов о прогностической деятельности А. В. Дьякова [9]. Оставляя в стороне тот явно нездоровый ажиотаж, который возник вокруг его работ как в среде специалистов, так и среди широкой публики, нам хотелось бы отметить следующее. Из перечисленных выше исследователей по проблеме Солнце — тропосфера ближе всех к Дьякову стоит, по нашему мнению, Мемери. Многие из выводов А. В. Дьякова, применяемые им для службы предупреждения о предстоящих бурных метеорологических явлениях, очень близки к выводам Мемери. В то же время Дьяков, несомненно, идет дальше, когда пытается установить признаки поведения тропосферных макропроцессов на ближайшие месяцы. Не вдаваясь в подробности, что, кстати, и невозможно, так как А. В. Дьяков до сих пор не опубликовал подробного и связанного изложения своих принципов и своей методики, нам хотелось бы все же подчеркнуть следующий момент: проблема Солнце — тропосфера на современном этапе, как, впрочем, и ряд других проблем, не могут решать ученые-одиночки.

В заключение следует указать, что без продолжения самого тщательного изучения исключительно сложных внутритропосферных закономерностей, взаимодействий материков и океанов и т.д. нельзя надеяться существенно улучшить положение с прогнозами. Учет лишь одной солнечной активности явно недостаточен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев О. Б. и др. О связи возможных колебаний солнечной постоянной с некоторыми геофизическими параметрами. — «Солнечные данные», № 9, 1973, с. 100—108.
2. Хргиан А. Х. Очерки развития метеорологии. Л., Гидрометеиздат, 1948, 349 с.
3. Эйгенсон М. С. и др. Солнечная активность и ее земные проявления. М.—Л., 1948, 323 с.
4. Гирс А. А. Основы долгосрочных прогнозов погоды. Л., Гидрометеиздат, 1960, 560 с.
5. Бродовицкий К. П., Предтеченский П. П. Основные положения метода долгосрочных предсказаний погоды, учитывающего солнечную активность. — «Тр. Ташкентской геофизич. обсерватории», вып. 1. 1940, с. 9—74.

6. Вительс Л. А. Опыт анализа прогностической связи с учетом солнечной активности.—«Тр. ГГО», вып. 111, 1961, с. 153—178.
7. Бурлуцкий Р. Ф. и др. Колебание общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы погоды. Л., Гидрометеоздат, 1967, 299 с.
8. Мустель Э. Р. Об изменении циркуляции в нижних слоях земной атмосферы после вхождения Земли в солнечный корпускулярный поток. М., Гидрометеоздат, 1970, с. 36—66.
9. Труды I Всесоюзного совещания. Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды. Л., Гидрометеоздат, 1974.
10. Любарский А. Е., Рубашев Б. М. Оправдываемость краткосрочных прогнозов погоды в 27-дневном периоде.—«Солнечные данные», № 12, 1973, с. 108—112.
11. Clayton H. H. Solar relations to weather and life. Canton 1943, vol. 1, p. 105, vol. 2, p. 439.
12. Wolf R. Handbuch der Astronomie Band 11, Zürich 1892, 658.
13. Arctowski H. On solar constant and Atmospheric temperature changes.—“Smiths. Misc. Coll.”, 1941, vol. 101, N 5, p. 1—62
14. Abbot C. 1947—1948 report on the 27,004 day cycle in Washington Precipitations.—“Smiths. Misc. Coll.”, 1948, vol. 110, p. 1—2.
15. Farting E. D. A possible relationship between the solar corona and weather conditions in the central midwest.—“Bull. Amer. Soc.”, 1955, vol. 36, N 9, p. 427—435.
16. Memery H. L'Action individuelle des Taches solaires sur les phénomènes terrestres. Talence, 1948, p. 40.
17. Baur F. Einführung in die Grosswetterkunde. Wiesbaden, 1948, S. 167.
18. Conrad F. Methods in climatology, Harvard, 1944, p. 228.