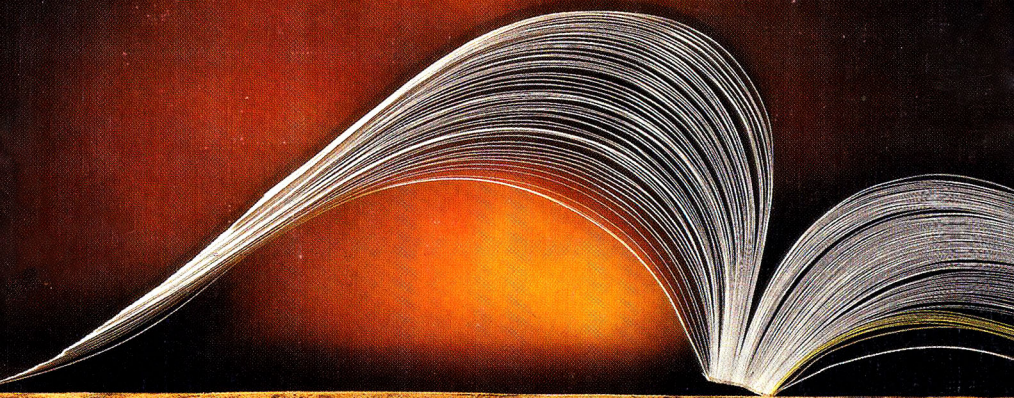


МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ
ОЦЕНКИ И КОНСАЛТИНГА

Игорь Либин,
Хорхе Перес-Пераса

ГЕЛИОКЛИМАТОЛОГИЯ

(глобальные климатические изменения:
оценка опасностей
или факторов экономического роста)



Москва 2009

**МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ОЦЕНКИ
И КОНСАЛТИНГА**

**Игорь Либин,
Хорхе Перес-Пераса**

ГЕЛИОКЛИМАТОЛОГИЯ

**(глобальные климатические изменения:
оценка опасностей или факторов экономического роста)**

МОСКВА 2009

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

председатель – Президент МАОК, доцент, член-корреспондент Академии экономических наук и предпринимательской деятельности, кандидат технических наук **Е.И. Нейман**

заместитель председателя – заведующий кафедрой экономики, управления и оценки МАОК, профессор, член-корреспондент Академии экономических наук, кандидат экономических наук **В.И. Оноприенко**

Ректор МАОК, доцент, кандидат экономических наук **Е.М. Трейгер**

Первый проректор МАОК, кандидат экономических наук **Т.Л. Олейник**

Проректор вузовского и послевузовского образования МАОК, кандидат экономических наук **Т.И. Пустовитова**

Декан высшего профессионального образования МАОК, кандидат экономических наук **С.А. Бушуев**

Ученый Секретарь МАОК, кандидат физико-математических наук **И.Я. Либин**

Либин И.Я., Перес-Пераса Х.А., Гелиоклиматология (глобальные климатические изменения: оценка опасностей или факторов экономического роста). Москва: Международная академия оценки и консалтинга, 2009. – 252 с.

«Как же волнения и бури на Солнце влияют на планету? – писал замечательный русский ученый А.Л. Чижевский – Продолжает ли наш космический корабль «Земля» спокойно и безмятежно плыть своим курсом или его все же «покачивает» на волнах солнечных циклов так, что время от времени слышен звон стаканов в кают-компании?»

В предлагаемой книге мы не только попытались обобщить полученные многочисленными исследователями результаты воздействия солнечной активности на земной климат (в том числе и наши собственные), но и оценить чем грозят человечеству глобальные климатические изменения.

ISBN 978–5–89513–161–9

© Международная академия оценки и консалтинга, 2009

Памяти наших отцов посвящается

*«Всевластен лик, глядящий с вышины!
Настанет ночь – и взор летит из бездны,
И наши сны, взлелеянные сны
Пронизывают знанием надзвездным.
И лик глядит, о людях не скорбя.
Под ним бегут в громах века и воды...
Под черствым равнодушием природы
Невыносимо осознать себя!
Лишь на листе, где численные тайны,
Пылает смысл огнем необычайным».*

А.Л. Чижевский, «Космос»

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вот уже десятки лет, как большинство средств массовой информации во всем мире и на все лады занимаются мрачными пророчествами. Из них следует, что жить человечеству осталось совсем недолго. Парниковый эффект в купе с озоновыми дырами и глобальным потеплением уничтожит человечество, да и весь земной шар. А виноват в этой грядущей трагедии сам человек, вернее, его технологическая деятельность.

На волне подобных кошмаров во многих странах мира сформировались вполне влиятельные и агрессивные политические силы – разнообразные экологические и зеленые движения, давно уже преобразованные в партии, в некоторых местах даже ставшие правящими либо, по крайней мере, входящими в правящую коалицию.

А ведь убытки, причиненные мировой экономике экстремальными погодными явлениями (наводнениями, ураганами, землетрясениями...) за последние полвека возросли (правда, в абсолютном выражении) с 10 до 150 миллиардов долларов в год. Природные катастрофы становятся все масштабнее и, во многом, ученые связывают рост катастроф с изменением климата: рукотворным или нет – другой вопрос.

Кроме прочего, около тридцати лет назад, возникли идеи об определяющем влиянии деятельности человека на климат, что и привело в итоге к образованию главного международного явления под названием Киотский протокол.

То, что проблема изменения климата действительно важна для выживания человечества, поняли не только ученые. В 1992 году на известной встрече в Рио-де-Жанейро представители мирового сообщества решили начать практические действия. Итогом встречи стала Рамочная Конвенция ООН об изменении климата.

Конвенция вступила в силу в 1994 г., и ее подписали 186 стран. В 1997 году в Киото (Япония) был подписан Киотский Протокол к Конвенции, где прописаны численные обязательства по снижению выбросов.

Киотский протокол – первый этап глобального экологического соглашения по «предотвращению катастрофических изменений климата». Главное в протоколе – количественные обязательства развитых стран и стран

с переходной экономикой, включая Россию, по ограничению и снижению выбросов парниковых газов в атмосферу в 2008-2012 гг.

Именно тогда же, на конференции ОПЕК в Эр-Рияде (Саудовская Аравия) около десяти лет назад было решено создать многомиллионный фонд для борьбы с глобальным потеплением – точнее, с промышленными и бытовыми выбросами углекислого газа.

Более того, Нобелевскую премию мира 2007 года за вклад в дело борьбы с выбросами углекислого газа получил бывший вице-президент США Альберт Гор. Вместе с ним Нобелевскую премию получила очень профессиональная и уважаемая Международная организация по изучению изменений климата. Как пишет журналист Петр Образцов в журнале «Итоги»: «Нобелевская премия Гору – скорее всего, последний всплеск активности борцов с выбросами углекислоты.

Но кто помнит сейчас про «озоновую дыру» над Антарктидой, в которую улетучилось так много денег из-за прекращения производства идеальных хладагентов – фреонов? И которая существовала, но потом исчезла».

Американский ученый Джон Коулман, основатель метеоканала The Weather Channel, утверждает, что глобальное потепление на планете, связанное с антропогенной деятельностью человечества, это фикция, придуманная политиками, учеными и бизнесменами, эксплуатирующими ее в своих интересах.

Джон Коулман высказал мнение, что бывшему вице-президенту США Альберту Гору, известному борцу за защиту окружающей среды, следует вчинить иск. По словам Джона Коулмана, это помогло бы разоблачить «искусственно создаваемую панику перед глобальным потеплением».

Если иск будет принят к рассмотрению, то, по мнению Коулмана, организации, продающие квоты на выбросы парниковых газов, тоже могут преследоваться в судебном порядке. (В некоторых научных кругах феномен глобального потепления считается не более чем теорией, которая могла быть фальсифицирована. После подписания Киотского протокола, ограничивающего выбросы в атмосферу, государства или отдельные компании могут продавать и покупать квоты на выбросы углерода).

Но это уже совсем другая история, связанная с большими государственными бюджетами, которые, по возможности, надо «правильно» разделить.

Важно подчеркнуть, что сейчас речь идет только об 2008-2012 годах, с 2013 г. будут новые обязательства, новая ратификация и т.п. Кстати, у России разрешенный уровень выбросов парниковых газов на

2008-2012 гг. – 100% от уровня 1990 г. (у стран ЕС в целом – 92%, у Японии – 94%, у США предполагалось 93%, но США протокол не подписали).

Как пишет в одной из своих работ автор книги И.Я.Либин: «Это значит, что в случае подписания Киотского протокола у нас практически отсутствуют возможности для бесплатного роста нашей экономики (кто не знает, 1990 год был практически провальным в экономике России).

Все сказанное отнюдь не значит, что необходимо резко, как США, отказаться от Киотского протокола. Как сказал один из политиков: «Война – это слишком серьезное дело, чтобы его можно было доверить военным».

Сказанное не означает, что работа, которая ведется по борьбе с выбросами, не нужна. Не так давно вышла замечательная книга одного из лауреатов Нобелевской премии (в составе той самой Международной организации по изучению климата) И.А.Башмакова «Низкоуглеродная Россия: 2050 год», в которой ясно показано, что участие России в программе по борьбе с выбросами будет серьезным толчком в развитии российской экономики, в том числе и технологическом.

Необходимо лишь, чтобы будущее участие России в Киотском протоколе и в дальнейших экологических программах решали не отдельные чиновники, а широкое научное сообщество. Решение быть или не быть России в Киотском протоколе и остальных программах должно быть принято после гласных широких обсуждений специалистов в области климата и ученых-экономистов.

Глобальное изменение климата – проблема планетарного масштаба и решать ее придется всем миром. Принятие согласованного решения столь же необходимо и неизбежно, как и общая борьба с терроризмом. И чем раньше политики начнут реальные действия, тем меньше будет ущерб».

Нам же хотелось бы понять, таким ли уж человек является самоубийцей, что с неподдельной страстью пытается уничтожить себя и все живое на планете? Ведь с первой минуты своего относительно осмысленного существования человечество, чтобы выжить, всегда наносило планете определенный урон. И никакого иного способа продолжить пребывание на этой земле у него (человечества) попросту не было. Все силы природы, как и другие виды животных, всегда были гораздо сильнее человека разумного.

Скептики утверждают, что именно в последние десятилетия, после промышленной революции, развитие вредных для природы технологий происходило особенно стремительно. Но и природоохранные процессы также набирали силу. Здравый смысл подсказывает, что существование человечества напрямую связано с развитиями современных технологий. Иначе оно себя попросту не прокормит. Но как же заклинания о грядущей катастрофе в СМИ?

Мы часто слышим по радио и телевидению или читаем в газетах прогноз гелио (т.е. солнечной) и геомагнитной активности на ближайшие дни и уже никто не задумывается о той колоссальной работе (многих коллективов исследователей), которая стоит за этими прогнозами.

Мы все стали потребителями прогнозов, привыкли к их существованию и уже не задумываемся об их важности для нашей жизни.

А ведь кроме обычных людей, прислушивающихся ко всем этим прогнозам и планирующим свое поведение в ближайшие дни, потребителями таких прогнозов являются специалисты МЧС и связисты, космонавты и военные, метеорологи и биологи, врачи и гидрологи в нашей стране и за ее пределами.

Как пишет замечательный ученый Галина Машнич: «Для успешного прогноза будущего климата Земли необходимо перейти от тупиковой концепции геоцентризма в изучении климата нашей планеты к концепции гелиоцентризма. Необходимо понять, что земной климат является естественной составляющей, продолжением космического климата...».

Но ведь прогнозы невозможны без фундаментальной науки, на которой и строится все здание прикладных исследований.

Именно так и обстоит дело с наукой, ставшей сегодня, как мне кажется, частью мировой экономики, поскольку она дает возможность делать оценки и примерные прогнозы ожидаемых нетехногенных катастроф: землетрясений, засух, эпидемий, погодных катаклизмов, частоты повторяемости ураганов. С наукой, объясняющей воздействие изменений солнечной активности на процессы на Земле и в ближайшем космическом пространстве.

Никто не отменял конкуренцию в научном сообществе, однако цена, стоящая сегодня перед учеными, чрезвычайно высока: нормальное прогнозируемое существование человечества в обозримые годы.

Поэтому, наряду с нормальными индивидуальными амбициями ученых верх берут практичность и желание получить результаты как можно

быстрее. Всемирная глобализация, о которой так много и не всегда с уважением говорят в мире, объединила сегодня не только финансы и данные наблюдений, она объединила творческие силы разных исследователей и, как результат, за последние годы многонациональными коллективами сделано больше, чем за два десятилетия предыдущих исследований.

Именно поэтому, мне хотелось бы познакомить читателей не только с книгой «Гелиоклиматология», но и с ее авторами, учеными из России (Игорь Либин, Международная Академия оценки и консалтинга) и Мексики (Хорхе Перес-Пераса, Институт Геофизики Национального Автономного Университета Мексики).

***Евгений Трейгер,**
Ректор МАОК,
кандидат экономических наук*

HELIOCLIMATOLOGÍA: INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES DE LA ACTIVIDAD SOLAR EN LOS PROCESOS CLIMATOLÓGICOS, HIDROLÓGICOS, GEOFÍSICOS Y BIOLÓGICOS TERRESTRES

El primero en la historia de la ciencia que puso atención en la sincronía de la actividad solar y de los procesos que transcurren sobre la Tierra fue A.L. Chizhevskiy. “... ¿Cómo la agitación y las tormentas en el Sol influyen en el planeta? – escribía -. ¿Continúa nuestra nave cósmica, la Tierra, tranquila y plácidamente su curso o se balancea en las ondas de los ciclos solares de tal forma que de tiempo en tiempo se escucha el sonido de vasos en los camarotes?”

Antes ya había sido establecido que los fenómenos y procesos climáticos – glaciares, calentamientos, la recurrencia de tifones y sismos – se encuentran ligados con el Sol. Con el Ciclo de 11, 22-30 y 80-90 años, así como los ciclos seculares está relacionada la temperatura del Ártico y de la Antártida, la fluctuación del nivel y el régimen térmico de los océanos, y las pulsaciones de la corriente del Golfo. Los valores máximos de energía de los sismos corresponden a años de máxima actividad solar.

El Ciclo de 11 años se observa en el movimiento de polos terrestres, así como en el aumento y descenso de la velocidad de rotación de la Tierra. En concordancia con el Sol varía la intensidad del geomagnetismo, la frecuencia de las auroras polares, la radioactividad del aire, la concentración del ozono y el espesor de la capa de esta componente atmosférica, se observan cambios en la ciclicidad de sequías e inundaciones, del nivel de lagos y pulsaciones de la corteza terrestre.

En la época reciente se ha demostrado que, en los períodos de explosiones en el Sol, la composición sanguínea sufre cambios bruscos: en estos momentos la sangre recuerda aquella, característica de gentes sometidas a emisiones radioactivas. La influencia solar en la sangre se ejerce no sólo por parte de los ciclos de largo período (como y sobre toda la naturaleza), sino también la ejercen los ciclos interanuales, anuales, estacionales, diarios, e inclusive con períodos del orden de segundos. La sangre varía constantemente: en nosotros como el vino fermenta el Sol. Sin embargo, desafortunadamente, a diferencia de los represen-

tantes de las ciencias exactas, biólogos y médicos no pueden acostumbrarse a esta realidad, aunque ya se conoce de manera cierta que los brotes de epidemia y las plagas de langosta se rigen por el Sol.

El historiador griego Fukidid escribió: "... las epidemias se acompañan frecuentemente por inundaciones, erupciones, malas cosechas, invasiones de langosta ...", y ya que las variaciones de la actividad solar se acompañan también de variaciones atmosféricas, los sistemas de signos celestes fueron prácticamente iguales para todos los pueblos. "... la coloración singular de cielo, nubes en forma de flechas, las columnas de las auroras polares, las manchas del Sol, notables en ocasiones a simple vista, todo esto precedía a la desgracia ...".

El ciclo solar más "popular" es el de 11 años. Pero hay una gran cantidad de ellos: el de 27 días, el de 1.5 años, el cuasibianual, el de 7 años, el de 22 años, el de 36 años, de 80 – 90 años, de 320-480 años. Existen también los de superlargos períodos: de 600 y de 1800 años.

El economista soviético N.D. Kondratyev, fusilado en 1938 en la prisión de Súzdal, descubrió oscilaciones con períodos entre 58 y 64 años en la actividad económica, las cuales son ahora conocidas con su nombre. K. Enseniy un ciclo fractal de 17 años: los barcos holandeses aproximaron con este ciclo el límite de su utilidad.

En 1964, en una conferencia leningradense, el Profesor Packard hizo una declaración asombrosa, después de la cual químicos de diferentes países, a un mismo tiempo realizaron un sencillo experimento escolar: observaron la reacción de oxidación en una coloidal de cloruro de bismuto. Estos científicos no investigaban el resultado de la reacción, el cual era conocido, sino la velocidad de precipitación de los productos, que resultó diferente para diferentes experimentos, pero cada vez igual en todos los puntos sobre la Tierra.

Es decir, existe un factor para toda el planeta que influye de igual manera en la reacción. Este descubrimiento, brillantemente comprobado por S.E. Shnol, biofísico de Púshino, fue la gota que derramó el vaso. Con nuevos métodos instrumentales y matemáticos, se comenzó la investigación de la periodicidad, la influencia de relaciones, estadísticamente significativas, entre diferentes procesos en la Tierra y en el espacio interplanetario. La relación con el Sol, con las oscilaciones de la actividad solar y magnética de nuestra estrella se hacían evidentes, no sólo especulativamente, sino numéricamente.

¿Cómo pueden, concretamente, pueden estas oscilaciones solares transformarse en las variaciones que observamos en la Tierra? ¿Cuál es el mecanismo

de la influencia Sol – Tierra? En la literatura constantemente se plantea la pregunta acerca de la realidad de la influencia de la actividad solar en los procesos hidrológicos y climáticos [Mendoza-Ortega 1992 – 1997, Arie 1986, Dorman 1987, Libin 1989, Dorman 1991, Pérez-Peraza 1994, Perez-Peraza 2008, Libin 2009, Kondratiev 2007, y otros].

***Igor Ya. Libin,
Jorge A. Perez-Peraza***

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	16
1. <i>Климат и глобальное потепление</i>	22
1.1. Элементы климатической модели	22
1.2. Основные теории изменения климата	27
1.2.1. Углекислый газ и парниковый эффект	27
1.2.2. Солнечная активность – источник изменений климата	33
1.3. Солнечно-земная физика и фундаментальные космические исследования	46
2. <i>Воздействие солнечной активности на космофизические и геофизические процессы</i>	55
2.1. Активные процессы на Солнце	56
2.2. Современные представления о структуре короны Солнца ...	61
2.3. Физические основы прогнозирования возмущений	64
2.3.1. Солнечный ветер	64
2.3.2. Прогнозирование возмущений в околоземной среде	66
2.4. Предвестники космических бурь	68
2.5. Солнечная активность и космические лучи	77
2.5.1. Долгопериодические вариации солнечной активности и космических лучей	77
2.5.2. О наличии годовой составляющей в цикле солнечной активности	91
2.5.3. Связь солнечной активности с геомагнитными процессами	93
2.6. Роль межпланетного магнитного поля в атмосферных процессах	94
3. <i>О возможном анализе воздействия солнечной активности на климатические процессы</i>	100
3.1. Методы совместного анализа космофизических и климатологических процессов	100

3.1.1. Спектральный анализ исследуемых процессов	100
3.1.2. Методы авторегрессионного анализа для оценивания взаимосвязи космофизических и метеорологических параметров	105
3.1.3. Моделирование механизма взаимодействия гелиофизических и геофизических процессов	108
3.2. Изучение спектральных характеристик солнечной активности и климатологических процессов	110
3.2.1. Изучение корреляционных и спектральных характеристик космофизических процессов и штормистости	110
3.2.2. Тенденция изменчивости площади льда Балтийского моря при оценке изменений климата	113
3.2.3. Модулирование солнечной радиации, наблюдаемой на Земле, и ее возможная связь с изменениями солнечной активности	118
3.2.4. Солнечная активность и уровни замкнутых водных систем	123
3.2.5. Воздействие солнечной активности на циклические изменения осадков	141
3.2.6. Изменения солнечной активности и их возможное влияние на долгопериодические вариации приземной температуры	144
3.2.7. Изменения солнечной активности и их возможное влияние на процессы в мировом океане	147
3.2.8. Изменения солнечной активности и их возможное влияние на биологические процессы на Земле	157
3.2.9. Влияние солнечной активности на экономические процессы	165
3.2.10. Возможные механизмы воздействия космофизических факторов на климатологические процессы	171
3.3. Моделирование взаимодействия космофизических и климатологических процессов	177

4. <i>Оценка опасностей, обусловленных глобальным потеплением</i>	187
4.1. Риски для существования человечества	187
4.2. Риски и преимущества, связанные с глобальным потеплением	191
4.3. Возможные причины глобального потепления, связанные с изменениями солнечной активности	196
4.4. Изменение климата и национальная безопасность России	202
4.5. Космические колебания климата – это реальность	208
<i>Литература</i>	210

*И вновь и вновь взошли на Солнце
пятна,
И омрачились трезвые умы,
И пал престол, и были неотвратны
Голодный мор и ужасы чумы.
И вал морской вскипел от колебаний,
И норд сверкал, и двигались смерчи,
И родились на ниве состязаний
Фанатики, герои, палачи.
И жизни лик подернулся гримасой:
Метался компас – буйствовал народ,
А над землей и над людскою массой
Свершало Солнце свой законный ход.*

А.Л. Чижевский, 1921

ВВЕДЕНИЕ

Впервые в истории науки в начале двадцатых годов прошлого века обратил внимание на синхронность солнечной активности и происходящих на Земле процессов Александр Леонидович Чижевский.

Выдающийся российский ученый, мыслитель, он был вместе с тем и талантливым художником, утонченным поэтом-философом и музыкантом.

«Леонардо да Винчи XX века» – так называли А.Л. Чижевского участника состоявшегося в Нью-Йорке в сентябре 1939 года I Международного Конгресса по биофизике и космологии.

Во многом это связано с личностью самого А.Л. Чижевского – ученого-энциклопедиста, одного из создателей, наряду с другим нашим великим соотечественником В.И. Вернадским, космического естествознания, основоположника космической биологии, гелиобиологии, аэроионофикации и электрогеомодинамики, историка, поэта и художника, гуманитарная культура которого позволяет облекать исследуемые явления в ясную форму изложения.

В специальном меморандуме, принятом на том же I Международном конгрессе по биофизике и космологии в 1939 г. в Нью-Йорке, отмечалось, что «гениальные по новизне идеи, по широте охвата, по смелости синтеза и глубине анализа труды поставили профессора А.Л. Чижевского во главе

мира и сделали его истинным Гражданином мира, ибо его труды – достоинство человечества».

А.Л. Чижевский был избран почетным президентом конгресса, который выдвинул его на Нобелевскую премию. Кстати, в Сорбонне, среди барельефов великих ученых мира, находится и барельеф А.Л. Чижевского.

Однако мировое признание не убергло ученого от репрессий: он был репрессирован в 1942 году. Известно, что Сталину, предпочитавшему все катаклизмы в обществе объяснять одной классовой борьбой, не понравились выводы Чижевского о связи войн, революций и других массовых потрясений в обществе с числом солнечных пятен.

В заключении А.Л. Чижевский организовал небольшую лабораторию в лагерной больнице и после формального освобождения продолжал там работать, чтобы завершить очередной цикл испытаний своего удивительного оздоровительного устройства, известного теперь под названием «люстра Чижевского».

Известный физик Д.И. Блохинцев писал о нем и его картинах: «...быть может, самое главное, о чем говорят эти картины, как и стихи ... заключается в том, что они раскрывают перед нами образ истинно великого русского человека в том смысле, в котором он всегда понимался в России. Необходимой и неотъемлемой, обязательной чертой этого образа были не только успехи в той или иной науке, а создание мировоззрения. Наука, поэзия, искусство - все это должно было быть лишь частью великого гуманиста и его деятельности».

Наряду с такими корифеями науки как В.И. Вернадский и К.Э. Циолковский, Чижевский положил начало новому космическому мировоззрению.

Обнаружение влияний космических факторов на биологические и научно-социальные процессы – одно из самых значительных его вкладов в современное научное мышление.

А.Л. Чижевский определял жизнь как способность живого организма пропускать сквозь себя поток космической энергии, а биосферу считал местом трансформации космической энергии, подчеркивая тем самым, что жизнь – в значительной степени явление больше космическое, чем земное.

В своей работе «Земное эхо солнечных бурь» он писал: «Эруптивная деятельность на Солнце и биологические явления на Земле суть соэффекты одной общей причины - великой электромагнитной жизни Вселенной. Эта жизнь имеет пульс, свои периоды и ритмы...

Жизнь не является результатом случайной игры только земных сил. Она создана воздействием творческой динамики Космоса на инертный материал Земли. Она живет динамикой этих сил, и каждое биение органического пульса согласовано с биением космического сердца – этой грандиозной совокупности материальных объектов Вселенной.

За огромный промежуток времени воздействия космических сил на Землю утвердились определенные циклы явлений, правильно и периодически повторяющиеся как в пространстве, так и во времени. На Земле всюду находим циклические процессы, являющиеся результатом воздействия космических сил.

В этом бесконечном числе циклических процессов сказывается биение общемирового пульса, великая динамика природы, различные части которой созвучно и гармонично резонируют одна с другой».

Позднее было обнаружено, что климатические процессы – ледники, потепления, повторяемость тайфунов и землетрясений, выпадение осадков – связаны с Солнцем. С 11-летними, 22-30-летними и вековыми циклами связана степень ледовитости Арктики и Антарктики, колебания уровня океанов, пульсации Гольфстрима, термический режим морей.

Максимальные значения энергии землетрясений приходятся на годы максимумов солнечной активности. 11-летняя цикличность наблюдается в движении полюсов Земли, в повышении и снижении скорости вращения Земли.



Роль Солнца для жизни на Земле. Различные виды солнечного излучения определяют тепловой баланс суши, океана и атмосферы. За пределами земной атмосферы на каждый квадратный метр площадки, перпендикулярной солнечным лучам, приходится чуть больше 1,3 киловатта энергии.

Суша и воды Земли поглощают примерно половину этой энергии, а в атмосфере поглощается около одной пятой ее части. Около 30% солнечной энергии отражается обратно в межпланетное пространство, главным образом, земной атмосферой.

Как писал Эдвард Кононович: «Трудно себе представить, что случится, если на некоторое время какая-то заслонка преградит путь этим лучам на Землю. Арктический холод быстро начнет охватывать нашу планету. Через неделю тропики занесет снегом. Замерзнут реки, стихнут ветры и океан промерзнет до дна. Зима наступит внезапно и всюду. Начнется сильный дождь, но не из воды, а из жидкого воздуха (в основном, из жидкого азота и кислорода). Он быстро замерзнет и семиметровым слоем покроет всю планету. Никакая жизнь не сможет сохраниться в таких условиях. К счастью, всего этого случиться не может, по крайней мере, внезапно и в обозримом будущем, зато описанная картина достаточно наглядно иллюстрирует значение Солнца для Земли».

Солнечный свет и тепло были важнейшими факторами возникновения и развития биологических форм жизни на нашей планете. Энергия ветра, водопадов, течения рек и океанов – это запасенная энергия Солнца. То же можно сказать и об ископаемых видах топлива: уголь, нефть, газ.

Под влиянием электромагнитного и корпускулярного излучений Солнца молекулы воздуха распадаются на отдельные атомы, которые, в свою очередь, ионизируются.

Образуются заряженные верхние слои земной атмосферы: ионосфера и озоносфера. Они отводят или поглощают ионизирующее и проникающее солнечное излучение, пропуская к поверхности Земли только ту часть энергии Солнца, которая полезна живому миру, к которой растения и живые существа приспособились.

Существующая гипотеза о влиянии солнечной активности на сейсмичность Земли обсуждается в научной литературе и, в основном, сводится к изучению закономерностей во времени между активными процессами на Солнце и землетрясениями на Земле. В работе [Одинцов, 2004] изучается связь глобальной сейсмичности Земли с 11-летней цикличностью

солнечных пятен, со скачками скорости солнечного ветра в околоземном пространстве, корональными выбросами масс Солнца.

Показано, что максимум полной энергии землетрясений (с магнитудой более 5 баллов по Рихтеру) в 11-летнем солнечном цикле пятен приходится на спад цикла и опаздывает от максимума солнечного цикла на два года. Утверждается, что максимум количества землетрясений имеет прямую корреляцию со скачками скорости солнечного ветра. Анализируются также возможные физические механизмы воздействия солнечной активности на глобальную сейсмичность Земли.

В такт Солнцу меняется и напряженность земного магнетизма, частота полярных сияний, радиоактивность воздуха, количество озона в озоновом слое, цикличность засух и наводнений, уровень воды в озерах, пульсация земной коры.

В последнее время было доказано, что в периоды вспышек на Солнце резко меняется состав крови: в эти моменты кровь напоминает ту, которая бывает у людей, перенесших радиоактивное облучение. Влияние на кровь оказывают не только долгопериодические циклы (как и на все в природе), но и годовые, сезонные, суточные и даже секундные. Кровь меняется постоянно – в нас как вино, бродит Солнце. Но, к сожалению, в отличие от представителей точных наук, биологи и врачи к этому привыкнуть не могут, хотя уже достоверно известно, что вспышки эпидемий, нашествия саранчи строго следуют за Солнцем.

Греческий историк Фукидид писал, что «эпидемии часто сопровождаются наводнениями, извержениями, засухами, неурожаями, набегами саранчи». А поскольку изменения солнечной активности сопровождаются еще и атмосферными изменениями, системы небесных знамений были практически одинаковы у всех народов.

«Необычная окраска неба, стрельчатые облака, столбы северных сияний, пятна на Солнце, видимые порой даже невооруженным глазом, - все это предшествовало беде» [Никонов, 1996].

Самый «популярный» и известный солнечный цикл – 11 летний. Но есть и огромное количество других циклов: 22-летний, 7-летний, квазидвухлетний, полутороговой, 36-летний, 80-90-летний, 169-180-летний, 27-дневный. Существуют и сверхдлинные 600-летние и 1800-летние циклы.

Расстрелянный в 1938 году в суздальской тюрьме советский экономист Николай Кондратьев открыл 58-64 летние колебания экономической ак-

тивности, которые теперь названы его именем. К.Енсенем выделен 17-летний фрахтовый цикл: голландские корабли подгоняли под него срок годности своих судов.

В 1964 году на Ленинградской конференции профессор Паккарди сделал сенсационный доклад, после которого химики разных стран в одно и то же время (по Гринвичу) проводили простейший школьный опыт: следили за реакцией осаждения в коллоидном растворе оксихлорида висмута. Ученых волновали не результаты экспериментов (они были известны), а скорость прохождения реакции осаждения. Потому что каждый раз она была различна для различных опытов, но одинакова по всей Земле. Значит, существовал какой-то общий для всей планеты фактор, влияющий на прохождение реакций.

Это открытие, блестяще подтвержденное всемирно известным российским биофизиком и историком науки из Пущино С.Э. Шнолем, было последней каплей в накоплении данных об удивительных цикличностях.

Исследователями из Пущино было показано, что при последовательных измерениях любых процессов вследствие флуктуаций получают последовательность дискретных величин. Форма соответствующих гистограмм сходна в каждый данный момент для процессов разной природы и изменяется с высокой вероятностью одновременно в разных процессах и при больших расстояниях между лабораториями [Шноль, 1998, 2000, 2001].

В ряду последовательных гистограмм данная гистограмма с высокой вероятностью сходна с ближайшими соседями и повторяется с периодом в 24 часа, 27 суток и около 365 суток. Все это свидетельствует о весьма общей космофизической (космогонической) причине феноменов.

За периодичности взялись всерьез: появились новые инструментальные и математические методы, началось выявление статистически значимых соотношений между различными процессами на Земле и межпланетном пространстве.

Связь с Солнцем, с колебаниями солнечной и магнитной активностью нашего светила становилась очевидной не только умозрительно, но расчетной.

Но как конкретно все эти солнечные колебания могут трансформироваться в наблюдаемые нами изменения на Земле? Где механизм этих воздействий?

*«Климат – это погода,
усредненная за десятки лет».*

1. КЛИМАТ И ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

1.1. ЭЛЕМЕНТЫ КЛИМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Климат, как и погода, поддаются измерению. Поэтому во всем мире ежедневно и ежечасно десятки тысяч наблюдателей измеряют атмосферное давление и температуру, влажность воздуха, направление и скорость ветра, облачность и видимость, осадки (количество и вид) и туманы и метели, грозы и продолжительность солнечного сияния, температуру почвы, высоту и состояние снежного покрова, солнечную радиацию и многое другое.

Климат Земли определяется элементами окружающей среды глобального масштаба: это атмосфера, гидросфера (океан и воды суши), суша (континенты), криосфера (снег, лед и районы многолетней мерзлоты), а также биосфера.

Еще в начале XX века замечательный русский ученый А.Л.Чижевский обратил внимание, что погода и климат на Земле тесно связаны с изменением солнечной активности. В 1915 году Александр Чижевский поступил в Московский археологический институт, где в том же году выступил с докладом «о солнечно-биосферных связях».

А по окончании института в 1918 году защитил в Московском университете диссертацию на тему «Исследование периодичности всемирно-исторического процесса» и сразу получил степень доктора всеобщей истории. Спустя шесть лет в свет вышел главный труд Чижевского, сразу сделавший молодого профессора всемирно знаменитым.

Он назывался «Физические факторы исторического процесса». Именно эта книга положила начало изучению влияния Солнца на земные события.

Сегодня очевидно: потепления и похолодания на Земле носят циклический характер и случались множество раз без какого-либо участия человека. В прошлом климат Земли менялся не раз, причем гораздо существеннее и радикальнее, чем сейчас.

К примеру, около 35 миллионов лет назад среднегодовая температура была на 5-6 градусов выше нынешней, на Шпицбергене росли пальмы и дубы, водились змеи и аллигаторы, а на Таймыре были настоящие заросли тропических джунглей.

Когда мы начали осваивать Арктику? В 30-х годах. Почему именно тогда? Многие считают, что, мол, такова была политическая воля советской власти. Ничего подобного. Все достижения 30-х годов связаны с существенным потеплением в Арктике. Тогда льды отступили на сотни километров к северу. Туда было легко попасть, и корабли проникали в очень высокие широты.

А перед этим, в 10-20-х годах XX века, в Арктике было холодно. В 60-70-х годах – очередное похолодание. Ледники перестали отступать. Сейчас вновь потепление. «Если сравнивать сегодняшний климат с прошлыми эпохами, – пишет директор Института географии РАН академик Владимир Котляков, – то считайте, что мы живем в голоцене, то есть в межледниковый период, который наблюдался 100 тысяч лет назад, когда температура на Земле в среднем была на полтора градуса выше нынешней. Причем 100 тысяч лет назад не было человека, ТЭЦ, автомобилей, прочей кофоти и грязи».

Да, в результате хозяйственной деятельности человека за последние десятилетия содержание углекислого газа и метана выросло примерно на треть. Образовались тонны парниковых газов.

Но на температуре это вообще не отразилось. Еще чуть ли не вчера ученые в один голос заявляли, что потепление климата вызвано деятельностью человека, его влиянием на окружающую природу. А факты говорят о другом: сначала повышается температура, а уж потом содержание углекислого газа. Постепенное и неуклонное изменение климата, главным образом, объясняется естественными причинами. На эти изменения, разумеется, накладывается и человеческое влияние, однако оно не является решающим, глобальным.

Ученые признают: механизм глобального потепления очень сложный и еще не понят наукой.

В работах многих исследователей (в том числе и авторов) была доказана фактическая связь климата с выбросом из Солнца заряженных частиц различных энергий, с направлением межпланетного магнитного поля, солнечным ветром. И прежде всего была доказана связь солнечной активности с атмосферными процессами.

Центральным элементом климатической системы является атмосфера. Через нее человек воспринимает изменение других элементов.

Атмосфера есть в любой точке Земли, она глобальна. Другие элементы в той или иной степени локальны.

Океан занимает 70,8% поверхности Земли, соответственно суше остается 29,2%. Ледники занимают чуть больше 3% поверхности Земли. Если сюда добавить морские льды и снежный покров, то получится 11%.

Биосфера. В современном естествознании проблемы жизни в целом на Земле объединяются общим понятием биосферы – термин (его в 1875 г. ввел австрийский геолог Э. Зюсс), первоначально означавший совокупность всех живых организмов на нашей планете.

Биосфера распространена в глобальных масштабах. При этом, биосфера распространена неравномерно по земной поверхности, верхняя ее граница – 25-30 км, нижняя (в земной коре) – до 2-3 км, в воде – до 3-10 км.

Биосфера представляет собой единство объектов живой и неживой природы, вовлеченных в сферу жизни. Два основных компонента биосферы – живые организмы и среда их обитания – непрерывно взаимодействуют и влияют друг на друга.

Солнце является основным источником энергии для жизни на Земле и огромное количество процессов на нашей планете связано с его излучением. Вся биосфера открыта Космосу, и, образно говоря, она «купается в потоках космической энергии». Перерабатывая эту энергию, живое вещество преобразует всю нашу планету. В этом смысле можно считать, что происхождение, образование и функционирование биосферы является результатом действия космических сил.

В последнее время было обнаружено, что в периоды вспышек на Солнце резко меняется состав крови: в эти моменты кровь напоминает ту, которая бывает у людей, перенесших радиоактивное облучение.

Космические факторы, влияющие на биогеохимические процессы и на климат Земли, определяются ее пространственным расположением относительно Солнца (наклон земной оси к плоскости орбиты Земли), расстоянием Земли от Солнца, условиями прохождения солнечных лучей и главным образом процессами, происходящими на Солнце. Поэтому изучение и установление природы солнечно-земных (и особенно солнечно-биосферных) связей имеет огромное значение буквально для всех процессов, протекающих на Земле.

Атмосферный газ является всепроникающим. Он находится в состоянии непрерывного обмена с другими элементами климатической системы. Составляющие атмосферного газа растворяются в гидросфере. Из гидросферы они также поступают в воздух, проникают в поры и трещины литосферы. И в свою очередь атмосфера наполняется выбросами вулканических газов и их слабыми потоками из литосферы.

В ледниковых покровах также сохраняются атмосферные газы. При таянии льдов в виде пузырьков они освобождаются и поступают обратно в атмосферу. Атмосфера обменивается газами с биосферой в процессе дыхания.

Именно биосфера создала в атмосфере кислород.

Атмосфера как элемент климатической системы является самой подвижной из всех других элементов.

Гидросфера Земли и, прежде всего, Мировой океан (а также моря, озера и реки) – важные компоненты образования климата. Тепло, масса и энергия движения передаются от атмосферы водам Мирового океана и наоборот. Они соприкасаются друг с другом на 2/3 поверхности Земли.

Поверхностные течения в океане формируются атмосферными ветрами, которые переносят большое количество тепла.

Океан является гигантским аккумулятором тепла. Масса океанической воды в 258 раз больше массы атмосферного газа. Для того, чтобы повысить температуру атмосферного газа на 1°C, океанской воде надо отдать то же количество тепловой энергии, в результате которого температура воды уменьшится всего на одну тысячную долю градуса. Такие изменения температуры даже трудно измерить.

В последние десятилетия были обнаружены очень важные особенности циркуляции воды в океане: так, наряду с давно известными океанскими течениями, учеными были обнаружены подводные океанические вихри, подобные циклонам и антициклонам в атмосфере. Диаметр этих вихреобразных кольцевых структур достигает сотен километров. При этом, свойства воды в пределах этих вихрей сильно отличаются от свойств воды окружающей их.

Обнаружены также подводные и поверхностные океанические движения воды (например, Эль-Ниньо в Тихом океане у берегов Южной Америки).

Гидросфера является подвижной средой, хотя по сравнению с атмосферным газом скорость движения здесь в десятки-сотни раз меньше: сред-

ная скорость океанических движений составляет несколько сантиметров в секунду, тогда как скорость ветра достигает нескольких (а то и сотен) метров в секунду.

Криосфера (снег и лед) также участвуют в формировании климата. Покрывая земную поверхность, они увеличивают отражательную способность Земли. В результате до 90% приходящей от Солнца тепловой энергии этим зеркалом отражается обратно в космос. Основная масса льда сосредоточена в Антарктиде. Там находится 90% всего льда, который имеется на планете.

Но в данном случае, главную роль играет не масса льда, а площадь поверхности Земли, на который он рассредоточен. А наибольшую площадь на Земле занимают морские льды и снежный покров: морской лед Северного Ледовитого океана сохраняется летом на площади около 8 млн. квадратных километров, а зимой эта площадь увеличивается вдвое. Снег в среднем за год покрывает до 60 млн. квадратных километров поверхности Земли.

Суша можно считать самым инерционным и пассивным элементом климатической системы. Она за короткие промежутки времени меняется мало. Ее изменяют процессы почвообразования, выветривания, эрозии, опустынивания.

За десятки и сотни миллионов лет происходит дрейф континентов, что совершенно меняет облик Земли.

Биосфера является весьма активным компонентом климатической системы. В периоды вегетации растительного покрова, смены растительных сообществ, расширения и сокращения площади, занятой растительностью, увеличения или уменьшения биомассы ее влияния на изменения климата проявляются по-разному, они проявляются в разных масштабах времени.

Если климатическую систему сравнить с живым организмом, то можно сказать, что роль крови в нем выполняет вода, находящаяся в различных состояниях (пар, жидкость, снег, лед). Вода является переносчиком массы и энергии в климатической системе». Климатическая система, по мнению специалистов, является в большинстве случаев системой саморегулирующейся. Это значит, что многие внешние и внутренние изменения (возмущения) гасятся.

1.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Почему меняется климат? *Точно на этот вопрос ответить не может никто. Существует масса гипотез, рассматривающих возможные причины такого изменения.*

При этом, все гипотезы о причинах наступления эпох оледенения или глобального потепления можно разделить на две основные группы [Perez-Peaza 1996].

1.2.1. Углекислый газ и парниковый эффект

Одна группа гипотез заключается в том, что причиной изменений климата является поглощение потока солнечной энергии Землей. Идея основывается на данных измерений, которые показывают, что время от времени в атмосфере Земли создаются условия, при которых солнечная энергия поглощается гораздо хуже, чем обычно, и температура существенно понижается.

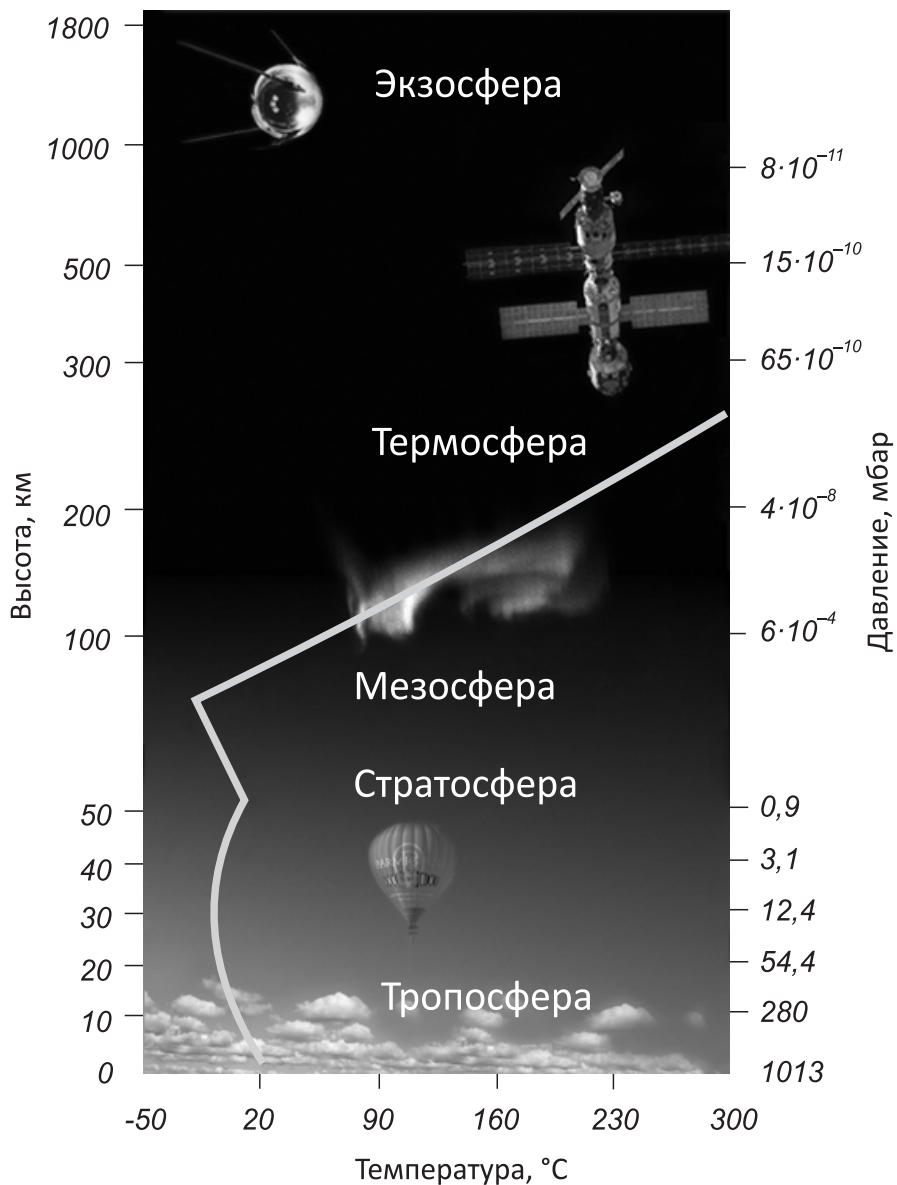
Как считают ученые, причину такого изменения поглощения энергии нужно искать только в атмосфере: часть энергии отражается обратно в космос, часть пропускается к поверхности Земли, а часть «используется» для нагрева атмосферы.

Эта способность атмосферы зависит от ее состава, а известно, что состав атмосферы Земли за всю ее историю изменялся достаточно радикально. При этом, наиболее важную роль в этом процессе играет углекислый газ CO_2 , хотя его абсолютное количество в атмосфере ничтожно мало – всего 0,03% объема.

Углекислый газ в атмосфере работает как пленка на теплице по принципу: впускать, но не выпускать. В результате 30% приходящего солнечного излучения отражается от верхних слоев атмосферы и уходит назад в космос, но большая часть проходит сквозь атмосферу и нагревает поверхность Земли.

Нагретая поверхность испускает инфракрасное излучение. Некоторые газы, входящие в состав атмосферы в относительно небольших количествах (0,1%) способны задерживать инфракрасное излучение. Их называют парниковыми газами, а само явление – парниковым эффектом.

Парниковые газы присутствовали в атмосфере почти на всем протяжении истории Земли, их баланс поддерживался за счет естественного круговорота в природе. В отсутствие парниковых газов температура воз-



Строение атмосферы Земли

духа у поверхности Земли была бы примерно на 30-33°C ниже, чем сейчас. До начала эпохи промышленного развития концентрация диоксида углерода в атмосфере была равна 280ppm (частиц на миллион), а теперь она увеличилась на 30% и достигла 368ppm.

Если естественный парниковый эффект поддерживал атмосферу Земли в состоянии теплового баланса, благоприятного для существования животных и растений, то **антропогенное увеличение** концентрации парниковых газов в атмосфере нарушает естественный тепловой баланс планеты за счет усиления парникового эффекта, и как следствие, вызывает глобальное потепление – считают последователи теории антропогенного влияния на климат.

Общая идея приверженцев этой модели коротко заключается в следующем.

Приходящие к поверхности Земли солнечные лучи проходят атмосферу беспрепятственно. Конечно, часть излучения рассеивается из-за относительной непрозрачности атмосферы.

Световая энергия частично поглощается и нагревает Землю. Часть солнечной энергии отражается земной поверхностью (сушей и водной поверхностью) обратно в атмосферу и далее в космос. Нагретая Земля, как и любое нагретое тело, начинает излучать.

Но, **получив световую энергию, она излучает тепловую.** Это ультрафиолетовое или инфракрасное излучение. Это излучение, уходящее от Земли, и задерживается углекислым газом (диоксидом углерода) CO_2 .

Если бы CO_2 в атмосфере не было, то средняя температура на поверхности Земли существенно снизилась бы. При этом на Земле наступили бы условия эпохи оледенения.

Если же содержание углекислого газа в атмосфере увеличится, это приведет к эпохе глобального потепления.

Сторонники глобального потепления считают, что практически до начала индустриальной революции XX века на Земле установилось некоторое, хотя и весьма хрупкое, равновесие между всеми источниками углекислого газа.

Ясно, что если такое равновесие нарушается, то количество CO_2 в атмосфере должно измениться и на Земле должно **произойти изменение климата**: нынешнее глобальное потепление связано с антропогенной деятельностью человечества.

У этой теории есть несколько слабых мест.



Парниковый эффект

Логика сторонников теории глобального потепления была такова: так как углекислота пропускает ультрафиолетовое и видимое излучение Солнца, но не пропускает тепловое, инфракрасное излучение, то это означает, что поверхность нагревается больше, чем охлаждается, и в результате возникает глобальное потепление.

Парниковым этот эффект был назван потому, что якобы точно так же действует стеклянная крыша парника. Казалось бы, все очень красиво и правильно, а значит, нужно немедленно снизить до минимума выбросы CO₂ и сократить промышленное производство.

Впрочем, много лет назад американский ученый Роберт Вуд усомнился в справедливости объяснения парникового эффекта. Нужно сказать, что он прославился простотой своих экспериментов и остроумными решениями сложнейших физических задач [Сибрук 1946].

Вуд построил настольную теплицу с крышей из прозрачного кристалла обычной поваренной соли (поваренная соль пропускает и ультрафиолетовые и инфракрасные лучи).

Следовательно, парникового эффекта в его теплице не должно было быть.

Но эффект был! Теплица отлично работала, температура внутри нее исправно повышалась, вплоть до того момента, пока настежь не раскрыли маленькую дверку...

Таким образом, Вуд установил (и это следует учесть всем садоводам-огородникам!), что в теплице тепло присутствует не из-за каких-то там излучений и свойств поверхности, а потому, что в ней закрыта дверь и нет обмена воздуха с атмосферой. Откройте дверь, и весь тепличный эффект пропадет.

Разумеется, этот вывод справедлив и для «парникового эффекта на Земле», якобы вызываемого углекислотой. Получается, CO₂ ни при чем и, следовательно, промышленное производство не имеет практически никакого отношения к реально повышающейся температуре атмосферы Земли.

В 70е годы прошлого столетия появились данные о потеплении климата, причем практически на всей территории планеты. И не то чтобы ученые не знали раньше о периодическом изменении средней температуры на поверхности Земли.

Нет, было известно и о ледниковых (в том числе малых) периодах – вспомним картины Брейгеля с конькобежцами на замерзших голландских

каналах. Знали они и о просто заметных похолоданиях и потеплениях в различные столетия человеческой истории.

Чего стоит название Гренландия (Зеленая земля), данное викингами чуть больше тысячи лет назад. Викинги, открывшие Гренландию, были поражены климатом страны, в которой росли дубы, ясени, виноград и водилось колоссальное количество птицы. Но ведь это было не миллионы лет назад, а практически недавно.

Профессор Гарвардского университета Роджер Ревел, сопоставив графики поведения температуры и содержания углекислого газа в атмосфере, обнаружил хорошо выраженную корреляцию: рост температуры был пропорционален росту количества CO_2 .

Действительно, в последние годы обнаружен значительный рост наблюдаемой температуры и CO_2 .

Авторы открытия рассуждали: углекислый газ образуется в первую очередь при горении любого органического материала, например топлива. Значит, углекислоты тем больше, чем больше в стране теплоэлектростанций, чем лучше развита промышленность.

И если мы не хотим таяния льдов Арктики и Антарктики и ухода под воду Санкт-Петербурга, Амстердама и Нью-Йорка, то объемы промышленного производства следовало бы сократить. Или перейти на такие варианты сжигания топлива, при которых CO_2 не выбрасывается в атмосферу.

Так и родилась теория глобального потепления, заодно наметившая основные способы борьбы с ним.

Многие ученые считают, что не температура атмосферы растет из-за выбросов CO_2 , а наоборот, количество углекислоты в атмосфере увеличивается из-за потепления.

В этом есть смысл: CO_2 содержится в воде морей и океанов, а растворимость газов, как известно, уменьшается при росте температуры, и углекислота выделяется в атмосферу (попробуйте провести эксперимент в духе Роберта Вуда и нагреть стакан с газировкой – сразу возникнет масса пузырьков).

Кроме того, и это самое главное, ***корреляция двух процессов может быть вызвана вообще некой общей причиной, из-за которой первые два и меняются похожим образом.***

Но что же тогда является причиной изменения климата?

Может эта общая причина – наше Солнце?

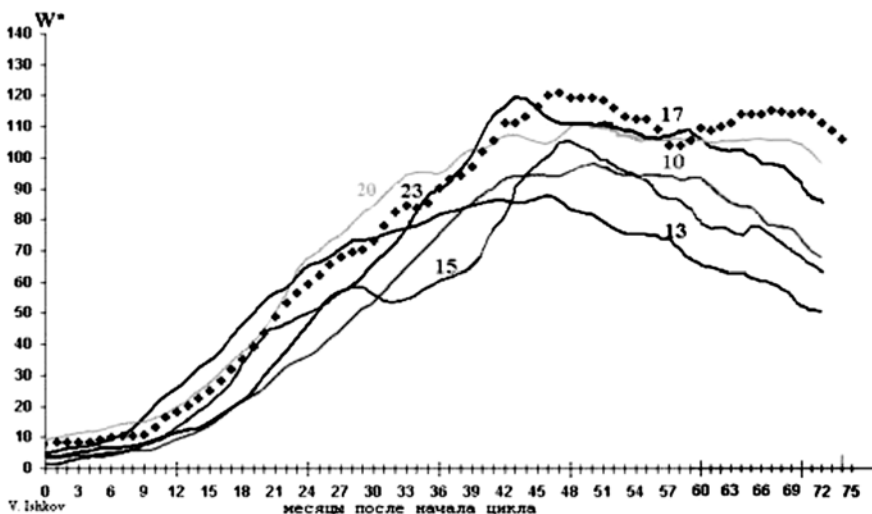
1.2.2. Солнечная активность – источник изменений климата

Основной источник энергии, тепла, от которого зависит климат [Andreasen 1993, Denkmayr 1995, Friis-Chrustensen 1980, Perez-Peraza 1996, 1997, Либин 2007]. Все гипотезы второго подхода к объяснению наблюдаемых изменений климата исходят из того, что поток солнечной энергии существенно меняется со временем. Поэтому меняется и количество тепла, которое получает от Солнца Земля.

Почему Солнце может менять энергию? Известно, что процессы внутри Солнца протекают с определенной периодичностью, причем длительность этих периодов составляет сотни миллионов лет. Меняется активность Солнца и с периодами примерно в 11, 22, 35, 90, 200, 600, 2000 лет.

От уровня солнечной активности зависит количество энергии, которую Солнце транспортирует в околосолнечное пространство в виде солнечных заряженных частиц.

Ранее [Perez-Peraza 1995, 1999], было установлено, что климатические процессы – ледники, потепления, повторяемость тайфунов и землетрясений, выпадение осадков также меняются с периодами в 11, 22-35, 80-90, 200-280 лет.



23 цикл солнечной активности [Ишков, 2007]

С 11-летними, 22-30-летними и вековыми циклами связана степень ледовитости Арктики и Антарктики, колебания уровня океанов, пульсации Гольфстрима, термический режим морей. Максимальные значения энергии землетрясений приходятся на годы максимумов солнечной активности. 11-летняя цикличность наблюдается в движении полюсов Земли, в повышении и снижении скорости вращения Земли.

Еще недавно у нас собирались строить каналы для заполнения Каспийского моря, катастрофически мелевшего прямо на глазах? А сейчас происходят пугающий подъем уровня Каспия и затопление прибрежных городов, причем без всяких каналов.

В такт Солнцу меняется напряженность земного магнетизма, частота полярных сияний, радиоактивность воздуха, количество озона в озоновом слое, цикличность засух и наводнений, уровень воды в озерах, пульсация земной коры.

В литературе неоднократно поднимался вопрос о конкретном влиянии солнечной активности на гидрологические и климатологические процессы [Бланка-Мендоса 2006, Дорман 1987, Либин 1989, Дорман 1991, J.Peres-Perasa 1994 и др.].

Интересная теория конкретного влияния солнечной активности на процессы на Земле была предложена Г.А.Никольским в работе «Вариации астрономической и метеорологической постоянной». Как указывает Никольский, изменчивость солнечной постоянной составляет несколько десятых процента.

В то же время, приход солнечной радиации в тропосферу может изменяться в связи с вариациями солнечной активности амплитудой в несколько процентов, что является результатом воздействия стратосферного модуляционного механизма.

Никольским была впервые показана роль галактического космического излучения на изменения состояния атмосферы и вклад изменений солнечной постоянной в наблюдаемых на Земле изменениях атмосферы, биосферы Земли.

В последнее время, после исследований в Датском национальном космическом центре, было обнаружено, что космические лучи оказывают гораздо большее влияние на изменение земного климата, чем специалисты полагали ранее [Svensmark 2007].

В ноябре 2008 года Свенсмарк опубликовал первые экспериментальные результаты, полученные им в ходе пяти лет исследований влияния

космических лучей на облачный покров. Они были напечатаны в журнале «Труды Королевского общества: математика, физика и инженерные науки». Полный отчет о проделанной работе будет опубликован в книге под названием «Холодные звезды: новая теория климатических изменений».

Изменение количества космических лучей, попадающих в атмосферу, непосредственно влияет на увеличение облачного покрова нашей планеты. При большом количестве облаков Земля отражает солнечное излучение обратно в космос, благодаря чему планета охлаждается.

Хенрик Свенсмарк уверен, что сегодня Земля переживает период, когда облачный покров уменьшился из-за недостатка космических лучей. Это, по его словам, и является основной причиной происходящего на наших глазах глобального потепления.

Свенсмарк считает, что выбросы углекислого газа, связанные с антропогенной деятельностью, влияют на климат, на порядок меньше, чем полагают ученые. Эти результаты были обнародованы через неделю после доклада Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата, в котором сообщается, что выбросы углекислого газа *в результате антропогенной деятельности приведут к повышению температуры к концу века на 4,5°C*.

Свенсмарк считает: *«Долгое время считалось, что климатические изменения влияют на появление облаков, однако сейчас мы видим, что облака определяют изменения климата. Это не было принято во внимание при создании моделей, с помощью которых рассчитывается эффект, оказываемый углекислым газом.*

Может оказаться, что CO₂ вызывает потепление в гораздо меньшей степени, чем считалось. Полученные результаты демонстрируют, что при попадании в атмосферу космические лучи создают заряженные частицы, которые притягивают молекулы воды из атмосферы и образуют облака».

В результате исследований проб льда обнаружено, что изменения температуры и CO₂ случались и раньше в прошлом.

В ближайшее время, группа, в которую входят более 60 ученых со всего мира, готовится провести масштабный эксперимент с использованием женеvского ускорителя частиц, чтобы воспроизвести эффект попадания космических лучей в атмосферу.

Они надеются, что это покажет, действительно ли космическая радиация влияет на изменение облачного покрова. Если это так, климатологам,

возможно, придется пересмотреть свои представления о механизмах глобального потепления.

Результаты датских ученых полностью подтверждаются исследованиями температуры и солнечной активности, проводимыми российскими учеными вот уже на протяжении практически 150 лет.

Регулярные измерения температуры поверхностного слоя атмосферы начали проводиться в России приблизительно с 1860 года. Поэтому в изучении этого временного периода никаких проблем у ученых не возникало.

Однако, чтобы понять и выявить настоящие причины потепления и их возможные связи с Солнцем, надо иметь в распоряжении данные по более длинным временным отрезкам.

Сегодня это с успехом можно сделать, основываясь на изучении годовичных колец деревьев. Считается, что живое дерево в процессе своего роста непрерывно фиксирует многочисленные изменения в физическом и химическом состоянии окружающей среды.

Ширина кольца является чутким показателем, реагирующим на изменение условий окружающей среды, и напрямую зависит от температуры и влажности. Путем перекрестной датировки двух отдельных хронологий по дубу для Северной Ирландии и Германии российскими учеными была создана европейская хронологическая шкала длительностью 7272 года.

Хронологии колец деревьев по европейским ископаемым остаткам дуба и сосны практически без разрывов покрывают последние 11 тысяч лет. Но и этот период показался исследователям небольшим для построения серьезных умозаключений.

Кроме древесных колец, ученые использовали в своем исследовании кораллы и сталагмиты. В этих природных образованиях содержится изотоп кислород-18, по которому можно сделать выводы о количестве осадков в атмосфере за тот или иной период.

Много полезной информации могут дать ледники – их возраст в Гренландии и Антарктиде порой достигает сотни тысяч лет. По химическому составу льда ученые могут установить цикличность изменения климата с момента появления ледяных кристаллов.

К тому же в толще льда наука способна различать космогенный изотоп – бериллий-10, компонент, который является хорошим индикатором количества космических лучей, пришедших на Землю в разные временные эпохи, благо период полураспада бериллия-10 – полтора миллиона лет.

Годы скрупулезной работы ушли на сбор и анализ данных, полученных из различных источников. И вот пришло время делать первые выводы. Кривая изменения кислорода-18, который говорит о количестве осадков, совпала с кривыми, полученными по бериллию-10! А раз так – есть определенная связь между космогенными изотопами и состоянием климата.

Только после этих исследований стало очевидно, что космические лучи, попадая в атмосферу, образуют вышеназванные космогенные изотопы, которые ионизируют частицы, взвешенные в атмосфере, и тем самым создают ядра конденсации, на которых и возникают капли влаги, образующие плотные, низкие облака.

На основании этого российским ученым удалось доказать, что существует прямая связь между потоком космических лучей и площадью, покрытой облаками. Эти облака, в свою очередь, препятствуют нагреву Солнцем поверхности планеты. Вероятно, из-за такого постоянного атмосферного состояния Земля охлаждается до такой степени, что наступает период глобального похолодания.

Новая теория нашла одобрение в научных кругах. Например, Юрий Стожков, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий Долгопрудненской научной станцией им. академика С.Н.Вернова Физического института им. П.Н.Лебедева РАН, уверен, что «за процесс глобального потепления ответственны космические лучи.

Хотя энергия потока космических лучей, падающего на нашу атмосферу, примерно в десять в восьмой степени раз меньше потока электромагнитного излучения Солнца, нагревающего Землю, космические лучи являются главным источником ионизации воздуха.

Они обеспечивают работу глобальной электрической цепи, образование грозового электричества, молниевых разрядов. Ослабление грозовой активности является хорошим показателем процесса уменьшения потока галактических космических лучей, приходящего на Землю из межзвездной среды».

По мнению российских физиков, количество космических лучей зависит от изменения магнитного поля Земли, которое служит основной защитой от влияния космоса. Известно, что магнитное поле Земли – переменное. Существует эффект, при котором магнитные полюса на временной шкале продолжительностью две тысячи лет могут отклоняться на 10 градусов и по широте, и по долготе.

А на шкале примерно в миллион лет может происходить полный переворот магнитного поля, и тогда полюса меняются местами. При этом напряженность магнитного поля Земли в этот период (длительностью в тысячи лет) падает в несколько раз.

В результате экранирующее действие поля для космических лучей пропадает, и весь их поток из межпланетного пространства попадает в атмосферу Земли.

«Сейчас мы в лабораторных условиях занимаемся тем, что моделируем ситуацию, когда поток космических лучей на орбите Земли повышается в несколько раз, – говорит кандидат физико-математических наук научный сотрудник ФТИ им. А.И.Иоффе Анатолий Павлов. – Предварительные результаты показывают, что глобальные катастрофы, которые уже потрясли Землю, были связаны исключительно с действием космических лучей».

В первую очередь космические лучи вызывают ионизацию атмосферы и существенно влияют на образование таких активных молекул, как окислы азота (что полностью подтверждает выводы датских физиков).

Прежде всего, это отражается в стратосфере, где находится основной слой озона. Окислы азота уничтожают озон (при этом сами они не расходуются), что влечет за собой различные неприятные эффекты. Например, затормаживает процесс фотосинтеза, который дарит энергию всем земным организмам.

Солнечные вспышки играют большую роль в жизни на Земле как в долгосрочной (десятки и сотни лет), так и в краткосрочной перспективе. Так в 1989 году в Канаде мощная солнечная вспышка вывела из строя электросистему целого региона, и провинция Квебек оказалась на 10 часов без электроэнергии. Та солнечная шалость была оценена специалистами в миллиарды долларов.

«А теперь представьте себе, – пишет в одной из своих статей крупнейший специалист в области солнечно-земных связей, известный физик из Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН доктор физико-математических наук Владимир Обридо, – что Москва обесточится хотя бы на сутки. Солнечная вспышка нарушает связи на коротких расстояниях, коротких радиоволнах, приводит к сбою работы радиолокационных систем».

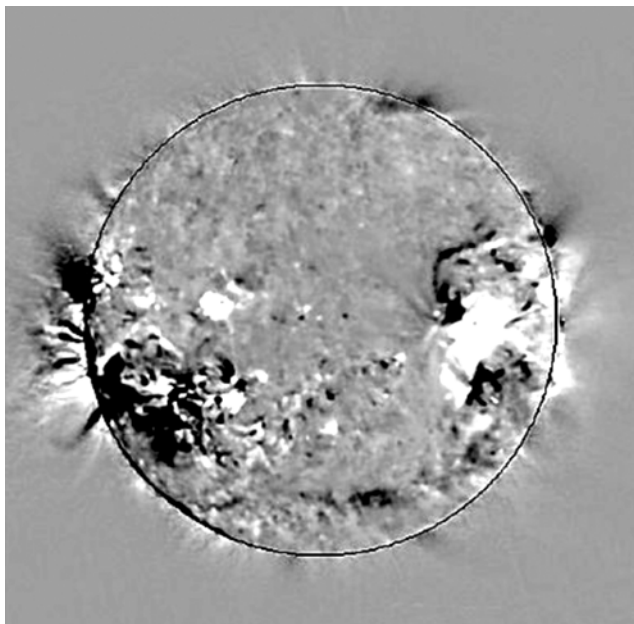
Вот какой прогноз выдали ученые ИЗМИРАН. Примерно в 2007 году был зафиксирован минимум солнечной активности. Но ненадолго.

После короткого перерыва (2008 и может быть частично 2009 гг.) последует новый рост, и к 2010 году надо ожидать новый всплеск солнечной активности, приблизительно до такого же уровня, какие были в 2000 году (гибель "Курска", пожар на Останкинской телебашне), а перед этим в 1990-1991 годах (путч, распад СССР, возникновение горячих точек).

А можно вспомнить и далекое прошлое. Так, пресловутый 1917 год – год максимальной солнечной активности, 1937 – тоже.

На протяжении еще как минимум нескольких лет после 2010 года активность Солнца будет очень и очень высока. А это значит, что следует ожидать любых последствий на Земле – от климатических сюрпризов, массовых психозов до увеличения смертности и числа аварий и катастроф.

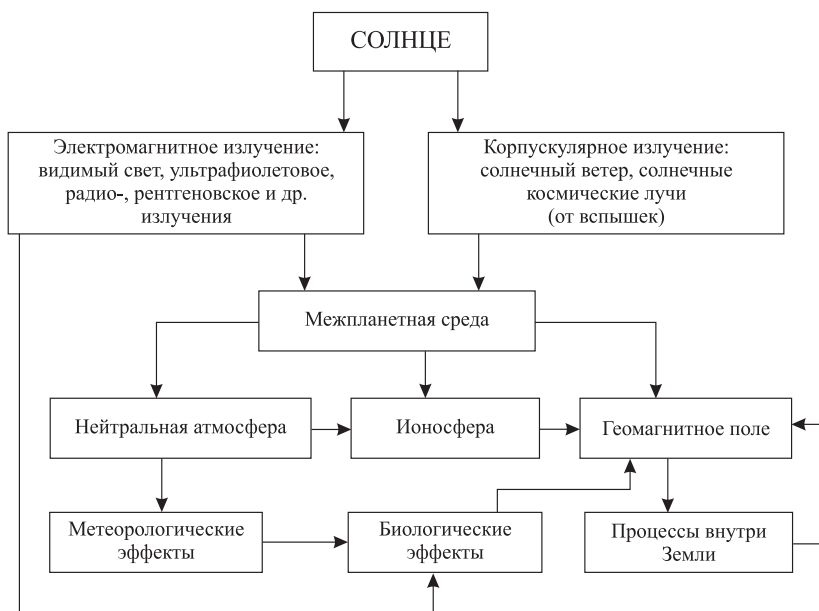
Вопрос о вероятной связи сезонных и многолетних изменений состояния атмосферы Земли с гелиофизическими и космофизическими явлениями неоднократно обсуждался в научной литературе. В настоящее время не подвергается сомнению, что причиной различных возмущений атмосферы является Солнце [Либин, 2009; Башкирцев, 2004; Машнич, 2004].



Солнечные пятна и вспышки на Солнце

Циркуляция атмосферы подвержена влиянию цикличности меняющейся солнечной активности, которая контролирует и состояние геомагнитной активности [Левитин, 2006; Коваленко, 1983; Ptitsina, 1998], и временные изменения (вариации) галактических и солнечных космических лучей [Дорман, 1982].

Уместно ожидать, комплексную взаимосвязь между всеми упомянутыми выше явлениями. Параметры каждого из них обладают собственным спектром сезонных и многолетних колебаний [Либин, 2008; Чертков 1985]; так как, несмотря на наличие общих возможных механизмов, часть наблюдаемых колебаний будет характеризоваться различными причинно-следственными связями.



Общая схема влияния Солнца на Землю (ИКИ РАН)

То, что такие связи существуют, следует из простого качественного сопоставления временных изменений среднемесячных и среднегодовых значений чисел Вольфа (W), площадей солнечных пятен (S), геомагнитной активности (K_p -индекс), интенсивности космических лучей ($I_{\text{кл}}$) и индекса штормистости (P), описывающего повторяемость опасных ветров (со ско-

ростью ≥ 12 м/с) в Северном море [Микалаюнас, 1985; Витинский, 1973; Глокова, 1952].

Как атмосферные изменения, так и модуляция потока космических лучей, наблюдаемых на Земле, связаны, по-видимому, одними и теми же процессами в межпланетном пространстве: мощные межпланетные ударные волны, вспышки на Солнце, высокоскоростные потоки солнечного ветра, секторная структура межпланетного магнитного поля (ММП).

Одной из самых замечательных особенностей Солнца являются практически периодические, регулярные конфигурации разных проявлений солнечной активности, то есть всей совокупности наблюдаемых изменяющихся (скоро либо медленно) явлений на Солнце.

Это и солнечные пятна – области с мощным магнитным полем и вследствие этого с пониженной температурой, и солнечные вспышки – более массивные и быстроразвивающиеся взрывные процессы, затрагивающие всю солнечную атмосферу над активной областью, и солнечные волокна – плазменные образования в магнитном поле солнечной атмосферы, имеющие вид вытянутых (до сотен тысяч км) волокнообразных структур.

Когда волокна выходят на видимый край (лимб) Солнца, можно созидать более превосходные по масштабам активные и спокойные образования – протуберанцы, отличающиеся богатым разнообразием форм и сложной структурой.

Необходимо еще отметить корональные дыры – области в атмосфере Солнца с открытым в межпланетное пространство магнитным полем. Это своеобразные окна, из которых выбрасывается высокоскоростной ступок солнечных заряженных частиц.

Высокоскоростные корпускулярные плазменные потоки изменяют структуру солнечной короны. Когда Земля попадает в такой поток, деформируется ее магнитосфера и возникает магнитная буря. Ионизирующее излучение сильно влияет на условия в верхних слоях атмосферы и создает возмущения в ионосфере. Возможны влияния и на многие другие физические явления.

Активная область на Солнце (АО) – это совокупность изменяющихся структурных образований в некоторой ограниченной области солнечной атмосферы, связанная с усилением в ней магнитного поля от значений 10–20 до нескольких (4–5) тысяч эрстед. В видимом свете наиболее заметным структурным образованием активной области являются темные, резко очерченные солнечные пятна, часто образующие целые группы.

Обычно среди множества более или менее мелких пятен выделяются два крупных, образующих биполярную группу пятен с противоположной полярностью магнитного поля в них.

Солнечные пятна – наиболее известные явления на Солнце. Из имеющихся письменных источников следует, что в первый раз солнечные пятна в телескоп увидел и описал Галилео Галилей в 1610 г. Мы не знаем, когда и как он научился ослаблять броский солнечный свет, но красивые гравюры, изображающие солнечные пятна и опубликованные в 1613г. в его знаменитых письмах о солнечных пятнах, явились первыми систематическими рядами наблюдений.

Но нужно сказать, что первыми, все-таки, внимание на солнечные пятна обратили майя и ацтеки.



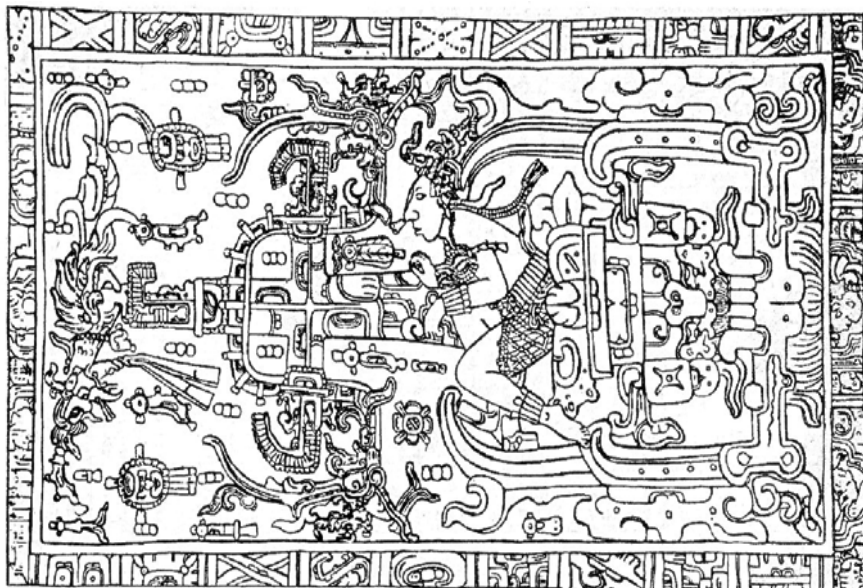
Календари ацтеков и майя

Расшифровывая символы крышки саркофага из Паленке и развивая теорию этих символов, М.Коттерелл [Джилберт, 2000] обнаружил связь между календарями ацтеков и майя и пятнообразовательной деятельностью Солнца.

(Именно это изображение и пользуется главной известностью в мире из-за своего названия «астронавт» и схожестью воскресающего царя майя Пакала с космонавтом, управляющим космическим кораблем.

«В центре изображен сам царь Пакал, рядом с ним дерево, символизирующее Млечный Путь, и волшебная птица, указывающая дорогу в потус-

торонний мир Космоса. Головной убор царя очень напоминает скафандр космонавта, а окружающие предметы – пульт управления космическим кораблем» [Либин, 2009]).



Изображение на крышке погребения Пакала, Паленке

С этого времени регистрация пятен то проводилась, то прекращалась, то возобновлялась вновь. В конце XIX столетия два наблюдателя – Г. Шперер в Германии и Е. Маундер в Англии указали на тот факт, что в течение 70-летнего периода вплоть до 1716 г. пятен на солнечном диске, по-видимому, было совсем не достаточно. Уже в наше время Д. Эдди, проанализировав все данные, пришел к выводу, что именно в этот период наблюдался спад солнечной активности, названный Маундеровским минимумом.

Кстати, числа Вольфа были впервые введены директором Цюрихской обсерватории Р. Вольфом, подробно изучившим ранние данные наблюдений пятен на Солнце и организовавшим систематическую их регистрацию.

Он ввел для характеристики пятнообразовательной деятельности Солнца специальный индекс $W = k(f + 10g)$, пропорциональный сумме

$f + 10g$, где f – количество всех отдельных пятен, замеченных на диске Солнца, а g – число образованных ими групп.

Впоследствии этот индекс стали называть числами Вольфа.

Общепринята цюрихская система, организованная самим Вольфом. Оказалось, что чередование максимумов и минимумов ряда чисел Вольфа происходит не строго периодически, а циклично через интервалы времени, колеблющиеся от восьми до пятнадцати лет.

Цикличность солнечной активности (СА) впервые была обнаружена Генрихом Швабе, аптекарем из Дессау (Германия), с 1826 г. в поисках неизвестной планеты в течение 43 лет регулярно наблюдавшим Солнце и отмечавшим количество замеченных им солнечных пятен.

Убедившись, что это число периодически меняется, он сделал первое сообщение в 1843 году. В 1851 году Гумбольдт опубликовал его данные в «Космосе» и тем привлек внимание ученых к открытию Швабе. Ежедневные данные имеются с 1749 г., а до этого – лишь отдельные случайные наблюдения.

На сегодня, тем не менее, кроме открытого в середине XIX столетия 11-летнего цикла солнечной активности Швабе-Вольфа, известны открытый в конце XIX столетия 72-летний (2 по 36 лет) цикл Ганского и открытый в середине XX века 600-летний цикл Рубашева.

Уже в 60-е годы XX века в Кисловодской обсерватории был открыт также, связанный с изменением полярности солнечных пятен, 22-летний парный цикл Гневышева-Оля, в котором второй в паре 11-летний цикл по сравнению с предыдущим в 1,4 раза выше по солнечной активности.

Практически все индексы солнечной активности обнаруживают изменения, в среднем повторяющиеся каждые 11 лет и потому называемые 11-летней солнечной цикличностью. С ними в той или иной степени связаны многие земные процессы.

Индексы гелио- и геофизической активности

- Относительные числа Вольфа W
- Площади солнечных пятен S
- Площадь кальциевых флоккулов K
- Поток радиоизлучения 10.7 см. (2800 МГц) F10.7
- Индекс вспышек баллы 1, 2, ...
- Облученность (солнечная постоянная) Q

K -индекс (осредненное по трем направлениям и трехчасовым интервалам вариация вектора геомагнитного поля данной обсерватории) K

K_p планетарный K -индекс, осредненный по 12 обсерваториям. Используются варианты ар, Ар и др.

Основные особенности 11-летней цикличности:

1. Длительность циклов от 7 до 17 лет.
2. Фаза роста от 2 до 5 лет, спада от 5 до 12 лет.
3. Амплитуды последовательных циклов плавно меняются от значений $W \sim 50$ (низкие) до $W \sim 200$ (высокие циклы).
4. В течении цикла сохраняется последовательность магнитной полярности главных пятен в группах, однако противоположная в обоих полушариях. В следующем цикле полярность меняется на противоположную.
5. Зона пятнообразования в течение цикла смещается от средних широт ($30-35^\circ$) до 5° в конце цикла (закон Шперера).

Важнейшей особенностью цикла солнечной активности является закон изменения магнитной полярности пятен. В течение каждого 11-летнего цикла все ведущие пятна биполярных групп имеют некоторую одинаковую полярность в северном полушарии и противоположную в южном.



Цикличность солнечной активности для циклов 1–23

То же самое справедливо для хвостовых пятен, у которых полярность всегда противоположна полярности ведущего пятна. В следующем цикле полярность ведущих и хвостовых пятен меняется на противоположную.

Одновременно с этим меняется полярность и общего магнитного поля Солнца, полюсы которого находятся вблизи полюсов вращения. Поэтому правильнее говорить не об 11-летнем, а о 22-летнем цикле солнечной активности (цикл Хейла, 1919).

1.3. СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

[В.Н. Ораевский, В.Д. Кузнецов, 2007]

Изучение Солнца и солнечно-земных связей ведется наземными и космическими средствами наблюдений.

При этом за последние годы наиболее значительные результаты достигнуты лишь благодаря космическим исследованиям. Многие виды наблюдений возможны только из космоса и этим определяется незаменимое место космических исследований в солнечно-земной физике.

Все возрастающее понимание влияния факторов «космической погоды» на климат, земную среду и различные сферы человеческой деятельности определяет практическое значение исследований в этой области. По-прежнему, многие фундаментальные научные проблемы физики самого Солнца, звезд и плазменной астрофизики предстоит решать, наблюдая за Солнцем.

«Солнечные источники космической погоды являются основными. Они довольно часто нарушают «спокойствие» на Земле и в околоземном космическом пространстве. Достаточно сказать, что в течение 11-летнего цикла солнечной активности на Солнце происходит около 37000 вспышек (по данным за 22 цикл солнечной активности – 1986-1996 гг.). В максимуме солнечного цикла в среднем происходит 1 вспышка в 1-2 часа, в минимуме 1-2 вспышки в день. Другие наиболее мощные проявления солнечной активности – выбросы коронального вещества в среднем происходят 5-10 раз в день в максимуме цикла, и только небольшая их часть распространяется в направлении Земли и вызывает геомагнитные бури».

Кроме того, за солнечный цикл на Земле под действием различных солнечных источников происходит около 500 магнитных бурь, которые могут влиять на состояние здоровья людей и приводить к опасным, а в

ряде случаев и к катастрофическим воздействиям на различные технические системы.

В ИЗМИРАН функционирует Центр прогнозов геофизической обстановки, который ведет наблюдения за состоянием солнечной активности по наземным и космическим данным и обеспечивает информацией о состоянии магнитного поля Земли и магнитных бурях заинтересованные организации и ведомства.

Исследования, выполненные в ИЗМИРАН в кооперации с медицинскими учреждениями, показали, что в периоды магнитных бурь в организме человека происходит увеличение адреналина, в микрокапиллярах происходит изменения характера кровотока – вместо однородного он становится прерывистым, вызывая изменения пульса и кровяного давления.

Поскольку выделение адреналина у человека происходит также во время стресса, то и магнитные бури могут рассматриваться как своего рода стрессовое воздействие на организм человека, последствия которого хорошо известны, и они особенно заметны и существенны для больных сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Также в эти периоды (возмущений) возрастает число госпитализаций больных сердечно-сосудистыми заболеваниями, и именно этот показатель имеет высокую степень корреляции с магнитными бурями.

Кроме того, наблюдения за Солнцем из космоса имеют большое значение, как для фундаментальной астрофизики, так и для практических целей, поскольку позволяют ответить на вопросы:

- о происхождении корональных выбросов массы и солнечных вспышек;
- о нагреве солнечной короны и ускорение солнечного ветра;
- о механизмах солнечного цикла;
- о глобальной структуре гелиосферы и идущих от Солнца возмущений;
- о прогнозе геоэффективности солнечных явлений.

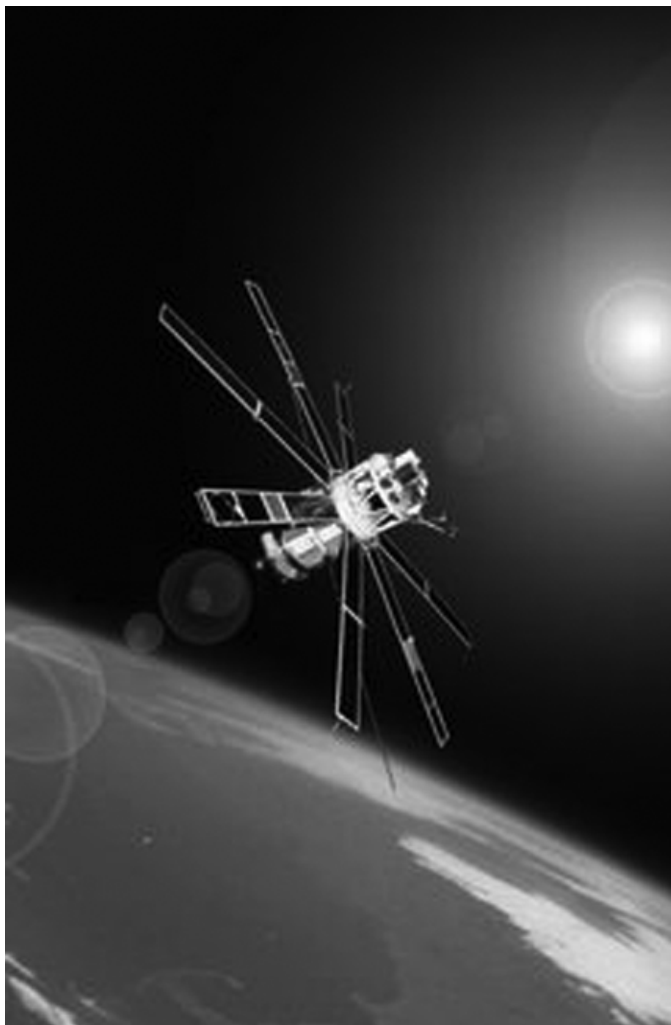
На решение этих и многих других проблем направлены действующие и разрабатываемые космические проекты Федеральной космической программы России.

Программа КОРОНАС и проект КОРОНАС-Ф

Для исследования Солнца и солнечно-земных связей на разных фазах 11-летнего солнечного цикла ИЗМИРАН разработана и осуществля-

ется международная программа КОРОНАС (Комплексные Орбитальные Околосолнечные Наблюдения Активности Солнца).

В рамках этой программы первый спутник КОРОНАС-И (запущен в 1994 году) наблюдал Солнце вблизи минимума его активности.



Спутник КОРОНАС-Ф на орбите

Второй спутник КОРОНАС-Ф, запущенный 31 июля 2001 г., исследует солнечную активность в текущем 23-го цикле. Максимум текущего 23-го цикла солнечной активности был достигнут в апреле 2000 года, а высокий уровень активности сохранялся в течение 2-3-х лет. Максимум следующего 24-го солнечного цикла ожидается в 2013 году.

Орбита спутника КОРОНАС-Ф (наклонение орбиты – $82,49^\circ$, минимальное удаление от поверхности Земли – 500,9 км, максимальное удаление от поверхности Земли – 548,5 км, период обращения 94,859 мин.) обеспечивает периодически повторяющиеся периоды непрерывных наблюдений за Солнцем длительностью приблизительно 20 суток, что особенно важно для патрулирования солнечных явлений и вспышек, для регистрации глобальных колебаний Солнца.

Основными научными задачами проекта КОРОНАС-Ф являются наблюдения глобальных колебаний Солнца и изучение на их основе его недр и внутреннего строения.

Также решаются вопросы комплексных исследований активных областей, вспышек, выбросов плазмы в широком диапазоне длин волн, изучение солнечных космических лучей, ускоренных во время активных явлений на Солнце, условий их выхода, распространения в межпланетном магнитном поле и воздействия на магнитосферу Земли.

В реализации проекта КОРОНАС-Ф принимает участие большой коллектив ученых, инженеров и специалистов широкой кооперации российских, украинских и зарубежных организаций и предприятий при головной роли ИЗМИРАН. В научных экспериментах проекта КОРОНАС-Ф принимают участие ФИАН, ФТИ, ИПГ, НИИЯФ МГУ, ИКИ РАН, МИФИ.

Глобальные колебания Солнца и его внутреннее строение

Наблюдаемая активность Солнца является отражением процессов происходящих в глубинных его слоях. В ядре Солнца происходят термоядерные реакции, выделяемая энергия которых переносится к внешним слоям, порождая сложную структуру и динамику этих слоев – конвективную зону, фотосферу, хромосферу, корону и солнечный ветер.

Изучение внутреннего строения Солнца, таким образом, является ключевым моментом для понимания природы солнечной активности. Важными являются такие характеристики внутренних слоев Солнца как распределение плотности и температуры с глубиной, зависимость угловой скорости от радиуса и широты, глубина конвективной зоны и т.д.

Гелиосейсмология – наука о внутреннем строении Солнца

Одним из наиболее действенных современных методов изучения внутреннего строения Солнца является гелиосейсмология, изучающая собственные колебания Солнца. Гелиосейсмология, как новый раздел физики Солнца, родилась в 60-х годах, когда были обнаружены 5-ти минутные колебания (в области периодов 3-10 минут), охватывающие всю поверхность Солнца.

С помощью гелиосейсмологии можно исследовать строение Солнца, начиная с конвективной зоны вплоть до солнечного ядра. В спектре собственных колебаний содержатся сведения о температуре, давлении, магнитных полях, скорости вращения в зависимости от глубины.

Космическая (внеатмосферная) гелиосейсмология

Наземные наблюдения глобальных колебаний сталкиваются с рядом трудностей. Стремление добиться максимально возможного пространственного и частного разрешения спектра глобальных колебаний требует обеспечить непрерывность наблюдений в течение, по крайней мере, двух недель, так как частотное разрешение обратно пропорционально времени наблюдения.

При наблюдениях с поверхности Земли это возможно лишь при наличии нескольких пунктов наблюдений, разнесенных по долготе и имеющих одинаковую аппаратуру, либо при наблюдениях из полярных областей. Но и в этих случаях получение длинных рядов данных зависит от хорошей погоды. Помимо этого, нестабильность земной атмосферы и присутствие в ней своих собственных колебаний значительно снижают соотношение сигнал-шум, а наблюдения в некоторых частях спектра, например, в ультрафиолете, оказываются невозможными из-за сильного поглощения атмосферой солнечного излучения.

Поэтому наблюдения глобальных колебаний Солнца лучше проводить из космоса. В этом плане солнечно-синхронная орбита спутника КОРОНАС-Ф, обеспечивающая непрерывный ряд наблюдений в 20 суток, позволяет надежно проследить динамику различных мод глобальных колебаний – фазы роста, насыщения и уменьшения амплитуды, которые имеют характерные времена от нескольких часов до нескольких дней.

Полученные на КА данные об интенсивности солнечного излучения в широком диапазоне спектра позволяют выяснить природу вариаций «солнечной постоянной» и выделить вклад в эти вариации солнечных пятен,

факелов, хромосферной сетки и других проявлений солнечной активности, а также, изучить зависимость параметров наблюдаемых глобальных колебаний от 11-летнего цикла солнечной активности.

Солнечные вспышки

Солнечные вспышки являются наиболее мощными проявлениями солнечной активности. Достигая Земли вспышечные излучения, ускоренные частицы и возмущения солнечного ветра воздействуют на ее магнитосферу и атмосферу, повышают радиационную опасность в околоземном космическом пространстве и приводят к многочисленным эффектам, которые стали предметом исследований по космической погоде. Комплекс научной аппаратуры СКЛ, состоящий из трех приборов, выполняет комплексные исследования солнечных космических лучей и их проявлений в околоземном космическом пространстве.

Изображающая рентгеновская спектроскопия Солнца

Визитной карточкой любого современного солнечного космического проекта стало получение изображений Солнца, отображающих наиболее характерные «черты его лица». На спутнике КОРОНАС-Ф в рамках эксперимента СПИРИТ (ФИАН) реализовано новое направление в солнечной астрофизике – изображающая рентгеновская спектроскопия, позволяющая по монохроматическим изображениям Солнца восстанавливать трехмерную структуру и исследовать динамику плазменных образований солнечной атмосферы в широком диапазоне существующих на Солнце температур – от 50 тыс. до 50 млн. градусов Кельвина. Ежедневно регистрируется более 200 изображений Солнца.

Проект КОРОНАС-Ф является составной частью перспективной программы исследований Солнца, разрабатываемой ИЗМИРАН под эгидой Росавиакосмоса и Российской академии наук в кооперации с другими российскими и зарубежными организациями.

Эта программа включает проект «Интергелиозонд» для исследований Солнца с близких расстояний, а также проект «Полярно-эклиптический патруль» для глобального обзора Солнца и контроля космической погоды.

Проект «Интергелиозонд»

В проекте «Интергелиозонд» космический аппарат (КА), находясь на гелиоцентрической орбите, совершит многократные гравитационные

маневры у Венеры и за счет ее притяжения по скручивающейся траектории приблизится к Солнцу на близкие расстояния. В результате, КА зависнет над заданным участком солнечной поверхности в течение недели, что позволит установить важные для солнечно-земных связей прямые корреляции явлений на Солнце и в межпланетной среде.

Облетая вокруг Солнца примерно за треть года «Интергелиозонд» должен занимать разные положения по отношению к линии Солнце-Земля, располагаясь и наблюдая Солнце сбоку от этой линии и с обратной невидимой с Земли стороны.

Проект позволит ответить на ключевые для солнечно-земной физики и астрофизики вопросы о механизмах нагрева солнечной короны, происхождения и ускорения солнечного ветра, происхождения наиболее мощных проявлений солнечной активности – солнечных вспышек и выбросов коронального вещества.

Проект «Полярно-эклиптический патруль»

В рамках разрабатываемого в ИЗМИРАН проекта «Полярно-эклиптический патруль» (ПЭП) предполагается обеспечить непрерывный мониторинг солнечной активности и солнечного ветра, идущих в направлении Земли солнечных выбросов и гелиосферных возмущений, а также наблюдения за полярными областями и обратной стороной Солнца.

Два малых КА помещаются на полярные (или наклоненные под углом 45 град. к плоскости эклиптики) гелиоцентрические орбиты на расстоянии 0.5 а.е., так что их плоскости орбит взаимно перпендикулярны друг другу, а на орбитах аппараты разнесены на четверть периода (период около 130 дней).

При такой орбитальной схеме с одного из КА непрерывно обеспечивается контроль линии Солнца-Земля, а в течение длительного времени с обоих КА. Когда один КА находится в плоскости эклиптики, другой располагается над одним из полюсов Солнца, а когда один из КА удаляется от плоскости эклиптики, другой приближается к ней. Таким образом, одновременный мониторинг осуществляется как в приэклиптических, так и в приполярных областях.

Это дает возможность непрерывного изучения как низко- так и высокоскоростного солнечного ветра, объемной картины солнечной короны и солнечных выбросов.

В отдельные периоды один из КА будет располагаться по отношению к линии Солнце-Земля в другой, чем Земля полусфере, и, таким образом, этот КА будет наблюдать обратную невидимую с Земли сторону Солнца.

Как писал в январе 1966 года в статье «Шаги в Будущее» Генеральный Конструктор советского космоса С.П.Королев: «В современной науке нет отрасли, развивающейся столь же стремительно, как космические исследования. Немногим более восьми лет прошло с тех пор, как впервые во Вселенной появилось созданное человеком космическое тело – первый советский искусственный спутник Земли. Всего около трех тысяч дней насчитывает история космонавтики, а между тем она так богата важнейшими для человечества событиями, что в ней можно выделить целые эпохи».



Нейл Амстронг на заседании COSPAR. Ленинград, 1971 г.

Сегодня непрерывные космические исследования Солнца, солнечного ветра, межпланетного пространства на расстоянии десятков А.Е. от Земли

и, наконец, солнечно-земных связей стали обычным делом. В космосе работают космические аппараты «Вояджер-1» и «Пионер-10», «Кассини» и «Галилео», «Генезис» и «Сохо», «Коронас» и «Интергелиозонд», «SOHO», МКС и многие другие.

Кстати, первые прямые результаты измерений солнечного ветра доставили на Землю с Луны аппараты «Аполло». (Луна, не имеющая ни атмосферы, ни магнитного поля оказалась подходящим местом для сбора этих образцов).

20 июля 1969 года в 20:17 по Гринвичу американский корабль «Аполлон-11» совершил посадку на поверхность Луны. Впервые человек воплотил свою мечту и ступил на другое небесное тело. Ступив на поверхность Луны, американский космонавт Нейл Армстронг сказал: «Этот маленький шаг человека является гигантским шагом всего человечества».

*Земля любит Солнце за то,
Что Солнце горит и смеется.
А Солнце за то любит Землю,
Что плачет и мерзнет она.
Не сблизиться им никогда,
Они и далеки, и близки;
Пока не остынет светило,
Живет и страдает Земля.*

Игорь Северянин, Февраль 1911

2. ВОЗДЕЙСТВИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА КОСМОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Как пишет в своей работе «Объект исследований – Солнце» Б.М. Кузевский «Все, что происходит с Землей как планетой, включая геологические и климатические процессы на ней, зарождение жизни, ее эволюция от примитивного уровня до «*homo sapiens*», духовная и психическая жизнь, как отдельного человека, так и целых народов – все связано с «жизнью» самого Солнца.

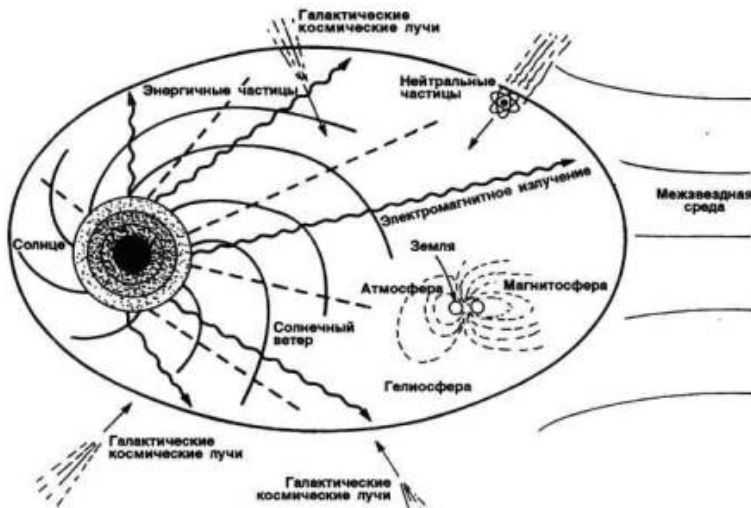


Схема влияния космофизических процессов на Землю [Thurber, 2007]

В определенном смысле можно утверждать, что мы живем в атмосфере Солнца. Вот почему всестороннее исследование нашего небесного светила чрезвычайно важно, особенно изучение процессов происходящих в его атмосфере.

Связанные с сильнейшим, хотя и пространственно-локальным, сравнительно кратковременным выделением энергии, они сопровождаются генерацией нейтральных и заряженных частиц, а также мощнейшего электромагнитного излучения, которые пронизывают межпланетное пространство, эффективно воздействуют на его объекты, в том числе и на Землю. Поэтому физические процессы, происходящие в ней для нас чрезвычайно важны» [Кужевский, 2002].

2.1. АКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА СОЛНЦЕ

С древнейших времен люди замечали на поверхности Солнца появляющиеся и исчезающие темные пятна, имеющие различную площадь и формы.

Сегодня известно, что солнечные пятна это внешнее проявление глубинных активных процессов на Солнце, наблюдение за которыми позволило установить наличие различных цикличностей в активности Солнца, которые проявляются в периодическом изменении самых различных параметров, характеризующих солнечные пятна и в электромагнитном излучении Солнца.

Другим впечатляющим явлением, которое было открыто более 100 лет тому назад, стала хромосферная вспышка – спорадическое выделение в части солнечной атмосферы (в хромосфере), огромного количества энергии, равного одновременному взрыву 100 миллионов ядерных бомб в одну килотонну каждая.

Хромосферная (солнечная) вспышка простирается далеко за пределы собственно хромосферы, охватывая области более низкие – фотосферу Солнца и области более высокие – корону Солнца.

Обычно солнечная вспышка характеризуется быстрым ростом (до десятка минут) и медленным спадом (20–100 мин.). Во время вспышки возрастает излучение практически во всех диапазонах электромагнитного спектра.

Примерно половина общей энергии вспышки уносится мощными выбросами плазменного вещества, которое проходит через солнечную ко-

рону и достигает орбиты Земли в виде корпускулярных потоков, взаимодействующих с земной магнитосферой, что иногда приводит к появлению полярных сияний.

Выделение во вспышках колоссальной энергии происходит различными способами: как в виде газодинамических движений плазмы солнечной атмосферы, так и в виде электромагнитного излучения в широчайшем диапазоне и генерации частиц солнечных космических лучей (СКЛ) с энергией до десятков миллиардов электрон-вольт, (энергетический спектр СКЛ).

Возникновение вспышек. В хорошо развитой активной области иногда внезапно происходит взрыв небольшого объема солнечной плазмы. Это наиболее мощное проявление солнечной активности называется солнечной вспышкой. Оно возникает в области изменения полярности магнитного поля, где в малой области пространства «сталкиваются» сильные противоположно направленные магнитные поля, в результате чего существенно меняется их структура.

Обычно солнечная вспышка характеризуется быстрым увеличением яркости и площади (за несколько минут у быстрых явлений и до часа у медленных) и более медленным спадом (20-100 минут).

Наблюдение вспышек. Впервые вспышку в белом свете 1 сентября 1859 г. независимо наблюдали в Англии Кэррингтон и Ходжсон.

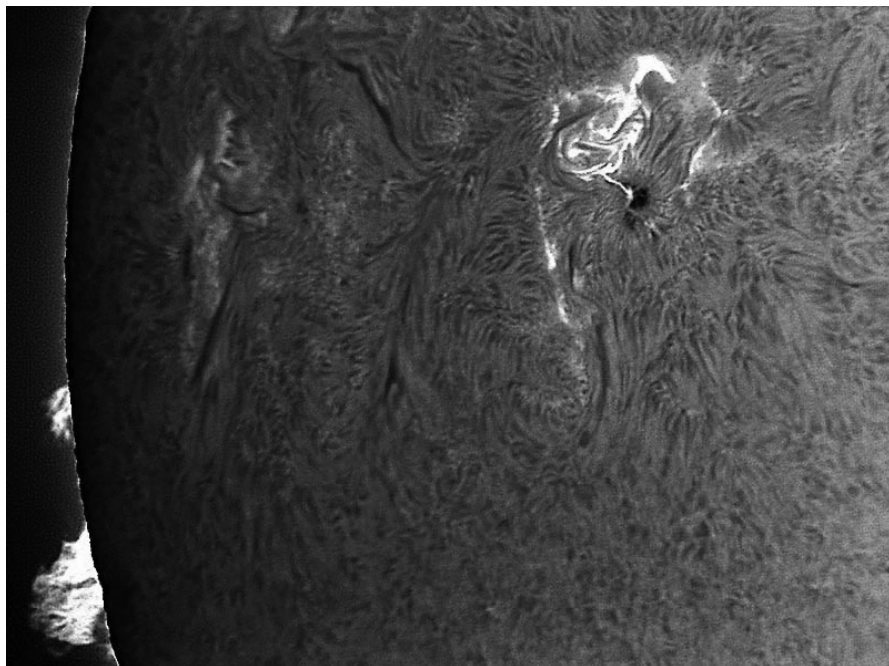
Наблюдать солнечные вспышки легче всего в красной линии водорода, излучаемой хромосферой. В радиодиапазоне усиление радио яркости в активных областях бывает настолько велико, что полный поток энергии радиоволн, идущих от всего Солнца, возрастает в десятки и даже многие тысячи раз. Эти явления называются всплесками радиоизлучения Солнца.

Роль магнитного поля. При усилении напряженности магнитного поля (МП) в некоторой области хромосферы или короны (например, за счет всплывания из конвективной зоны нового магнитного потока) изменяется картина распределения магнитных силовых линий (топология поля).

В областях сближения старого и нового МП, где «встречаются» силовые линии, противоположные по направлению, но одинаковые по величине, можно предположить, что возникают нейтральные точки и линии, где МП обращается в нуль. В их окрестности должны перераспределяться потоки МП и меняться общая их структура.

В особых случаях накопления значительных энергий МП это изменение может приводить к состоянию неустойчивости, индицированию больших электрических токов и быстрым выделением тепловой энергии.

В целом процесс напоминает сильный взрыв, сопровождающийся ускорением частиц плазмы до высоких энергий, а также выбросом облаков плазмы, выбрасываемых в межпланетное пространство со скоростями в тысячи километров в секунду.



Вспышка на Солнце 2 мая 2006 года

Электромагнитное и корпускулярное излучение вспышек. Во время вспышки возрастает излучение практически во всех диапазонах спектра. В видимой области это увеличение сравнительно невелико: у самых мощных вспышек, наблюдаемых даже в белом свете на фоне яркой фотосферы, оно составляет не более полутора – двух раз.

Зато в далекой ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра и, особенно, в радиодиапазоне на метровых волнах это увеличение очень велико. Иногда наблюдаются всплески гамма лучей.

Примерно половина общей энергии вспышки уносится мощными выбросами плазменного вещества, которое проходит через солнечную коро-

ну и достигает орбиты Земли в виде корпускулярных потоков, взаимодействующих с земной магнитосферой, что приводит к появлению полярных сияний и магнитным бурям.

Протонные вспышки. Мощные вспышки, сопровождающиеся высокоэнергичными заряженными частицами – протонами с энергиями в десятки и сотни МэВ, называются «протонными». Они сопровождаются потоками электронов с энергиями более 40 кэВ, а в некоторых случаях даже релятивистских электронов с энергиями более десятка МэВ.

Потоки энергичных частиц от протонных вспышек представляют опасность для здоровья и жизни космонавтов в космическом пространстве. Они могут вызывать сбои и деградацию бортовых ЭВМ и других приборов. Мощные вспышки видны даже в «белом свете» на фоне яркой фотосферы, но такие события весьма редки.

Вспышечный индекс

КЛАСС	Средняя длительность в (мин.)	Площадь в долях полусферы Солнца	Новая классификация (площадь в млн. долях площади полусферы Солнца)
1–(S)	Субвспышка	$< 10^{-4}$	< 100
1 (1)	20	$(1-3) \cdot 10^{-4}$	100 – 250
2 (2)	33	$(3-8) \cdot 10^{-4}$	250 – 600
3 (3)	62	$(8-15) \cdot 10^{-4}$	600 – 1200
3+ (4)	–	$> 15 \cdot 10^{-4}$	> 1200

Естественно, что абсолютный поток энергичных частиц и диапазон энергетического спектра солнечных космических лучей (СКЛ) связаны с мощностью вспышки. При этом, было обнаружено, что перед вспышкой СКЛ, в среднем в течение суток, регистрируются частицы относительно малых энергий. Это явление получило в дальнейшем название «предвспышечное возрастание».

Наблюдения за предвспышечными возрастаниями малоэнергичных частиц можно использовать для повышения достоверности прогноза радиационной обстановки в межпланетном пространстве. Первые работы в этом направлении сразу же дали существенное улучшение прогноза, вероятность точного прогноза возросла до 85-90 %.

Обнаружение явления предвспышечного возрастания частиц малых энергий подтвердило мнение многих исследователей Солнца о том, что процессы ускорения частиц в атмосфере Солнца протекают практически непрерывно. Варьируется лишь мощность активного процесса. Поэтому понятия «спокойное» или «активное» Солнце относительно и не точно отражают реальную жизнь Солнца.

Инструментальные наблюдения в космических условиях позволили понять, что такое солнечная активность и что такое солнечные космические лучи.

Солнечные космические лучи – поток заряженных частиц высоких энергий, ускоренных в верхних слоях солнечной атмосферы, которые возникают во время вспышек на Солнце. Они регистрируются у поверхности Земли в виде внезапных и резких повышений интенсивности космических лучей на фоне более высокоэнергичных галактических космических лучей.

Условно принятый нижний предел энергии солнечных космических лучей составляет 10^5 - 10^6 эВ. При меньших энергиях поток частиц приобретает свойства плазмы, для которой уже нельзя пренебрегать электромагнитным взаимодействием частиц между собой и с межпланетным магнитным полем.

Распределение солнечных космических лучей по энергиям и зарядам у Земли определяется механизмом ускорения частиц в источнике (солнечная вспышка), особенностями их выхода из области ускорения и условиями распространения в межпланетной среде. Ускорение частиц тесно связано с механизмом возникновения и развития самих солнечных вспышек.

Покидая область ускорения, частицы солнечных космических лучей в течение многих часов блуждают в межпланетном магнитном поле, рассеиваясь на его неоднородностях, и постепенно уходят к периферии Солнечной системы.

Часть из них вторгается в атмосферу Земли, вызывая дополнительную ионизацию газов атмосферы (в основном в области полярных шапок).

Если по наблюдениям на поверхности Земли можно было регистрировать и изучать частицы с энергией, сотни миллионов электрон-вольт и выше, то с выносом научной аппаратуры в межпланетное пространство с помощью космических кораблей и спутников стало возможным регистрировать частицы малых энергий от Солнца, вплоть до единиц и десятков тысяч электрон-вольт.

Потоки таких частиц от Солнца регистрировались значительно чаще, чем потоки частиц высоких энергий.

2.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРУКТУРЕ КОРОНЫ СОЛНЦА

Солнечная корона является с одной стороны, ключом к пониманию процессов, протекающих на Солнце, и, с другой стороны, важным предвестником и индикатором последующих событий в гелиосфере.

Методы экспериментального исследования короны – это наблюдения излучения отдельных линий короны или участков спектра ее излучения.

Впервые такие наблюдения проводились 20 мая 1947 года в Бразилии с помощью аппаратуры, установленной на борту теплохода «Грибоедов» (наблюдения проводились на волне 1.5 м с помощью синфазной антенны, закрепленной на палубе теплохода). В экспедиции участвовал будущий нобелевский лауреат Виталий Лазаревич Гинзбург и другие астрономы и физики, в том числе И.С.Шкловский (ГАИШ) и Я.Л.Альперт (ИЗМИРАН).



Группа участников советской экспедиции на теплоходе «Грибоедов». Первый справа в 1-м ряду – С.Э.Хайкин, 4-й – Г. А. Ушаков, 4-й слева во втором ряду В.Л.Гинзбург, 9-й – Б. М. Чихачев, 2-й справа в 3-м ряду – И. С. Шкловский.

Сразу после войны (1941-1945 гг.) академик Н.Д.Папалекси обратился к В.Л.Гинзбургу с просьбой рассчитать условия отражения радиоволн метрового и дециметрового диапазона от Солнца. Эта задача возникла в связи с идеями Н.Д.Папалекси о возможности проведения локации не только Луны и планет, но и Солнца.

Поскольку у В.Л.Гинзбурга уже была развита теория распространения радиоволн в плазме, он быстро пришел к нетривиальному тогда выводу, что радиоволны будут поглощаться в короне и хромосфере.

Отсюда следовал интересный вывод, что источником солнечного радиоизлучения является не фотосфера, как в оптике, а верхняя хромосфера, а для более длинных волн метрового диапазона и Солнечная корона, температура которой достигает миллиона градусов.

В результате Гинзбург написал два обзора по радиоастрономии в журнале «Успехи физических наук» (1947 г. и 1948 г.). В этих работах он рассмотрел вопрос и о дифракции радиоволн на лунном лимбе, что позволяет существенно увеличить угловое разрешение деталей на Солнце во время солнечного затмения.

Кроме того, это дало толчок к разработке теории синхротронного космического радиоизлучения и его связи с проблемой происхождения космических лучей и с астрофизикой высоких энергий.

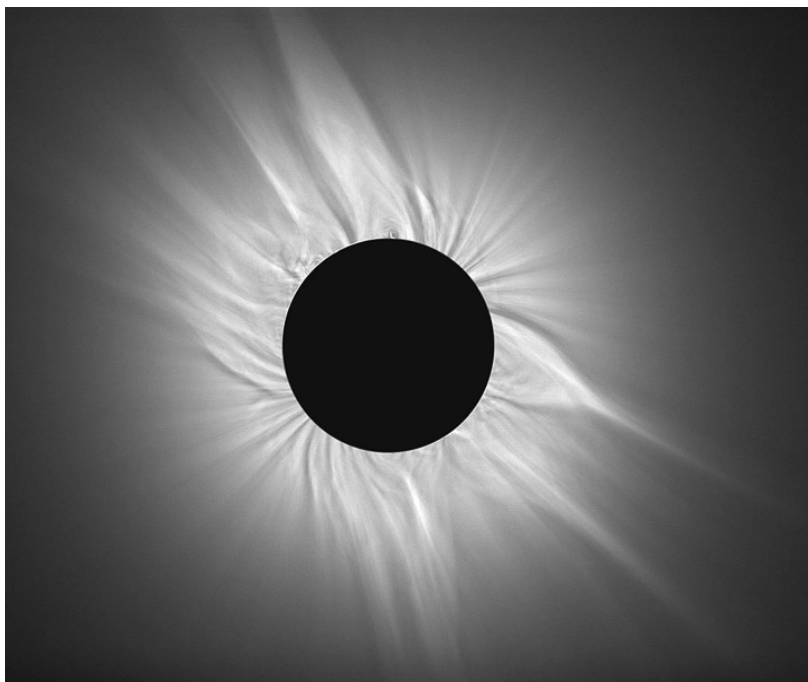
(Кстати, установление связи между радиоастрономией и космическими лучами привело, по мнению самого Гинзбурга, к рождению нового направления в астрономии – астрофизики космических лучей, а затем и астрофизики высоких энергий, то есть к гамма- и рентгеновской астрономии).

Основным методом исследования тонкой структуры короны и ее динамики являются наблюдения, так называемой белой короны, с помощью которых можно исследовать корональные процессы.

Условно процессы в короне называют квазистационарными (для времен > 1 суток) и спорадическими (для времен < 1 суток). В отсутствие спорадических процессов (или если они слабые), корона является квазистационарной.

Исследование квазистационарной короны в белом свете – «это, прежде всего, изучение наиболее яркой ее составляющей – пояса корональных стримеров» [Еселевич, 2002].

Поперечное сечение стримеров на изображениях короны видно в виде повышенной яркости шлема, переходящего при удалении от Солнца в узкий луч.



Солнечная корона

Все предыдущие исследования по этой теме можно разбить на два больших периода – до запуска в конце 1995 г. космического аппарата SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) с инструментом LASCO (Large Angle Spectrometric Coronagraph) на борту и после его запуска до настоящего времени. LASCO – это три совмещенных коронографа с концентрическими и перекрывающимися полями зрения.

Стримеры в короне при наблюдении в белом свете видны как лучеобразные структуры повышенной яркости, отражающие собой особенности распределения формирующего их магнитного поля.

По своим глобальным характеристикам их совокупность в пространстве представляет собой охватывающий Солнце пояс стримеров (поверхность), толщиной в несколько градусов, внутри которого течет медленный солнечный ветер с повышенной плотностью плазмы, превышающей в несколько раз плотность окружающей плазмы.

Пояс стримеров в короне разделяет области с противоположной полярностью радиального магнитного поля Солнца (или магнитные трубки открытых силовых линий противоположной полярности, исходящих из соседних корональных дыр).

Это означает, что вдоль пояса проходит нейтральная линия радиального магнитного поля, положение которой получается из расчетов магнитного поля в короне в потенциальном приближении.

2.3. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ

2.3.1. Солнечный ветер

Из-за солнечного ветра Солнце теряет ежедневно около одного миллиона тонн вещества. Солнечный ветер состоит в основном из электронов, протонов и ядер гелия (альфа-частиц); ядра других элементов и неионизированных частиц (электрически нейтральных) содержатся в очень незначительном количестве.

Хотя солнечный ветер исходит из внешнего слоя Солнца, он не отражает реального состава элементов в этом слое, так как в результате процессов дифференциации содержание некоторых элементов увеличивается, а некоторых – уменьшается (FIP-эффект).

Интенсивность солнечного ветра зависит от изменений солнечной активности и его источников. В зависимости от скорости, потоки солнечного ветра делятся на два класса: **медленные** (примерно 300–400 км/с около орбиты Земли) и **быстрые** (600–700 км/с около орбиты Земли). Существуют также и спорадические **высокоскоростные** (до 1200 км/с) кратковременные потоки.

Медленный солнечный ветер порождается «спокойной» частью солнечной короны при ее газодинамическом расширении: при температуре около $2 \cdot 10^6$ К, корона не может находиться в условиях гидростатического равновесия, и это расширение при имеющихся граничных условиях должно приводить к разгону коронального вещества до сверхзвуковых скоростей.

Нагрев солнечной короны до таких температур происходит вследствие конвективной природы теплопереноса в фотосфере солнца: развитие конвективной турбулентности в плазме сопровождается генерацией интенсивных магнитозвуковых волн; в свою очередь при распространении в направлении уменьшения плотности солнечной атмосферы звуковые волны

трансформируются в ударные; ударные волны эффективно поглощаются веществом короны и разогревают ее до температуры $1-3 \cdot 10^6$ К.

Параметры солнечного ветра

Параметр	Средняя величина	Медленный солнечный ветер	Быстрый солнечный ветер
Плотность n , см ⁻³	8,7	11,9	3,9
Скорость V , км/с	468	327	702
nV , см ⁻² · с ⁻¹	$3,8 \cdot 10^8$	$3,9 \cdot 10^8$	$2,7 \cdot 10^8$
Температура протонов T_p , К	$7 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^5$
Температура электронов T_e , К	$1,4 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$
T_e / T_p	1,9	4,4	0,45

Потоки рекуррентного быстрого солнечного ветра испускаются Солнцем в течение нескольких месяцев и имеют период повторяемости при наблюдениях с Земли в 27 суток (период вращения Солнца).

Эти потоки ассоциированы с корональными дырами – областями короны с относительно низкой температурой (примерно $0,8 \cdot 10^6$ К), пониженной плотностью плазмы (всего четверть плотности спокойных областей короны) и радиальным по отношению к Солнцу магнитным полем.

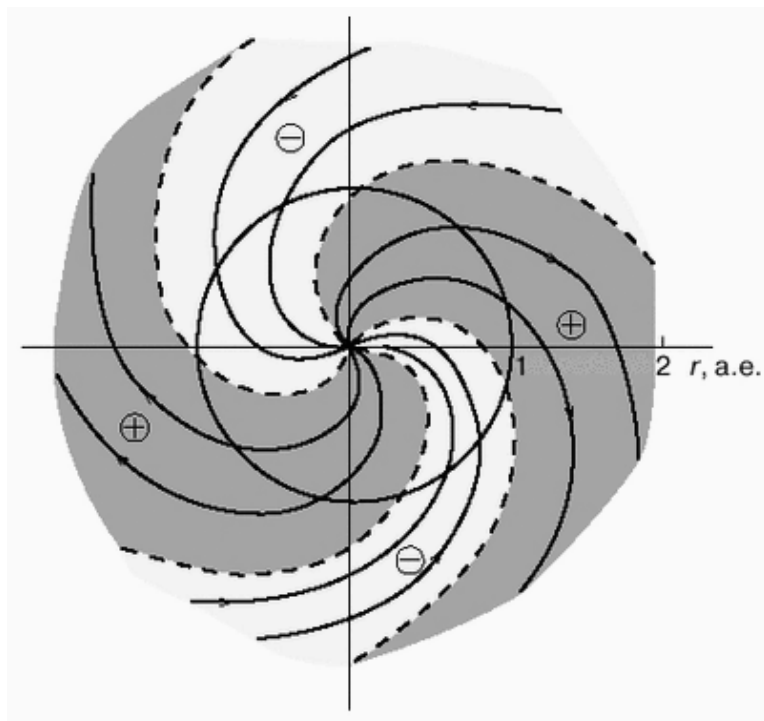
Спорадические потоки при движении в пространстве, заполненном плазмой медленного солнечного ветра уплотняют плазму перед своим фронтом, образуя движущуюся вместе с ним ударную волну.

Ранее предполагалось, что такие потоки вызываются солнечными вспышками, однако в настоящее время (2005 г.) считается, что спорадические высокоскоростные потоки в солнечном ветре обусловлены корональными выбросами. Вместе с тем следует отметить, что и солнечные вспышки, и корональные выбросы связаны с одними и теми же активными областями на Солнце и между ними существует статистическая зависимость.

Солнечный ветер образует гелиосферу, благодаря чему препятствует проникновению межзвездного газа в Солнечную систему. Солнечный ве-

тер порождает на планетах Солнечной системы, обладающих магнитным полем, такие явления, как полярные сияния и радиационные пояса планет.

Неоднородность потоков солнечного ветра (вдали от планет) порождает межпланетное магнитное поле.



Схематическая картина магнитных силовых линий в солнечном ветре, отображающая возможную четырехсекторную структуру

2.3.2. Прогнозирование возмущений в околоземной среде

Основные типы энергетических потоков (частиц и излучения) от Солнца, воздействие которых приводит к тому или иному характеру возмущенности в околоземной среде (магнитосфере, ионосфере и атмосфере Земли):

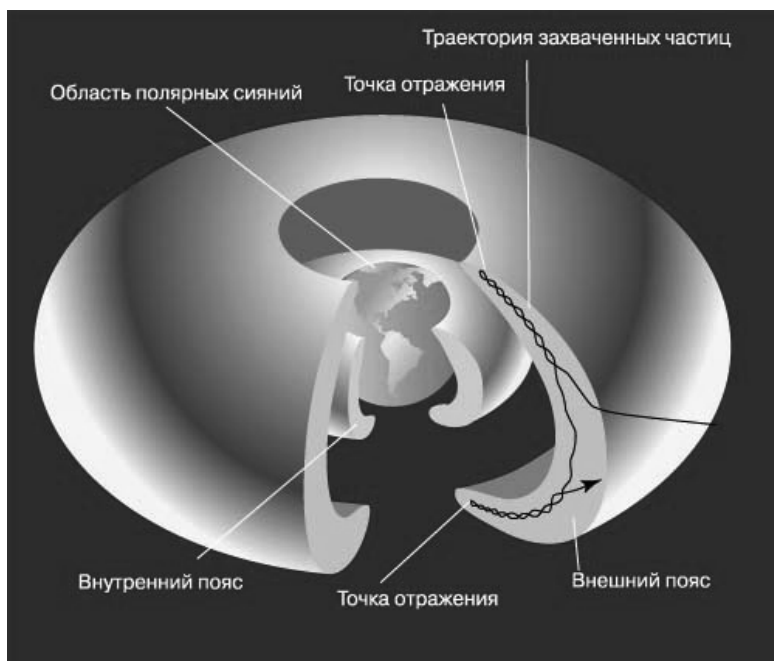
a) потоки сравнительно плотной ($n \sim 1-70 \text{ см}^{-3}$ на орбите Земли) квазинейтральной и низкоэнергичной ($E < 10 \text{ кЭв}$) плазмы солнечного вет-

ра, вызывающие магнитосферные и ионосферные бури с длительностью от 1 сутки и более;

б) потоки энергичных ($E \sim 10\text{--}100$ МэВ) «вспышечных» протонов малой плотности ($n \sim 10^{-10}\text{--}10^{-7}$ см $^{-3}$) длительностью порядка нескольких часов, вызывающие явление «поглощения в полярной шапке» (ППШ);

в) всплески потоков ультрафиолетового излучения от солнечных вспышек, вызывающие изменения концентрации в различных областях ионосферы, с характерным временем порядка 1 час;

г) всплески потоков мягкого и жесткого рентгеновского излучения от вспышек, вызывающие внезапные ионосферные возмущения в D -области ионосферы, характерное время – несколько минут.



Пояса Ван-Алена

Наибольшую перестройку магнитосферы и ионосферы вызывают потоки типа (а). Поэтому их изучению уделяется основное внимание. К настоящему времени установлено, что солнечный ветер (СВ) типа (а) могут быть

разбиты на два больших класса: квазистационарные потоки солнечного ветра, время жизни источников которых больше суток, и спорадические потоки СВ, источники которых характеризуются величиной меньше суток.

В свою очередь квазистационарный СВ подразделяется на два типа: быстрый СВ, истекающий из области корональных дыр и достигающий на орбите Земли $V \sim 400-800$ км/с и медленный СВ, текущий в поясе стримеров или цепочках стримеров, с $V \sim 250-400$ км/с.

Знание источников потоков СВ различных типов и их характеристик на Солнце позволяет рассчитать, а значит и прогнозировать параметры СВ на расстоянии 1 а.е. и связанные с ними индексы геомагнитной активности в зависимости от времени.

В свою очередь, знание $K_p(t)$ и $A_p(t)$ дает возможность, используя модели возмущенных магнитосферы и ионосферы, определить положения наиболее важных пространственных структур: границы плазменного слоя, границы плазмосферы, а также место и время начала суббури и положение главного ионосферного провала.

2.4. Предвестники космических бурь

В 1896 году норвежский физик Олаф Биркелунд высказал предположение, что Солнце кроме света испускает также корпускулярное излучение, скорость которого почти в тысячу раз меньше скорости света.

Попадая на Землю, это излучение вызывает магнитные бури и полярные сияния. Биркелунд предположил, что полярные сияния могут быть созданы электрически заряженными частицами («корпускулярными лучами»), выбрасываемыми с Солнца и «втягиваемыми» магнитным полем Земли около полюсов.

Космические лучи в атмосфере Земли [Ю.И. Стожков]. Основным источником КЛ внутри Галактики являются взрывы сверхновых звезд. Космические лучи ускоряются на ударных волнах, образующихся в этих взрывах. Максимальная энергия, которую могут приобрести частицы в таких процессах, составляет $E_{\max} \sim 10^{16}$ эВ. Космические лучи еще больших энергий образуются в метagalактике.

По своему происхождению КЛ можно разделить на несколько групп:

- КЛ галактического происхождения (ГКЛ).
- КЛ метagalактического происхождения (с энергиями от $E > 10^{16}$ эВ до $E \sim 10^{21}$ эВ).

- Солнечные КЛ (СКЛ), генерируемые на Солнце во время солнечных вспышек.

Для изучения особенностей долговременного поведения КЛ было организовано их непрерывное наблюдение.

К началу Международного Геофизического года (1957 г.) во всем мире была создана сеть станций КЛ. В нашей стране непрерывные наземные наблюдения КЛ были организованы академиком С. Н. Верновым. Под его руководством в середине 50-х годов в СССР были начаты уникальные наблюдения КЛ в атмосфере Земли.

Долговременные измерения потоков КЛ привели к открытию целого ряда новых явлений. Во-первых, в КЛ наблюдается отчетливый 11-летний цикл, обусловленный 11-летним циклом солнечной активности.

Когда Солнце спокойно и солнечная активность минимальна, поток КЛ в гелиосфере и на орбите Земли достигает максимальных значений. При активном Солнце поток КЛ минимален.

В КЛ наблюдаются спорадические изменения их интенсивности, называемые Форбуш-понижениями, суть которых состоит в следующем. Внезапно в течение нескольких часов или меньше поток КЛ, регистрируемый наземными станциями, в атмосфере Земли или на искусственных спутниках, начинает резко падать.

В некоторых случаях амплитуда этого падения может достигать десятка процентов. Такие события происходят после мощных взрывов на Солнце.

Поскольку вспышки на Солнце происходят чаще всего в годы высокой солнечной активности, то и Форбуш-понижения наиболее часто наблюдаются в годы активного Солнца.

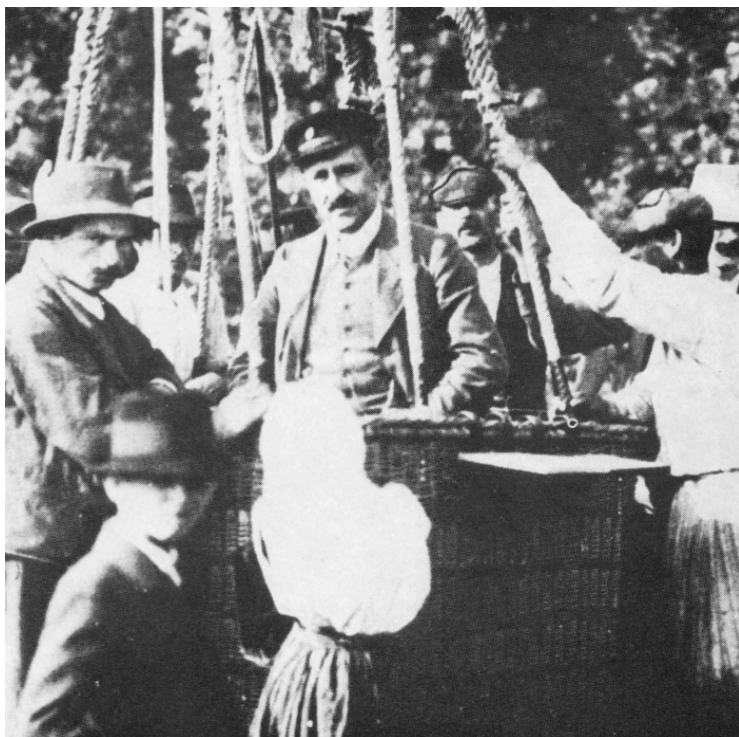
Большую часть своей энергии (более 95 %) КЛ теряют в атмосфере Земли. Хотя эта энергия невелика и намного порядков меньше солнечной энергии, падающей на нашу Землю, роль КЛ является главной во многих процессах, наблюдаемых в земной атмосфере.

История открытия космических лучей. Для изучения природы космических лучей в 1912 году другой известный физик из Австрии Виктор Франц Гесс совершил полет на воздушном шаре с аппаратурой для регистрации космических лучей, убедительно доказав, что с высотой шара увеличивается и поток космического излучения.

Следующее доказательство корпускулярного излучения Солнца появилось при изучении другого явления – магнитных бурь, которые очевидным образом оказались связанными с флуктуациями магнитного поля Земли.

Так как они обычно возникают через два дня после вспышки на поверхности Солнца, то разумным оказалось объяснение английского физика Сиднея Чепмена о корпускулярном излучении Солнца.

И, наконец, в 40-х годах американский исследователь Скотт Форбуш обнаружил, что интенсивность космического излучения, достигающего Земли в период высокой солнечной активности, была низкой и часто резко уменьшалась во время магнитных бурь.



Виктор Франц Гесс после полета 7 августа 1912 г.

Другими словами, чем выше была активность Солнца, тем меньше частиц космического излучения достигали поверхности Земли. «По-видимому, что-то в излучении Солнца должно было препятствовать вхождению космических лучей в солнечную систему, и эта помеха возрастает, когда Солнце становится особенно активным» – писал Форбуш.

По предложению американского астрофизика Э.Паркера, это излучение (мешающее космическим лучам достигать Земли) получило название «солнечного ветра». Солнечный ветер непрерывно дует в солнечной системе. Возникая на Солнце, он пронесится мимо Земли со скоростью 300–500 км/секунду, во многом определяя погоду в космическом пространстве в окрестностях Земли.

Как писал Паркер: «Сильный ветер водорода непрерывно дует в солнечной системе. Возникая на Солнце, он пронесится мимо Земли со скоростью 400 км/сек, достигает удаленных планет и уходит в межзвездное пространство. Подобно метле он выметает газы, истекающие из планет и комет, мелкие частицы метеоритной пыли и даже космические лучи. Этот ветер является ответственным за внешние области радиационных поясов Земли, за полярные сияния в земной атмосфере и за геомагнитные бури. Он может даже играть определенную роль в формировании общей картины погоды на Земле».

Солнечный ветер является главной причиной таких событий, как геомагнитные бури и все их проявления в жизни человечества и мировой экономике. В связи с этим, систематические наблюдения солнечного ветра необходимы не только для понимания закономерностей гео- и астрофизики, но и для оценок перспектив человеческой деятельности в ближайшие годы.

Одним из «агентов» солнечного ветра, хорошо чувствующим состояние своего «вдохновителя», являются космические лучи: исследования турбулентности в солнечном ветре в связи с распространением в нем ударных волн, является одной из центральных задач современной астрофизики. Распространение ударных волн в турбулентной космической среде обуславливает многие физические процессы, в частности, например, ускорение космических лучей.

Наиболее удобным объектом для изучения солнечного ветра является межпланетная среда, доступная сегодня современным экспериментальным средствам.

Флуктуации КЛ – предвестники космических возмущений. Распространенным методом изучения турбулентности межпланетной среды является изучение флуктуаций – короткопериодических изменений межпланетного магнитного поля и связанных с ними флуктуаций космических лучей, возникающих за счет рассеяния заряженных частиц космических лучей на случайных неоднородностях межпланетного магнитного поля.

Впервые флуктуации были обнаружены в конце шестидесятих годов прошлого века Данжи и Сарабаи с помощью гигантской (по тем временам) установки площадью порядка 60 квадратных метров на станции Чакалтай в Боливии.

За последние годы такие установки присутствуют практически во всех уважающих себя космических лабораториях на Земле.

И хотя исследование флуктуационных явлений в космических лучах сегодня заняло свое место среди основных инструментов современной космофизики, сам факт существования флуктуаций, как эффекта проявления воздействия межпланетной среды на космические лучи, остается во многих случаях дискуссионным.

Чего в этих случаях больше, недостатков математических методов выявления флуктуаций, аппаратурные погрешности или невезение исследователей сказать трудно, но даже отрицательные результаты в ряде случаев позволили сделать ряд выводов о природе флуктуаций.

Так отсутствие значимых флуктуаций в наблюдениях на экваторе и их одновременное наличие при наблюдениях в высоких широтах убедительно свидетельствуют, что источником наблюдаемых флуктуаций не могут быть изменения магнитного поля Земли, поскольку такие изменения на экваторе минимальны.

Следует отметить, что выделение флуктуаций дело достаточно тонкое, сложное и трудоемкое.

Существовавшие, до последнего времени, методы изучения пространственно-временных изменений потока, спектра и состава космических лучей столкнулись с серьезными трудностями при изучении флуктуаций, поскольку для выявления этих флуктуаций, выяснения их природы, пришлось, с одной стороны, оперировать нестационарными процессами с непрерывно меняющейся амплитудой, фазой и частотой, а, с другой, выявлять и изучать многочисленные корреляционные связи между собственно флуктуациями и гелиофизическими и геофизическими процессами.

Обычные корреляционные спектральные методы оказались малоинформативными из-за относительной малости используемых массивов данных. Пришлось использовать специальные спектральные методы, основанные на авторегрессионном анализе.

Преимущества авторегрессионного спектрального анализа заключаются в однозначном контроле сравнения различных записей, так как сопоставляются функции одного и того же параметра – частоты, причем никаких

серьезных ограничений на поведение случайного процесса в этом случае не налагается. Применение спектрального авторегрессионного анализа позволило оценить не только наличие в данных наблюдений колебаний с различными периодами, но и оценить их достоверность.

Изучение динамики поведения флуктуаций, рассмотрение их возникновения и развития в комплексе с различными гелиофизическими процессами позволило выявить ряд любопытных закономерностей: резкое усиление амплитуды флуктуаций связано со вспышками на Солнце, ударными волнами в межпланетной среде в окрестностях Земли, причем такое усиление наблюдается на Земле минимум за 10-12 часов до начала возмущения у Земли и ослабевает через 12-20 часов после максимума возмущения, то есть усиление флуктуаций – есть некий «сигнализатор» ожидаемого на Земле возмущения.



Сцинтилляционный телескоп ФИАН, Баксан

Эффект опережения флуктуациями ожидаемого возмущения может быть легко объяснен: скорость распространения возмущения в межпланетной среде составляет 300-500 км/сек., а скорость заряженных частиц космических лучей немногим меньше скорости света, в этом случае рас-

стояние L , на котором космические лучи «чувствуют» приближающееся возмущение равно $L = R/300B$, где B – напряженность межпланетного магнитного поля, R – жесткость частиц, L – расстояние «чувствительности» или ларморовский радиус частиц.

И, следовательно, легко учесть разницу во времени в приходе на Землю как почувствовавших возмущение космических лучей (и следовательно их флуктуаций), так и самого возмущения. Так как это расстояние определяется только энергией частиц (напряженность поля для каждого конкретного случая практически постоянна), то регистрируя на Земле флуктуации космических частиц различных энергий можно «зондировать» космическое пространство на различных расстояниях от Земли.

В результате многочисленных экспериментов и расчетов были разработаны методы краткосрочного прогнозирования и диагностики ударных волн с помощью наблюдения наземных флуктуации космических лучей с периодами от 12-15 до 420 минут, наиболее эффективно чувствующих приближающуюся к Земле ударную волну.

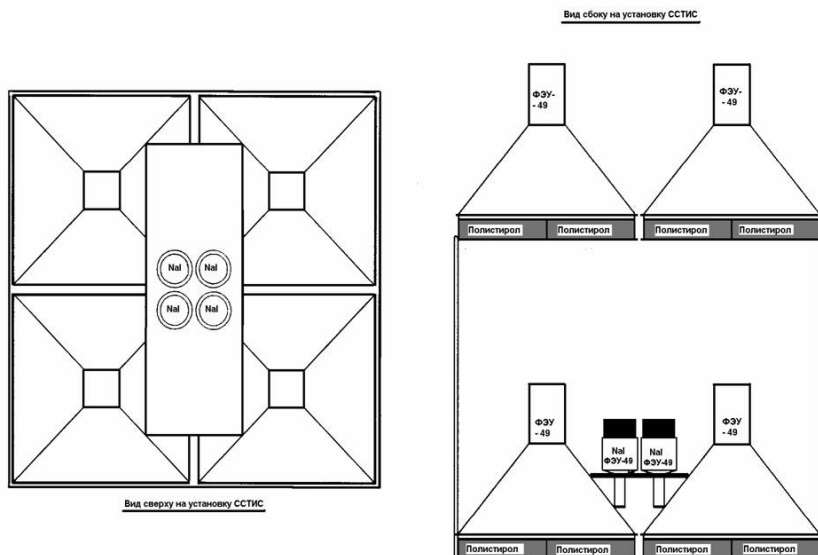
Как указывалось выше, эффект опережения космическими лучами возмущения межпланетной среды может быть легко объяснен: космические лучи чувствуют неоднородности на расстоянии их транспортного пробега для рассеяния для частиц, регистрируемых нейтронными супермониторами и сцинтилляционными телескопами на поверхности Земли.

При этом необходимо учитывать, что скорость космических лучей почти в тысячу раз больше скорости перемещения возмущения к Земле, следовательно, информацию о приближающемся возмущении космические лучи принесут практически мгновенно, в то время как возмущение будет еще путешествовать до Земли долгие часы.

Так как энергии регистрируемых на Земле космических лучей находятся в широком диапазоне, то, следовательно, и расстояния, на которых будут чувствоваться с помощью космических лучей приближающиеся к Земле обнаруженные возмущения, могут быть существенно различными: регистрируя частицы различных энергий, можно обнаруживать неоднородности вплоть до нескольких а.е.

Необходимо отметить, что возможности изучения флуктуации этим не ограничиваются: проведенные исследования спектра мощности флуктуации космических лучей показали связь с уровнем возмущенности межпланетной среды не только выделенных колебаний на определенных частотах, но и всего спектра в целом – наклон спектра флуктуации космических

лучей постепенно увеличивается до максимального значения за несколько часов до прихода возмущения межпланетной среды к Земле, остается максимальным во время возмущения и уменьшается после его прохождения мимо Земли.

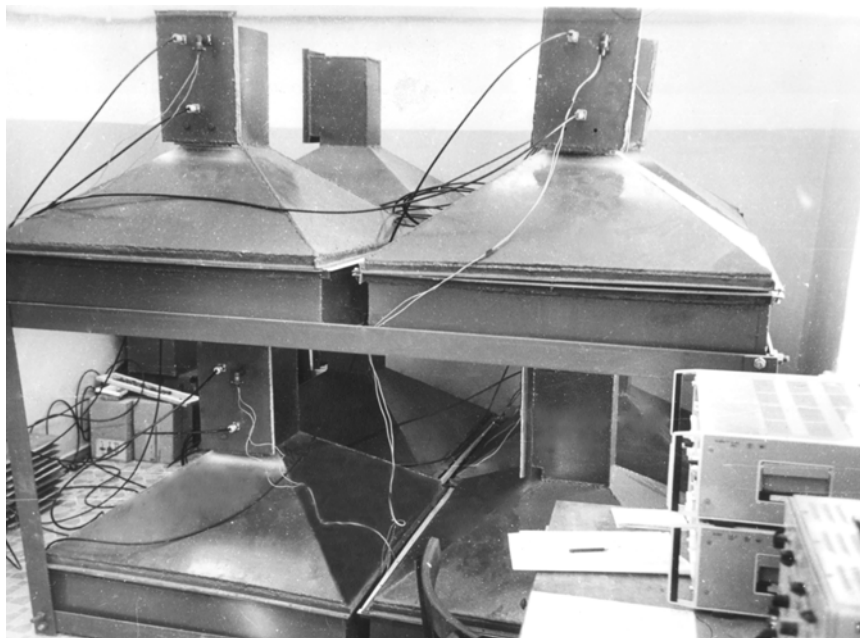


Сцинтилляционный телескоп ИЗМИРАН

С помощью данных сцинтилляционного супертелескопа ИЗМИРАН, авторами был обнаружен также факт усиления мощности спектра на отдельных частотах при проходе мимо Земли границ секторов межпланетного магнитного поля, т.е. граница высокоскоростного потока, по-видимому, также должна сказываться при наблюдении флуктуации космических лучей.

Перспективы дальнейшего изучения флуктуации космических лучей и их использования для диагностики и прогнозирования, мы связываем, прежде всего, с дальнейшим развитием теоретических исследований (кинетическая теория флуктуации, приближения в рамках моделей изотропной и анизотропной диффузии, теория флуктуации атмосферного и геомагнитного происхождения, теория возникновения флуктуации в

процессе генерации солнечных космических лучей и их распространения в короне, в межпланетном пространстве и в магнитосфере Земли. Большое значение в прогнозировании возмущений ММП и солнечного ветра будет иметь расширение экспериментальных работ (регистрация флуктуации космических лучей с помощью прецизионных приборов на поверхности Земли из различных асимптотических направлений, использования мировой сети нейтронных мониторов – как единого планетарного многонаправленного суперприбора, регистрация флуктуации космических лучей с помощью многонаправленных супертелескопов на различных глубинах под Землей, более широкое использование наблюдаемых флуктуации космических лучей на аэростатах, спутниках Земли и космических аппаратах).



Одна из секций супертелескопа ИЗМИРАН

При этом станет возможным решение ряда важных задач по количественной диагностике и прогнозированию таких событий, важных для космических исследований и их наземных приложений, как мощные

солнечные вспышки, межпланетные ударные волны, возмущения, распространяющиеся в межпланетном пространстве.

Очень скоро оценки состояния ближнего космоса будут получаться на Земле так же непрерывно, как и регистрируются космические лучи. Первые шаги уже сделаны.

Столетие со дня открытия космических лучей, которое будет отмечаться в 2012 году, космические лучи встретят на авансцене науки.

Предполагал ли Виктор Франц Гесс, отправляясь 7 августа 1912 г. в свой знаменитый полет на воздушном шаре, полет, положивший начало современной космофизике, что через сто лет открытые им лучи будут служить предвестниками космических бурь.

2.5. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

2.5.1. Долгопериодические вариации солнечной активности и космических лучей

Изменения структуры магнитного поля, происходящее в глубинных слоях Солнца и достигающие его поверхности, определяют конфигурацию корональных магнитных полей. Эти поля (форма которых периодически меняется, что хорошо видно в «белом» свете во время солнечных затмений) в свою очередь формируют условия «вытекания» солнечного ветра, производящего модулирующее воздействие на интенсивность космических лучей.

Подобные изменения солнечного магнетизма, происходящие с периодом порядка 11 лет, выражаются в различных, разнообразных проявлениях активности Солнца.

Поэтому, в качестве индексов солнечной активности могут быть использованы различные характеристики, в зависимости от рассматриваемой задачи.

Для решения задач солнечно-атмосферных космофизических связей могут использоваться показатели как медленно меняющейся составляющей солнечной активности (число и площадь солнечных пятен, корональные индексы, плотности потока радиоизлучения Солнца, суммарные площади фотосферных и хромосферных факелов и спокойных протуберанцев), так и показатели быстро меняющейся составляющей солнечной активности (солнечные вспышки, всплески радиоизлучения, активные протуберанцы).

Все параметры медленно меняющейся составляющей солнечной активности взаимосвязаны и проявляют 11-летнюю цикличность.

Из вышеперечисленных характеристик солнечной активности классическим и наиболее часто используемым индексом, при изучении солнечно-атмосферных и солнечно-космофизических связей, являются числа солнечных пятен (W). Именно анализ временных изменений чисел Вольфа и интенсивности космических лучей привел исследователей к выявлению 11 и 22-летних вариаций космических лучей [Дорман, 1989].

Однако, как отмечено в [Дорман, 1989], более объективным индексом (по сравнению с W), является площадь пятен (S), так как при определении этой характеристики не вносятся ошибки, связанные с индивидуальными особенностями наблюдателя и методом наблюдения. Площадь пятен и числа Вольфа связаны между собой, однако, коэффициент, связывающий эти характеристики, меняется с развитием солнечного цикла, что говорит о некоторой независимости обоих параметров.

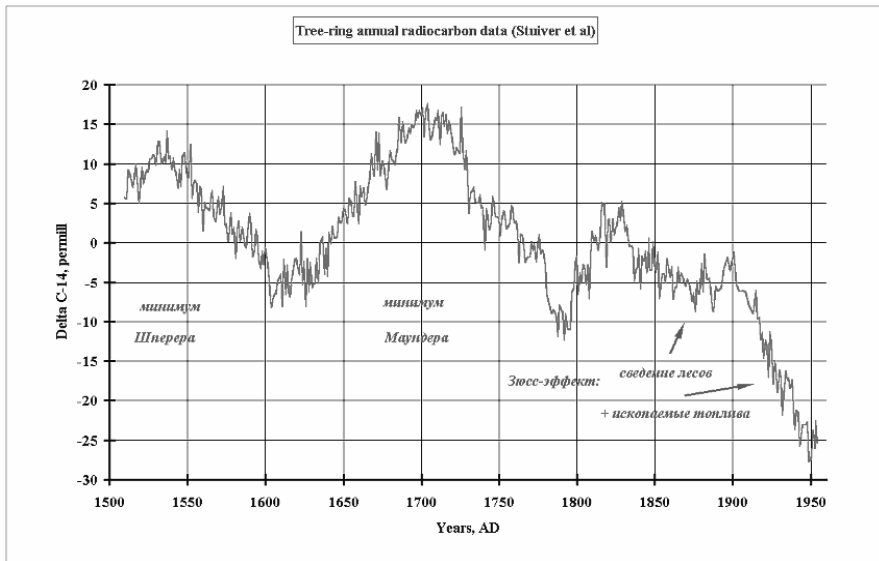
При исследовании долгопериодических вариаций космических лучей выбор площади солнечных пятен в качестве индекса активности Солнца предпочтителен, поскольку отражает зависимость транспортного пробега для рассеяния частиц космического излучения от плотности магнитных неоднородностей, выносимых солнечным ветром и отражающих степень «запятненности» Солнца [Модель космоса, 2007; Белов, 2004; Гущина, 1968].

При построении диаграммы «интенсивность космических лучей – площадь солнечных пятен» за период 11 лет, наблюдается характерная гистерезисная петля. Наличие такой петли можно объяснить запаздыванием изменения электромагнитных условий в межпланетной среде по отношению к процессам, порождающим их на Солнце. Время запаздывания, оцененное из гистерезиса, $\tau_{\text{зан}} \approx 1$ год и, соответственно, размер модулирующей гелиосферы довольно велик ($\approx 80-100$ а.е.) при предположении, что скорость солнечного ветра постоянна ($U \approx 400$ км/с).

В дальнейшем, было показано, что для выявления долгопериодических вариаций в космических лучах необходимо использовать данные, полученные с помощью 6 или 12-месячного скользящего среднего, а при осреднении данных за 1 месяц выявляются, в основном, сравнительно короткопериодические вариации.

Величина запаздывания различна в разные периоды солнечного цикла: наиболее велика она в период спада солнечной активности. Отметим, что

в этот же период, наиболее четко выявляются годовые вариации космических лучей. Кроме того, $\tau_{\text{зап}}$ зависит от энергии частиц космического излучения, убывая с ростом энергии.



Содержание C-14 с 1500 по 1950 гг.

В связи с тем, что еще в первых работах при сопоставлении временных изменений космических лучей и числа солнечных пятен [Дорман, 1967; Simpson, 1963] на всем диске Солнца, было обнаружено отсутствие высокой корреляции этих характеристик в некоторые периоды [Либин, 1989], то это объяснялось неудачным выбором параметра солнечной активности. И «за меру вытекающей плазмы» было предложено использовать интенсивность коронального излучения (с длиной волны λ 5303 Å). Интенсивность этой корональной линии является хорошим показателем циклической деятельности Солнца [Гущина, 1968], изменяясь практически на порядок от максимума к минимуму солнечной активности.

Некоторые особенности 11-летнего цикла Солнца, существенные для изучения солнечной активности и долгопериодических вариаций космических лучей, были впервые замечены при анализе данных интенсивности зеленой корональной линии.

Так, Гневывшев М.Н. [Гневывшев, 1963], исследуя временные изменения этого индекса, констатировал наличие в 11-летнем цикле этого индекса второго максимума, не уступающего в энергетическом отношении первому, что в дальнейшем, было выявлено и для других характеристик солнечной деятельности.

Выбор интенсивности коронального индекса, в качестве индекса солнечной активности, был сделан, исходя из полученного Паркером [Паркер, 1982] соотношения между скоростью солнечного ветра и температурой внутренней короны, которая, в свою очередь, связана корреляционной зависимостью с интенсивностью зеленой корональной линии (I_{λ}).

Дальнейшие исследования коронального излучения позволили выявить крупномасштабные эмиссионные структуры в короне [Паркер, 1965], обусловленные секторной структурой магнитного поля Солнца. Обнаруженная взаимосвязь I_{λ} и структурных особенностей магнитного поля Солнца и, следовательно, вытекающего солнечного ветра, еще раз подтвердила обоснованность выбора корональной активности в качестве индекса солнечной активности.

Временной ход интенсивности космического и коронального излучения за 11 лет выявляет тот же эффект запаздывания космических лучей относительно проявлений солнечной активности, что и индекс, характеризующий степень «запятнненности» Солнца – площади солнечных пятен. Аномальное поведение космических лучей в периоды максимумов солнечной активности, отмеченное в [Стожков, 2008], пытались объяснить изменением гелиоширотного распределения активных областей на Солнце по мере развития 11-летнего цикла.

Однако, и при учете этого фактора, отмеченная аномалия в поведении космических лучей остается. Ответ может лежать только в учете изменения знака глобального поля Солнца, происходящего в максимуме солнечной активности [Крайнев, 2005].

Нарушение корреляции интенсивности космических лучей (ИКЛ) с солнечной активностью (СА) в периоды инверсии крупномасштабных магнитных полей Солнца было отмечено при использовании результатов (индексов), характеризующих различные проявления меняющейся цикличности СА. Таких как интенсивность коронального излучения, радиоизлучение, суммарная площадь солнечных пятен.

Возникает вопрос, как различные величины, характеризующие активность Солнца, связаны с источником, вызывающим ее – с магнитным

полем Солнца? Убедительная модель, всесторонне объясняющая цикличность СА, была дана Бэбкоком [Babcock, 1959] и развита Лейтоном [Leighton, 1964]. В основе этой модели лежит представление о том, что все нерегулярные проявления активности на поверхности Солнца и над ней, вызваны изменениями полоидальной и тороидальной компонент магнитного поля при дифференциальном вращении Солнца.

Солнечный ветер уносит в межпланетное пространство в основном именно полоидальное магнитное поле Солнца. Магнитный цикл полоидальной компоненты можно проследить по изменениям корональной активности [Паркер, 1982]. В частности, согласно [Dogman, 2005], яркость зеленой корональной линии является мерой магнитной активности и нагрева короны.

Поля активных областей, имеющих на поверхности Солнца, представляют собой участки тороидального азимутального поля, всплывание которых образует известные вытянутые по широте биполярные магнитные области. При этом, полоидальное и тороидальное магнитные поля Солнца, и их изменения в течение 11-летнего цикла, связаны друг с другом и генерируются одним динамо-процессом.



Возникновение ударных волн при столкновении солнечного ветра с межзвездной средой

Полярность магнитных полей пятен имеет 22-летний цикл, такая же цикличность наблюдается и для магнитных полей полярных областей Солнца

[Васильева, 1984], причем полярность предшествующих и последующих пятен в биполярных группах в обоих полушариях Солнца меняется при переходе от одного 11-летнего цикла к другому. То есть, в минимуме солнечной активности (в это время наблюдается максимум полоидального поля).

Знак магнитного поля в полярных областях меняется вблизи максимума 11-летнего цикла и процесс инверсии этих полей довольно продолжителен. Наблюдаемое широтное изменение знака общего магнитного поля Солнца, по мере развития цикла SA, выявляется и в широтном распределении его активных областей [Витинский, 1983].

Все это подтверждает справедливость выбора суммарной площади солнечных пятен и интенсивности коронального излучения в качестве основных индексов SA в применении для задач гелиоклиматологии.

Начиная с начала пятидесятых годов, т.е. с времени обнаружения 11-летней модуляции интенсивности космических лучей солнечной активностью, было предложено множество различных моделей модуляции для объяснения этого наблюдательного факта.

Тем не менее, до сих пор наиболее полной (и общепринятой) является модель Паркера [Паркер, 1982], в основе которой лежит идея о том, что модуляция и распространение космических лучей в межпланетном пространстве определяется свойствами вытекающего из Солнца потока плазмы, «несущего вмороженное магнитное поле» и присущие ему неоднородности, спектр мощности которых меняется с 11-летним циклом [Либин, 2008]. (Идея Паркера была впоследствии блестяще подтверждена многочисленными экспериментами в межпланетном пространстве, в том числе и на МКС в начале века).

В дифференциальном уравнении для плотности космических лучей, полученном Паркером, отражен процесс диффузии космических лучей с одновременным конвективным переносом частиц для сферически-симметричного случая с учетом изменения энергий частиц при их взаимодействии с солнечным ветром. При решении уравнения анизотропной диффузии КЛ, использование совместных данных наблюдений коронального излучения и площадей солнечных пятен для определения транспортного пробега для рассеяния частиц позволило учесть особенности модуляционного воздействия солнечного ветра в разные эпохи 22-летнего магнитного цикла Солнца.

Обнаружение особенностей долгопериодических вариаций космических лучей в периоды максимумов солнечной активности, т.е. в периоды,

когда происходит смена знака магнитного поля Солнца в приполярных зонах, привело к обнаружению 22-летних вариаций интенсивности самих космических лучей. Это потребовало более детального подхода к решению краевых задач распространения частиц с разным зарядом в крупномасштабных межпланетных магнитных полях (ММП), изменяющих свое направление с определенной закономерностью.

При теоретическом описании 22-летнего цикла в космических лучах, общепринятой является модель наличия дрейфовых потоков, меняющих свое направление в зависимости от знака общего поля Солнца. (Прямые изменения интенсивности космических лучей в космосе в течение последних 25 лет подтверждают (ранее полученные эмпирически из сравнения ИКЛ и СА) оценки размера модулирующей гелиосферы (50-100 а.е.).

С современных позиций в работе [Ишков, 2004] были рассмотрены общие характеристики достоверных солнечных циклов и их энергетика. Средняя длина солнечных циклов составляет 10,81 лет и просматривается тенденция его уменьшения – последние восемь циклов их продолжительность составила 10,44 года.

Оценка средней энергии, выделенной за цикл, определяется полной кинетической энергией вращения и полной энергией электромагнитного излучения за цикл. Другие явления дают выход энергии на порядки меньше, хотя могут определять отдельные процессы в ходе развития солнечного цикла.

Математические образы четного и нечетного циклов дают возможность для формирования «замкнутой» структуры физического магнитного цикла Солнца. Малая статистика достоверных солнечных циклов (14) и отсутствие физической модели развития цикла СА ставит пока непреодолимые рамки достоверности прогноза цикла до его начала.

Однако ситуация меняется с началом нового цикла, через 18–24 месяца его развития, уже возможно определить высоту, эпоху наступления максимума и вероятную длительность текущего цикла СА.

Кроме рассмотренных выше тесно связанных с солнечной активностью долгопериодических 11-летних и 22-летних вариаций КЛ, в интенсивности потока космических лучей наблюдаются вариации и флуктуации с периодами порядка 4-5 лет, 2 года, 1 год [Либин, 1989; Либин, 1998] и несколько месяцев.

Природа внеатмосферных короткопериодических вариаций в космических лучах, обнаруженных более чем 40 лет тому назад [Tai, 1963], при

анализе измерений мюонной компоненты космических лучей, объясняется, в основном, изменением положения Земли в пространстве относительно гелиоэкватора.

Необходимо отметить, что изучение короткопериодических вариаций и флуктуаций космических лучей и солнечной активности представляет самостоятельный интерес, так как сопоставление наблюдаемых в обоих процессах периодичностей может дать информацию об их взаимодействии между собой. Так, при расчетах спектров мощности в интервале 50-1000 суток (использовались усредненные по 10 дней данные регистрации КЛ нейтронным монитором Дип-Ривер, числа солнечных пятен, данные о потоках радиоизлучения на частоте 2800 МГц, данные об измерениях параметров ускорения Солнца относительно общего центра масс солнечной системы) были выделены значимые колебания с периодами 650-680, 350, 238, 170 и 75 суток [Стожков, 1969], модулируемые 11-летней волной, что подтверждает солнечное происхождение некоторых из них (2 года, 1 год и порядка 1-2 месяцев).

Модельные исследования 11-летних изменений солнечной активности и интенсивности космических лучей, проведенные авторами, показали, что значительная часть (за исключением 2-летних, годовых и 1-2 месячных) выделенных вариаций [Либин, 1989; Либин, 2008] является гармониками 11-летнего и 22-летнего цикла.

В связи с этим, большой интерес для исследования природы солнечно-земных связей представляют исследование двухлетних (или точнее, квазидвухлетних) вариаций космических лучей [Чарахчян, 1973].

В работах Т.Н.Чарахчян было показано, что энергетический спектр двухлетней вариации космических лучей близок к спектру 11-летней вариации, а отношение их амплитуд имеет устойчивый характер и в среднем равно $A_{II}/A_2 = 5,3$, что существенно выше, нежели если бы двухлетние вариации были бы гармониками 11-летних.

Кроме того, двухлетняя вариация наблюдается в солнечной и магнитной активности, а также в климатологических процессах. Обнаруженные двухлетние вариации имеют заведомо внеземное происхождение и связаны с физическими условиями в ближайшей к Солнцу области межпланетного пространства [Либин, 1995].

Квазидвухлетние вариации космических лучей проявляются в чередовании фаз солнечно-суточной анизотропии в зависимости от положения Земли относительно гелиоэкватора: при переполюсовке общего магнитно-

го поля Солнца порядок чередования фаз анизотропии меняется на обратный, хорошо согласуясь с поведением квазидвухлетних (КДВ) вариаций северо-южной асимметрии солнечного ветра.

Причинами квазидвухлетних вариаций интенсивности космических лучей являются как циклические изменения характеристик солнечного ветра по всей гелиосфере, так и соответствующие вариации поведения различных атмосферных процессов.

Квазидвухлетние вариации (КДВ) обнаружены во многих процессах на Солнце и Земле, в том числе, они найдены в низкоширотном стратосферном ветре (НСВ), в магнитном поле Солнца на поверхности источника B_r и в скорости вращения Земли V . На Солнце и Земле КДВ проявляются по-разному: в изменениях НСВ они доминируют, а во многих процессах на Солнце КДВ обнаруживаются лишь после фильтрации наблюдений.

Чтобы выявить солнечно-стратосферные связи [Иванов-Холодный, 2004], проведен статистический анализ 36-летних рядов отфильтрованных величин U^* , Ba^* и V^* . Здесь U – средняя по высотам скорость НСВ, Ba – средний по всем широтам Солнца модуль B_r , а символ * означает проведение фильтрации по схеме, использованной в работе [Ivanov-Kholodny, 1992]. Найдена значимая корреляция между величинами U^* и Ba^* ($r = -0,58 \pm 0,08$) и обнаружена линейная связь U^* с Ba^* и V^* , характеризуемая коэффициентом множественной корреляции $R = 0,68$. Таким образом, доказано, что между стратосферными и солнечными КДВ существует связь.

Что касается всех остальных короткопериодических вариаций, приведенных ранее, то их выделение и анализ (как проявления солнечной активности) требует известной осторожности из-за сложности их поведения от цикла к циклу и отсутствия надежных корреляционных связей с самой солнечной активностью [Либин, 1979], хотя многочисленные исследования, проведенные авторами в каждом конкретном случае, показывают их вполне стационарный характер на коротких отрезках времени (в течение 3-4 лет).

При помощи модифицированного метода спектрального анализа исследованы периодические вариации космических лучей на временном интервале с 1953 по 2004 год. Исходный ряд помесечных данных потока космических лучей был синтезирован из измерений, проведенных в различные промежутки времени этого срока 100 наземными нейтронными мониторами, разбросанными по всей земной поверхности.

Барометрически скорректированные данные этих измерительных станций хранятся на сервере: <http://spidr.noaa.gov> в формате 4096. Метод построения единого синтезированного ряда данных основан на принципах обработки неравноточных временных рядов с заданными весами или среднеквадратическими ошибками измерений.

Обнаружено, что в спектральной периодограмме синтезированных данных выделяются слабые квазипериодические компоненты с периодами: 0,75, 1,0, 2,0 года и более мощные с периодами: 1,5, 1,75, 2,6, 3,0, 4,1, 9,0 и 23,0 года.

На основе значений синтезированного ряда введен индекс активности космических лучей и рассмотрена его взаимосвязь с индексами солнечной активности в рентгеновском, радио и оптическом диапазонах [Дергачев, 2004].

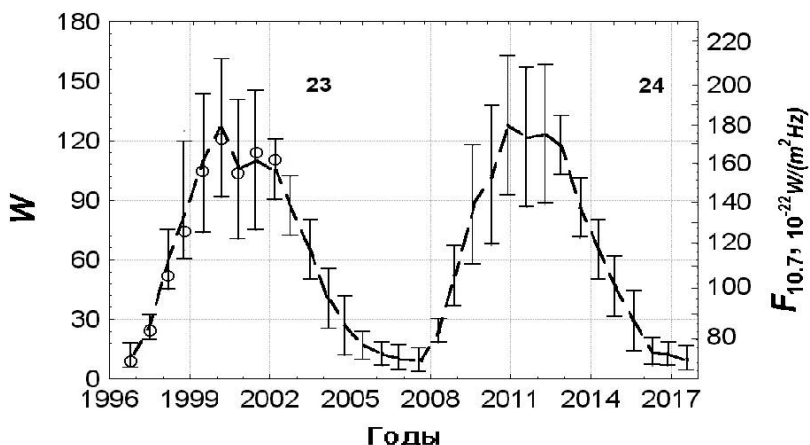
Одним из механизмов появления в космических лучах вариации с периодами, не связанными с циклической солнечной деятельностью, являются собственные колебания гелиосферы, носящие явно выраженный квазистационарный характер.

Период таких колебаний, возникающих из-за возмущающего действия крупномасштабных [Otaola, 1983; Attolini, 1983] неоднородностей межпланетной среды и солнечного ветра, может быть от двух до 8-9 лет [Либбин, 2007].

Каково практическое применение выявленных закономерностей? На основе модели, связывающей модуляцию космических лучей (КЛ) с индексами солнечной активности в ИЗМИРАН был дан прогноз потока КЛ на следующий солнечный цикл и восстановлено поведение КЛ в 17-20 веках [Белов, 2004].

Прогноз потока космических лучей (КЛ) был выполнен на основе прогноза основных характеристик магнитного поля Солнца. Для восстановления поведения КЛ в прошлом использованы числа солнечных пятен и индексы геомагнитной активности.

Для прогнозирования потребовались надежные данные о вариациях КЛ на сети станций КЛ и данные об изменении характеристик глобального магнитного поля Солнца (наклона гелиосферного токового слоя, средней напряженности магнитного поля Солнца на поверхности источника солнечного ветра и полярности поля). Разработанная многопараметрическая модель модуляции КЛ в гелиосфере позволяет рассчитать наблюдаемые вариации КЛ с хорошей точностью и дает возможность перейти к их долгосрочному прогнозу.



Прогноз солнечной активности до 2017 года [НИИЯФ МГУ]

Такой прогноз до 2017 года был получен и в МГУ (НИИЯФ и ГАИШ) методом фазовых средних для чисел Вольфа W и потока радиоизлучения $F_{10,7}$ по информации за первые 22 цикла (с 1 по 22, см. рисунок выше). Окружности – наблюдательные данные, отрезки – приведенные доверительные интервалы, соответствующие 99% вероятности.

Прогнозирование солнечной активности [Лычак, 2002]. Солнечная активность – это отображение динамических процессов на Солнце как нелинейной динамической системы. Связь между всеми процессами, протекающими на Солнце, достаточно сложная и далеко не прямая, поэтому, наблюдая и фиксируя значения части выходов «черного ящика», каким представляется в настоящее время Солнце, можно ожидать, что будут лишь выявлены определенные закономерности типа цикличности.

В работе [Лычак, 2002] предлагалось использовать теоретико-множественный подход к построению математической модели сигналов на выходах динамической системы, которая совершает хаотические колебания. Учитывая качественное отличие от вероятностного подхода, говорится о хаотических событиях и процессах.

Новые методы представления математической модели неопределенности приводят к новым подходам к решению известных задач обработки результатов измерений (наблюдений), полученных с некоторыми ограниченными ошибками. В частности, из них следует необходимость знания

некоторых интервальных характеристик неконтролируемых ошибок, или разработки методик их экспериментального определения, а также получения не только приближенных значений конечных данных, но и интервальных оценок возможных при этом ошибок.

Лычаком была разработана методика статистической обработки показателей солнечной активности (чисел Вольфа, значений потока радиоизлучения Солнца), получены интервальные оценки периодов цикличности ее проявлений и показана достаточная синхронность циклов по обоим факторам солнечной активности. На основе представлений о процессах на Солнце как хаотических колебаниях, был проведен прогноз солнечной активности по обоим показателям до конца последнего цикла, который еще не завершен.

Для статистической обработки использовались данные об ежедневных значениях числа Вольфа, начиная с января 1818 года по май 2003 года, а также среднемесячные его значения, начиная с января 1700 года (фактически с 1700 г. по 1748 г. – это были среднегодовые значения) по декабрь 1984 года [14]. Усредняя помесячно ежедневные значения числа Вольфа после декабря 1984 года, были получены в результате его среднемесячные значения, начиная с января 1700 года по май 2003 года.

Среднее значение числа Вольфа за весь период 1700-2003 гг. равняется 49,96. Среднемесячные значения числа Вольфа сглаживались прямоугольным окном шириной в 13 месяцев и по сглаженным значениям определялись начала и концы стандартных (11-летних) циклов солнечной активности. Получены даты начал и концов, а соответственно и длительности этих циклов. Число полных наблюдаемых циклов за указанный период равно 26-и, а последний 27-ой цикл незаконченный (дата его начала – сентябрь 1996 года).

Значение средней продолжительности циклов равно 131,19 месяца (10,9 года). Максимальная продолжительность наблюдалась в 8-ом цикле (с 09.1784 г. по 04.1798 г.) – 163 месяца (13,6 года), а далее – в 9-ом цикле – 152 месяца (12,7 года). Минимальная продолжительность наблюдалась в 6-ом цикле (с 06.1766 г. по 06.1775 г.) – 108 месяцев (9 лет), а далее – в 7-ом цикле – 111 месяцев (9,25 лет) и в 12-ом цикле – 113 месяцев (9,4 года).

В качестве альтернативной оценки средней длительности циклов оценивалось на основе имеющихся данных среднее расстояние между абсолютными максимумами значений числа Вольфа на соседних циклах. Оно оказалось равным 131,08 месяцев (10,9 года), т.е. практически тем же, что

и при оценивании за стандартной методикой. Интересно отметить, что в основном циклы с большими значениями максимального на цикле числа Вольфа более коротки за длительностью.

При обработке данных среднемесячных значений числа Вольфа более широким скользящим окном шириной 396 месяцев (33 года) были выделены три так называемые «вековые» циклы солнечной активности, где третий «вековой» цикл фактически еще не закончился.

Выделяются 3 группы циклов (продолжительностью около 100 лет): 1-9 (продолжительностью 1182 мес. – 98,5 лет), 10-17 (продолжительностью 1088 мес. – 90,7 лет), 18-26 (продолжительностью 1141 мес. – 95 лет).

Использовались данные архива Мирового центра данных по солнечно-земной физике в России, в частности, об абсолютных изменениях среднемесячных значений потока радиоизлучения Солнца на волне 10,7 см с февраля 1947 по май 2003 года. Вычислено среднее его значение за весь период – равное 119,63.

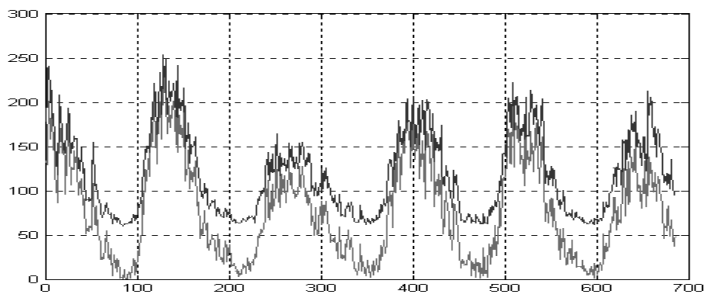
За указанный период наблюдаются 4 полных цикла изменений потока радиоизлучения Солнца на фиксированной длине волны – 10,7 см.

Продолжительность цикла в месяцах (максимальная, минимальная, средняя): $\max = 144$; $\min = 116$; $\text{mid} = 127$. Интервал времени в месяцах между абсолютными максимумами циклов: $\max = 148$; $\min = 109$; $\text{mid} = 132$.

Среднее значение продолжительности цикла (среднее на 4-х полных циклах) равно 126,75 мес. (10,6 года). Среднее по 4-х полных последних циклах за числами Вольфа дает такое же значение, т.е. средние значения продолжительности циклов солнечной активности за числами Вольфа и значениями потока радиоизлучения примерно совпадают во время синхронного измерения обоих факторов.

Из сравнения значений (см. рис) потока радиоизлучения (верхняя линия) с соответствующими среднемесячными значениями чисел Вольфа за этот же период (нижняя линия) следует в достаточной степени синхронность циклов по обоим факторам солнечной активности.

Лычаком был проведен прогноз солнечной активности относительно среднемесячных значений чисел Вольфа до конца 27-ого цикла. Для этого проведено сравнение его наблюдаемой части с соответствующими частями предыдущих 26-ти циклов, нормированных путем умножения на коэффициент, равный отношению среднего значения числа Вольфа наблюдаемой части 27-ого цикла к среднему значению рассматриваемого цикла.



Значения потока радиоизлучения и чисел Вольфа

Таким циклом (по минимуму среднеквадратичных отклонений) оказался 24-й цикл. Прогнозирование проведено путем «подсоединения» к той части 27-ого цикла, которая соответствует фазе спада солнечной активности, соответствующей части 24-ого цикла. Для обоих факторов солнечной активности на протяжении первых семи месяцев прогноза получены удовлетворительные результаты его подтверждения.

В результате многочисленных исследований была разработана методика оценивания факторов солнечной активности: чисел Вольфа и уровня потока радиоизлучения на волне 10,7 см. (Была использована новая математическая модель изменений во времени этих факторов как хаотического процесса с некоторыми интервальными характеристиками).

На основании представления проявлений солнечной активности как результата некоторых хаотических колебаний динамики Солнца, осуществлен прогноз последнего цикла солнечной активности за числами Вольфа, в частности его длительности и среднего значения чисел Вольфа на всем цикле.

Аналогичный прогноз был осуществлен относительно другого фактора солнечной активности – уровня потока радиоизлучения на волне 10,7 см.

Сравнение прогнозируемых значений с реальными (прогноз был сделан, начиная с мая 2003 года) показал достаточно хорошее совпадение формы колебаний среднемесячных значений в течение первых шести прогнозируемых месяцев. (После этого периода разность прогнозируемых и реальных значений резко возрастает).

Тем не менее, большинство прогнозов 24-цикла солнечной активности были составлены в предположении, что минимум не затянется и уже

в 2008 году можно было ожидать появления активных областей на Солнце, формирующих новый цикл солнечной активности. Однако, хотя и было отмечена перестройка главного магнитного поля как признак начала нового цикла, до сих пор активность Солнца остается крайне низкой. Более того, последний год стал рекордным по своему «спокойствию». В предыдущих циклах активности такой длинной паузы Солнце давно не исполняло.

Прогнозисты теряются в догадках и вынуждены пересматривать не только продолжительность минимума, но и момент начала всей активной части цикла. Можно ожидать, что хотя на поверхности Солнца сейчас нет ни одного пятна, и с Земли оно кажется совершенно спокойным, телескопам ТЕСИС, установленным на борту КА «КОРОНАС-ФОТОН» удастся проследить формирование новых поясов активности.

Именно такую конфигурацию образовали две активные области, зарегистрированные телескопами в солнечной короне 27 марта 2009 года и непрерывно наблюдающиеся уже четверо суток. Обе области значительно удалены от экватора, и это о многом говорит астрофизикам. Именно здесь на высоких гелиоцентрических широтах должны начать всплывать на поверхность сильные магнитные поля нового цикла, которые несколько лет формировались в глубинах Солнца. Теперь в течение нескольких лет этот пояс будет опускаться к экватору, увеличивая свою активность, то есть, формируя то, что и называется солнечным циклом.

Обычно новый высокоширотный пояс активности образуется одновременно с разрушением старого экваториального пояса, оставшегося от предыдущего цикла. Циклы активности, тем самым, как бы перекрываются. Кроме того, на Солнце, как правило, формируются два симметричных пояса активности – в северном и южном полушарии.

В настоящее время помимо отсутствия экваториального пояса полностью отсутствует и пояс южного полушария. Как долго сохранится такая асимметрия и станет ли это особенностью нового солнечного цикла, покажет время.

24-ый цикл солнечной активности начался?

2.5.2. О наличии годовой составляющей в цикле солнечной активности

При исследовании эффектов космических лучей, связанных с особенностями гелиоширотного распределения солнечной активности [Дорман,

1998] и наличием наклона плоскости эклиптики к плоскости гелиоэкватора, существенным становится вопрос о наличии годовой составляющей в цикле солнечной активности, ее особенностях, динамике возникновения и исчезновения.

Для отыскания колебаний в СА, близких к 1 году, в работах [Libin, 1995] были использованы площади солнечных пятен за один солнечный оборот, как для всего Солнца в целом, так и отдельно для северного и южного полушарий. Методами скользящего осреднения и наложения эпох были выявлены колебания с периодами 1.2 года. Найденная периодичность не зависит от номера 11-летнего цикла и образует непрерывный ряд на протяжении 1878-2007 гг.

Аналогичные исследования для космических лучей были проведены с использованием НЛ-индекса солнечной активности [Гущина, 1970], так как при наличии гелиоширотной зависимости СА и скорости солнечного ветра, должна наблюдаться годовая вариация космических лучей из-за несопадения плоскостей солнечного экватора и орбиты Земли.

Такая вариация (с амплитудой 0,34% и максимумом в январе) была обнаружена по среднемесячным значениям интенсивности нейтронной компоненты космических лучей (станции космических лучей Инувик и Мак-Мердо, вводились поправки на температурный эффект и на нециклические вариации).

Характер годовой вариации космических лучей предполагал существование симметричного поперечного градиента плотности космических лучей порядка 8% на 1 а.е. (относительно плоскости солнечного экватора), что было подтверждено впоследствии при спутниковых экспериментах.

Долговременные изменения годовых (и полугодовых) вариаций космических лучей обнаружили достаточно большую изменчивость, причем амплитуда годовой вариации всегда в 2-3 раза превышала амплитуду полугодовой.

Отсутствие аномалий в поведении годовой (и полугодовой) волн как в солнечной активности, так и в космических лучах, указывает, что большая изменчивость их амплитуд и фаз обусловлена наличием широкополосного шума.

Спектры мощности вариаций космических лучей и солнечной активности (в диапазоне от $3 \cdot 10^{-8}$ до $3 \cdot 10^{-7}$ Гц.), вычисленные авторами за каждые 11 лет для периода 1960-2008 гг., хорошо аппроксимируются функцией $P(f) \sim A f^{-2.4}$. При этом, полугодовая волна превосходит лишь 90%-

ный доверительный интервал, в то время как годовая значительно превосходит 95%-ный.

Еще более сложная корреляционная связь (меняющаяся от цикла к циклу и зависящая от фазы солнечной активности) наблюдается между интенсивностью космических лучей и геомагнитной активностью и атмосферными процессами.

По данным расчетов за 1960-2008 гг. авторами показано хорошее соответствие между короткопериодическими вариациями ИКЛ, солнечной радиацией и уровнями замкнутых водных систем, по крайней мере, для половины исследуемых периодов.

2.5.3. Связь солнечной активности с геомагнитными процессами

Воздействие солнечной активности на магнитосферу Земли проявляется двумя основными типами магнитных бурь: с внезапным и постепенным началом.

(Магнитные возмущения с внезапным началом, как правило, связаны с хромосферными вспышками, и изменяются в 11-летнем цикле в фазе с солнечной активностью).

Причина внезапного начала состоит в приходе к Земле фронта ударной гидродинамической волны, возникающей на Солнце во время сильного выброса частиц из хромосферной вспышки и вызывающей резкое сжатие земной магнитосферы.

Для второго типа бурь характерна 27-дневная повторяемость и наиболее сильное развитие за 1-3 года до минимума солнечной активности. Этот тип бурь связан с прохождением Земли через границы секторов межпланетного магнитного поля (ММП), вращающегося вместе с Солнцем. Согласно [Васильева, 1984], общее магнитное поле Солнца максимально за 1-2 года до минимума солнечной активности, поэтому и магнитные поля в секторах имеют наибольшую величину именно в этот период.

Геоэффективными являются те границы между секторами, когда происходит изменение вертикальной компоненты межпланетного магнитного поля с северного направления на южное (в эклиптической системе координат). Воздействие ММП на геомагнитное объясняется тем, что наличие направленной к югу компоненты ММП дает возможность пересоединения силовых линий межпланетного поля с геомагнитными силовыми линиями на дневной стороне магнитосферы, что приводит к усиленному переносу этих силовых линий в хвост магнитосферы. А это способствует возникно-

вению пересоединения силовых линий в хвосте, т.е. началу магнитосферного возмущения.

Долговременные изменения геомагнитной возмущенности отчетливо отражают 11-летний, 22-летний и вековой (80-90 лет) циклы солнечной активности [Ривин, 1983]. В ряде работ [Ривин, 1985; Libin, 1995] показано, что вспышечные магнитные бури, типичные для максимумов 11-летних циклов, сильнее развиты в нечетных циклах, а рекуррентные возмущения, развивающиеся на ветви спада цикла, более сильны в четных циклах.

Поэтому, геомагнитные возмущения правильнее связывать с 22-летним циклом магнитной активности Солнца.

Колебания климата Земли, как уже отмечалось ранее, также имеют полициклический характер. Это циклы продолжительностью 2-3 года (квазидвухлетний), 4-7, 10-12, 20-23, 80-90 и 380-450 лет.

Впервые в работе [Оль, 1973], был проведен спектральный анализ 1000-летнего ряда индекса соотношения содержания дейтерия к содержанию водорода (в кольцах деревьев, изменения этого индекса пропорциональны изменению температуры атмосферы).

В результате анализа был выделен период в 22.36 года, близкий к 22-летнему циклу солнечной активности.

2.6. РОЛЬ МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССАХ

В работе Оля [Оль, 1973] показано, что в тоже время, 11-летний цикл выражен в метеорологических процессах гораздо слабее 22-летнего, хотя 11-летний цикл (являющийся основным в пятнообразовательной деятельности Солнца) имеет гораздо большую амплитуду, чем 22-летний.

В работе также подтверждается наличие в метеорологических процессах вариаций с периодами 7, 11-12, 17 и 30 месяцев, а также нестационарные (или квазистационарные) вариации с периодами 27, 9-14 и 6-7 дней, которые наблюдаются синхронно практически во всех метеорологических показателях и в характеристиках возмущенности геомагнитного поля Земли [Hemilton, 1983].

В работе высказано предположение, что 6 и 9-дневные ритмы в земной атмосфере связаны со структурой межпланетного магнитного поля,

причем 9-дневный соответствует наличию в ММП 6 секторов с тремя геоактивными границами, а 6-дневный – восьми секторам с четырьмя геоактивными границами.

Таким образом, наличие «общих солнечных» ритмов у атмосферных процессов и геомагнитной возмущенности свидетельствует об их общем солнечном источнике, связанном с секторной структурой ММП.

Во многих работах была обнаружена связь нижней атмосферы с межпланетным магнитным полем и солнечным ветром. При этом, знак корреляции между атмосферными процессами и солнечным ветром и ММП менялся на противоположный, когда Земли переходила из одного сектора ММП в другой.

С секторной структурой ММП связаны изменения индекса завихренности (определяемого как область в км², в которой циркуляция атмосферы, отнесенная к единице площади, достигает значения $20 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$), соответствующего хорошо сформировавшемуся циклону на изобарических поверхностях 300 и 500 Мб в северном полушарии.

Площадь областей низкого давления ложбин зимой в северном полушарии достигает минимума через 1 сутки после пересечения Землей границы сектора ММП, причем величина минимума завихренности в процентном отношении больше для областей в тропосфере, характеризующихся более интенсивной циркуляцией.

Обработка результатов наблюдений, выполненная в восьмидесятих годах прошлого века группой Уилкокса [Wilcox, 1979], показала, что прохождение секторных границ сопровождается потоком протонов с энергией в десятки МэВ, а минимум индекса завихренности, связанного с границами секторов за которыми следовали потоки протонов, почти в два раза глубже, чем минимум, связанный с обычными границами.

До сегодняшних дней не подвергается сомнению выводы Уилкокса, что границы с протонными потоками сопровождалось большим увеличением напряженности ММП и индекса завихренности.

По данным наблюдений интенсивности космических лучей, наблюдений ММП и данных о площадях завихренности в тропосфере (индекс VAI) методом наложения эпох (в качестве нулевого дня принимались сутки пересечения Землей границы сектора) было обнаружено:

1. переход через секторную границу ММП вызывает устойчивый эффект в VAI (около 20%), тогда как в космических лучах – эффект неустойчивый;

2. при 21 пересечении границы ММП наблюдается возрастание на 0.5% для потока космических лучей за трое суток до пересечения с последующим понижением на 1.0-1.5% через такое же время;
3. при 28 пересечениях границ секторов эффекты в космических лучах не наблюдались;
4. при 17 пересечениях – наблюдались эффекты в космических лучах, но они имели обратный характер, по сравнению с первым случаем.

Таким образом, при исследованиях влияния секторных границ на индекс завихренности тропосферы было доказано, что эффект не может проявляться напрямую через космические лучи.

В результате изучения влияния высокоскоростных потоков солнечного ветра на циркуляцию атмосферы, геомагнитную активность и интенсивность галактических космических лучей было установлено, что резкое падение интенсивности галактических космических лучей начинается за 1-2 дня до наступления максимума скорости в потоке солнечной плазмы, достигает минимума в первый день и восстанавливается до исходного значения на 4-5 день.

Во временном ходе индекса геомагнитной активности КР четкий максимум однозначно проявляется в день максимума скорости потока плазмы. В средней и верхней тропосфере северного полушария в умеренных широтах в момент попадания Земли в высокоскоростной поток солнечной плазмы обнаруживается резкое уменьшение площадей, занятых глубокими циклонами.

Полученные результаты полностью подтверждаются работами Логинова [Логинов, 1980], где показано, что возрастание скорости солнечного ветра приводит к снижению циклической деятельности в тропосфере. Последнее, по-видимому, связано с уменьшением интенсивности галактических космических лучей, которые играют роль в возмущениях тропосферной циркуляции [Swensmark, 2008].

Этот эффект также хорошо прослеживается при изучении воздействия солнечных вспышек на атмосферу Земли, приводящих к изменениям атмосферной циркуляции в средних и высоких широтах уже через 12 часов после наблюдения вспышки в оптическом диапазоне.

В последние годы были предприняты попытки проверки наличия связи между развитием циклонических возмущений и атмосферных завихрений, с одной стороны, и прохождением Земли через границы секторов межпланетного магнитного поля, высокоскоростные потоки солнечного

ветра и солнечные вспышки, с другой. Выполненные за последние 20 лет исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Прохождение Земли через секторные границы и высокоскоростные потоки солнечного ветра вызывает уменьшение завихренности, совпадающее во времени с геомагнитными и электромагнитными [Артеха, 2005] возмущениями и перестройкой спектра флуктуаций космических лучей [Либин, 2009].

Действительно, учет электромагнитных явлений в формировании циклонов и в других кризисных атмосферных процессах может прояснить все вышеизложенные наблюдательные факты. При этом на циклоническое вращение вихря наибольшее влияние оказывает низко лежащая (4,8 км) отрицательно заряженная область, а антициклоническое движение определяется высоко лежащей (10,16 км) положительно заряженной областью.

Если возникающие заряженные области действительно играют большую роль в формировании, поддержании и движении вращающихся атмосферных образований, то более понятным становится и ряд других фактов. Например, циклоны возникают чаще антициклонов потому, что более плотной (так как расположена ниже) отрицательной области проще поддерживать вращение всей атмосферной области в системе циклона, чем менее плотной (вследствие большей высоты расположения) положительной области «раскрутить» систему антициклона, а «организовать» меньшую по размерам систему всегда проще.

По этой же причине средние размеры антициклона оказываются больше, чем средние размеры циклонов поскольку различен порог на размеры заряженных подсистем для поддержания вращения.

В работе [Артеха, 2005] предложена плазменная модель крупномасштабного вихря для описания зарождения и последующей квазистационарной фазы завихренностей.

Интерес также представляет процесс организации мощной облачной структуры, сопутствующей мощным завихренностям (где сосредотачивается значительное число зарядов). Здесь большую роль могут играть силы электромагнитной природы (например, диэлектрорефорез), когда на частицу действует сила $F = 0,5 (\epsilon_1 - \epsilon_2) E / r$, перемещающая частицу с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 в среде с проницаемостью ϵ_2 в область более высокого значения напряженности электрического поля.

Поскольку диэлектрическая проницаемость водяного пара, и уж тем более воды и льда существенно отличается от диэлектрической проница-

емости воздуха, то упомянутая сила должна играть заметную роль в процессе увеличения локальной влажности, «скупивании» облаков к заряженной зоне и удержании облаков в единой структуре.

В результате действия всех этих механизмов для завихренностей формируется структура заряженных областей (по высоте) между положительно заряженной земной поверхностью и отрицательным слоем тропопаузы вблизи

2. Усиление завихренности наступает после больших вспышек на Солнце в интервале гелиографических долгот 0° - 44° Е.

3. Большое усиление завихренностей бывает связано со вспышками, которые сопровождаются мощными геомагнитными возмущениями. Эти вспышки, как правило, расположены в восточной части солнечного диска и появляются сериями.

Таким образом, налицо сложная взаимосвязь между солнечной активностью, геомагнитной возмущенностью, интенсивностью космических лучей и атмосферными процессами, причем характер этой связи между всеми перечисленными явлениями меняется со временем, а также может быть различным для разных регионов, что делает процесс изучения механизмов влияния солнечной активности на климат чрезвычайно сложным.

Действительно, в некоторых районах, в особенности в Северной Атлантике, после геомагнитных возмущений возрастает дисперсия изменчивости приземного давления, которая отражает уровень преобразования потенциальной энергии в кинетическую, что неизбежно должно проявиться в поле ветров.

В результате статистического анализа 90-летних наблюдений приземного давления было обнаружено, что после сильных геомагнитных возмущений (ко 2-4 дню) наблюдалось увеличение неустойчивости атмосферы в умеренных широтах северного полушария [Mustel, 1981; Веретененко, 2005].

Именно поэтому, исследования возможных связей между солнечной активностью, завихренностью атмосферы, скоростями ветра, осадками, температурой, давлением, потоками космического излучения, геомагнитной и электромагнитной активностью становится важнейшей задачей для понимания механизма солнечно-земных связей, для формирования основ гелиоклиматологии.

Тем не менее, уже сейчас ясно, что модуляция потока космических лучей, наблюдаемых на Земле, связана с теми же процессами, что и из-

менения климатологических параметров: мощные ударные волны в межпланетном пространстве, геомагнитные возмущения, вспышки на Солнце и т.д.

Поэтому, при любых построениях прогностических климатологических моделей важно и даже необходимо (как показывают последние результаты датских и российских ученых) кроме учета солнечной, геомагнитной и электромагнитной активностей, учитывать изменения интенсивности космических лучей [Либин, 2009].

*Был язык мой правдив, как спектральный анализ,
А слова у меня под ногами валялись.*

Арсений Тарковский

*«Общеизвестна удивительная способность
спектрального авторегрессионного анализа сделать
сложное простым, а кажущемся беспорядке выявить
логически стройное взаимосоответствие»*

М.Бат «Спектральный анализ в геофизике».

3. О ВОЗМОЖНОМ АНАЛИЗЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

3.1. МЕТОДЫ СОВМЕСТНОГО АНАЛИЗА КОСМОФИЗИЧЕСКИХ И КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

3.1.1. Спектральный анализ исследуемых процессов

Практически анализ параметров солнечной активности (числа Вольфа W , площади солнечных пятен S , HL -индекс, уровень солнечной радиации на Земле), геомагнитных возмущений (K_p -индекс), и атмосферных процессов (давление, температура, осадки, уровень замкнутых водных систем, площадь льда) проводился, в основном, с помощью методов корреляционного и спектрального анализа.

Практическая методика оценивания спектров всегда состоит из нескольких этапов: предварительный анализ, вычисление выборочных ковариационных и корреляционных функций и спектральных оценок, вычисление взаимных корреляционных функций и взаимных спектральных оценок, интерпретация полученных результатов.

Предварительный анализ заключается в исследовании временных рядов на стационарность и приведении их, в случае необходимости, к стационарному или квазистационарному виду, обнаружении в исследуемом массиве данных явных трендов и периодичностей (это важно для решения вопроса о фильтрации данных в пробном анализе «PILOT ANALYSIS»).

Если в результате предварительного анализа становится ясно, что большая часть мощности оцениваемого спектра сосредоточена на одной или

нескольких выделенных частотах, то для улучшения выборочных оценок на исследуемом диапазоне частот необходима фильтрация данных, то есть преобразование каждого из исходных рядов x_t и y_t в некий набор данных x'_t и y'_t с помощью различных линейных или квазилинейных соотношений.

Для решения вопроса об использовании для анализа или исходных рядов, или фильтрованных; для выбора ширины окна, с помощью которого просматриваются при анализе исследуемые ряды, вычисляются выборочные корреляционные функции:

$$C_{xx}(\tau) = \left(\frac{1}{N-1} \right) \sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+\tau} - \bar{x}) \quad (1)$$

для значений $t = 0, 1, 2, \dots, L_{\max}$. (Величина точки отсечения L_{\max} выбирается из критерия минимальности выборочных корреляций. Точка отсечения L_{\max} достигается, когда выборочные корреляции $C_{xx}(\tau)$ становятся порядка $0,05 - 0,1$. Вопрос об использовании исходных или фильтрованных рядов решается из условия сходимости к нулю их корреляционных функций).

После решения вопроса об использовании исходного или фильтрованного рядов и выбора точки отсечения вычисляются выборочные спектральные плотности $S_{xx}(f)$. (Во избежание терминологической путаницы: спектральная плотность исследуемого процесса – Фурье-преобразование его корреляционной или ковариационной функции):

$$S_{xx}(f) = 2\Delta \left[C_{xx}(0) + 2 \sum_{\tau=1}^{L_{\max}-1} C(\tau)W(\tau) \cos 2\pi f \tau \Delta \right]$$

где Δ – интервал дискретизации исследуемого ряда, $W(\tau)$ – корреляционное окно с точкой отсечения M , выбираемой из соотношения $M = L_{\max} \tau$ (существует значительное количество корреляционных окон, каждое из которых обладает своими достоинствами и недостатками применительно к конкретным задачам).

Для отыскания корреляционных связей между различными процессами используется взаимный спектральный анализ, заключающийся в проведении вычислений взаимных корреляционных функций, позволяющих оп-

ределять время задержки одного из исследуемых процессов относительно другого по максимальному значению коэффициента взаимной корреляции или по величине сдвига τ между положением максимума взаимной корреляционной функции и нулевым значением r .

(Определение времени задержки имеет особенно важное значение при анализе взаимосвязей между солнечной и магнитной активностями и процессами на Земле и может быть использовано при попытках прогнозирования процессов: происходящих на Земле, по наблюдаемым изменениям в солнечной и межпланетной активности).

Формулы для дискретного оценивания взаимных спектров (когда одновременно оцениваются два или больше рядов данных) аналогичны формулам для оценок спектральных плотностей одномерных процессов (когда анализируется только один ряд данных), но взаимный анализ дает возможность получать информацию о разности фаз между анализируемыми процессами на каждой частоте (фазовый спектр) и степень коррелированности процессов между собой на различных частотах (спектр когерентности).

Как показано во многих работах по спектральному анализу, если два ряда в некотором интервале частот сдвинуты друг относительно друга на некий временной интервал, т.е. могут быть представлены в виде:

$$x_{2t} = z_{2t} + \beta_1 z_{1t-d}, \quad x_{1t} = z_{1t},$$

$$\text{так что } x_{2t} = z_{2t} + \beta_1 x_{1t-d}$$

то фазовый спектр в этом диапазоне частот представляет собой линейную функцию частоты.

Это означает, что косинусоидальная волна частоты f Гц. совершает fd колебаний за время задержки d , и, следовательно, фазовое запаздывание составляет $2\pi f d$ рад.

Таким образом, из фазового спектра, показывающего разности фаз между процессами, можно для каждой частоты определить время задержки одного ряда относительно другого, что может иметь большое значение при построении прогнозов различной длительности (краткосрочных и долгосрочных).

Анализ параметров солнечной активности, геомагнитных возмущений, солнечной радиации, глобальных и локальных атмосферных процессов и

интенсивности космических лучей проводился с помощью методов одномерного и взаимного спектрального анализа, двумерного динамического спектрального анализа Hissa, многократного корреляционного преобразования, методов теории периодически коррелированных случайных процессов.

Анализ проводился по данным среднемесячных и среднегодовых значений солнечной активности (числа Вольфа W , площади солнечных пятен S и HL -индекс за 1880-2008 гг.), интенсивности космических лучей (данные регистрации станций космических лучей Киль, Троицк, Аппатины, Мак-Мердо и др. за 1963-2008 гг.), геомагнитной активности (K_p и A_p -индексы за 1945-2001 гг.), циркуляции атмосферы (индекс штормистости P за 1950-2000 гг.), температуры T °С, давления и осадков (данные регистрации метеорологических станций России, Эстонии, Мексики, Швеции, Литвы, Канады за 1920-2008 гг.), уровней замкнутых водных систем (озеро Патскуаро в Мексике, Чудское озеро и озеро Байкал в России, Каспийское море за 1880-2007 гг.), солнечной радиации (данные регистрации метеорологических станций России, Мексики, Кубы, Дании и Канады за 1960-2008 гг.), площади льда в Балтийском и Белом морях (данные регистрации метеорологических станций России, Эстонии, Дании и Швеции за 1920-2008 гг.).

Спектральные оценки вычислялись как по всем имеющимся интервалам целиком, так и по 72-месячным (или 144-месячным) реализациям со скользящим сдвигом на 12 месяцев (для получения развернутой во времени картины поведения корреляционных и спектральных оценок в течение 18-24 циклов солнечной активности).

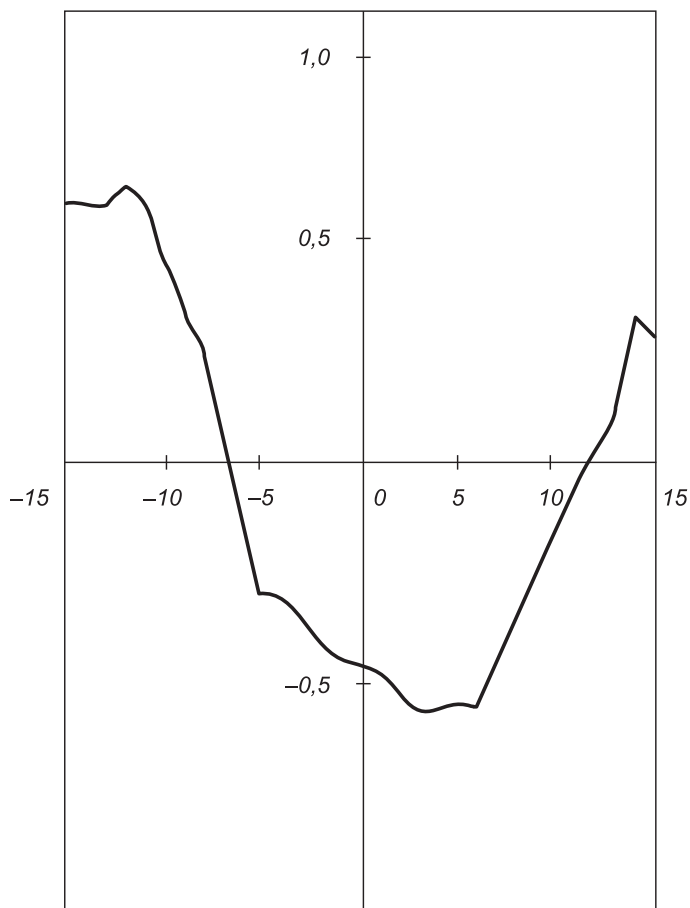
Достоверность получаемых результатов контролировалась одновременным применением различных специальных методов и процедур (фильтрация данных, «стягивание» спектральных окон и т.д.), а также постоянным использованием тестовых программ.

Подробно о вычислениях спектральных оценок можно выяснить в многочисленных работах, следует лишь учесть, что предварительным этапом любых вычислений взаимных спектров должны стать оценки смещения между процессами, либо путем вычисления максимального значения коэффициента взаимной корреляции от сдвига:

$$K_{xy}(\tau) = \frac{\sum_{t=1}^{N-\tau} (x_t - \bar{x})(y_{t+\tau} - \bar{y})}{\sigma_x^2 \sigma_y^2}$$

либо по величине сдвига τ между максимумом взаимной корреляционной функции и нулем.

Пример таких вычислений приведен на рисунке, где представлена взаимная корреляция между солнечной активностью и температурой, величина сдвига примерно 36 месяцев (на ост время указано в годах).



Тестовые испытания всех программ спектрального анализа позволили уточнить применимость различных методов в тех или иных условиях, для конкретных событий и рядов данных. Если протестировать все ис-

пользуемые программы динамического спектрального анализа с помощью функции

$$S(f) = \sin(f_0 + \Delta f) + \sin(f_1) + \sin(f_2)$$

то можно убедиться, если на фиксированных частотах положение пиков спектра мощности не меняется, то на частоте $f_0 + \Delta f$ пик медленно смещается в область более высоких частот, отслеживая изменение Δf_i .

Необходимо отметить, что практически все спектральные методы пригодны для стационарных процессов, в то время, как все анализируемые процессы стационарными не являются. Поэтому, вычислениям спектров, в особенности динамических, предшествовала, как правило, фильтрация анализируемых данных.

3.1.2. Методы авторегрессионного анализа для оценивания взаимосвязи космофизических и метеорологических параметров

Одновременно с применением чисто спектральных методов целесообразно использование независимых методов выявления периодичностей, отличающихся своими свойствами. (Последнее существенно для взаимного контроля получаемых результатов).

Кроме того, в ряде анализируемых процессов происходит существенная перестройка их статистических характеристик, то есть процессы становятся нестационарными. В этом случае не определено само понятие спектра, а классическое преобразование данных, основанное на методах Быстрого Преобразования Фурье и Блэкмана-Тьюки, дает зачастую неверные результаты.

Обычный прием в такой ситуации – выделение участков квазистационарности сталкивается с рядом трудностей. Такие участки (если они есть) могут быть короткими, а на малом количестве данных метод Фурье дает плохие результаты и не позволяет разделять близкие частоты.

В то же время, задача разделения частот является одним из основных пунктов изучаемой проблемы, так как каждая из частот может быть связана с различными физическими механизмами взаимодействия космофизических и метеорологических параметров.

С целью разделения частот на коротких отрезках данных в последнее время используются авторегрессионные методы, суть которых состоит в введении дополнительного предположения о том, что любой исследу-

емый процесс может быть описан авторегрессионной моделью заранее неизвестного порядка p (для $t = 0, 1, 2, \dots$).

$$x_{t+1} = \sum_{i=0}^p a_{i+1} x_{t+1} \quad (2)$$

В этом предположении оцениваются, тем или иным способом, коэффициенты авторегрессии и подбирается наилучший порядок, а уже по этим коэффициентам однозначно вычисляется спектр.

Такой подход с применением различных алгоритмов (типа методов Берга, Левинсона-Дербина, Писаренко, Прони и их модификаций) был реализован Гулинским и Юдахиным и в некоторых случаях дал хорошие результаты.

Для преодоления возникших трудностей авторами (совместно с О.В. Гулинским и К.Ф. Юдахиным) был предложен следующий подход: предполагалось, что процесс может быть описан авторегрессионной моделью, в которой сами коэффициенты меняются во времени

$$x_{t+1} = \sum_{i=0}^p a_{i+1}(t) x_{t+1}, t = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

Такой процесс, очевидно, является нестационарным. Каждый коэффициент представляется в виде ряда по некоторой заданной полной системе функций $\{\varphi_k\}$

$$a_i(t) = \sum_{k=1}^N C_{ik} \varphi_k(t) \quad (4)$$

с неизвестными коэффициентами $\{C_k\}$. В качестве системы функций, в частности, может быть выбран степенной ряд $\{1, x, x^2, \dots\}$.

Далее для выбранного числа N разложения (4) и порядка p модели (3) по методу наименьших квадратов вычисляются коэффициенты C_k . Порядок модели p и число членов N в разложении (4) могут подбираться в некотором смысле оптимальными. Такой подход позволяет для нестационарного процесса ввести понятие *мгновенного спектра*.

В каждый данный момент времени t^* параметрам $\{C_k\}$ соответствует авторегрессионная модель с известными постоянными коэффициентами

$$a_i(t^*) = \sum_{k=1}^N C_{ik} \varphi_k(t^*) \quad (5)$$

Такой процесс называется остановленным в момент времени t^* (он может быть продолжен на бесконечность). Этот процесс является стационарным и ему соответствует некий t^* -*мгновенный* спектр, который однозначно вычисляется аналитически по коэффициентам C_k .

Строя во времени последовательность мгновенных спектров мы можем изучать происходящую динамику (перестройку) процесса.

Одновременно с «классическими» спектральными методами анализа, для контроля полученных результатов использовались и другие современные методы нелинейного анализа временных рядов и нелинейного прогноза.

Основой современных подходов к предсказанию временных рядов является реконструкция универсальной модели динамической системы в евклидовом пространстве подходящей размерности. Для этого предполагается [Макаренко, 2005]:

- 1) что траектории системы заполняют притягивающее множество небольшой размерности d – аттрактор – в фазовом пространстве,
- 2) проекции траекторий на первую координату являются непрерывными нелинейными функциями фазовых координат,
- 3) значения проекции в дискретном времени представляют собой наблюдаемый временной ряд,
- 4) на аттракторе существует эргодическая инвариантная мера, которую можно оценить как время пребывания точки в элементе фазового объема.

В этих предположениях, можно построить вложение временного ряда $\{x_i\}$, $i = 1, N$ в R^m , $m > 2\Delta$, которое будет топологической копией реального аттрактора.

Динамика копии задается уравнением нелинейной регрессии $x_{i+\tau} = \Phi(x_i)$, $x_i = (x_i, x_{i-\tau}, \dots, x_{i-(m+1)\tau})$, которое и является моделью предиктора. Функция $\Phi \in C^1$ или даже дифференцируема, но задана лишь конечным набором пар $\{x_{i+\tau}, \Phi(x_i)\}$ на истории ряда. Поэтому, любая задача ее аппроксимации, в L_2 -метрике не является корректной.

Возможные подходы к ее решению, на уровне технической строгости, делятся на локальные и глобальные методы. Первые из них опираются на метод аналогов Лоренца и сводятся к аппроксимации Φ в локальной окрестности каждой точки реконструкции. Для этого обычно используют

полиномы небольшой степени. Глобальные методы аппроксимируют Φ сразу во всех точках.

Инструментов для этого служат радиальные базисные функции (РБФ) и искусственные нейронные сети (ИНС). Последние позволяют представить функцию от m переменных, как суперпозицию функций только от одной переменной, используя одну нелинейную стандартную функцию формального нейрона.

Важными являются две проблемы. Первая связана с оценкой горизонта предсказуемости ряда, который определяется максимальным ляпуновским показателем универсальной модели. Существование такого показателя связано с разбеганием близких траекторий хаотической динамики, а на практике приводит к экспоненциальному росту ошибки предсказания.

Ситуацию можно улучшить с помощью схемы векторного предсказания. Вторая проблема связана с ошибкой модели. Такая ошибка вызывается шумом в данных и неизвестными «скрытыми» параметрами, от которых может зависеть Φ .

Изменение параметров приводит к перестройке динамических режимов, наблюдаемых как нестационарность временного ряда.

В работе [Макаренко, 2005] обсуждаются два подхода к уменьшению ошибки модели. Первый основан на идее неоднородного вложения и рассчитан на временные ряды, имеющие несколько корреляционных длин.

Используя принцип Минимальной Длины Описания можно подобрать параметры РБФ так, чтобы улучшить модель. Второй подход приводит к корректору первоначального предсказания, сделанному с помощью ИНС.

В любом случае, некорректность задачи аппроксимации приводит к большому числу возможных вариантов будущего.

3.1.3. Моделирование механизма взаимодействия гелиофизических и геофизических процессов

Моделирование с помощью авторегрессионных моделей основывается на предположении, что прогнозируемое значение является взвешенной суммой p предыдущих отсчетов при однопараметрическом представлении или взвешенных сумм p, q, \dots предыдущих отсчетов различных временных рядов (при многопараметрическом представлении). Исследования, проведенные для различных метеорологических, геофизических, процессов показали, что в рамках модели авторегрессии любые метеорологические

параметры $P(t)$ измеряемые через промежутки времени могут быть представлены в виде:

$$P(t) = \sum_{i=1}^q a_i P(t-i) + \sum_{i=1}^s b_i W(t-i-w) + \sum_{i=1}^r c_i K_p(t-i-k) + \sum_{i=1}^m d_i I(t-i-i) + \xi_t$$

где a, b, c, d – коэффициенты, вычисляемые по известным значениям P, W, K_p и I . В выражении (1) W – числа Вольфа, K_p – значения индекса геомагнитной активности, I – интенсивность космических лучей за периоды, предшествующие времени t ; q, r, s и m – порядок многопараметрической авторегрессии, используемой для построения прогностической модели; ξ_t – последовательность независимых случайных векторов; w, k, i – задержки между W, K_p и I и исследуемым (прогнозируемым) процессом P .

На основе накопленных массивов атмосферных данных, данных солнечной активности, геомагнитной активности и интенсивности космических лучей, размерностью N_0 , составляется матрица для системы линейных уравнений (1), из решений которой определяется вектора $\{a\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}$.

При этом необходимо учесть, что наборы коэффициентов авторегрессии могут быть определены практически для любого промежутка времени, так что используя среднемесячные данные для периода 1950-2000 гг. мы сможем получить порядка 600 уравнений. Соответственно, при среднегодовых значениях число уравнений уменьшается до $50-k$, где k – максимальное значение любого из значений q, s, r, m , т.е. число уравнений составляет величину порядка 40.

Задача оценки параметров авторегрессии сводится к решению систем линейных уравнений типа Юла-Уоркера [Кей, 1981].

Задаваясь порядками модели для атмосферных процессов, солнечной активности, геомагнитной активности и космических лучей (влияющих на прозрачность атмосферы [Пудовкин, 1995], можно каждый раз предсказывать средние значения атмосферных (или любых других земных характеристик) процессов на ШАГ ВПЕРЕД, причем величина этого шага будет определяться только величиной дискретизации данных.

Необходимо отметить, что вычисление коэффициентов авторегрессии может помочь оценить вклад того или иного процесса в прогнозируемый процесс: так при анализе атмосферных процессов были пренебрежительно малы коэффициенты авторегрессии для геомагнитной активности (значит ее вклад в циркуляцию атмосферы мал) и вполне значимы коэффици-

енты для наблюдаемых на земле космических лучей [Либин, 1996а], что впоследствии нашло объяснение в модели влияния солнечной активности на атмосферные процессы Пудовкина-Распопова.

Таким образом, использование стандартных авторегрессионных моделей для разработки методов прогноза космо- и геофизических процессов изменчивости атмосферы, обещает хорошие перспективы.

Результатом первых шагов в этом направлении был годичный прогноз уровня замкнутых водных систем в Мексике (озеро Патскуаро) и России (Чудское озеро), основанный на солнечной активности, интенсивности космических лучей и предшествующих значениях уровней озер. Точность такого прогноза на 2003 год составила 9%, на 2004 – 8%, на 2005 – 8%, на 2006 – 12%, на 2007 – 11%. 2008-2009 годы покажут обоснованность наших притязаний.

3.2. ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

3.2.1. Изучение корреляционных и спектральных характеристик космофизических процессов и штормистости

Несколько лет назад авторами были проведены спектральные и авторегрессионные исследования циркуляции в Северной Атлантике в районах североатлантической осцилляции САО (штормистости в Северном море) за 1950-2002 гг.

Имеющиеся непрерывные массивы среднемесячных данных длиной 52 года (624 точки) позволили вполне уверенно изучать колебания с циклическостями от нескольких месяцев до 22 лет. (Под штормистостью здесь понимается индекс повторяемости сильных штормов со скоростью ветра, большей 17 м/с).

В результате совместного корреляционного, спектрального и авторегрессионного (с изучением динамических спектров) анализа штормистости, солнечной активности, геомагнитной активности и интенсивности космических лучей было обнаружено существование целого набора колебаний штормистости, тесно связанных с колебаниями гелио- и геомагнитной активности, особенно в диапазоне частот от 2×10^{-9} до 8×10^{-8} Гц.

(Модельные исследования спектра показывают, что амплитуда пика на частоте 3×10^{-9} Гц. Не обеспечивает амплитуд пиков на остальных час-

тотах, при этом моделирование медленных трендов на частотах больших $5\text{-}6 \times 10^{-9}$ Гц. не оказывает никакого заметного влияния на спектры. Резкие выбросы усиливают только совсем низкочастотную часть спектра, что в значительной степени сказывается на величине B и не сказывается на величине γ , при задании спектра в виде $P(f) \sim Bf^{-\gamma}$.

Авторами была создана система обработки данных, в которой были реализованы некоторые вспомогательные процедуры: фильтрация высоких и низких частот, исключение регулярных изменений, оценка разладки процесса, т.е. появление нестационарности, вычисление основных статистических характеристик процесса.

Кроме того, проведенный анализ показал, что процессы штормистости и солнечной активности, во-первых, находятся в противофазе, а, во-вторых, сдвинуты друг относительно друга на 3,5-4,0 года. (Уточнение этой оценки по меньшим интервалам данных приводит к близким оценкам: запаздывание штормистости P относительно солнечной активности W для периодов, например, 1950-1963 гг. дает величину 4 года, для 1961-1976 гг. – 3 года, 1977-1994 гг. – 3 года и 1993-2002 гг. – 4 года. Для всего периода исследуемых данных суммарное запаздывание составляет величину порядка 45 месяцев.

Аналогичные расчеты взаимных корреляционных функций между параметрами солнечной активности (W и S) и геомагнитной активности (K_p) приводят к запаздыванию K_p -индекса относительно солнечной активности на 1,5 года, причем оба процесса синфазны между собой практически по всей 52-летней выборке.

Одновременно с этим, совместный корреляционный анализ между геомагнитной активностью (K_p) и штормистостью (P) приводит к запаздыванию штормистости относительно геомагнитной активности на 1,9-2,5 года (процессы противофазны), что хорошо согласуется с приведенными выше результатами.

Полученные результаты хорошо согласуются с анализом эффекта запаздывания интенсивности космических лучей относительно гелиоширотного индекса солнечной активности HL , где величина запаздывания меняется от 6 до 20 месяцев, в зависимости от цикла солнечной активности [Гулинский, 2002].

Расчеты взаимных корреляционных функций между интенсивностью космических лучей I (станции Апатиты и Москва) и штормистостью P показывают опережение космическими лучами штормистости на 3 года,

что с учетом анализа пар $W-I$ и $HL-I$ совпадает с результатами расчетов запаздывания P относительно W .

Отметим, что зависимость атмосферных явлений от факторов солнечной активности не сводится лишь к адекватному отображению процессов, росту или спаду величин их параметров на ветвях циклов солнечной активности (при анализе за малые интервалы выборок удастся проследить динамику поведения спектральных оценок), а оказывается процессом перестроек амплитуд и фаз набора относительно мелкомасштабных колебаний с периодами 3-4, 6 и 12 месяцев и крупномасштабных с периодами 2, 9-15, 20-28 и даже 80-90 лет.

При этом существенным становится относительно постоянное запаздывание между штормистостью и солнечной активностью, позволяющее получить способ ориентировочной оценки среднего уровня штормистости с заблаговременностью в 1-2 года.

Исследования показали, что во временных рядах штормистости в Северном море (и в меньшей степени в Балтийском) можно различить четыре цикла:

1. Суточный, связанный с различиями в теплоемкости подстилающей поверхности;
2. Синоптический, возникающий в результате действия циклонов и антициклонов;
3. Годовой, связанный с сезонной пульсацией интенсивности энергоактивных зон Северной Атлантики;
4. Климатологический (многолетний), обусловленный различными геофизическими, гелиофизическими и тропосферными факторами.

Аналогичные выводы могут быть сделаны для климатологического цикла (из совместного анализа всех четырех процессов в рамках многопараметрической модели): W , P , I и K_p за весь 52-летний период содержат не только отчетливо выделяемые (с достоверностью больше 95%) 11-летние и квазидвухлетние вариации всех, без исключения, процессов, но и отчетливую структуру в области более высоких частот (22-летние и вековые вариации).

Полученные спектральные оценки хорошо согласуются с результатами спектрального анализа энергообмена океан-атмосфера в Северной Атлантике [Ариэль, 1986], которые демонстрируют временные масштабы климатологической и внутригодовой изменчивости, совпадающие со спектральными оценками штормистости, солнечной активности и интенсивности космических лучей.

3.2.2. Тенденция изменений площади льда Балтийского моря (ледовитости) при оценке изменений климата

– Изучение ледовитости методом «Гусеница».

Представляет интерес сопоставить выявленные многими исследователями ведущие периоды колебаний в многолетних рядах среднегодового уровня Чудско-Псковского озера (см.раздел 3.2.4.) и рядах суммарной приточности в озера Песьво и Удомля с периодами колебаний в ряде, имеющем природу, отличную от первых двух, но опосредованно связанному с ними.

В качестве такого ряда может быть использован ряд ледовитости или максимальной площади льда Балтийского моря [Либин, 1996]. В это море поступают воды Чудско-Псковского озера и озер Песьво и Удомля и в колебаниях его ледовитости можно ожидать проявления каких-либо колебаний, выявленных у этих озер. Есть основания полагать, что ведущий период 28,5 лет, присутствующий в колебаниях первых двух рядов, в какой-то мере проявится и в ряде ледовитости.

Яни [Солнцев, 1997] был исследован 273-летний ряд наблюдений, характеризующий максимальные площади льда Балтийского моря с 1720 по 1992 годы. Известно, что задача выделения тренда из длинных временных рядов не имеет единственного стандартного решения. Выбор метода ее решения во многом зависит от априорной информации о модели изучаемого процесса и от поведения реальных статистических данных, описывающих этот процесс.

Особенностью данных является их распределение, весьма далекое от нормального. Так, при среднем значении площадей льда, равном 218 тыс.км², минимальном – 52 тыс.км² и максимальном – 420 тыс.км², их стандартное отклонение достаточно велико и равняется 114 тыс.км².

Гистограмма выборки показывает, что ее распределение почти не имеет хвостов, оно похоже на несколько деформированное равномерное (имеется заметная положительная асимметрия).

Отсутствие хвостов определяется тем, что максимальное значение площади льда ограничено сверху площадью Балтийского моря (420 тыс.км²), а снизу площадью льда мелководных заливов, которые замерзают даже в самые теплые зимы.

В этом случае трудно ожидать, что традиционные процедуры типа скользящего среднего непосредственно дадут ясную информацию о наличии или отсутствии искомого «медленного тренда».

Все же была сделана попытка применить одну такую процедуру – полиномиальную аппроксимацию методом наименьших квадратов. Наилучшее приближение было получено для полинома 3-й степени. Однако, доверительная зона для линии регрессии получается слишком широкой, чтобы можно было говорить о достоверности этого решения. Полиномы более высоких степеней дают еще худший результат.

В связи с неудовлетворительностью полученных результатов исходный ряд площадей льда был исследован с помощью метода «Гусеница», в качестве параметра было взято $M = 40$. Изучение главных компонент указывает на существенное доминирование высокочастотных составляющих.

Среди них наибольшая доля дисперсии падает на колебания с периодом 5,4 года (проявляется в первых трех главных компонентах и объясняет 14% дисперсии), с периодом 7,8 лет (4 и 5 компоненты, 7,8% дисперсии) и с периодом около 3 лет (6 и 7 компоненты, 7,5% дисперсии). «Медленный тренд» слабо представлен в 1-й и 3-й компонентах.

Для подавления высокочастотных компонент процесса использовались различные процедуры, осуществляющие фильтрацию исследуемого ряда. Простейшим линейным фильтром такого рода является скользящее среднее. Однако теперь, когда известен характер мешающих составляющих сигнала, можно, управляя шириной интервала усреднения, подобрать характеристику фильтра так, чтобы максимально подавить эти гармоники.

Известно, что скользящее среднее наилучшим образом подавляет гармоники, период которых совпадает с шириной интервала усреднения или укладывается на этом интервале целое число раз (т.е. является общим кратным для этих периодов).

В рассматриваемом случае суммирование по 15 точкам должно было подавить компоненты с периодами около 3, 5 и 7,5 лет, т.е. три самых сильных выявленных компоненты. После сглаживания по 15 точкам из получившегося ряда были исключены семь первых и семь последних точек (так как они вычисляются по более коротким отрезкам ряда и могут внести искажения в дальнейший анализ) и проведен анализ сглаженного ряда программой «Гусеница».

Была выбрана длина гусеницы, равная 30, что дает более точное воспроизведение медленного тренда. В этом случае резко выделяется первая главная компонента, содержащая более 60% вариации и выделяющая медленный тренд.

Для контроля результатов был проведен аналогичный анализ ряда, полученного сглаживанием исходных данных методом скользящего среднего по 7 точкам с исключением затем трех первых и трех последних точек. При этом вдвое уменьшился вес 1-й главной компоненты, соответствующей «медленному тренду».

Этот факт подтверждает сомнения в оптимальности использования процедур линейного сглаживания исходного временного ряда, что связано с отмеченным выше отличием распределения значений исследуемых площадей льда от нормального.

Для таких данных Дж. Тьюки предлагал применять так называемое резистентное (устойчивое) сглаживание, использующее не среднее арифметическое, а медианное среднее или взвешенное усреднение и специальные процедуры исключения «плоских» сегментов.

Авторами было осуществлено сглаживание по пяти различным процедурам, реализованным в статистическом пакете STATGRAPHICS. Каждая из процедур использует не более пяти подряд идущих точек ряда. Получившиеся результаты оказались достаточно близкими друг к другу и заметно отличными от результатов линейного сглаживания.

Для дальнейшего анализа был взят ряд, полученный усреднением пяти упомянутых вариантов сглаживания, и обработан методом «Гусеница». Медленный тренд и в этом случае выделяется в 1-й главной компоненте, объясняющей 26,5% дисперсии; 2-я и 3-я компоненты (28% дисперсии) выделяют колебания с периодом около 19 лет.

Самым важным результатом этого этапа исследования можно считать то, что все три процедуры сглаживания дали почти совпадающие кривые медленного тренда, имеющие вид либо отрезка синусоиды с периодом около 300 лет, либо кубического полинома с участком перегиба кривой.

Таким образом, можно считать доказанным, что гипотеза о потеплении климата Северной Европы не подтверждается исследованными материалами. Может быть высказано противоположное предположение о начавшемся в 50-х годах XX века периоде похолодания из-за проявления медленных периодических колебаний климата.

Кроме того, следует отметить хорошо заметные на графиках восстановленных по отдельным компонентам значений процесса периоды, когда происходят как бы «сбои» в динамике процесса. Такие периоды соответствуют временным интервалам 1790-1800 и 1910-1920 годов. Эти интервалы на графике восстановленного по 1-й главной компоненте

медленного тренда соответствуют точкам минимальной и максимальной площадей льда.

В процессе анализа данных методом «Гусеница» было выделено большое число периодических компонент с периодами от 2 до 40 лет. Так, в главных компонентах с большими номерами достаточно четко выделяются также колебания с периодами 5,9 лет и около 20 лет.

Для контроля выделенных периодических компонент была рассчитана также периодограмма исходного ряда. Хотя точность определения периодов компонент процесса этим методом невелика, можно все же утверждать, что основные компоненты, полученные методом «Гусеница» на предыдущих этапах анализа, выделяются и в этом случае. Так, были выделены (в порядке убывания периодов) следующие компоненты: **около 300 лет, 90-100 лет, около 46 лет, 27-30 лет, около 20 лет, 14-15 лет, 10-13 лет, 8-9 лет и некоторые другие.**

– Изучение ледовитости методами многомерного спектрального анализа.

Работы А. Вальда (последовательный анализ и общая теория статистических решений), Дж. Тьюки (методы «складного ножа» и множественных сравнений), Эфроимсона (пошаговые процедуры), П. Хьюбера (робастные процедуры), Б. Эфрона (метод бутстрепа), С.Р. Рао (общие многомерные линейные модели) и многие другие привели к постепенному пересмотру общей методологии статистического анализа, применяемого еще 20-30 лет назад.

Поэтому, наряду с исследованиями методом «Гусеница», по 282-летнему ряду наблюдений, характеризующих максимальные площади льда Балтийского моря с 1720 по 2002 гг., методами Дж. Тьюки (методы «складного ножа» и множественных сравнений), был проведен спектральный и авторегрессионный анализ, при этом анализ проводился отдельно для четных и нечетных циклов солнечной активности.

Результаты авторегрессионного анализа показали наличие значимых колебаний площади льда Балтийского моря с периодами 80-90 лет, 20-22 года, 9-13 лет и 4-7 лет.

При этом, следует отметить, что проведение взаимного авторегрессионного анализа для всего массива данных и отдельно для четных и нечетных циклов солнечной активности обнаруживают интересную картину: в нечетных циклах наблюдаются ярко выраженные 4-7-летние, 10-12-летние

и 80-90 летние вариации площадей льда (на фоне более слабо выраженных 300-летних вариаций), в четных циклах преобладают 20-30-летние, 80-90-летние и 300-летние вариации.

Естественно предположить, что существование 11-летней вариации площади льда в нечетных циклах и ее отсутствие в четных циклах, лишь усиливает 22-летнюю вариацию.

Существенно, также, и то, что полученные результаты хорошо коррелируют с любыми индексами солнечной активности.

Считаем возможным привести еще один вывод, сделанный авторами из проведенных расчетов: при фильтрации исходного ряда скользящим средним с периодами 50, 75, 100 и 150 лет и дальнейшим совместным АРМА-анализом с аналогичными данными солнечной активности, в рядах площадей льда обнаружен долговременный тренд с периодом, значительно превышающим выделенные вариации ($> 700-1000$ лет).

При этом, поведение этого тренда свидетельствует о суммарном (и достаточно сильном) общем потеплении климата в северном полушарии, в особенности в последние 100-200 лет.

Полученные результаты полностью совпадают с результатами многолетних исследований, выполненных В.В. Бетиным и Ю.В. Преображенским, которыми были исследованы ледовитость Балтики и суровость зим в Европе за период с 1770 по 1950 г.

Ставилась цель составить прогноз этих измерений на предстоящие тридцать лет, то есть до 1980 г.

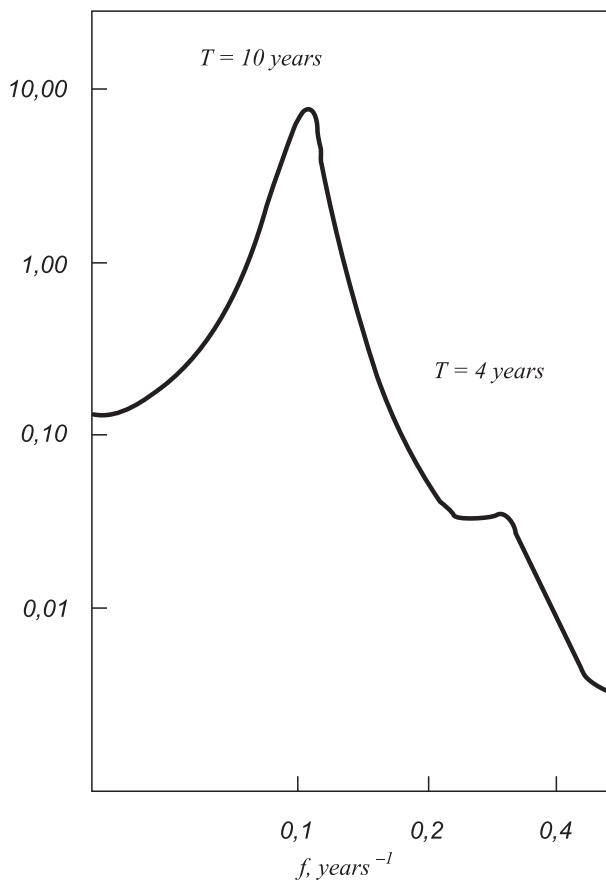
Предсказанное изменение ледовитости Балтики неплохо оправдалось: предсказанная на 1959-1960 гг. максимальная ледовитость Балтики действительно имела место, а после 1960г., как и было предсказано, началось уменьшение ледовитости Балтийского моря.

Исследования показали, что ледовитость Балтийского моря изменяется с разными периодами продолжительностью 80-90, 28, 22-20, 15-11, 6-5 лет и даже 3-2 года.

Примерно так же изменяется и температура воздуха (исследователями использовались данные измерений температуры в Хельсинки) и результаты измерений стока рек (В работе [Бабкин, 2008] приведены результаты исследований колебаний стока р. Волга в позднем плейстоцене).

Показано, что также ведут себя и стоки рек. Например, сток Волги в отдельные периоды позднего плейстоцена изменялся в пределах $600-120 \text{ км}^3/\text{год}$. Выявлены структуры многолетних колебаний стока верховьев рек Вол-

ги, Оки, Дона и Днепра за период гидрологических наблюдений продолжительностью 4-5, 10-12, 20-24 и 80-90 лет).



Взаимные спектры мощности ледовитости CAO и солнечной активности за 1950-2005 гг.

3.2.3. Модуляция солнечной радиации, наблюдаемой на Земле, и ее возможная связь с изменениями солнечной активности

Спектр излучения Солнца близок к спектру абсолютно черного тела, нагретого до температуры 5770 К при существенном дефиците излучаемой энергии в диапазоне ближнего ультрафиолета (УФ). Интенсивность солнечной радиации в далеком УФ и в рентгеновском диапазоне на не-

сколько порядков больше соответствующего излучения абсолютно черного тела.

Различие в спектрах Солнца и абсолютно черного тела объясняется тем, что коротковолновое излучение в различных диапазонах длин волн генерируется в различных областях атмосферы Солнца.

В частности, излучение с длиной волны $\lambda < 1500 \text{ \AA}$ генерируется в хромосфере и короне Солнца, то есть в областях, температура которых много выше температуры фотосферы.

В то же время известно, что параметры хромосферы и короны весьма изменчивы и существенно зависят от уровня солнечной активности, так что неудивительно, что интенсивность коротковолнового излучения Солнца также существенно изменяется изо дня в день и с уровнем солнечной активности.

Относительная величина циклической вариации интенсивности солнечного излучения достигает 10 при $\lambda = 300\text{-}500 \text{ \AA}$ и резко уменьшается при $\lambda > 2000 \text{ \AA}$. В результате солнечная постоянная не испытывает вариаций более 0,1 %.

В последнее время появилось много публикаций, свидетельствующих о том, что вариации солнечной радиации не являются энергетическим источником рассматриваемых атмосферных возмущений.

В связи с этим чрезвычайно интересными представляются полученные русскими учеными К.Я. Кондратьевым и Г.А. Никольским результаты, свидетельствующие о заметном (до 6 %) изменении в ходе одиннадцатилетнего солнечного цикла прозрачности атмосферы.

Вариации прозрачности атмосферы. Относительно плотная атмосфера надежно защищает земную поверхность от смертоносной коротковолновой радиации с $\lambda < 3000 \text{ \AA}$. Широкое окно в атмосферном экране наблюдается на длинах волн $\lambda = 3000\text{-}10000 \text{ \AA}$, то есть в области максимума интенсивности в спектре солнечного излучения, что обеспечивает проникновение большей части солнечной энергии в нижнюю атмосферу и к поверхности Земли.

Не менее важно существование и второго окна на длинах волн порядка $\lambda = 7000\text{-}15000 \text{ \AA}$. Эта длина волны соответствует максимуму излучения абсолютно черного тела, нагретого до температуры $T \approx 300 \text{ K}$, что близко к средней температуре поверхности Земли.

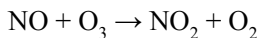
Однако оптические характеристики атмосферы не являются раз и навсегда заданными величинами. Поглощение солнечного излучения в ат-

мосфере зависит от содержания в ней озона, водяных паров, окиси углерода и других «малых составляющих», концентрация которых может существенно меняться. В результате этого термодинамическое равновесие в атмосфере является весьма хрупким и легко может быть нарушено. Постоянно возрастающий приток в атмосферу углекислого газа, образующегося в результате технической деятельности человека, приводит к уменьшению скорости вывода тепла из атмосферы (парниковый эффект) и соответственно к повышению температуры Земли. Заметное изменение химического состава и содержания малых составляющих, а также прозрачности атмосферы вызывается, в частности, вариациями потока ионизирующего излучения в атмосфере, наблюдаемыми во время магнитосферных возмущений.

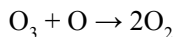
Но если уменьшение потока энергичных космических частиц вызывает увеличение прозрачности атмосферы, то увеличение потока таких частиц должно вызвать уменьшение прозрачности атмосферы. Элементарные расчеты показывают, что суммарный поток солнечной энергии в поясе широт 55° - 80° увеличивается или уменьшается при этом на $\sim 3 \cdot 10^{26}$ эрг/сут, что вполне соизмеримо с мощностью рассматриваемых атмосферных процессов.

Детальное исследование возможных изменений химического состава атмосферы, ее оптических характеристик и высотного профиля температуры воздуха в нижней атмосфере выполнено Д. Хьюглустайном и Дж. Джеральдом в 1990 году. Согласно предложенной ими модели, вторжение энергичных частиц в атмосферу вызывает ионизацию и диссоциацию молекул N_2 и O_2 .

Образующиеся при этом ионы участвуют затем в комплексе фотохимических реакций, одним из продуктов которых является окись азота NO, которая активно взаимодействует с молекулами озона:



Озон разрушается также при взаимодействии с атомарным кислородом:



Таким образом, вторжение энергичных частиц в атмосферу вызывает разрушение озона O_3 и образование двуокиси азота NO_2 . Это, в свою оче-

редь, вызывает существенные изменения в радиационном балансе в атмосфере.

В нижней атмосфере и на поверхности Земли возрастает поток солнечного ультрафиолетового излучения с $\lambda < 3250 \text{ \AA}$ в результате уменьшения его поглощения озоном.

В рамках экологических программ, связанных с загрязнением атмосферы, был проведен долговременный эксперимент (использовались данные за 50 лет с 1958 по 2008 гг.) по измерениям солнечной радиации в различных точках земной поверхности, вызывающих серьезное беспокойство: Мехико, Москва, Санкт-Петербург и Вильнюс.

При этом, наряду с оценками вклада производственной деятельности человека (выбросы пыли, продуктов сгорания и выхлопных газов в атмосферу, аэрозоли и т.д.) была предпринята попытка оценить возможную модуляцию солнечной радиации, наблюдаемой на Земле, солнечной активностью.

Анализ связи 11-летней вариации интенсивности космических лучей с различными индексами солнечной активности (числами Вольфа, интенсивностью зеленой корональной линии с длиной волны 5303 \AA , числом групп пятен, радиоизлучением Солнца, площадями пятен) показал, что изменение рассмотренных характеристик солнечной активности похожим образом связано с изменениями потока космических лучей.

Наличие отчетливо выраженной корреляционной зависимости между долгопериодными изменениями интенсивности космических лучей и вышеперечисленными индексами не случайно, поскольку каждый из них отражает общие свойства цикличности солнечной активности.

Однако, непосредственное использование индексов солнечной активности возможно только при анализе атмосферных процессов (и то не всегда).

Для космических лучей такое использование индексов не вполне корректно, так как потоки плазмы солнечного ветра из различных гелиосферот обладают различной эффективностью модулирующего воздействия [Гущина 1992].

Аналогичный вывод можно сделать и для солнечной радиации, наблюдаемой на Земле, поскольку, одним из возможных механизмов влияния солнечной активности на солнечную радиацию является модуляция солнечным ветром галактических космических лучей.

Тем более, что для наблюдений на Земле модулирующие свойства любой активной области на Солнце определяются не только ее активностью, гелиокоординатами, но и угловой шириной потока солнечного ветра.

В работе [Гущина, 1970] был предложен индекс, учитывающий гелиошироту Земли в момент регистрации интенсивности космических лучей, неодинаковую активность северного и южного полушарий Солнца, изменение гелиошироты пятен в течение цикла солнечной активности:

$$HL(\Theta_e, \Theta_0, t) = \alpha \int_{-\pi/2}^{\pi/2} K_i(\Theta, t) \exp\left(-\frac{\Theta - \Theta_e}{\Theta_0}\right) d\Theta$$

где K_i – параметр, характеризующий солнечную активность в момент t на гелиошироте, Θ , Θ_0 – параметр, характеризующий угловую полуширину потоков солнечного ветра, Θ_e – гелиоширота Земли, введение которой позволяет для космических лучей и солнечной радиации исключать эффекты, возникающие из-за наклона орбиты Земли к плоскости экватора, α – нормированный множитель, определяемый из условия:

$$\alpha \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \exp\left(-\frac{\Theta - \Theta_e}{\Theta_0}\right) d\Theta = 1 \quad (7)$$

Откуда

$$\alpha = \left\{ 2\Theta_0 \left[1 - \cosh\left(\frac{\Theta_e}{\Theta_0}\right) \exp\left(-\frac{\pi}{2\Theta_0}\right) \right] \right\}^{-1} \quad (8)$$

В работе [Дорман, 1978] были рассчитаны HL -индексы для 18-20 циклов солнечной активности, параметром активности являлись площадь и число солнечных пятен.

Непрерывные ряды среднемесячных значений гелиоширотного индекса более чем за два цикла солнечной активности дают возможность провести корреляционный и ARMA-анализ между суммарной площадью пятен, солнечной радиацией, космическими лучами и значениями гелиоширотного индекса.

Несмотря на то, что все перечисленные процессы не являются стационарными, квазистационарность не вносит существенных искажений в

спектральные оценки, полученные с помощью ARMA-анализа, и существенных изменений в наблюдаемое запаздывание анализируемых процессов относительно солнечной активности [Либин, 1996].

Авторами был проведен совместный двумерный авторегрессионный спектральный анализ суммарной площади солнечных пятен, *HL*-индекса, солнечной радиации и космических лучей по данным среднемесячных наблюдений за 1952- 2000 гг. в Мексике, России и Литве.

Обнаружено, что в широком диапазоне частот в данных наблюдений солнечной радиации на Земле наблюдаются колебания с периодами 3-4 месяца, 2, 4 и 11 лет, тесно связанные с солнечной активностью.

Сопоставление полученных результатов с аналогичными исследованиями влияния солнечной активности на штормистость показывает не только хорошее качественное, но и количественное (с точностью до запаздывания) соответствие.

Особенно важным представляется результат поведения коэффициента когерентности и остаточной дисперсии анализируемых процессов и солнечной активности при использовании *HL*-индекса или суммарных площадей пятен.

(Расчеты коэффициентов когерентности между солнечной активностью и солнечной радиацией для квазидвухлетних и 11-летних вариаций показывают, что если при использовании площади пятен *S* коэффициенты когерентности составляют 0,7 (для России) и 0,8 (для Мексики), то при использовании *HL*-индекса коэффициенты когерентности составляют 0,85 (для России) и 0,92 (для Мексики).

При этом расчеты остаточной дисперсии солнечной радиации при описании ее ARMA-моделью составляет величину, не превышающую 10-20%).

В результате расчетов вполне однозначно показано, что при исследованиях связи между солнечной радиацией на Земле и солнечной активностью и построении на основе этих исследований прогностических моделей, существенным становится выбор индекса солнечной активности и учет вклада интенсивности космических лучей.

3.2.4. Солнечная активность и уровни замкнутых водных систем

- Гетерохронность изменений уровней замкнутых водных систем.

Вывод о существовании связи солнечной активности с изменением уровня озер не нов. Еще в 1917 г. Фритъоф Нансен и Б. Хелланд-Хансен,

обработав наблюдения за 1815-1910 гг., показали обратную связь между температурой воздуха в тропическом поясе и количеством солнечных пятен. Оказалось, что с увеличением числа пятен температура падает, а с уменьшением повышается.

В настоящее время пассатно-антипассатная циркуляция атмосферы хорошо известна по работам Брукса. В годы с большим количеством осадков в экваториальной зоне усиливаются восходящие движения воздуха. В связи с этим количество воздуха, уносимого из экваториальной зоны антипассатом, в течение года тоже увеличивается.

За счет воздуха, приносимого антипассатом, в значительной степени питается затропический барометрический максимум, зимою проявляющийся повсеместно, а летом только над океаном. Поэтому годы с усиленным переносом воздуха антипассатом имеют давление в субтропиках выше нормы.

В 1929 г. Брукс установил, что количество осадков в тропическом поясе и уровни африканских озер изменяются параллельно количеству солнечных пятен: максимуму пятен соответствует наивысший уровень озер и обратно.

В.Ю. Визе показал, что существует корреляционная связь между степенью деловитости Арктики и уровнем воды в озере Виктория, расположенном на экваторе.

Таким образом, самый факт связи уровней озер с солнечной активностью можно считать доказанным. Остается лишь не совсем ясным механизм циркуляции атмосферы, делающий подобную отдаленную связь реальностью.

По-видимому, его нельзя объяснить каким-либо одним процессом, но можно найти объяснение в сочетании ряда процессов основных переносов воздушных масс, рассматривая атмосферу Земли как единое целое.

Гетерохронность изменений уровней воды Арала и Севана (Гохча), с одной стороны, и Каспия – с другой, отмечалась Л.С. Бергом. А.В. Шнитников установил синхронность колебаний уровней Арала, Балхаша, Алакуля и других бессточных озер полуаридной и аридной зоны. Таким образом, уровень Каспия, питающегося в основном за счет осадков в бассейне Волги в гумидной зоне, *изменяется гетерохронно* с уровнями озер аридной зоны.

В своем докладе «Гетерохронность периодов повышенного увлажнения гумидной и аридной зон» В.Н. Абросов привел результаты, показыва-

ющие, что анализ хода метеорологических элементов (осадков, давления, температуры и пр.) указывает на существование прямой связи между ходом солнечной активности и частотой и интенсивностью смены воздушных масс над любой территорией.

Известно, что основным механизмом циркуляции земной атмосферы являются взаимно антагонистичные западно-восточный перенос и меридиональная циркуляция. С усилением солнечной активности возрастает частота и интенсивность смены воздушных масс, а с ослаблением солнечной активности она падает. В соответствии с этим и основные переносы претерпевают усиление или ослабление

1900-1910	повышение уровня
1911-1920	снижение уровня
1921	В.С. Титов отмечает повышение уровня
1922-1930	снижение уровня
1931	П.Ф. Домрачев отмечает повышение уровня

В докладе В.Н.Абросов приведены результаты наблюдений уровня озера Балхаш с 1900 по 1954 гг., причем с 1934 г. имеются данные наблюдений водомерных постов.

Анализ их работы показывает, что повышение уровня носило колебательный характер на общем фоне снижения уровня: повышение средних годовых уровней (годы 1935, 1937, 1942, 1943, 1947, 1949, 1950) неоднократно чередовалось с их понижением (годы 1936, 1938, 1939, 1940, 1944, 1945, 1946 и 1951).

В 1952-1954 гг. наблюдалось повышение уровня Балхаша.

До 1931 г. наблюдения носили только визуально-описательный характер (см. таблицу).

Из вышеприведенных данных можно сделать следующие выводы:

1) при слабой солнечной активности в первом (14-м) цикле происходил подъем уровня Балхаша;

2) в последующие годы подъем уровня Балхаша наблюдался лишь короткое время при ослаблении солнечной активности, наблюдаемой всегда при смене одного цикла другим (годы 1926, 1931, 1942-1943, 1952-1954);

3) начиная с 1911 г. уровень Балхаша падает, что хорошо согласуется с общим усилением солнечной активности с каждым новым 11-летним циклом.

Все три вывода могут быть объединены в один общий вывод: уровень Балхаша повышается в годы с относительно слабой солнечной активностью.

В связи с этим следует отметить, что максимальный уровень Аральско-го моря был в 1911 г., озера Севан – в 1912 году. Уровень Балхаша повышался до 1911 г., а наиболее резкий подъем наблюдался в 1908-1909 годах.

С 1930 г. началось падение уровня Каспия, который к 1946 г. упал почти на 2 м. и такого резкого падения уровня не было в течение 100-125 лет. Небольшие временные подъемы уровня Каспия случались в 1931-1932, 1942 и 1944 гг., соответствуют моментам солнечной активности при смене одного 11-летнего цикла другим.

Таким образом, можно сделать вывод, что колебания уровней Балхаша и Каспия подчиняются одной и той же закономерности, но однозначные изменения их уровней происходят обычно гетерохронно и лишь иногда синхронно.

В результате периоды со слабой солнечной активностью и замедленной циркуляцией атмосферы являются, как показал В.Ю. Визе, годами с относительно высоким атмосферным давлением в северной и южной полярных областях и высокой их ледовитостью.

В периоды повышенной солнечной активности в теплые сезоны года над Атлантическим океаном ось барометрической ложбины, идущей от Исландии к побережью Евразии, смещается на север. В результате циклоны идут по Евразии севернее широт Севана, Арала и Балхаша по гумидной зоне.

Ослабление солнечной активности смещает ось барометрической ложбины над Атлантическим океаном летом на юг, что приводит к некоторому перемещению трассы движения циклонов на юг, в частности, при этом, по-видимому, учащается прохождение их по иранской ветви полярного фронта.

В те годы, когда циркуляция атмосферы повышена, а восточный фронт атлантико-арктической барометрической ложбины вклинивается по крайнему северу Евразии далеко на восток, может быть мало осадков не только в бессточных бассейнах аридной зоны, но и в расположенных на севере бассейнах рек Дона, Волги, Урала и Западной Сибири.

- *Спектральный анализ уровней озер.* Для выявления запаздываний, уточнения их величин и изучения общих цикличностей в данных водности замкнутых экосистем (озер) и солнечной активности мы использовали как традиционные методы спектрального анализа (развитые в предполо-

жении о квазистационарности изучаемых процессов), так и методы авторегрессионного спектрального анализа (пригодные для процессов нестационарных): анализ параметров солнечной активности (числа Вольфа, площади солнечных пятен, интенсивность корональной линии с длиной волны 5303 Å, *HL*-индекс, радиоизлучение Солнца на частоте 10,7 см) и уровней озер проводился как с помощью методов корреляционного и спектрального анализа Тьюки, так и с помощью методов авторегрессионного спектрального анализа.

Анализ параметров солнечной активности (числа Вольфа, площади солнечных пятен, интенсивность корональной линии с длиной волны 5303 Å, *HL*-индекс, радиоизлучение Солнца на частоте 10,7 см) и уровней озер проводился как с помощью методов корреляционного и спектрального анализа Тьюки [Андерсен 1976, Бендат 1983, Кей 1981], так и с помощью методов авторегрессионного спектрального анализа [Дорман 1987, Дорман 1992, Либин 1992, Либин 2005, Прилуцкий 1988].

Анализ проводился по среднемесячным значениям измерений солнечной активности (площадь пятен, *HL*-индекс, радиоизлучение на частоте 10,7 см), космических лучей и приземной температуры [Friis 1992] и уровней изолированных озер в Мексике (Патскуаро), Эстонии-России (Чудское), России (Каспийское море и Байкал) за 1880-2008 гг.

После выбора соответствующих интервалов для анализа (мы привязывались к циклам солнечной активности и в дальнейшем скользили по всему массиву данных, сдвигаясь каждый раз на 5 лет, так что только два соседних результата оказывались частично зависимыми) начинались расчеты по стандартной процедуре, описанной в работе [Либин 1994].

При всем многообразии применяемых методов необходимо понимать, что взаимные спектры мощности дают вполне достоверные *количественные оценки* связи между наблюдаемыми процессами и позволяют оценивать сдвиги между ними, однако, достоверность целого ряда полученных соотношений лежит на грани доверия к этим результатам.

Нужно понимать также, что достоверность полученных результатов вычислений взаимных спектров мощности, в значительной степени, определяется *искусством исследователя* (выбор методов анализа и подход к оценке истинности результатов).

Поэтому, в качестве критерия истинности был применен дополнительный авторегрессионный спектральный анализ (АРМА), впервые описанный в работах [Прилуцкий 1991, Юдахин 1991, Либин 1992].

Авторегрессионный анализ отличается от стандартных методов возможностью оценки соотношений между анализируемыми рядами данных со 100%-ной достоверностью в частотной области и, что самое главное, он вполне работоспособен для *квазистационарных (и даже иногда для нестационарных) процессов*, какими являются анализируемые ряды данных водности и солнечной активности.

С другой стороны, всегда необходимо помнить, что все амплитудные оценки, полученные в ходе авторегрессионного анализа, относительны и не могут быть абсолютно соотнесены к исходным рядам, хотя *поведение амплитудных оценок во времени* вполне сопоставимо.

То есть, хотя мы не можем привязать результаты расчетов амплитудных спектров к исходным данным абсолютно точно, тем не менее, их динамика во времени прослеживается вполне однозначно.

Описание объектов исследования.

1. *Чудское озеро* является одним из крупнейших озер России и Эстонии (и Европы тоже). Занимая по площади водного зеркала (3,6 тысяч квадратных километров) 5-ое место в Европе. Общая *водосборная площадь озера* (включая площадь самого озера) составляет 47 800 квадратных километров.

Водосбор вытянут в меридиональном направлении почти на 370 километров от $56^{\circ}10'$ до $59^{\circ}30'$ с.ш. при средней ширине водосбора 160 километров (Псковско-Чудское озеро по данным 1983 года). Само озеро также вытянуто в меридиональном направлении почти на 140 километров и расположено между $57^{\circ}51' - 59^{\circ}01'$ с.ш. и $26^{\circ}57' - 28^{\circ}10'$ в.д. Оно состоит из трех частей, различающихся между собой как по морфометрическим, так и по режимным характеристикам, но составляющих единый водоем [Яни 1987].

При среднем многолетнем уровне, принятом нами в 30 метров, объем водной массы 25,07 кубических километра. Озеро мелководное – средняя глубина озера около 7 метров. В Чудское озеро впадает около 240 рек и ручьев, из которых наиболее крупными являются реки Великая (площадь водосбора 25 200 кв.километров), Эмайьги (9960 кв.километров), Выханду (1410 кв. километров) и Желча (1220 кв. километров).

Начало регулярных исследований Чудского озера связано с большими затоплениями, причиняющими большой ущерб (1840, 1844, 1867), а также с уменьшением улова рыбы. Академик К. Бэр, работавший руководите-

лем комиссии в 1851-1852 гг., пришел к выводу о постепенном повышении уровня озера.

Однако уже в 1864 году академик Г. Гельмерсен отметил начало процесса понижения уровня озера. Анализируя возможности для создания Чудско-Балтийского пути в 1896 году И.Б. Шпиндлер не нашел подтверждения распространенному мнению о понижении уровня Чудского озера, так впервые было обнаружено, что уровень озера меняется со временем, то возрастая, то уменьшаясь.

Последнее открытие привело к решению открыть в 1902 году первые гидрологические посты на Чудском озере, один из которых в деревне Васькнарва работает до настоящего времени.

В 1921 году в Муствээ был организован озерный гидрологический пост, который в настоящее время является основным и имеет непрерывный и качественный ряд наблюдений. Таким образом, используя данные всех постов, удалось на сегодня получить вполне достоверный 102-летний ряд наблюдений среднемесячных и годовых уровней Чудского озера, состоящий фактически из трех частей.

- ежедневные натурные наблюдения в Муствээ с марта 1921 года. (Отдельные перерывы в 1937 и в 1941-1944 годов с высокой точностью восстановлены по наблюдениях на других постах),

- среднемесячные наблюдения в Муствээ за отдельные периоды в течение 1903-1917 гг. восстановлены по корреляции с уровнями на посту Васькнарва,

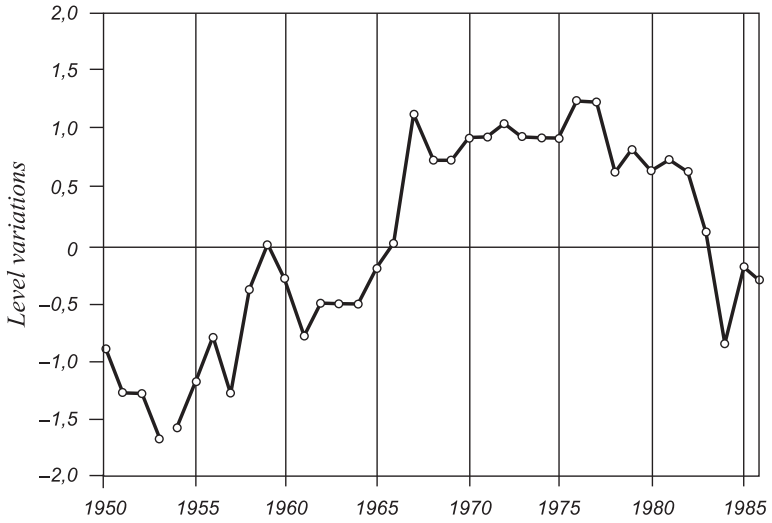
- среднегодовые уровни в Муствээ за отдельные годы в период 1885-1902 гг. и 1918-1920 гг. восстановлены по корреляции с данными уровня воды в реке Эмайыги (коэффициент корреляции 0.92).

Как было сказано выше, «потопными» в XIX веке были 1840-1844 гг., высокий уровень наблюдался также в 1867 году (практически через 22 года) и видимо в 1879-1884 гг. В период инструментальных наблюдений наивысшие уровни наблюдались в 1924-1928, 1957 и 1987 гг.

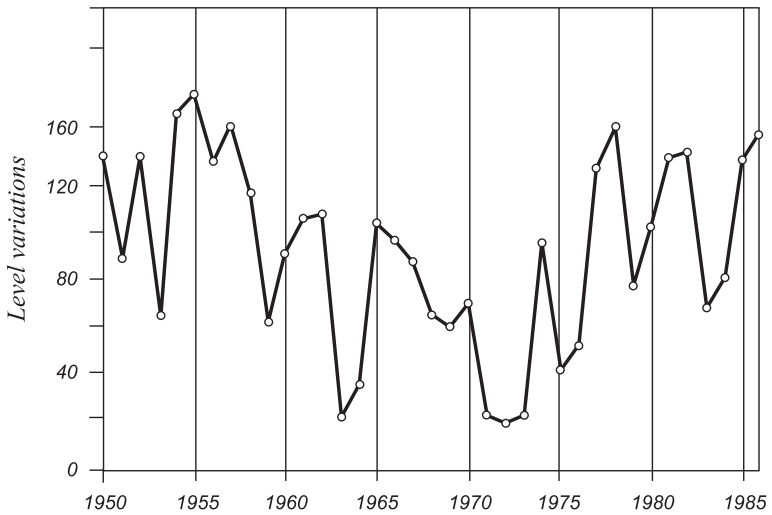
Наличие цикличностей в наблюдениях уровня озера отмечались А. Вельнером в 1940 году и Т. Эйпре в 1971. Аго Яани в 1973 году показал, что, по-видимому, максимальные уровни наблюдаются в периоды минимумов солнечной активности.

Яани были обнаружены внутривековые циклы водности продолжительностью 19-34 года (близкие к так называемым Брикнеровским циклам) и кратковременные циклы продолжительностью 4-5 лет.

озеро Патскурао



озеро Чудское



Поведение уровней озер Патскурао и Чудское

В 1981 году А.Реп [Reap 1981] выделил циклы продолжительностью 6,1-6,4, 10-11 и 80-90 лет. Он же предположил, что в стоке рек Северо-запада минимум 11 летнего цикла наблюдается через 1-3 года после максимума солнечной активности, а максимум стока за 2-4 года до минимума солнечной активности.

2. *Озеро Байкал* – одно из древнейших озер планеты, его возраст ученые определяют в 25 млн. лет. Большинство озер, особенно ледникового происхождения, живут 10-15 тыс. лет, а затем заполняются осадками и исчезают с лица Земли. В отличие от многих озер мира у Байкала нет никаких признаков старения. Наоборот, исследования последних лет позволили геофизикам высказать гипотезу о том, что Байкал является зарождающимся океаном.

При упоминании озера Байкал в первую очередь каждый вспоминает с детства известный факт, что озеро содержит 1/5 доступной питьевой воды всей нашей планеты. Действительно, если по площади водного зеркала Байкал уступает таким Великим американским озерам, как Верхнее и Гурон, и Великим африканским озерам (Виктория и Танганьика), то по объему и глубине (по разным оценкам от 1625 до 1750 метров) является несомненным чемпионом среди озер.

Размеры озера действительно не могут не произвести впечатления. Площадь водного зеркала тридцать одна с половиной тысяча квадратных километров, что больше, чем территория таких, например, государств, как Бельгия или Израиль, а площадь наибольшего из двадцати двух байкальских островов, острова Ольхон, превосходит площади таких европейских государств, как Андорра, Лихтенштейн, Сан-Марино, Монако и Ватикан вместе взятых.

Байкал, расположенный в горной котловине, протянувшейся на полторы тысячи километров в длину и пятьсот в ширину, содержит двадцать три тысячи кубических километров чистой байкальской воды.

Гигантский объем воды озера служит своеобразным «стабилизатором» климата его окрестностей. Летом в байкальском регионе холоднее, а зимой – теплее, чем в остальной Восточной Сибири.

Площадь водосборного бассейна озера (территория, воды с которой стекают в озеро Байкал) более полумиллиона квадратных километров. Вода, приходящая в озеро с реками Селенга, Баргузин, Верхняя Ангара проводит в нем более четырехсот лет, прежде чем покинет его через исток реки Ангары. Это, во многом, объясняет уникальную чистоту вод озера.

Важной особенностью, отличающей Байкал от других глубоких озер, является высокая концентрация кислорода в его водах, распространяющаяся до наибольших глубин. Возможно поэтому, Байкал покрывается льдом достаточно поздно (в январе), а полностью освобождается ото льда только в июне-июле.

Первые достоверные, с научной точки зрения, сведения о Байкале относятся к XVII-му столетию. В середине семнадцатого века был сделан первый «чертеж Байкала». Во второй половине девятнадцатого века регулярное научное изучение Байкала связано, в первую очередь, с именами Бенедикта Дыбовского и Виктора Годлевского (ссылных участников Польского восстания 1863-1864 годов), которые заложили основы изучения рельефа дна озера, донных осадков, температурного и ледового режима и байкальских ветров.

К сожалению, регулярные достоверные наблюдения уровня воды в Байкале были начаты только в двадцатых годах прошлого столетия учеными Иркутского Государственного Университета, поэтому для наших целей используются ряды данных, начиная с 1921 года. При этом, есть возможность восстановить (с не очень высокой достоверностью) данные уровня Байкала вплоть до 1880 года.

Такие данные по Байкалу крайне важны не только потому, что озеро является одним из крупнейших источников пресной воды, но и потому, что значительное резкое снижение (или повышение) уровня воды ставит под угрозу уникальную экологию, сложившуюся в этом регионе.

Озеро Байкал – уникальная система и само регулирует, когда в нем воды должно быть больше, а когда меньше, и вмешиваться в этот процесс нельзя.

После строительства Иркутской ГЭС средний уровень Байкала поднялся на 1 м. Однако амплитуда колебаний уровня и его наивысшие отметки сохранились в бывших пределах. За последнее десятилетие отметки уровня воды в Байкале заметно снизились, и его минимальные значения вернулись к тем, которые были до строительства плотины.

Состояние озера Байкал, крупнейшего пресноводного объекта планеты, «вмещающего» десятилетний годовой сток Волги, Оби, Енисея, Лены и Амура, вместе взятых, с 2000 года не претерпело каких-либо заметных изменений, хотя в течение ряда лет возникали ситуации чрезвычайного характера.

Первый звонок прозвучал в середине 2003 года, когда сложилась острая ситуация с уровнем Байкала. Причиной послужила низкая с 1996 года

водность его основных притоков. За семь лет в Байкал поступило 382 км³ воды – 90% от нормы.

Боковой приток в Братское водохранилище в первой половине 2003 года был в 1,5 раза ниже нормы. В 2002 и 2003 гг. уровень Байкала был близок к минимальной допустимой отметке 456,0 м. 8 и 9 мая было отмечено минимальное среднесуточное значение уровня Байкала в 2003 году (456,02 м). Однако уже к августу 2003 года уровень воды поднялся и в октябре 2003 г. достиг 456,71 м. Ситуация нормализовалась, но ее повторения могли наблюдаться.

Поэтому проблема регулирования уровня воды в озере Байкал 25.07.2003 стала предметом обсуждения в г. Иркутске на совещании у Председателя Правительства РФ по вопросу «О мерах по сохранению уникальной экологической системы озера Байкал».

Тем не менее, из-за сброса воды работниками ангарского каскада ГЭС, продолжавшегося с октября 2007 г. по 29 января 2008 г., уровень Байкала вновь вплотную приблизился к 456 метрам. В результате, по мнению ученых, в апреле текущего года уровень озера мог упасть до отметки, сопоставимой с самыми маловодными засушливыми годами.

К счастью, к октябрю 2008 года уровень вновь восстановился, поэтому так важно понимать, где работают природные процессы, а где всякие антропогенные воздействия.

3. ***Озеро Патскуаро*** (координаты 19°35' с.ш. и 101°35' з.д.) принадлежит к самым высокогорным в мире (высота над уровнем моря 2220 метров).

Размеры озера небольшие, 20×14 километров, средняя глубина 50 метров. Главное богатство озера – чистейшая пресная вода, которая служит одним из основных источников питьевой воды штата Мичоакан.

Летом вокруг озера царит такая сладкая меланхолия на фоне постоянных низких облаков – в Патскуаро в основном прохладно (по мексиканским меркам): днем максимальная температура составляет +24°C, ночью +11°C.

Первые упоминания об озере Патскуаро относятся к 1526 году, сразу же после завоевания испанцами озерного края и строительства города Патскуаро. Этот исторический город на южном берегу озера был крупным и религиозным центром племени индейцев тарасков. Великолепием колониального периода город обязан первому епископу и ученому Васко де Кирого, который на какое-то время превратил город Патскуа-

ро в административный, религиозный, культурный и научный центр штата.

Среди хорошо известных городов на берегу озера (после Патскуаро) выделяется древняя тарасканская столица Цинцунцан. Цинцунцан известен своими необычными тарасканскими пирамидами, известными как «якатас», по крайней мере, одна из которых была посвящена, относящемуся к доиспанской эпохе, колибри-божеству, благодаря его ритмичному взмаху крыльев этот город получил это звонкое имя.

Цинцунцан, столица колониального Мичоакана, была недолгое время пристанищем первой францисканской миссии в этом регионе и первой миссии, изучавшей культуру тарасков и озеро Патскуаро [Регу, 2008] .

Регулярные наблюдения уровня озера начались в 1921 году на гидрологическом посту, находящемся на берегу озера в трех километрах от городка Патскуаро, и на гидрологическом посту на острове Ханицио.

Второй и третий гидрологические посты были организованы на западном берегу озера и на острове Харакуаро.

Западное побережье озера Патскуаро сегодня заполняют сельские деревушки, в каждой из которых имеется свой испанский колониальный памятник, чтобы привлечь внимание посетителей. Тонкий вырезанный из камня крест стоит перед колониальной церковью Святого Педро Парео, фасад которой увенчан различными фигурами, вырезанными из камня такими, как солнце, луна и разнообразные животные.

В древние времена, незащищенная от ветра вершина острова Харакуаро была храмом для тарасканской богини луны Ксаратанга. Сегодня, здесь расположена церковь Святого Педро и гидрологическая станция.

Добраться до гидрологических станций, расположенных на островах, довольно просто: от пристаней Сан Педрито (до Харакуаро) или Хенераль (до Ханицио). Вы пересекаете озеро на катере определенного цвета, в зависимости от той пристани, с которой вы отправлялись и возвращаетесь обратно на любом катере, такого же цвета, в любое удобное для вас время (до 18 часов).

Кстати, поездка на катере на остров Ханицио стоит (как и все другие поездки по озеру) порядка 30 песо (3 долларов США), но отправка осуществляется, когда наберется достаточно людей.

Начиная с конца тридцатых годов прошлого века Правительство Мексики приняло ряд мер в области усиления мониторинга и контроля озера, осуществило необходимые капитальные вложения в наблюдательную сеть

мониторинга вод, а также комплексного мониторинга поверхностных и подземных вод в районе озера Патскуаро. С этого момента данные наблюдений уровня воды в озере вполне достоверны.

Спектральный и авторегрессионный анализ состояния водных ресурсов (уровней озер).

В работе [Либин 1989] впервые были приведены результаты предварительных расчетов спектральных характеристик водности (уровня) Чудского озера и солнечной активности: показано наличие статистически значимых вариаций водности с периодами порядка 4-5, 11, 22 и 80-90 лет.

Авторами обнаружено, что запаздывание водности относительно солнечной активности колеблется от 1.5 до 3-4 лет и зависит от цикла солнечной активности. (Для нечетных циклов максимум водности запаздывает относительно минимума солнечной активности на два года, для четных – около трех).

При этом структура гистограмм водности для четных и нечетных циклов различна, что свидетельствует в пользу тезиса о преобладании в гидрологических процессах 22-летней цикличности [Либин 2005].

Сопоставление полученных авторами результатов спектрального анализа водности с аналогичными спектрами галактических и солнечных космических лучей показывает достаточно хорошее согласие не только по частоте, но и по фазе. [См. работы Attolini 1985, Venkatesan 1990].

По данным измерений космических лучей в 1952-2006 гг. наблюдались хорошо скорелированные с солнечной активностью и приземной температурой, вариации периодичностью 5-6 месяцев, 1 год и 11 лет, совпадающие с вариациями солнечной активности и температуры за тот же период.

Расчет спектральных характеристик колебаний уровня Чудского озера с помощью АРМА-модели 7 порядка для периода 1921-2006 гг. обнаружил четко прослеживаемые колебания водности (уровня) с периодами 1,0-1,2, 9,0-11,0, 21,5-22,8 и, видимо, 80-90 лет, связанные с солнечной активностью.

Аналогичные результаты расчетов спектров водности для озера Патскуаро в 1932-2004 гг. и для озера Байкал в 1927-2006 гг. показывают похожие картины: наличие периодичностей порядка 1-2, 9-11, 22 и 90 лет.

Совершенно очевидно, что все выявленные периодичности связаны с солнечной активностью и имеют *однотипные запаздывания водности по отношению к солнечной активности для четных и нечетных циклов.*

Кроме того, из расчетов видно, что как и для остальных метеогидрологических параметров, на фоне относительно стабильных годовых, 11-летних, 22-летних и 90-летних изменений водности хорошо виден нестабильный характер изменений с другими периодами.

(Колебания с периодами от нескольких месяцев до 4 лет наблюдаются не во всех циклах солнечной активности, хотя хорошо повторяют солнечную ритмику).

Для того, чтобы убедиться в реальности (достоверности) полученных оценок было решено провести полный авторегрессионный анализ колебаний водности всех трех озер и солнечной активности в следующей последовательности:

1. ARMA анализ колебаний водности (уровней) Патскуаро, Байкал и Чудское озер за 1932-2006 гг. по отдельности,

2. ARMA анализ колебаний уровня Чудского озера и солнечной активности за тот же период (по имеющимся данным),

3. ARMA анализ колебаний уровня озера Патскуаро и солнечной активности (по имеющимся данным),

4. ARMA анализ колебаний уровня озера Байкал и солнечной активности (по имеющимся данным),

5. совместный многопараметрический ARMA анализ колебаний уровня всех вышеперечисленных озер и других метеорологических и гидрологических параметров, а также вариаций интенсивности галактических космических лучей на Земле (по имеющимся данным за 1951-2006 гг.).

Поведение уровня Чудского озера, озер Патскуаро и Байкал в течение 1921-2006 гг. обнаруживает по меньшей мере две удивительные особенности: хорошо прослеживаются 22-летние изменения и, что самое главное, колебания озер Патскуаро и Байкал находятся в противофазе с колебаниями Чудского озера.

Расчеты взаимной корреляционной функции Патскуаро-Чудское дают антикорреляцию порядка 0.6 с запаздыванием порядка 1-2 лет.

Анализ поведения Чудского озера и озера Байкал такой красивой картины не дает (антикорреляция составляет величину порядка 0,4), хотя 22-летняя волна видна в поведении водности для озера Байкал тоже.

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами других исследователей для Чудского озера (см. таблицу).

Периоды колебаний уровня воды (Чудское)

Автор	Периоды (число лет)					
Jaani		5,1-8,0		19-34	80-90	
Reap		5,1-6,4	10-11		80-90	
Догановский				26, 33		
Либин, Яани	2,6		11.2	22	80-90	
Либин, Яани	2-4		9-11	22		
Настоящая работа по 3 озерам	2,6	5,4-7,0	11,0-12,8	22,1-23,0 28,0-35,0	84-91	300 -380

Достаточно сложно идентифицировать полученные результаты анализа во всех исследуемых массивах данных с результатами в литературных данных. Необходимо знать уровень достоверности оценок, полученных другими авторами.

Что касается наших результатов, то надежно можно утверждать о совпадении оценок выделенных периодов, в том числе и 28-летнего периода, полученных независимыми методами (методом «Гусеница» [Рожков 1988, 1989]) и методами авторегрессионного анализа.

Авторегрессионный анализ между колебаниями изучаемых озер (*по среднегодовым данным*) подтвердил наличие хорошо выраженных колебаний с периодами 11, 22, 35, 90 и 380 лет (и даже 720 лет с не очень высокой достоверностью, ~90%).

При этом, когерентность обоих процессов в целом чрезвычайно высока, а для 22-летних и 90-летних колебаний коэффициент когерентности (квадрат коэффициента корреляции процессов на данной частоте) равен 0,75-0,85 (для 11-летних и 35-летних колебаний – 0,6, для 380-летних, к сожалению, только 0.4).

Сопоставление амплитуд процессов показывает относительное превышение колебаний уровня Чудского озера (связанных с солнечной активностью) по сравнению с Каспийским морем на 40-60%, с озером Байкал на 80-90%, а с озером Патскуаро на 100-120%.

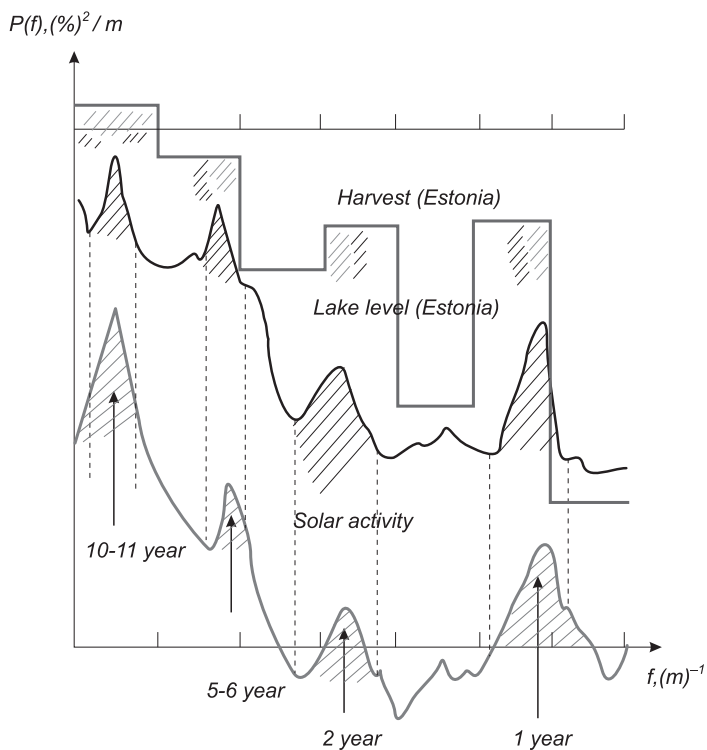
ARMA-анализ колебаний уровня озер и солнечной активности позволил прийти к ряду выводов, важных для будущих прогнозов водности:

- *поведение колебательных процессов водности (уровней) изолированных озер полностью отражает динамику солнечных колебаний,*

- запаздывания колебаний водности относительно солнечной активности совпадают с запаздываниями других гидрометеорологических процессов и отражают единый механизм воздействия солнечной активности на климат Земли.

Оценка водных ресурсов в России, Мексике и Эстонии и их прогноз на ближайшее десятилетие.

Таким образом, использование всего существующего сегодня спектрального аппарата и сопоставление результатов различных спектральных вычислений, показывают что *источником механизма воздействия на изменения водности замкнутых озер является циклическая деятельность Солнца и ее влияние на атмосферу Земли* [Либин 2005].



Спектральные оценки солнечной активности, уровня Чудского озера и урожайности в Эстонии в 1950-2000 гг.

Полученные в целом ряде работ результаты позволяют вполне обоснованно приступить к использованию для прогноза водности замкнутых озер применяемой авторами авторегрессионной прогностической модели [Либин 2005], чтобы, уточнив набор используемых предикторов, повысить точность модели (нынешние оценки дают количественные прогнозы с ошибкой порядка 35-40%).

В результате проведенных вычислений на большом объеме данных измерений показана вероятная взаимосвязь процессов на Солнце и в атмосфере Земли.

При этом анализ поведения запаздывания между атмосферными процессами и солнечной активностью показывает существование стабильных сдвигов от 12 до 42 месяцев между процессами, что хорошо согласуется с результатами расчетов по другим методикам [Реап 1986, Рожков 1988].

Кроме того, выявлено, что при совместном анализе водности в различных точках Земли и солнечной активности (как и при анализе поведения температуры) *выбор индексов солнечной активности не играет решающей роли*: так площадь пятен в приэкваториальной зоне Солнца, как было использовано авторами ранее [Либин 1994], представляется наиболее приемлемым индексом для расчетов.

Поэтому, при решении задач выявления механизмов крупномасштабных процессов в атмосфере или попытках создания прогностических моделей климатологических или гидрологических процессов необходимо учитывать изменения солнечной активности, процессы в межпланетной среде и наблюдаемые на Земле вариации космического излучения.

В результате применения авторегрессионной прогностической модели авторы предполагают к 2020 году не очень значительное повышение водности всех трех озер, связанное с солнечной активностью.

Для Байкала расчеты показывают увеличение водности на 1,0%, для Чудского озера на 2,5% и для озера Патскуаро на 3,0% (при условии отсутствия техногенных катастроф, ведущих к экстремальному расходованию воды из озер, как это произошло с Байкалом в конце 2007 года).

Аналогичные исследования проводились в работе [Голяндина, 1997], где было рассмотрено поведение трех рядах среднегодовых гидрологических характеристик.

1. Уровень воды Чудско-Псковского озера с 1885 по 1993 гг. Ведущим периодом в рядах наблюдений оказался период, приблизительно равный 23-28 годам.

2. Приточность воды в озера Песьво и Удомля, озера-охладители Калининской АЭС с 1882 по 1992гг. Ведущим периодом в рядах наблюдений оказался период, приблизительно равный 24-28 годам.

3. Максимальные площади льда Балтийского моря с 1720 по 1992 гг. Ведущим периодом в рядах наблюдений оказался период, приблизительно равный 23-28 годам.

Полученные результаты представляют особый интерес для авторов в связи с применением исследователями [Голяндина, 1997] независимых методов анализа (многомерная статистика): метода «Гусеница», а также методы статистического моделирования для исследований температурных режимов водных объектов, возможности управления водным балансом озер-охладителей, экологических последствий водохозяйственной деятельности.

Многомерная статистика. Работы по многомерной статистике [Солнцев, 1997] были направлены на исследование связей между различными методами (анализами) многомерной статистики и развитие единого подхода к системе методов многомерной статистики, не опирающегося на традиционное использование невырожденного многомерного нормального распределения.

Работы направлены на изучение гидрологических и экологических условий водных объектов Северо-Запада, включая Чудское и Псковское озера, озера Песьво и Удомля, используемые в настоящее время как водоемы-охладители Калининской АЭС, Балтийское море и другие.

Используя методы многомерной статистики и метод «гусеница», делаются попытки построения долгосрочных (до 15 лет) гидрологических прогнозов с целью оценки возможностей развития хозяйственных объектов, в частности расширения мощности АЭС.

Анализ временных рядов. Основной акцент в работах по анализу временных рядов делался на разработку теории, развитие, программную реализацию и отработку методологии приложений метода «Гусеница-SSA», идея которого была впервые сформулирована в 1971 г. О.М. Калининым. Оттачиваясь от основного алгоритма метода, были предложены способы прогнозирования временных рядов, обнаружения моментов разладки, анализа многомерных временных рядов и точечных изображений [Солнцев, 1997].

Похожие результаты были получены А.В. Шнитниковым, который исследовал изменение уровня степных озер между Уралом и рекой Обь за более чем 200 последних лет. Оказалось, что за это время уровень воды в

озерах непрерывно колебался, то озера были «с верхом» заполнены водой, то они полностью высыхали.

В.В. Зверинский еще в прошлом веке писал: «Днища многих озер поросли травой и превратились в луга, на которых ставилось сено, а иные возделывались под посев хлеба и льна, с 1854 г. все высохшие озера стали наполняться водой и в 1859 г. сделались настоящими озерами.

Если говорить о крупных озерах, таких, как Байкал, то уровень воды в них может изменяться в пределах примерно 5 метров. У мелких озер эти изменения меньше (примерно 3 метра)».

Циклические изменения в пределах векового цикла солнечной активности происходят в самых различных природных процессах, например в уровне осадков, а не только в наступлении засух, изменении водоносности рек и уровня воды в озерах.

При этом, нужно иметь в виду, что озера, особенно изолированные, чувствительны к изменению количества осадков и температуры воздуха. Чем больше осадков, тем уровень воды в них, естественно, должен быть выше.

С другой стороны, увеличение температуры воздуха приводит к ускорению испарения воды с поверхности озера. В результате уровень воды понижается.

Таким образом, действуют одновременно оба фактора.

Ясно, что уровень воды в озере не сразу, не мгновенно изменяется с изменением количества осадков. Имеется определенное запаздывание.

Наблюдения показывают, что проходит 2-4 года после времени самых активных осадков, прежде чем уровень воды в озере достигнет максимальной величины. В какой-то мере это понятно, так как озеро не является резервуаром с непроницаемыми стенками. Часть воды из него уходит в почву, а она насыщается не сразу.

Изменение солнечной активности вызывает изменение атмосферной циркуляции, в результате чего изменяется количество осадков.

Изменение количества осадков и температуры воздуха приводит к тому, что имеют место колебания уровня воды в озерах относительно «нормы». Годы маловодья (очень низкого, низкого и среднего) сменяются годами многоводья (среднего, высокого, очень высокого).

3.2.5. Воздействие солнечной активности на циклические изменения осадков

В результате проведения исследований температуры и гидрологических параметров была построена прогностическая модель, которая дает

погрешность предсказания уровней Чудского озера и озера Байкал на 1 год вперед порядка 10-30%.

Из анализа возможных механизмов колебаний уровня озер возникла необходимость привлечения для прогностической модели различных метеорологических параметров, в частности данных измерений величины осадков в районе Чудского озера и озера Патскуаро, и, следовательно, возник вопрос о характере этих изменений.

Для анализа использовались данные наблюдений осадков в Мексике, Эстонии, Литве и России за 1910-2008 годы и солнечной активности (площадь пятен S). Корреляционные и взаимные корреляционные функции демонстрируют хорошее совпадение поведения процессов.

Анализ проводился с помощью авторегрессионных спектральных методов [Либин, 2007], при этом параллельно изучались связи между солнечной активностью и колебаниями величины осадков в каждом из регионов и, для контроля, связи между колебаниями осадков во всех изучаемых регионах.

Расчеты спектральных характеристик проводились как по среднемесячным, так и по среднегодовым значениям анализируемых рядов, таким образом, что позволили оценить колебания величины осадков и взаимосвязи в большом частотном диапазоне. Корреляционные и взаимные корреляционные функции обоих процессов (осадков) демонстрируют хорошее совпадение поведения этих процессов.

Спектры для каждого из анализируемых рядов и взаимные спектры также похожи, показывают наличие одних и тех же выделенных пиков и вполне обоснованно подтверждают допущение об идентичности обоих процессов.

При этом, периодичности порядка 2-х лет, а также, возможно, года во всех данных связаны с солнечной активностью, что подтверждается результатами ARMA -спектрального анализа среднемесячных значений солнечной активности и колебаний величины осадков в Мексике, России и Литве.

Аналогично проводился авторегрессионный анализ и для среднегодовых значений колебаний величины осадков. Расчеты амплитудных спектров и спектров когерентности показали наличие анализируемых данных как 11-летней составляющей, так и квазидвухлетней волны.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными аналогичных расчетов для температуры [Либин, 2007] и уровней озер [Либин, 2008]. Кроме того, полученные результаты хорошо согласуются с результатами

анализа средней скорости ветра в энергоактивных зонах [Дорман, 1987] и, следовательно, хорошо укладываются в общую картину связи атмосферных процессов с солнечной активностью.

Расчеты, выполненные по среднегодовым данным солнечной активности и температуры в тех же регионах и в те же периоды, дают похожие результаты: с высокой достоверностью выделяются колебания температуры с периодами порядка 2-4 и 9-11 лет, связанные с аналогичными колебаниями солнечной активности.

Совпадает и динамика поведения колебаний: если 9-11-летние колебания присутствуют постоянно, то колебания с периодами 2-4 года носят более случайный характер, что впрочем, также хорошо согласуется с поведением аналогичных колебаний солнечной активности.

При этом фазовые спектры показывают запаздывания температурных изменений, хорошо согласуются с результатами работ по изучению влияния солнечной активности [Пудовкин, 1992] на географические и гидрологические процессы.

Сопоставление спектральных характеристик атмосферных параметров с аналогичными спектрами галактических и солнечных космических лучей показывает хорошее согласие не только в частотной области, но и по фазе (в 1952-2000 гг. в космических лучах наблюдались хорошо коррелированные с солнечной активностью и температурой вариации периодичностью 3-5 месяцев, 1 год, 2-4 года и 11 лет, совпадающие с вариациями солнечной активности и осадков за этот же период).

Исходя из полученных закономерностей была построена авторегрессионная модель типа:

$$\text{Pr}(t) = \sum_{i=1}^q a_i \text{Pr}(t-i) + \sum_{i=1}^s b_i W(t-i-w) + \sum_{i=1}^r c_i I(t-i-i) + \xi_t \quad (9)$$

где $\text{Pr}(t-i)$ – текущие данные регистрации величины осадков, $W(t-i-w)$ – солнечной активности и $I(t-i-i)$ интенсивности космических лучей; $\text{Pr}(t)$ – прогнозируемый параметр; a_i, b_i, c_i – авторегрессионные коэффициенты; ξ_t – величина остаточного шума, минимизируемая в процессе вычислений.

Привлечение данных регистрации интенсивности космических лучей (параметр) существенно улучшает точность модели: применение ИКЛ приводит к уменьшению ошибки определения с 40% до 20%.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными аналогичных расчетов для температуры и уровней озер, а также с результатами, полученными австралийскими учеными [Robert Baker, University of New England, 2008].

Кроме того, полученные результаты хорошо согласуются с результатами анализа средней скорости ветра в энергоактивных зонах и, следовательно, хорошо укладывается в общую картину связи атмосферных процессов с солнечной активностью.

Роберт Бейкер из Университета Новой Англии (Австралия), выдвинул теорию о взаимосвязи климатической системы Земли и циклов магнитного поля Солнца, меняющего полюса каждые 11 лет. В своей работе исследователь опирался на данные об уровне выпадения осадков в Австралии.

По расчетам ученых в конце 2007 года и в 2008 году осадки в западной Австралии должны будут выпадать с высочайшей интенсивностью, как, например, было в особо влажные 1924 и 1925 годы. В целом количество осадков на всей территории самого маленького земного континента также обещает увеличиться.

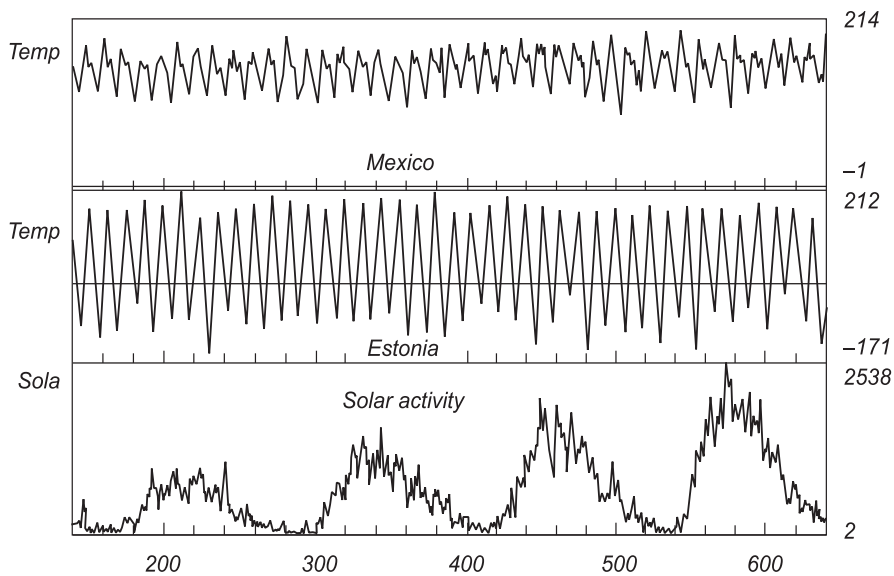
Свою теорию Бейкер основывает на созданной им физической модели солнечных пятен. В результате работы над ней Бейкер обнаружил сходимость между минимумом пятен на Солнце и засухами в восточной части Австралии на протяжении последних 100 лет. Если модель Бейкера верна, то после 2009 года континент ожидает очередная засуха.

Земная погода изменяется в зависимости от активности Солнца вследствие влияния последнего фактора на атмосферу нашей планеты, приводящего к интенсификации формирования облаков.

3.2.6. Изменения солнечной активности и их возможное влияние на долгопериодические вариации приземной температуры

Анализ проводился по среднемесячным значениям измерений приземной температуры в Мексике (Такубайя, Сонора, Синалоа и Баха-Калифорния, список метеостанций приведен в таблице в конце главы), Эстонии (Тарту), Швеции (Стокгольм), Литве (Каунас) и Москве за 1910-2008 гг.

Результаты расчетов спектров для солнечной активности (СА) и аналогичные результаты взаимных спектров СА и температуры демонстрируют практически точное совпадение выделенных частот (соответствующих периодичностям порядка 2-4 и 9-11 лет) и хорошее совпадение запаздываний между процессами 2-3 года.



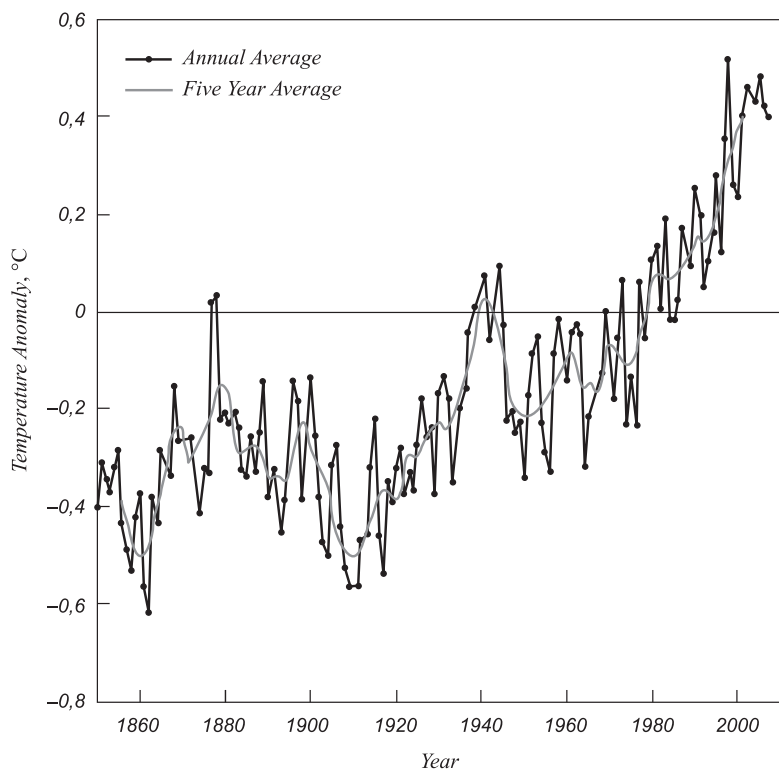
Поведение температуры в Мексике и Эстонии
на фоне солнечной активности по измерениям в 1950-2000 гг.

При этом, совпадает и динамика поведения колебаний: если 9-11-летние колебания присутствуют постоянно, то, как и для осадков, колебания с периодами 2-4 года носят более случайный характер, что впрочем, также хорошо согласуется с поведением аналогичных колебаний солнечной активности

Сопоставление спектральных характеристик атмосферных параметров с аналогичными спектрами галактических и солнечных космических показывает хорошее согласие не только в частотной области, но и по фазе.

Наиболее впечатляющий результат был получен при сопоставлении данных расчетов амплитудных и фазовых спектров температуры за 1937-2004 годы в Эстонии и Швеции, космических лучей за тот же период и солнечной активности.

При этом не только выявлены общие для всех массивов данных колебания с периодами 10,5, 2-3,7 и 1,3-1,7 года, но и обнаружено практически одновременное изменение фазы всех выявленных колебаний около 1958 и 2002 годов.



Поведение мировой температуры в течение 150 лет

С другой стороны, если отфильтровать из данных наблюдения температуры во всех исследуемых регионах все выделенные внутригодовые и климатические вариации и проанализировать «очищенные от вариаций» данные, то можно выделить тот самый температурный тренд порядка 700-800 лет, который и называют «глобальным потеплением».

Конечно, достоверность спектрального анализа имеющегося массива данных температуры не особенно высока (практически мы имеем ряд, который чуть больше половины периода изучаемого явления), тем не менее, как указывалось в первой главе, наличие глобального потепления не подлежит сомнению [Либин, 2007, 2009].

Опираясь на результаты совместного анализа солнечной активности и температуры, мы считаем, что тенденция повышения температуры на Зем-

ле будет продолжаться, по меньшей мере, до 2050 гг. (нужно иметь в виду, что точность этой нашей оценки составляет, по крайней мере, ± 15 лет), а затем начнется процесс «глобального похолодания».

Известный американский метеоролог К. Уиллет, на основании изучения цикла солнечных пятен, предсказывает, что через ближайшие 25 лет температура на земном шаре начнет понижаться и в итоге понизится значительно больше, чем повышалась за прошедшие десятилетия.

Он утверждает, что в средних широтах будет меньше продолжительных засух, а в северных широтах будут преобладать периоды с недостаточным количеством осадков.

Это относится, прежде всего, к Канаде и Северной Европе. Африка и Азия переживут 10-летний период засушливой погоды.

Согласно гипотезе Уиллета, сегодня на земном шаре происходит повышение температуры (период с 2000 по 2030 гг.). В последующие годы температура значительно снизится, а с 2140 (во время пика 720-летнего цикла солнечной активности) наступит небольшой «ледниковый период».

Ну, что же? До 2040 года ждать осталось недолго.

3.2.7. Изменения солнечной активности

и их возможное влияние на процессы в мировом океане

Большое влияние на погоду в Европе оказывает так называемая североатлантическая осцилляция САО, которая описывает изменения атмосферного давления на уровне моря, измеренного над Исландией и над Азорскими островами, где, как известно, находятся центры действия атмосферы – исландский минимум и Азорский максимум давления.

В течение последних 50 лет в зимние месяцы наблюдалась тенденция атмосферного давления к понижению над Исландией и к повышению над Азорскими островами. Правда, в последние годы этот тренд несколько уменьшился, однако, воздействие этой климатической системы распространяется от верхних слоев тропосферы до дна океана.

Ученые установили, что за последние полвека эта тенденция привела к тому, что в Южной Европе зимой участились засухи, а север континента, наоборот, стал получать больше осадков.

Что касается других сезонов, то данный эффект уже не выглядит так четко, как зимой, хотя нынешняя летняя жара в Южной Европе и обилие дождей в ее северных районах являются прекрасной иллюстрацией к воздействию этой климатической системы на европейскую погоду. И вряд

изменения в североатлантической осцилляции можно объяснить результатами воздействия человека на окружающую среду. Вероятно, здесь есть некие неизвестные ученым механизмы, но для их установления необходим продолжительный ряд метеорологических наблюдений.

В то же время модели показывают, что нынешние тенденции в североатлантической осцилляции сохранятся и в будущем, что сделает климат Южной Европы еще суше, в то время как Северная Европа будет подвергаться сильным штормам.

При этом климат Земли будет все теплее и теплее, что приведет к сокращениям запасов пресной воды на планете.

На основании отличия индекса североатлантической осцилляции (ИСаО) от его нормального значения можно вычислить, какая зима будет в будущих годах в Европе – холодная и морозная или теплая и сырая. Но так как в настоящее время еще не разработаны подобные модели расчетов, то на настоящий момент трудно делать достоверные прогнозы.

Ученым предстоит еще большая исследовательская работа, они уже разобрались в важнейших составляющих этой погодной карусели в Атлантическом океане и могут уже понять ее некоторые последствия.

Гольфстрим играет одну из решающих ролей в игре океана и атмосферы. Сегодня он отвечает за теплую, мягкую погоду в Европе, без него климат в Европе был бы гораздо более суровым, чем сейчас.

Если теплое течение Гольфстрима проявляется с большой силой, то его влияние усиливает разницу в атмосферном давлении между Азорскими островами и Исландией. В этой ситуации зона высокого давления у Азорских островов и низкого давления у Исландии вызывает к жизни дрейф западного ветра. Следствием этого является мягкая и сырая зима в Европе.

Если Гольфстрим охлаждается, то наступает противоположная ситуация: разница в давлении между Азорскими островами и Исландией существенно меньше, т. е. ИСаО имеет отрицательное значение. Последствие – ослабевает западный ветер, и холодный воздух из Сибири беспрепятственно может проникать на территорию Европы. В таком случае наступает морозная зима.

Колебания СаО, которые указывают на величину разницы давления между Азорскими островами и Исландией, позволяют понять, какой будет зима. Можно ли на основании этого метода предсказать летнюю погоду в Европе, пока еще остается невыясненным.

Некоторые ученые, среди них и метеоролог из Гамбурга доктор Моджиб Латиф и метеоролог из Литвы Миколас Микалаюнас, предсказывают повышение вероятности возникновения сильных штормов и осадков в Европе.

В будущем, при ослаблении зоны высокого давления у Азорских островов, «штормы, которые обычно бушуют в Атлантике» достигнут юго-западной части Европы, говорит доктор М.Латиф. Также он предполагает, что в данном феномене, как и в Эль-Ниньо, большую роль играет циркуляция холодного и теплого океанического течения в неравномерные промежутки времени. В этом феномене есть еще много неизученного.

Два года назад американский климатолог Джеймс Хэррел (James Hurrell) из Национального центра атмосферных явлений (National Center for Atmospheric Research) в г.Болдер/Колорадо сравнил показатели ИСАО с реальной температурой в Европе в течение многих лет. Результат получился удивительным – была выявлена несомненная взаимосвязь. Так, например, лютая зима во время второй мировой войны, короткий теплый период в начале 50-г годов, а также холодный период в 60-х годах коррелируется с показателями ИСАО. И очень хорошо коррелируют с циклами солнечной активности. Авторами исследовалась штормистость в САО в течение многих лет, результаты влияния солнечной активности на САО приведены в этой главе.

Одновременно с исследованиями процессов циркуляции атмосферы в Атлантическом океане (изучение штормистости в районе североатлантической энергоактивной зоны – североатлантической осцилляции) большое внимание исследователей привлек феномен El Nino (ENSO) [Bucha, 1988; Philander, 1990; Anderson, 1992; Mendoza, 1991; Libin, 1995; Perez-Enriquez, 1993; Friis-Christensen, 1993].

Южная осцилляция и Эль-Ниньо (El Niño) – это глобальное океано-атмосферное явление. Так назвали аномальное потепление поверхностных вод Тихого океана у берегов Эквадора и Перу, случающееся раз в несколько лет. Это ласковое название отражает только тот факт, что начало Эль-Ниньо чаще всего приходится на рождественские праздники, и рыбаки западного побережья Южной Америки связывали его с именем Иисуса в младенчестве.

Являясь характерной чертой Тихого Океана, Эль-Ниньо и Ла-Нинья (La Niña) представляют собой температурные флуктуации поверхностных вод в тропиках восточной части Тихого Океана. Названия этих явлений,

заимствованные из испанского языка местных жителей и впервые введенные в научный оборот в 1923 году Гилбертом Томасом Уолкером, означают «малыш» и «малышка», соответственно.

Циркуляция представляет собой существенный аспект тихоокеанского явления ENSO (El Niño Southern Oscillation). ENSO – это множество взаимодействующих частей одной глобальной системы океано-атмосферных климатических флуктуаций, которые происходят как последовательность океанических и атмосферных циркуляций. ENSO – это наиболее известный в мире источник междугодичной изменчивости погоды и климата (от 3 до 8 лет).

В нормальные годы вдоль всего тихоокеанского побережья Южной Америки из-за прибрежного подъема холодных глубинных вод, вызванного поверхностным холодным Перуанским течением, температура поверхности океана колеблется в узких сезонных пределах – от 15°C до 19°C.

В период Эль-Ниньо температура поверхности океана в прибрежной зоне повышается на 6-10°C. Как засвидетельствовали геологические и палеоклиматические исследования, упомянутый феномен существует не менее 100 тысяч лет. Колебания температуры поверхностного слоя океана от экстремально теплых к нейтральным или холодным происходят с периодами от 2 до 10 лет.

Как пишут в своем докладе ведущие синоптики Отдела метеопрогнозов ДВНИИГМИ Т.Д. Михайленко и Е.Ю. Леонова: «Существует постоянное теплое течение, берущее начало от берегов Перу и протянувшееся до архипелага, лежащего к юго-востоку от азиатского континента.

Оно представляет собой вытянутый язык нагретой воды, по площади равное территории США. Нагретая вода интенсивно испаряется и «накачивает» атмосферу энергией.

При Эль-Ниньо в районе экватора это течение прогревается сильнее, чем обычно, поэтому пассатные ветры ослабевают, либо совсем не дуют. Нагретая вода растекается в стороны, идет обратно к американскому берегу. Возникает аномальная зона конвекции. На Центральную и Южную Америку обрушиваются дожди и ураганы».

Явление Ла-Нинья – противоположность Эль-Ниньо, проявляется как понижение поверхностной температуры воды ниже климатической нормы на востоке тропической зоны Тихого океана. Во время формирования Ла-Нинья пассатные (восточные) ветры с западного побережья обеих Америк значительно усиливаются и сдвигают зону теплой воды и «язык» холод-

ных вод растягивается на 5000 км, именно в том месте, где при Эль-Ниньо должен быть пояс теплых вод. При этом, страны Карибского бассейна и США страдают от засух и смерчей.

Ла-Нинья, как и Эль-Ниньо, чаще всего возникает с декабря по март. Различие в том, что Эль-Ниньо возникает в среднем один раз в три-четыре года, а Ла-Нинья – раз в шесть-семь лет. Оба явления несут с собой повышенное количество ураганов, но во время Ла-Нинья их бывает в три-четыре раза больше, чем при Эль-Ниньо.

В Тихом океане во время значительных теплых событий Эль-Ниньо, нагреваясь, расширяется на большую часть тихоокеанских тропиков и становится в прямую связь с интенсивностью SOI (индекс южного колебания). В то время как события ENSO находятся в основном между Тихим и Индийским Океанами, события ENSO в Атлантическом Океане отстают от первых на 12-18 месяцев.

Так как ENSO – это глобальная и природная часть климата Земли, то важно узнать, может ли являться изменение интенсивности и частоты результатом глобального потепления.



Подводный аппарат «Пайсис» исследует Тихий океан. (Институт океанологии РАН)

Низкочастотные изменения уже были обнаружены в работе [Bucha, 1988], где методами авторегрессионного спектрального анализа, в дополнение

к 90-летним колебаниям появления Эль-Ниньо, обнаруженным [Libin & Mikalauunas, 1987], были найдены также 22-летние и 400-летние колебания.

Обнаружена также обратная корреляция между числом ENSO и количеством W и площадями S солнечных пятен. Наблюдается явно выраженная корреляция ENSO с атмосферными квазидвухлетними колебаниями (AQBO) [Perez-Peraza, 1994; Anderson, 1992].

Исследования, проведенные в последние 50 лет, позволили установить, что Эль-Ниньо означает нечто большее, чем просто согласованные колебания приземного давления и температуры воды океана.



Подводный аппарат «Мир» исследует САО. (Институт океанологии РАН)

Эль-Ниньо и Ла-Нинья – наиболее ярко выраженные проявления межгодовой изменчивости климата в глобальном масштабе. Эти явления представляют собой крупномасштабные изменения океанских температур, осадков, атмосферной циркуляции, вертикальных движений воздуха над тропической частью Тихого океана.

Явления Эль-Ниньо также ответственны за крупномасштабные аномалии температуры воздуха во всем мире. В эти годы бывают выдающиеся

повышения температуры. Более теплые, чем нормальные, условия в декабре-феврале были над юго-восточной Азией, над Приморьем, Японией, Японским морем, над юго-восточной Африкой и Бразилией, юго-восточной Австралии.

Более теплые, чем нормальные, температуры отмечаются в июне-августе по западу побережья Южной Америки и над юго-восточной Бразилией. Более холодные зимы (декабрь-февраль) бывают по юго-западному побережью США.

В течение периодов Ла-Нинья более сухие, чем нормальные, условия наблюдаются над побережьем Эквадора, над северо-западом Перу и экваториальной частью восточной Африки в течение декабря-февраля, и над южной Бразилией и центральной Аргентиной в июне-августе. Во всем мире отмечаются крупномасштабные отклонения от нормы с наибольшим количеством областей, испытывающих аномально прохладные условия. Холодные зимы в Японии и в Приморье, над Южной Аляской и западной, центральной Канадой. Прохладные летние сезоны над юго-восточной Африкой, над Индией и юго-восточной Азией. Более теплые зимы над юго-западом США.

В годы Эль-Ниньо увеличивается перенос энергии в тропосферу тропических и умеренных широт. Это проявляется в увеличении термических контрастов между тропическими и полярными широтами, активизацией циклонической и антициклонической деятельности в умеренных широтах.

(В Дальневосточном НИИ ГМИ проводились расчеты повторяемости циклонов и антициклонов по северной части Тихого океана от 120° в.д. до 120° з.д. Оказалось, что циклонов в полосе 40°-60° с.ш. и антициклонов в полосе 25°-40° с.ш. образуется в последующие зимы после Эль-Ниньо больше, чем в предыдущие, т.е. процессы в зимние месяцы после Эль-Ниньо характеризуются большей активностью, чем перед этим периодом).

В работе [Войтковский, 2006] количественно оценивается влияние солнечной и геомагнитной активности и явления Эль-Ниньо на происхождение и эволюцию тропических циклонов (ТЦ) путем определения глубины корреляции между индексами солнечной и геомагнитной активности и основными характеристиками ТЦ в северо-западной части Тихого океана (N-WPO).

Показано, что в течении 1945-2005 годов в определенных регионах области существовали периоды, когда наблюдались высокие, до 75%, коэффициенты корреляции параметров ТЦ с индексами солнечной и гео-

магнитной активности. В других регионах области такой корреляции не наблюдалась, но отмечена корреляция параметров ТЦ с индексом SOI, характеризующим явление Эль-Ниньо.

Определялись коэффициенты корреляции между явлением тропического циклогенеза (ТС) и различными показателями, описывающими солнечную (числа Вольфа) и геомагнитную активность (A_a и A_p) и влияние Эль-Ниньо (индекс SOI) в N-WPO.

Полученные коэффициенты корреляции указывают на возможность существования связи солнечно-магнитосферной активности с ТС по сценарию: высыпания частиц приводят к уменьшению прозрачности верхней атмосферы, что приводит к уменьшению поступления солнечной энергии в атмосферу и уменьшает вероятность образования ТЦ.

В докладе Хорозова [Хорозов С.В., Будовый И.И., Медведев В.А., Белоголов В.С. Колебания солнечной активности – основной климатообразующий фактор в масштабе тысячелетия. 2008] предлагается трехслойная тепло-балансовая физико-статистическая модель системы «океан-атмосфера», построенная на основе учета влияния солнечной активности на формирование Эль-Ниньо и статистически учитывающая циркуляционный фактор, удовлетворительно имитируя среднегодовые состояния глобальной и региональных климатических систем.

Как утверждают авторы, эта модель может быть использована для объяснения и других известных климатических и крупномасштабных событий в прошлом, а также для их предсказания в будущем. По расчетам авторов, хорошо выраженный феномен «Эль-Ниньо» вероятен в 2010-2012 годах.

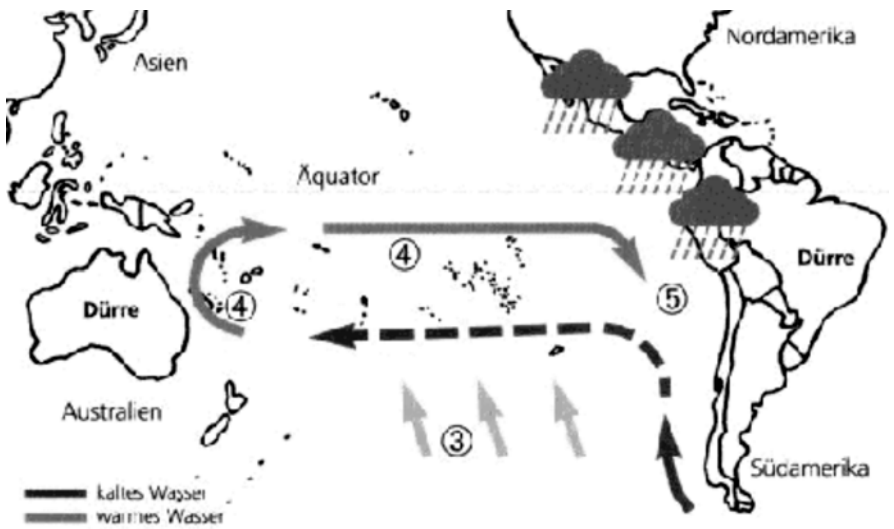
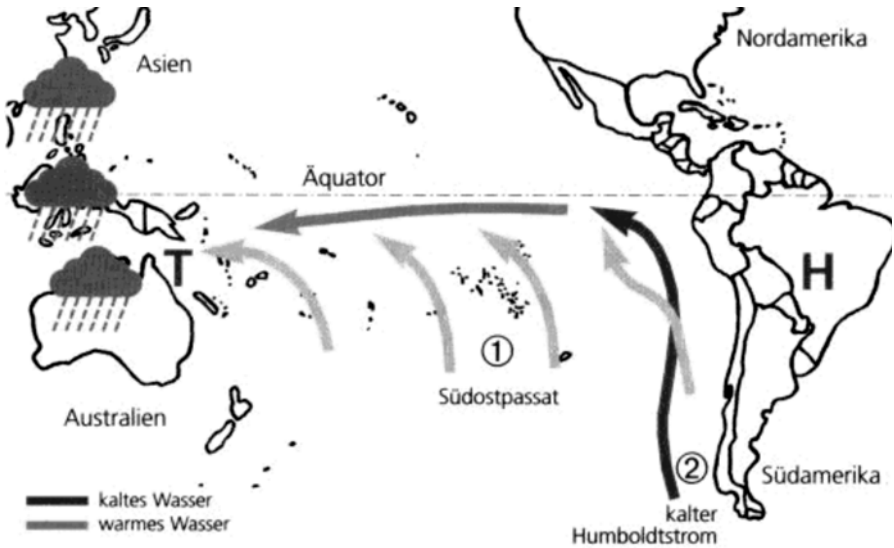
С этим феноменом авторы связывают, в частности, ожидаемые в эти годы засухи и пожары (в Индонезии и Австралии), сильные ливни и наводнения (в Перу), появление теплой воды у берегов Центральной Америки и, соответственно, резкое сокращение рыбных ресурсов в этом регионе.

Ему также будет соответствовать минимум среднегодовой температуры в 2011 году в Санкт-Петербурге, Калининграде и Екатеринбурге (?).

Следует также ожидать увеличение количества тропических ураганов в Атлантическом океане и, соответственно, увеличение риска их выхода на Американский континент в 2013-2015 годах.

Климатический феномен Эль-Ниньо со всеми своими проявлениями в различных частях света является сложно функционирующим механизмом. Особенно нужно подчеркнуть, что взаимодействие между океаном и ат-

мосферой вызывает ряд процессов, которые в дальнейшем несут ответственность за возникновение Эль-Ниньо.



Эль-Ниньо

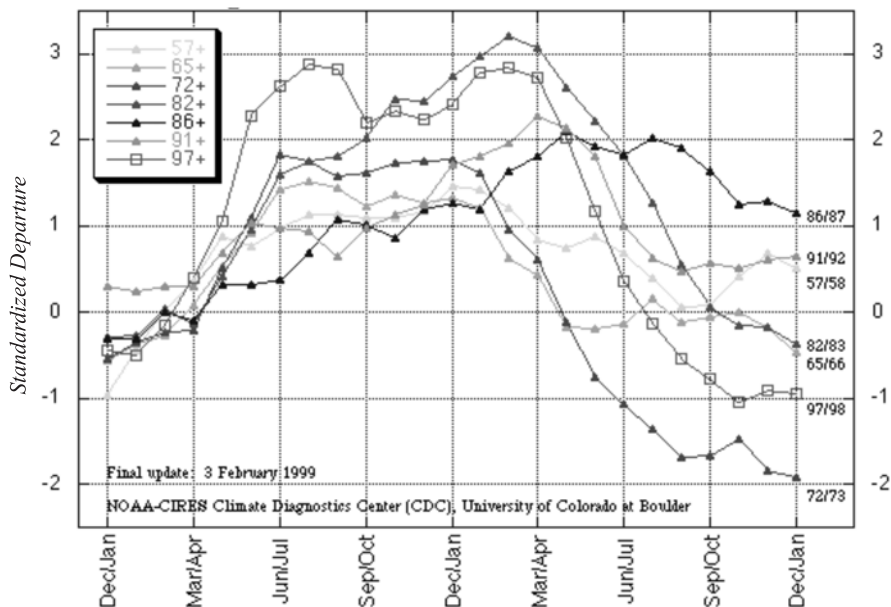
Условия, при которых может возникнуть феномен Эль-Ниньо, еще не до конца изучены. Можно сказать, что Эль-Ниньо является глобально воздействующим климатическим феноменом не только в научном смысле этого слова, но и имеет большое влияние на мировую экономику.

Эль-Ниньо значительно влияет на повседневную жизнь людей в бассейне Тихого океана, многие люди могут пострадать или из-за внезапно начавшихся дождей, или из-за затянувшейся засухи.

Эль-Ниньо влияет не только на людей, но и на животный мир. Так у берегов Перу во время периода Эль-Ниньо практически сходит на нет ловля анчоусов. Это происходит потому, что анчоусы еще раньше были выловлены многочисленными рыболовными флотилиями, и достаточно небольшого отрицательного импульса, чтобы и без того шаткая система вышла из равновесия.

Такое воздействие Эль-Ниньо имеет самое разрушающее влияние на пищевую цепь, в которую включены все животные.

Multivariate ENSO Index for the 7 strongest historic El Niño events since 1950



Многовариантный индекс опасности Эль-Ниньо

Положительным эффектом Эль-Ниньо является уменьшение числа ураганов в Северной Америке. В противоположность этому, в других регионах в годы Эль-Ниньо количество ураганов увеличивается. Это частично те регионы, где обычно подобные природные катастрофы происходят достаточно редко.

3.2.8. Изменения солнечной активности и их возможное влияние на биологические процессы

Солнечная активность и биологические ритмы. Хорошо известны воздействия ионизирующей и проникающей радиации на живые организмы, они успешно применяются в медицине для лечения и профилактики множества заболеваний. Космические воздействия обнаруживаются на многих уровнях биологических структур, начиная от простейших клеток вплоть до нейрофизиологических процессов в мозге человека.

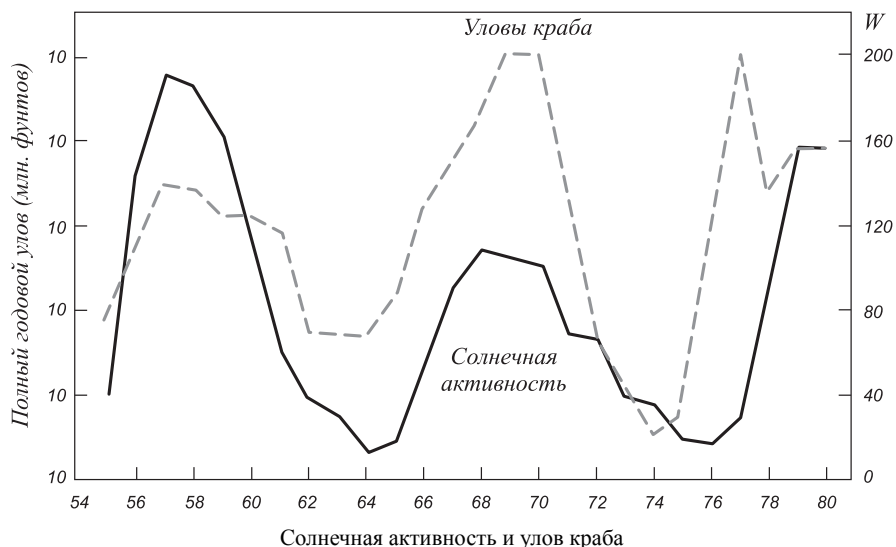
А.Л. Чижевский пришел к выводу, что солнечно-биосферные связи являются общебиологической закономерностью. Он ввел термин «гелиобиология», создал научное направление космической биологии, установил зависимость между цикличностью СА и явлениями в биосфере, показал возможность прогнозирования поведения людей и земных событий в зависимости от ритмов внешней среды.

Сегодня эти взгляды развиваются профессором С.Э. Шнолем в институте теоретической и экспериментальной биофизики РАН [Шноль, 1998, 2001]. Здесь изучаются внешние ритмические вариации факторов среды обитания, которые могут вызывать синхронизацию биоритмов в организмах. Если организм не успевает компенсировать внешние воздействия, то наступает десинхронизация, которая может привести к функциональным нарушениям в организме.

Под руководством Шноля были открыты макрофлуктуации (МФ) – неравномерность протекания химических реакций в физико-химических средах. Это открытие в наши дни привело к новому этапу в развитии биологии – гелиобиологии. После того, как была обнаружена связь с действием космических агентов (СА) на МФ, расширились возможности поисковой ритмики в физико-химических явлениях.

Суть МФ можно пояснить так: пусть в определенном объеме водного раствора измеряется скорость протекания некоторой химической реакции. Если последовательно со скоростью раз в несколько минут измерять скорость течения этой реакции, то значения скорости могут

существенно отличаться друг от друга, во много раз превышая приборную ошибку.



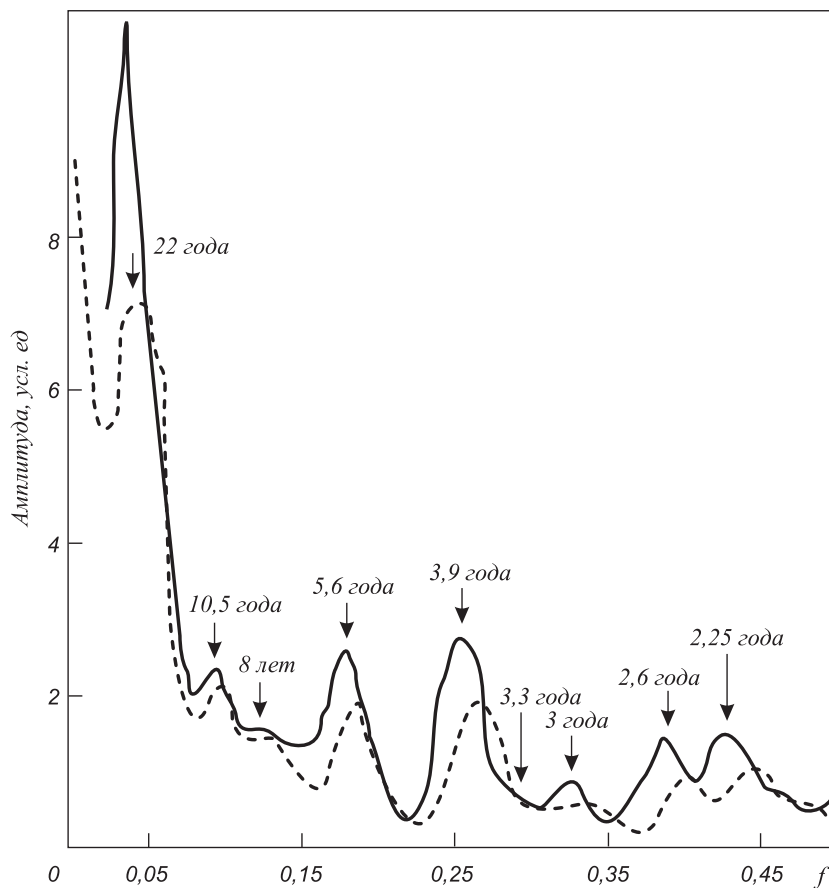
Число прореагировавших частиц, изменяясь во времени, дает ряд дискретных величин. Переход от одной величины к другой происходит самопроизвольно и быстро (за время меньше 0,01 с) и, что самое поразительное, в макрообъеме синхронно даже в двух отдельных, рядом расположенных сосудах.

Со временем признаки МФ были обнаружены в самых различных процессах, что привело к выводу, что распространение МФ в среде физико-химических процессов носит всеобщий характер.

Одной из фундаментальных проблем современной солнечно-земной физики является выявление механизмов связи между активностью Солнца и функционированием различных объектов биосферы, включая человека.

Имеющиеся в литературе многочисленные данные о воздействии внешних полей на биологические объекты, разрозненны по научным специальностям, неоднозначно трактуются и не имеют удовлетворительного теоретического объяснения, позволяющего создать адекватные математические модели рассматриваемых процессов.

Влияние солнечной активности на возникновение заболеваний установил еще в 20-х годах А.Л. Чижевский. Его считают основателем науки гелиобиологии. С тех пор проводятся исследования, накапливаются научные данные, подтверждающие влияние изменений солнечной активности и магнитных бурь на здоровье.



Спектр мощности флуктуаций толщины годовых колец деревьев в горах Тянь-Шаня (Н.В.Ловелиус, Россия).

Именно поэтому, участники междисциплинарного семинара «Биологические эффекты солнечной активности» (6-9 апреля 2004 г., Пущи-

но-на-Оке) приняли решение, в котором они подчеркнули важность и актуальность изучения влияния динамики солнечных и магнитосферных процессов на биосферу Земли, а также важность прогнозирования этого влияния.

«Сам факт наличия такого влияния не вызывает сомнений, однако разработка такой методики проведения экспериментов и обработки получаемых данных по выявлению солнечных биоэффектов, которая обеспечивала бы их повторяемость в различное время и в различных местах Земли, еще далека от завершения.

Например, биологические опыты по влиянию слабых магнитных полей свидетельствуют о важности переменной составляющей в диапазоне около 1 Гц и выше, в то время как большинство геомагнитосферных индексов, описывающих возмущенность магнитосферы Земли, имеет характерное время накопления около 1 часа.

Поэтому представляет большой интерес анализ наземных магнитных данных с разрешением лучше 1 с (например, *Pc*-пульсации). Необходимо продолжать исследования по выявлению механизмов воздействия возмущений Солнца на околоземные процессы, магнитосферу, ионосферу, атмосферу и биосферу, включая и организм человека» Жизнь на нашей планете связана с вращением Земли вокруг своей оси, определяющим суточный ритм, и с вращением вокруг Солнца, от которого на Земле зависит смена времен года. Большинство живых организмов сезонный ритм воспринимается как смена времен года. Он определяет рост, развитие и гибель растений. Вращение Земли вокруг своей оси обуславливает ритмичное изменение факторов внешней среды: температуры, освещенности, относительной влажности воздуха, барометрического давления, электрического потенциала атмосферы, космической радиации и гравитации.

Все перечисленные факторы внешней среды оказывают влияние на жизненные процессы живых организмов. Среди них особое значение имеет чередование света и темноты. От суточного ритма зависит обмен веществ в растениях – поглощение углекислоты днем и отдача кислорода ночью.

У животных суточные ритмы проявляются в виде чередования периодов бодрствования и активности с периодами сна и покоя. (У некоторых из них сезонные ритмы также имеют чередование активности и покоя.)

Все живое на Земле развивалось под влиянием суточных или сезонных ритмов. Но всегда ли они имели такую продолжительность, как теперь?

Многие ученые считают, что миллионы лет назад Земля вращалась быстрее, и сутки были короче. Причиной замедления вращения Земли стало трение вещества в приливных волнах океанов и в твердом теле Земли. В свое время приливные силы прекратили вращение Луны, более легкой, чем Земля.

Под действием циклической деятельности Солнца и вращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца возникла периодичность явлений, происходящих в природе. Она проявляется и в смене погоды, и в извержении вулканов, и в землетрясениях, и в наводнениях и т. Д. Эта периодичность создала тот ритм в живых организмах, который составляет сущность их жизни.

По результатам многочисленных наблюдений в разных странах замечено, прежде всего, что ухудшение состояния больных проявляется, во-первых, после солнечной вспышки и, во-вторых, – с началом магнитной бури.

Это объясняется тем, что через несколько минут после начала солнечной вспышки, солнечные частицы достигают атмосферы Земли и вызывают процессы, влияющие на функционирование организма. Приблизительно через день начинается сама магнитосферная буря Земли.

Имеющиеся (к сожалению, зачастую достаточно отрывочные) данные показывают, что из всех заболеваний, которые подвержены действию магнитосферных бурь, главное место занимают сердечно–сосудистые, поскольку их связь с солнечной и магнитной активностью была более очевидной.

Группами ученых проводились сопоставления зависимости количества и тяжести сердечно-сосудистых заболеваний от многих факторов (атмосферное давление, температура воздуха, осадки, облачность, ионизация, радиационный режим и так далее), но достоверная и устойчивая связь сердечно–сосудистых заболеваний выявляется конкретно с хромосферными вспышками и геомагнитными бурями.

Во время магнитных бурь проявлялись субъективные симптомы ухудшения состояния больных, учащались случаи повышения артериального давления, ухудшалось коронарное кровообращение, что сопровождалось отрицательной динамикой ЭКГ.

Исследования показали, что в день, когда на Солнце происходит вспышка, число случаев инфаркта миокарда возрастает. Оно достигает максимума на следующий день после вспышки (приблизительно в 2 раза больше

по сравнению с магнитоспокойными днями). В этот же день начинается магнитосферная буря, вызванная вспышкой.

Исследования сердечного ритма в течение длительного времени на больших группах больных выявили эффект отсутствия нарушений сердечного ритма во время слабых возмущений магнитного поля Земли.

Но в дни с умеренными и сильными геомагнитными бурями нарушения ритма сердца происходят чаще, чем при отсутствии магнитных бурь. Это относится как к наблюдениям в состоянии покоя, так и при физических нагрузках.

Наблюдения за больными гипертонической болезнью проявили, что часть больных реагировала за день до пришествия магнитной бури. Остальные ощущали ухудшение самочувствия в начале, середине либо по окончании геомагнитной бури.

Исследованиями в различных странах было показано, что число несчастных случаев и травматизма на транспорте также возрастает во время солнечных и магнитных бурь. При этом, возрастает время реакции на внешние световые и звуковые раздражители, ухудшается сообразительность, возрастает возможность принятия неверных решений.

В ряде стран проводились наблюдения влияния магнитных и солнечных бурь на больных, страдающих психическими заболеваниями: прослеживалась связь между обращаемостью в психиатрические лечебницы и возмущенностью магнитного поля Земли.

Необходимо отметить, что больной и здоровый организм по-разному реагируют на изменения космических и геофизических условий.

У больных ослабленных, утомленных, эмоционально неустойчивых лиц в дни, характеризующиеся резкими изменениями космических и геофизических условий, ухудшаются характеристики энергетики, иммунологической защиты, состояния разных физиологических систем организма, возникает психическое напряжение.

А психологически и физически здоровый организм оказывается в состоянии перестроить свои внутренние процессы в согласовании с изменившимися условиями наружной среды.

При этом активизируется иммунная система, соответственно перестраиваются нервные процессы и эндокринная система; сохраняется либо даже возрастает работоспособность. Субъективно это воспринимается здоровым человеком как улучшение самочувствия, подъем настроения.

И все же, вопрос о характере воздействия солнечной активности и полном наборе физических агентов, переносящих такое воздействие, остается открытым.

Большинство работ, посвященных адаптации организма человека к естественным полям, касаются двух крайних случаев: либо изучается проявление периодики солнечной активности в результатах медицинской статистики и статистики катастроф, либо рассматривается влияние внешних полей на очень здоровых людей, таких как космонавты и спортсмены.

Основная масса работоспособного населения, представленная здоровыми людьми, научными исследованиями не охвачена. Более того, абсолютное большинство исследований влияния солнечной активности на человека проводилось без строгого математического аппарата.

В работе [Рагульская, 2005] доказано существование статистически неслучайной реакции организма сравнительно здорового человека (не говоря уже о больных) на вариации солнечной активности и ведущая роль солнечно-земных взаимодействий в формировании ритмов организма.

Разработана методика измерений, обработки и приборная база для изучения воздействия различных внешних факторов на организм человека, в том числе – вариаций солнечной активности и связанных с ними факторов внешней среды.

За 7 лет мониторинга создана экспериментальная база по более чем 100 000 ежедневным измерениям функциональных параметров постоянной группы обследуемых на фоне более 350 магнитных бурь.

Доказана неслучайность совпадений биофизических и геомагнитных событий на уровне статистической значимости 0,01.

Проведенный спектральный анализ выявил совпадение всех основных периодов как индивидуальных, так и коллективных биологических параметров на разных широтах, что является доказательством существования глобальных регулирующих факторов внешней среды.

Рагульской найдено совпадение основных периодов реанимационных случаев, с периодикой данных мониторингового биофизического эксперимента ИЗМИРАН и периодами вариаций атмосферного давления, ростом геомагнитной активности и увеличением числа солнечных пятен.

Выявлено, что вспышечные процессы на Солнце и следующие за ними изменения в спектре естественных сверхнизкочастотных электромагнитных полей, космических лучах и флуктуациях атмосферного давления вызывают устойчивую и воспроизводимую реакцию человека, как на уровне

функционирования отдельных систем (вегетативной нервной системы, внутренних органов, изменения параметров кардиоцикла), так и организма в целом.

Выявлено существование амплитудного, широтного, временного, триггерного и кумулятивного эффектов воздействия вариаций солнечной активности на организм:

Триггерный эффект. Реакция организма человека при воздействии естественных внешних полей носит триггерный характер. При этом амплитуда физиологических реакций при резких изменениях геофизических полей практически не зависит от увеличения амплитуды внешних полей, а определяется внутренними характеристиками биосистемы.

Широтный эффект. Проведенные одновременно эксперименты на различных широтах показали совпадение (в пределах суток) вариаций измеряемых физиологических параметров, с коэффициентами корреляции между рядами данных 0,7 на уровне значимости 0,01. Зафиксированная реакция является массовой, повсеместной, и сохраняет свои характеристики при изменении объекта изучения от отдельного органа человека до социально-организованных коллективов. При увеличении геофизической широты места проведения эксперимента возрастает процентное содержание реагирующих обследуемых (от 50-60% в Одессе и Киеве до 90% в Санкт-Петербурге) и в 1,4 раза увеличивается амплитуда реакции.

Временной эффект. При анализе длительных (годовых) рядов наблюдений выявлена тенденция увеличения среднемесячных значений индивидуальной нормы по всем физиологическим показателям у большинства обследуемых в период нарастания и максимума солнечной активности (1998-1999 гг и 2000-2002 гг соответственно), и тенденция уменьшения среднемесячных значений индивидуальной нормы на фазе спада солнечной активности (2003-2005 гг).

Этот эффект отражает интегральное влияние вариаций солнечной активности на организм человека и биосферу, и скорее всего обусловлен особенностями протекания процессов адаптации под длительным слабым внешним воздействием, а не качественным различием магнитных бурь в разных фазах активности Солнца

Кумулятивный эффект. Проведенные эксперименты показали, существование синергетического кумулятивного эффекта: влияние внешних факторов усиливается при их одновременном воздействии, оказываясь эф-

фективным, даже если амплитуда каждого из внешних факторов по отдельности слишком мала для начала стресс-реакции организма.

Показано, что существуют общепланетарные внешние факторы, управляющие ритмами организма человека. Такими факторами могут служить только вариации естественных внешних полей (магнитосферы, ионосферы и атмосферы), вызванные в свою очередь в конечном итоге изменениями магнитного поля Солнца.

Как следует из результатов эксперимента, техногенные поля, локальные по своей природе и уникальные в каждом городе, не вносят свой вклад в формирование спектра обобщенной коллективной реакции.

На долю процессов солнечной активности (вспышки и корональные дыры) и магнитных бурь приходится около 70 процентов выбросов биологических параметров, 10-20 процентов реагируют на резкие изменения атмосферного давления.

В зависимости артериального давления от внешних параметров соотношение обратное – большинство наблюдаемых резких повышений артериального давления связано с резкими изменениями атмосферного давления, в то время как магнитные бури играют роль модулятора физиологических амплитудно-частотных характеристик.

Однако, многофакторный анализ биоэффективных внешних полей показал, что биологически эффективны не только вспышки и магнитные бури, но и возмущения, пришедшие к Земле, но не вызвавшие развитие магнитных бурь.

3.2.9. Влияние солнечной активности на экономические процессы

Есть две вещи, о которых многие люди стараются не думать: о том, что периоды благоденствия неизбежно прерываются кризисами и о том, что глобализация мировой экономики неизбежно столкнется со всемирным кризисом, сильным настолько, насколько далеко зашли глобализационные процессы.

«Великая депрессия» в США [Клинов, 2002] – лидере мировой экономики – ударила не только по экономике развитых капстран, сильно связанных с США, но эхом откликнулась даже в СССР – стране, отделившейся от остального мира и пытавшейся построить самодостаточную экономическую модель. В работе [Клинов, 2003] была предложена современная концепция больших циклов экономического роста в связи с закономерностями НТП и проведена оценка темпов накопления

и расходования научно-технического потенциала и прогноз на первую четверть XXI в.

Влияние солнечной активности на экономические процессы отражают в той или иной степени экономические теории Н.Д. Кондратьева, Ф. Лоусана, К. Фримэна, Дж. Кендрика, Т. Кристенсена, Д. Джоргенсона, Р. Стироха, Р. Гордона, Р. Солоу. Ведь еще в конце XVIII столетия основатель звездной астрономии, английский ученый Уильям Гершель, который построил первую модель Галактики и открыл планету Уран, сделал попытку установить связь между числом солнечных пятен, неурожаями и ценами на хлеб и определил довольно большую корреляцию между ними.

То что солнечная активность влияет на экономику не подлежит сомнению: в 1989 году магнитная буря на 8 часов оставила без электричества канадскую столицу Оттаву и провинцию Квебек. В 1997 году солнечный шторм отключил телевизионный спутник Telstar 401 компании AT&T. На следующий год шторм нарушил работу спутника Galaxya IV, который управлял банкоматами и системами авиационного слежения. В 2000 году вышел из строя и утонул в Тихом океане поврежденный солнечным штормом японский спутник Asko.

Магнитные бури отражаются на работе мобильных телефонов, вызывают сбои в Интернете, в автоматических системах, нарушается высокочастотная авиационная радиосвязь. На российских железных дорогах неоднократно происходили происшествия, связанные с отказом автоматики.

Во второй половине 20 века, в связи с запусками космических аппаратов и ядерными испытаниями, особенно с теми, которые проводились в верхних слоях атмосферы, стал резко таять озоновый слой, защищающий Землю от солнечных ударов.

Совпадение в начале 21 века нескольких циклов солнечной активности (11, 22, 80-90, 320-400 и 720-900-летних) привело к усилению глобальных экологических изменений.

Еще в конце XIX века английским ученым Джевонсом была развита теория, связывающая происхождение экономических циклов с солнечной активностью. Согласно ей, «годы обильных урожаев» повторяются через каждые десять или одиннадцать лет, и «представляется вероятным, что торговые кризисы связаны с периодическим изменением погоды, затрагивающим все части света и возникающим, вероятно, вследствие усиленных волн тепла, получаемых от Солнца в среднем через каждые десять с лишним лет».

Джевонс предположил, что: «Периодические крахи суть действительно по природе своей явления психологического порядка, зависящие от смены настроений уныния, оптимизма, ажиотажа, разочарования и паники. Но представляется весьма вероятным, что умонастроения деловых кругов, хоть они образуют собой основное содержание явления, могут определяться внешними событиями и в особенности обстоятельствами, связанными с урожаями».

В экономике и социологии были отмечены процессы [Адлер, 2005; Айрапетян, 2003; Иващенко, 2001], чередование фаз которых позволяет говорить если не об их цикличности, то о волнообразном характере, т.к. здесь не существует циклов, которые замыкались бы по всем основным параметрам.

Раньше всего был выявлен промышленный цикл протяженностью 7-12 лет. В этом цикле К. Маркс выделял четыре фазы, последовательно сменяющие друг друга: кризис, депрессия, оживление, подъем. Промышленный цикл получил имя К. Жугляра, он анализировал колебания ставок процента и цен во Франции, Великобритании и США, обнаружил их совпадение с циклами инвестиций, которые в свою очередь инициировали изменение ВВП, инфляции и занятости. За период с 1787 по 1932 г. выделяют 11 циклов Жугляра. Циклично, с периодом 7-10 лет функционирует рынок страхования. Циклы Дж. Китчина – это циклы движения товарных запасов с периодом от 2 до 4 лет [Воропинова? 2001].

Цикл Кузнеца, или длинные колебания (long swings), обладающие самой большой амплитудой в строительстве, имеет двадцатилетний период. С. Кузнец обнаружил взаимосвязанные колебания показателей национального дохода, потребительских расходов, валовых инвестиций в производственное оборудование, в здания и сооружения с длительными интервалами быстрого роста и глубоких спадов или же застоя.

Н.Д. Кондратьев (1892-1938) создал экономическую теорию длинных волн, больших циклов конъюнктуры (40-60 лет). Он указал на полицикличность экономической динамики: «Реальный процесс экономической динамики один. Но если мы, анализируя и разлагая этот процесс на простейшие элементы и формы, признаем существование различных циклов в этой динамике, то вместе с тем мы должны признать, что эти циклы как-то переплетаются между собой и оказывают то или иное влияние друг на друга». Более того, Кондратьев усматривал взаимосвязь экономических циклов с циклическими процессами в других сферах общества.

Наиболее полным показателем совокупной экономической деятельности является объем продукции страны – валовой национальный продукт (ВНП). В 1962 г. вышла работа Ангуса Мэдисона, в которой приводятся величины валового национального продукта различных стран мира за период 1870-1960 гг. Во временном интервале 1879-1954 гг. можно выделить семь глобальных экономических циклов. Таким образом, средняя продолжительность такого цикла составляет около 11 лет.

Анализ приведенных данных показывает, что более чем в 90% случаев ухудшение экономических показателей происходило либо в годы экстремальных величин солнечной активности (на максимумах и минимумах), либо на временном отрезке, соответствующем ее уменьшению (нисходящие участки квазиодинадцатилетнего цикла Швабе).

Экономических кризисов в периоды возрастания солнечной активности практически не происходило [Константиновская, 2001; Калашников, 2002]. Следует сказать, что схожее действие максимумов и минимумов солнечной активности не является чем-то принципиально новым.

Быстрый рост мировой экономики со второй половины XX века привел к отсутствию ярко выраженных минимумов величин ВНП на данном временном отрезке, что, однако, вовсе не означает отсутствия цикличности. В данном периоде времени циклы можно выделять по уменьшениям темпов прироста ВНП. Экстремальная характеристика величины СА не обязательно должна приводить к немедленному изменению показателя экономического роста, ее влияние может проявляться с определенной задержкой во времени, и с этим может быть связано наличие экономических кризисов на нисходящих участках циклов СА.

Имеются достаточно надежные данные о динамике удельной величины ВНП самой мощной экономической державы второй половины XX века – США. Анализ приведенных данных полностью подтверждает предположение: после максимумов СА происходит либо замедление темпов роста американской экономики, либо ее падение. Следует отметить, что во второй половине XX века глобальный экономический цикл не носит синусоидального характера: за относительно кратковременным спадом экономики (около 2 лет) следует гораздо более длительный период ее роста.

Конечно, бывают кризисы рукотворные: достаточно вспомнить нефтяные кризисы [Бушуев, 2002], вызванные политикой стран ОПЕК, первый из которых потряс в семидесятые годы всю мировую экономику, а второй стал одной из причин, приведших к развалу СССР.

С помощью метода главных компонент по данным о динамике 10 основных секторов экономики были построены индексы экономического развития СССР. Построенные индексы достаточно хорошо соответствовали международным показателям, но в большей степени были согласованы со структурой плановой советской экономики этого времени.

Далее динамика этих индексов была проанализирована с помощью метода «гусеница». В результате были выявлены тренд и две достаточно отчетливых циклических составляющих: с периодом в 10-11 и 4 года.

Тренд показал устойчивую тенденцию с середины 50-х годов снижения темпов роста, а с 1986 г. ясно видна тенденция к 4%-ному ежегодному спаду экономики. Со временем с падением темпов экономического роста в СССР роль периодических составляющих в экономической динамике возрастала, поскольку при темпах прироста менее 4% в год (период 1974-1990 гг.) на долю циклических колебаний приходилось около 35–50% всей хозяйственной динамики.

Любопытно также, что до начала 1970-х гг. доминировала 4-летняя цикличность, однако вследствие ее затухания и увеличения амплитуды 10-летних циклов на первое место вышла 10-летняя цикличность. В дальнейшем происходило все большее «раскручивание» 10-летних циклов, амплитуда которых к концу 1980-х гг. достигла 3,5 процентных пунктов.

Дальнейший анализ экономической динамики с помощью построения прогноза и ретропрогноза методом “гусеница” показал, что можно выделить две составляющие тренда – эволюционную (системную) и трансформационную (рукотворную). При этом было показано, что на эволюционную составляющую приходилось 20-50% спада середины 90-х годов. Корни системного кризиса лежат в середине 1970-х гг., когда продолжавшееся еще с начала 1950-х гг. снижение темпов роста советской экономики резко ускорилось.

Если бы в начале 1980-х гг. не произошла некоторая стабилизация, это могло бы обернуться для народного хозяйства СССР катастрофой. Лишь с 1986 года, когда потенциал стабилизации иссяк, в экономике вновь возобладали кризисные явления, которые закончились только в конце девяностых после Гайдаровских реформ.

Начало нынешнего мирового финансового кризиса совпало по времени с периодом аномально низкой солнечной активности, которая уже около года назад должна была смениться подъемом, говорится в сообщении на

сайте рентгеновской обсерватории ТЕСИС на борту российского спутника «Коронас-Фотон».

«Текущий минимум активности Солнца, являющийся самым глубоким в этом столетии, пока с высокой точностью совпадает с развитием наиболее масштабного в истории финансового кризиса и переходом мировой экономики в состояние глобальной рецессии», – говорится в сообщении.

Ученые отмечают, что о возможном влиянии Солнца на социальные процессы говорит то, что на максимумы солнечной активности пришлось революции 1905 и 1917 годов в России, начало Второй мировой войны (1939), а также события 1991 года, с точностью до месяца совпавшие с максимумом 22-го солнечного цикла. С солнечными минимумами, напротив, обычно связывают процессы подавления социальной и экономической активности, хотя физические механизмы влияния Солнца на социальные процессы пока неизвестны.

Один из разработчиков обсерватории, ведущий научный сотрудник ФИАН, доктор наук Сергей Богачев, сказал, что «аномальным текущий солнечный цикл можно считать начиная примерно с середины 2008 года – именно в этот период, исходя из исторической продолжительности циклов, фаза спада солнечной активности должна была смениться фазой роста.

Сейчас мы со всей очевидностью видим, что это не произошло. Можно ли провести какие-либо параллели между этой точкой перехода Солнца в состояние аномальной активности и началом аномальных процессов в мировой экономике? Не знаю. На 99%, конечно же, нельзя. Но в принципе вопрос интересный и имеет право быть предметом более подробного статистического исследования».

Затяжной период спокойного Солнца заставил ученых вспомнить и о «малом ледниковом периоде», который совпал с так называемым Маундеровским минимумом солнечной активности с 1645 по 1715 год. Это было время «катастрофического похолодания, сопровождавшегося замерзанием южных морей, становлением льдов на реках Европы (в том числе на Москве-реке) в летние месяцы, а также всплесками смертности из-за массового уничтожения урожаев».

«Столь длительный спад активности может иметь... серьезные последствия: он способен нарушить климатический баланс нашей планеты», – считают ученые. Богачев напомнил, что традиционный метод определения уровня солнечной активности основан на подсчете чисел Вольфа – количества пятен на диске Солнца. Но по этому критерию

пока нельзя понять, начался ли новый цикл. Отдельные пятна появляются, среди них даже пятна новой полярности (смена цикла знаменуется переменной полярности магнитного поля солнечных пятен), но это настолько редкие события (одно пятно в несколько месяцев), что понять по ним общую тенденцию, в принципе, не представляется возможным.

Такие наблюдения, отметил Богачев, говорят о том, что «в настоящее время на Солнце сформировались условия для начала нового цикла: разрушилось магнитное поле предыдущего солнечного цикла и сформировался один из магнитных поясов нового цикла активности, имеющий противоположную полярность». Однако сам цикл пока не начался, поскольку новый пояс практически не проявляет активности. Причины этого пока не очень понятны. Либо поле еще слишком слабое, либо Солнцу для начала цикла нужно формирование обоих поясов активности.

Естественно, солнечная активность не оказывает непосредственного, прямого воздействия на экономические и социальные процессы [Абрамов, 2001; Иванов, 2002], в отличие от климатологических и биологических процессов. Здесь нет непосредственного механизма воздействия, как это кажется некоторым «увлеченным» исследователям. Тем не менее, если изменения солнечной активности влияют на людей и температуру, сток рек и величину осадков, циркуляцию атмосферы [Бабкин, 2004] и солнечную радиацию, то, хотим мы того или нет, все это сказывается на экономике как отдельно взятой страны, так и всего мира в целом [Бушуев, 2002].

3.2.10. Возможные механизмы воздействия

космофизических факторов на климатологические процессы

Хотя не все звенья цепочки солнечно-земных связей одинаково исследованы, в общих чертах картина Солнечно-Земных связей представляется достаточно ясной.

Количественные решения с плохо известными (либо вообще неизвестными) начальными и граничными условиями затруднены из-за незнания конкретных физических устройств, обеспечивающих передачу энергии меж отдельными звеньями.

Наряду с поисками физических устройств ведутся исследования информационного аспекта солнечно-земных связей. Связи появляются

двойко, в зависимости от того, плавно либо скачкообразно происходит перераспределение энергии солнечных возмущений внутри магнитосферы.

В первом случае Солнечно-Земные связи появляются в форме ритмических колебаний геофизических параметров (700-летних, 22-летних, 11-летних, 27-дневных и др.).

Во втором, скачкообразные конфигурации связывают с так называемым триггерным механизмом, который применим к действиям либо системам, находящимся в неустойчивом состоянии, близком к критическому. В этом случае маленькое изменение критического параметра (давления, силы тока, концентрации частиц и т.д.) приводит к качественному изменению хода процесса, или инициирует процесс.

(Например, образование внетропических циклонов при геомагнитных возмущениях. Энергия геомагнитного возмущения преобразуется в энергию инфракрасного излучения. Последнее создает дополнительный небольшой разогрев тропосферы, в итоге которого и развивается ее вертикальная неустойчивость.

При этом, энергия развитой неустойчивости может на два порядка превосходить энергию начального возмущения [Артеха, 2001]).

Как показано в работах [Ариэль, 1986; Артеха, 2005; Гулинский, 1992; Бланка-Мендоса, 1992-1997; Дорман, 1987; Либин, 1989; Дорман, 1991; Peres-Perasa, 1994; Либин, 2009; Обридо, 2008; Пудовкин, 1996 и др.] существует несколько вероятных механизмов воздействия гелиофизических и космофизических факторов на нижние слои атмосферы и Землю:

1. Механизмы, основанные на изменении солнечной постоянной (астрономической и метеорологической) [Никольский].

2. Изменение прозрачности атмосферы под действием различных внеземных процессов и, в частности, под действием галактических космических лучей [Стожков, Swensmark].

3. Дополнительное инфракрасное излучение во время магнитных бурь.

4. Воздействие солнечного ветра на параметры атмосферного электричества.

5. Конденсационный механизм [см. в обзоре Пудовкина, 1992],

6. Озонный механизм и изменения интенсивности ультрафиолетового излучения, приходящего к поверхности Земли из-за конфигурации озонового слоя в больших широтах в итоге деяния на него ускоренных частиц.

7. Гидродинамическое взаимодействие верхних и нижних слоев атмосферы.

8. Модель солнечного «динамо». Перемещение вещества внутри Солнца в результате его вращения и конвекции, взаимодействие с его магнитным полем и приводит в действие «динамо» – электрический генератор тока, превращающий механическую энергию в энергию магнитного поля. Когда заряженные частицы движутся вместе с межзвездным веществом, перемещается и связанное с ними магнитное поле.

9. Инфразвук, представляющий собой акустические колебания совсем низкой частоты. (Инфразвук возникает в областях полярных сияний, в больших широтах и распространяется на все широты и долготы, то есть является глобальным явлением.

Через 4–6 часов от начала мировой магнитной бури плавно возрастает амплитуда колебаний на средних широтах. После заслуги максимума она равномерно миниатюризируется в течение нескольких часов.

Инфразвук генерируется не лишь при полярных сияниях, но и при ураганах, землетрясениях, вулканических извержениях так, что в атмосфере существует неизменный фон этих колебаний, на который накладываются колебания, связанные с магнитной бурей).

10. Микропульсации либо короткопериодические колебания магнитного поля Земли (с частотами от нескольких герц до нескольких кГц). (Микропульсации с частотой от 0,01 до 10 Гц действуют на биологические системы, в частности на нервную систему человека (2–3 Гц), увеличивая время реакции на возмущающий сигнал, влияют на психику (1 Гц), вызывая тоску без видимых обстоятельств, ужас, панику. С ними также связывают увеличение частоты заболеваемости и осложнений со стороны сердечно–сосудистой системы).

11. Параметрическое воздействие солнечной активности на термобарические и климатические характеристики тропосферы.

(В работе [Жеребцов, 2008] Представлены результаты анализа особенностей и закономерностей изменений температурного режима тропосферы в период изменяющейся гелиогеофизической активности и долговременные изменения температуры и теплосодержания тропосферы.

Рассмотрено влияние изменений циркуляции в атмосфере и океане, на процессы в системе атмосфера–океан–криосфера: циркуляция в океане и энергообмен атмосферы с океаном.

Выявленные закономерности находят полное объяснение в рамках модели и механизма воздействия солнечной активности на климатические характеристики тропосферы, предложенных ранее авторами).

12. Направленное спиральное (вихревое) излучение [Кондратьев, 2005]. (Еще в 1981 г. нами были замечены случаи аномальных изменений метеопараметров тропосферы под воздействием солнечной активности [Кондратьев, 1982], но только в 2003 г., при анализе всего массива высокогорных наблюдений за воздействиями солнечных эмиссий на атмосферные параметры, были идентифицированы проявления воздействий потоков не электромагнитного и не гравитационного, но волнового, спирального (вихревого) излучения из активных областей (АО).

Интенсивность этого специфического излучения существенно возрастает при «прохождении» активной области (АО) через центральную часть диска Солнца (рассматривается широтный пояс $\pm 20^\circ$).

Спиральное (вихревое) излучение (СВИ), как это следует из его эффектов, воздействует главным образом на динамические и структурные параметры среды, внося (например, в земной атмосфере) дополнительную энергию в завихренность воздушных масс, передавая им сравнительно небольшой импульс и существенный момент импульса, поскольку вихревое поле из локального фотосферного источника (например, пятна с геометрически правильной формой) может одновременно в различных регионах Земли локально однородно «освещать» площади порядка 10^5 км^2 .

Эффекты воздействия СВИ на атмосферу, как, по-видимому, и на другие среды, следует рассматривать отдельно для стороны Земли, освещенной Солнцем и теневой стороны, так как СВИ имеет сравнительно высокую проникающую способность и особым образом взаимодействует с твердой литосферной оболочкой, «используя» ее как сферическую линзу.

Как показывают расчеты [Кондратьев, 2005, 2008] и свидетельствуют природные явления (например, кратеры) эффект фокусировки на несколько порядков превышает потери при движении квантов поля СВИ (спиранов) по литосферному сферическому волноводу.

В фокусе, который располагается на поверхности земного сфероида, либо вблизи нее по ту или иную сторону границы сфероида, создается высокоскоростной (сверхзвуковой) концентрированный вихрь с размера-

ми пятна фокуса 30-50 м и объемной плотностью энергии на периферии вихря до 14 Дж/см³ (после фокусировки).

На основе данных высокогорных наблюдений в 21, 22 и 23 циклах солнечной активности (СА) исследованы ее воздействия на радиационные, оптические, микрофизические и метеорологические характеристики атмосферы с акцентом на изучение воздействий СА на динамические (циркуляционные) процессы и изменения микрофизического состояния ансамбля молекул водяного пара.

На примере события 20.10.89 г. проиллюстрированы вклады спирального (вихревого) излучения (СВИ) и вспышечного потока протонов в динамические процессы в нижней тропосфере.

Рассмотрение аномальных возмущений в типичном суточном ходе метеоэлементов, а также в ходе их синоптических периодов привело к выяснению причины возникновения энергетически емких возмущений в синоптических процессах в тропосфере.

По-видимому, основными и сопоставимыми силовыми факторами воздействия солнечной активности на тропосферу и нижнюю стратосферу являются направленное спиральное (вихревое) излучение и потоки солнечных протонов, однако только первый фактор «эффективно» воздействует на все без исключения компоненты: атмосферу, гидросферу, магнитосферу, литосферу, биосферу и техносферу).

13. Космические лучи и проводимость атмосферы [Стожков]. (Ионы, образованные КЛ, обеспечивают проводимость атмосферы. Ток, текущий в атмосфере, является одним из основных элементов глобальной электрической цепи, которая поддерживает постоянным отрицательный заряд Земли.

Генератором электрических зарядов в атмосфере являются грозовые разряды грозовых облаков. Грозовые облака образуются на атмосферных фронтах, где происходит образование и разделение облачных зарядов. Источником зарядов грозовых облаков являются положительные и отрицательные ионы, образующиеся в нижней атмосфере КЛ и естественной радиоактивностью Земли.

Эти ионы прилипают к аэрозольным частицам, концентрация которых велика в нижней атмосфере (более 10⁴ см⁻³). На заряженных аэрозольных частицах, постепенно по мере их подъема вверх восходящими потоками воздуха, вырастают водяные капли.

Разделение отрицательных зарядов от положительных происходит, как показал российский ученый Русанов А.И., вследствие того, что рост

капель воды на отрицательно заряженных центрах конденсации идет в $\sim 10\,000$ раз быстрее, чем на положительных.

В результате этого процесса нижняя часть облака заряжается отрицательно, а верхняя положительно. Молниевые разряды возникают тогда, когда через облако проходит так называемый широкий атмосферный ливень – до 10^6 заряженных частиц, образованных высокоэнергичной космической частицей.

По ионизованным трекам частиц широкого атмосферного ливня и происходят молниевые разряды. Таким образом, КЛ являются необходимой составной частью процесса образования грозового электричества и молниевых разрядов.

Потоки заряженных частиц в атмосфере Земли усиливают или ослабляют процесс образования облачности. Во время мощных вспышек солнечных КЛ поток заряженных частиц в земной атмосфере увеличивается и растет плотность облаков, увеличивается величина выпадения осадков. В периоды Форбуш-понижений КЛ, когда поток частиц в атмосфере уменьшается, уровень выпадения осадков становится меньше.

В 1998 г. датские ученые, используя наблюдения облачности со спутников, обнаружили очень интересное явление: площадь, занятая облаками на нашей планете меняется в соответствии с изменениями величины потока КЛ, падающего на нашу атмосферу. Поток КЛ ежегодно уменьшается на величину $(0,01-0,08)\%$ в год.

Отрицательный тренд можно объяснить взрывом близкой сверхновой. Этот взрыв имел место на расстоянии несколько десятков парсек (1 парсек = $3,08 \times 10^{68}$ см) и произошел несколько десятков тысяч лет назад.

Следовательно, площадь, занятая облаками, постепенно уменьшается. Это уменьшение должно вызвать постепенное увеличение температуры на нашей планете. Известно, что за последние 100 лет температура на поверхности Земли увеличилась на $\sim 0,5$ °С. Таким образом, уменьшение потока КЛ может быть ответственно за эффект глобального потепления).

При этом, практически во всех механизмах, существенным фактором любого из обсуждаемых механизмов является поток тепла от внешних источников: солнечные вспышки, взаимодействие солнечной плазмы с магнитосферой Земли, геомагнитные бури, магнитосферная конвекция, вторжение частиц в полярные области, генерация солнечными и галактическими космическими лучами дополнительного количества двуокиси

азота и озона в нижней стратосфере, влияние солнечной активности на электрическое поле атмосферы и т.д.

В любом случае, источник находится вне Земли.

3.3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОСМОФИЗИЧЕСКИХ И КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Исследования по проблемам связи климата с изменчивостью солнечной активности и солнечного ветра могут быть разделены на три группы:

1. Климатические изменения в течение сотен и тысяч лет;
2. Изменения, коррелирующие с 22-летними и 11-летними циклами солнечной активности;
3. Изменения в течение нескольких дней или недель.

При этом, в любом случае, при изучении как короткопериодических, так и долгопериодических атмосферных процессов существенным является учет влияния солнечной активности с привлечением данных индексов геомагнитной активности, интенсивности космических лучей и т.д.

В каждом конкретном случае характер этого влияния в значительной степени зависит от спектра электромагнитного и корпускулярного излучения Солнца, от текущего состояния магнитного поля Солнца и межпланетного магнитного поля, от гелиошироты Земли и географического района изучаемых атмосферных процессов.

Поэтому, моделирование воздействия солнечной активности на атмосферные процессы должно учитывать и любую дополнительную информацию, потому что использование только чисел Вольфа или площадей солнечных пятен S для установления долговременных взаимозависимостей не всегда оправдано.

Результаты исследований космофизических и климатологических (метеорологических) процессов, приведенные в предыдущих разделах, доказывают существование набора причинно-следственных связей между солнечной активностью и остальными процессами.

Поэтому вполне реальным представляется допущение, что параметры, описывающие атмосферные процессы (в частности, например, температура $T(t)$, могут быть представлены в виде суммы предшествующих значений $T(t)$, солнечной активности $W(t)$, геомагнитной активности $K_p(t)$, солнечной радиации $R(t)$ и интенсивности космических лучей $I(t)$; т.е. в виде авторегрессионной модели:

$$T(t) = \sum_{i=1}^p \alpha_i T(t-i) + \sum_{j=1}^q \beta_j W(t-j) + \sum_{k=1}^s \gamma_k I(t-k) + \sum_{l=1}^m \delta_l K_p(t-l) + \xi_t \quad (10)$$

$T(t)$ – предсказываемое значение температуры, где p , q , s и m – порядок модели для каждого из используемых рядов, определяющий «взгляд назад» каждого процесса для предсказания оценок температуры, α_i , β_j , γ_k и δ_l – параметры АР-модели.

При этом, по мере поступления новых данных происходит обновление авторегрессионных оценок и появляется возможность прогнозировать температуру на один шаг вперед.

(Предсказание вперед заключается в поиске будущего значения в виде взвешенных сумм p предыдущих отсчетов $T(t)$, q отсчетов $W(t)$, $S(t)$ и $I(t)$ и m отсчетов $K_p(t)$).

Существуют два пути построения модели:

1. На основе накопленного массива данных температуры, солнечной активности, геомагнитной активности и интенсивности космических лучей (размерностью NO каждый), составляется матрица для системы линейных уравнений (10), из решения которой определяются вектора $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$ и $\{\delta\}$.

При этом необходимо учесть, что наборы коэффициентов авторегрессии могут быть определены практически для любого интервала накопления.

Используя среднемесячные данные для периода 1950-2004 гг., можно получить порядка 600 уравнений. Соответственно для среднегодовых данных число уравнений (10) уменьшается до $54-k$, где k – максимальный из используемых порядков авторегрессии.

При $k=5$ число уравнений составит величину порядка 50 и в этом случае можно попытаться просто решать систему уравнений (10), предполагая, что шум ξ_t минимален.

Решение системы сведется к решению системы $N = N_0 - k - 1$ приведенных ниже уравнений (11), где P_i означает усредненную по региону приземную температуру T , если имеются измерения по нескольким станциям j :

$$P(i) = \sum_{j=1}^N T_{i,j} / N$$

$$\begin{pmatrix} P_k \dots P_{k-q} W_k \dots W_{k-s} K_{p_k} \dots K_{p_{k-r}} I_k \dots I_{k-m} \\ \vdots \\ P_{k+i} \dots P_{k+1-q} W_{k+1} \dots W_{k+1-s} K_{p_{k+1}} \dots K_{p_{k+1-r}} I_{k+i} \dots I_{k+1-m} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ P_N \dots P_{N-q} W_N \dots W_{N-s} K_{p_N} \dots K_{p_{N-r}} I_N \dots I_{N-m} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_q \\ \vdots \\ \beta_s \\ \gamma_1 \\ \vdots \\ \gamma_r \\ \delta_1 \\ \vdots \\ \delta_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{k+1} \\ \vdots \\ P_{N+1} \\ \vdots \\ W_{N+1} \\ K_{p_{k+1}} \\ \vdots \\ K_{p_{N+1}} \\ I_{k+1} \\ \vdots \\ I_{N+1} \end{pmatrix} \quad (11)$$

Так при расчетах предсказаний температуры в Мексике использовались показания температуры, полученные на 30-40 метеостанциях в каждом из исследуемых регионов. (Список основных метеостанций Мексики (кроме станции Такубая, Мехико) приведен ниже в таблице).

2. Если же число уравнений (10) превышает число неизвестных $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$ и $\{\delta\}$ и предположений о минимальном значении сделать нельзя, решение системы (10) сводится к решению системы уравнений (12), связанных не со значениями солнечной активности, температуры, геомагнитной активности и интенсивности космических лучей, а с их ковариационными функциями A_{ij} :

$$\begin{pmatrix} A_{11} & \cdot & \cdot & A_{14} \\ \cdot & A_{22} & & \cdot \\ \cdot & & A_{33} & \\ A_{41} & & & A_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \\ c_0 \\ d_0 \end{pmatrix} \quad (12)$$

При этом очевидно, что, например, для усредненной по региону температуры $P(t) = \Sigma T(t)_{i,j} / N$:

$$P(t-1) \cdot P^*(t-1) = \begin{pmatrix} P_{t-1}^2 & P_{t-1} \cdot P_{t-2} \dots \dots P_{t-1} \cdot P_{t-q} \\ P_{t-q} \cdot P_{t-1} & P_{t-q} \cdot P_{t-2} \dots \dots P_{t-q}^2 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Аналогичные выражения получаются и для остальных параметров W , S , K_p и I , применяемых для построения прогностической модели. Величины ковариаций A_{ij} и a_0 , b_0 , c_0 и d_0 можно считать известными: они вычисляются из реальных данных.

Таким образом, система (12) представляет собой систему линейных уравнений для определения неизвестных коэффициентов $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$ и $\{\delta\}$ уравнения регрессии (10) и решается всегда, если только детерминант ковариационной матрицы отличен от нуля.

Преимуществом второго пути решения системы уравнений является исключение шума, поскольку взаимные ковариации шума с остальными процессами равны 0.

Таким образом, задаваясь порядком модели q , s , r и m для температуры, солнечной и геомагнитной активности и интенсивности космических лучей, можно не только предсказывать средние значения температуры на шаг вперед (величина этого шага будет определяться только величиной дискретизации данных Δt), но и помочь оценить вклад того или иного процесса в прогнозируемую температуру.

Действительно, если значения одного из искомым параметров $\{\alpha\}$, $\{\beta\}$, $\{\gamma\}$ или $\{\delta\}$ малы (много меньше ошибок их измерения), то в модели можно пренебречь и самим процессом.

Так, при анализе среднегодовых зависимостей между температурой и геомагнитной активностью, значения были пренебрежимо малы как по сравнению с ошибками, так и по абсолютной величине.

Детальный анализ показал, что использование только K_p -индекса для построения прогностической модели неприемлемо.

На основе значений усредненной температуры в северной части России за 1950-2008 гг. и Мексики за 1950-2004 гг., солнечной активности за 1945-2008 гг., геомагнитной активности за 1945-2004 гг. и интенсивности космических лучей за 1960-2007 гг. были определены значения параметров модели и оценены значения $T(t)$ за 2004, 2005, 2006 и 2007 гг., которые затем сравнивались с реальными значениями $T(t)$ за те же годы.

Анализ проводился по среднемесячным и среднегодовым значениям $T(t)$, $W(t)$ и $I(t)$, при этом в среднегодовые данные заранее был введен двухлетний сдвиг $W(t)$ относительно $T(t)$ (при использовании среднемесячных значений сдвиг не вводился).

Необходимо отметить, что число предикторов (порядок модели) не должно превышать, как показано в работе [Рожков, 1979], одной десятой

объема выборки, что объясняется, с одной стороны, возможной корреляционной связью между переменными, с другой – ограниченностью выборки.

Полученные результаты показывают, что значения α , β и δ для всего периода практически не меняются.

Более того, значения $T(t)$, определенные для 2004-2007 гг. (в рамках прогностической модели с коэффициентами α , β и δ) отличаются от реальных значений $T(t)$ менее чем на 12-25% для прогноза на 1 год, 27% – на два года и 30% – на три года.

Прогноз температуры, данный в 2005 году на 2008 год, оправдался с ошибкой в 40%, тот же прогноз, рассчитанный в 2007 году, дал погрешность порядка 30%.

Таким образом, использование стандартных АРСС-моделей для разработки прогноза температуры (и, собственно, любых других климатологических параметров) по предшествующим значениям и данным наблюдений солнечной активности, геомагнитной активности и интенсивности космических лучей обещает хорошие перспективы.

Результаты исследований последних лет в этом направлении демонстрируют достаточно хорошее согласие вычисленных и экспериментально полученных значений не только $T(t)$, но и штормистости $P(t)$, величины осадков, площади льда в Балтийском и Белом морях, а также в Арктике.

Так что, дальнейшая разработка такой модели позволит, по крайней мере, не отнимая хлеб у метеорологов, прогнозировать среднегодовые метеорологические характеристики на 1 год вперед с точностью 25-30%.

Для получения менее точных оценок вполне достаточно и двухпараметрической модели:

$$P(t) = \sum_{i=1}^q \alpha_i P(t-1) + \sum_{k=1}^p \beta_k W(t-k) + \xi_t \quad (14)$$

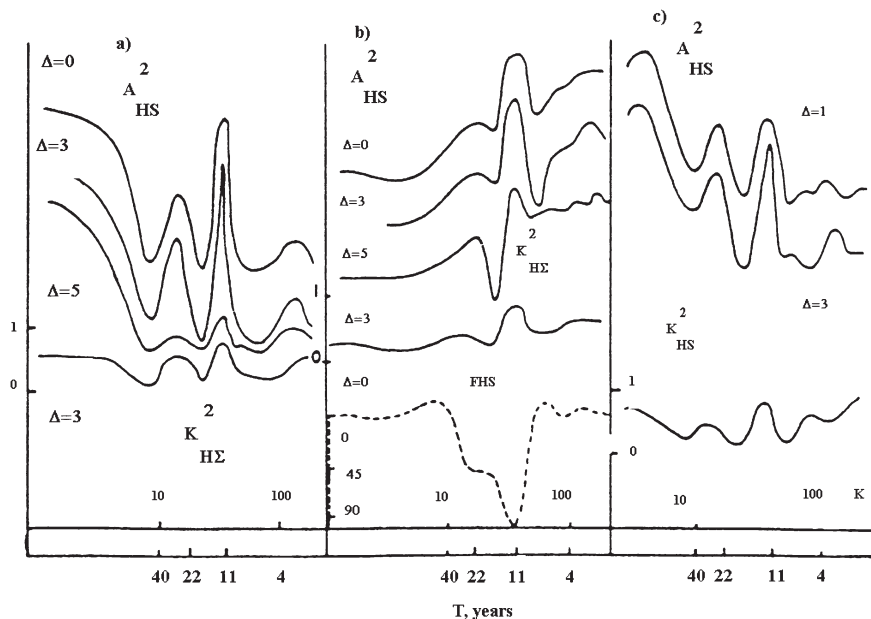
Таким образом, использование всего существующего сегодня спектрального аппарата и сопоставление результатов различных спектральных вычислений, полученных самыми разными исследователями в различных странах, показывают, что источником механизма воздействия на изменения циркуляции атмосферы, водности замкнутых озер является циклическая деятельность Солнца и ее влияние на атмосферу Земли.

При этом анализ поведения запаздывания между атмосферными процессами и солнечной активностью показывает существование стабильных сдвигов от 12 до 36 месяцев между процессами, что хорошо согласуется с результатами расчетов по другим методикам.

Необходимо подчеркнуть, что проведение взаимного авторегрессионного анализа для всего массива данных и отдельно для четных и нечетных циклов солнечной активности обнаруживает интересную картину.

В нечетных циклах наблюдаются ярко выраженные 4-7-летние, 10-12-летние и 80-90 летние вариации площадей льда (на фоне более слабо выраженных 400 и 720-летних вариаций), в четных циклах преобладают 20-30-летние, 80-90-летние и 400-летние вариации.

Анализ приземной температуры в Мексике (Сонора, Такубайя, Баха-Калифорния и Синалоа), Эстонии (Тарту), Швеции (Стокгольм) и Литве (Каунас) и Москве за 1910-2007 г. показал практически точное совпадение выделенных частот (соответствующих периодичностям порядка 2-4 и 9-11 лет) и хорошее совпадение запаздываний между процессами 2-3 года.



Спектры мощности (A), коэффициенты когерентности (K^2) и фазовые спектры (FHS) для солнечной активности и атмосферных процессов

При этом, совпадает и динамика поведения колебаний: если 9-11 летние колебания присутствуют постоянно, то колебания с периодами 2-4 года носят более случайный характер, что впрочем, также хорошо согласуется с поведением аналогичных колебаний солнечной активности.

В результате анализа данных наблюдений осадков в Эстонии, Литве и России за 1910- 2007 годы и солнечной активности (площадь пятен S) обнаружено хорошее совпадение поведения процессов: наличие в анализируемых данных как 11-летней и 22-летней составляющих, так и квазидвухлетней волны.

По измерениям солнечной радиации в различных точках земной поверхности в период с 1950 по 2007 гг. была предпринята попытка, оценить возможную модуляцию солнечной радиации, наблюдаемой на Земле, солнечной активностью.

Обнаружено, что в широком диапазоне частот в данных наблюдений солнечной радиации на Земле наблюдаются колебания с периодами 2, 11 и 22 года, тесно связанные с солнечной активностью.

В этой связи, особенно важным представляются результаты анализа содержания диоксида углерода в атмосфере Земли и солнечной активности (при использовании HL-индекса или суммарных площадей пятен).

Авторегрессионный анализ, проведенный авторами, показал практически точное совпадение выделенных частот (соответствующих периодичностям порядка 2-4, 9-11, 22-35 и 380 лет) и хорошее совпадение запаздываний между процессами 2-3 года.

При этом, совпадает и динамика поведения колебаний: если 9-11 и 22-летние колебания диоксида углерода присутствуют постоянно, то колебания с периодами 2-4 года носят более случайный характер, что хорошо согласуется с поведением аналогичных колебаний солнечной активности и температуры атмосферы.

Сопоставление данных результатов с аналогичными исследованиями влияния солнечной активности на приземную температуру, уровень озер, величину осадков, штормистости и количества сильных землетрясений показывает не только хорошее качественное, но и количественное (с точностью до запаздывания) соответствие.

Кроме того, выявлено, что при совместном анализе температуры в различных точках Земли и солнечной активности выбор индексов солнечной активности не играет решающей роли: так площадь пятен в приэкватори-

альной зоне Солнца представляется авторам наиболее приемлемым индексом для расчетов.

Поэтому, при решении задач выявления механизмов крупномасштабных процессов в атмосфере или попытках создания прогностических моделей климатологических или гидрологических процессов необходимо учитывать изменения солнечной активности, процессы в межпланетной среде и наблюдаемые на Земле вариации космического излучения.

В работе [Rahmstorf, 2007] группой ученых из разных стран был проведен анализ множества прогнозов климатологических характеристик, сделанных различными авторами в течение последних 15 лет, и проведено сопоставление этих прогнозов с тем, что реально происходило за последние 15 лет.

Выяснилось, что хорошо были предсказаны изменения содержания в атмосфере углекислого газа и вполне приемлемо – ход температуры. Оба эти показателя возрастали в соответствии с ранее выявленными трендами.

А вот средний уровень Мирового океана рос быстрее, чем ожидалось.

С 1990-го по 2005 год он увеличился примерно на 4 см, а предсказывалось прибавление только на 2 см. (Не исключено, что некоторое отклонение наблюдаемых величин от прогнозируемых объясняется внутренней вариабельностью самой климатической системы, следствием неизвестной нам динамики взаимодействия ее компонентов).

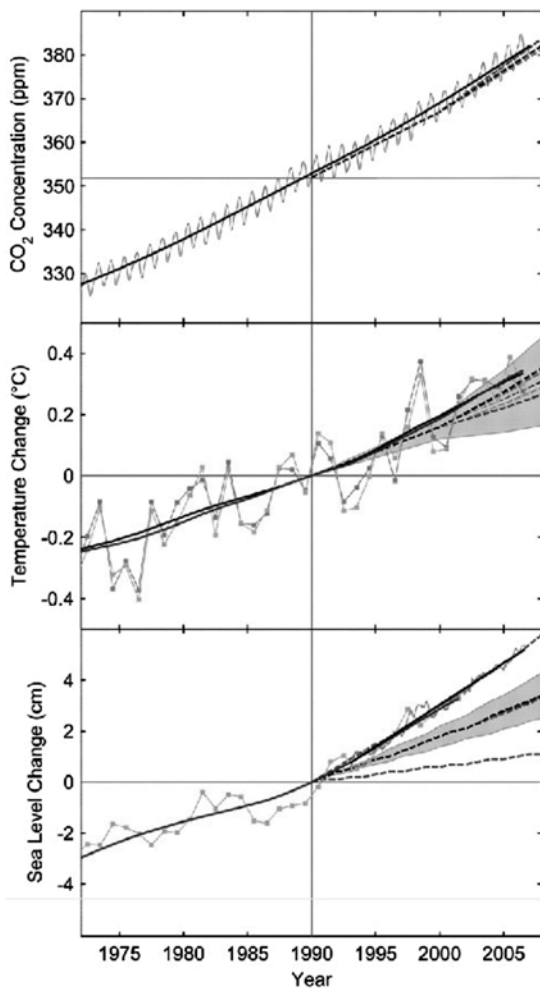
Исследователи из интернациональной группы считают, что, для того чтобы предсказать ожидающие климатические изменения, ученые опираются на авторегрессионные математические модели, как, например, и авторы книги. Эти модели строят на основе данных, уже наблюдавшихся в предыдущие годы, и на понимании взаимосвязей физических процессов, происходящих на поверхности нашей планеты.

Наименее удовлетворительным оказался прогноз уровня Мирового океана (нижняя панель графика [Rahmstorf, 2007]). За последнее время этот уровень возрастал заметно быстрее, чем предполагалось моделью IPCC.

Реальное увеличение (по данным спутниковых измерений) с 1993-го по 2006 год составило в среднем $3,3 \pm 0,4$ мм за год, тогда как модель в качестве наиболее вероятной величины давала менее 2 мм за год.

Авторы исследования [Rahmstorf, 2007] отмечают, что рост уровня океана за последние 20 лет был более быстрым, чем за любое двадцатилетие в течение предшествующих 115 лет. Наблюдавшиеся значения соответствуют крайним цифрам, которые даны в модели как маловероятные и свя-

занные с так называемой «неопределенностью в состоянии льда на суше». И хотя основной вклад в подъем уровня океана вносит простое тепловое расширение водной массы при увеличении глобальной температуры, значительную и, видимо, недооцененную роль играет и таяние ледников.



Изменения содержания в атмосфере CO₂ (вверху), средней температуры на поверхности Земли (в середине) и среднего уровня Мирового океана (внизу) с 1973 года по настоящее время [Rahmstorf].

Авторы приходят к заключению, что к научным прогнозам изменения климата следует отнестись со всей серьезностью.

Тонкие сплошные линии – реальные данные, толстые сплошные – усредненные реальные данные, показывающие основной тренд. Пунктирными линиями обозначены данные прогнозов и даваемые при этом доверительные интервалы (области, закрашенные серым цветом). Изменения температуры и уровня океана даны как отклонения от линии тренда в месте пересечения ею отметки 1990 года (принято за ноль).

Ход содержания углекислого газа в атмосфере и изменения температуры были предсказаны достаточно хорошо. А в случае с уровнем океана (наименее удовлетворительный вариант прогноза) действительность оказалась более угрожающей, чем предсказывалось.

Тем не менее, полученные в целом ряде работ (в том числе и авторами) результаты прогнозов хорошо согласуются с реальными данными и укладываются на кривые (см. рисунок ниже), полученные в работе [Rahmstorf].

Эти результаты позволяют, вполне обоснованно, приступить к использованию авторегрессионной прогностической модели для прогноза климатологических процессов (температуры, водности замкнутых озер и морей, штормистости, площади льдов, величины количества осадков) с учетом влияния космических лучей.

*И, быть может, немного осталось веков,
Как на мир наш, зеленый и старый,
Дико ринутся хищные стаи песков
Из пылающей юной Сахары.
Средиземное море засыпят они,
И Париж, и Москву, и Афины...
И мы будем в небесные верить огни,
На верблюдах своих бедуины.
И когда, наконец, корабли марсиан
У земного окажутся шара,
То увидят сплошной золотой океан
И дадут ему имя: Сахара.*

*Николай Гумилев,
«Сахара», осень-зима 1918 года*

4. ОЦЕНКА РИСКОВ И ПРЕИМУЩЕСТВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

4.1. РИСКИ ДЛЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Существующие риски разнообразны и обусловлены разнообразием факторов, характеризующих как особенности конкретного вида деятельности, так и специфические черты неопределенности, в условиях которой эта деятельность осуществляется. Такие факторы принято называть рискообразующими, понимая под ними сущность процессов или явлений, способствующих возникновению того или иного вида риска и определяющих его характер.

Сегодня, основные усилия исследователей в этой области направлены на уточнение списка *рискообразующих* факторов для конкретных видов риска, а также на разработку методик оценки влияния этих факторов на динамику соответствующих рисков.

К примеру, в России практически не исследованы климатические риски и факторы, воздействующие на них. В то же время, по исследованиям американских специалистов, в США климатические риски оказывают осязаемое воздействие на производство продукции стоимостью до одного триллиона долларов (из семи триллионов, составляющих ежегодный валовой продукт США).

В работе [Махов, 2007] рассмотрены четыре вида стратегических рисков на ближайшие 50-100 лет, стоящие перед человечеством в целом, и перед Россией, в частности.

1. Космические риски. Под этим понимаются опасности столкновения Земли с другими космическими телами: метеорами, астероидами, кометами. (Они различаются своими размерами, составом, физическими свойствами и скоростями).

Метеоры – каменные и железные тела, представляют собой осколки более крупных тел – комет и астероидов. Размерами достигают нескольких десятков метров в диаметре. При столкновении с Землей высвобождается энергия, происходит взрыв, на месте столкновения образуется воронка, превышающая своими размерами диаметр метеора в несколько раз.

Астероиды – небольшие планетоподобные тела Солнечной системы. Наиболее известный астероид диаметром около 10 км упал в районе полуострова Юкатан (Мексика) 65 млн. лет назад – по одной из гипотез это столкновение послужило причиной вымирания динозавров.

Кометы – космические тела, состоящие из твердого ядра, газообразной головы и хвоста. Ядро достигает десятков километров в диаметре (комета Галлея – 14x7 км), голова – до нескольких сотен тысяч километров в поперечнике, хвост может достигать длины нескольких сотен миллионов километров.

Столкновения с космическими объектами могут повлечь за собой катастрофы различных масштабов. В результате глобальной катастрофы (достаточно метеорита размером 1 км в поперечнике) удар уничтожит все в радиусе до 1000 км от места падения, пожары охватят обширные территории, в атмосферу будет выброшено огромное количество пепла и пыли, которые будут затем оседать в течение нескольких лет. Солнечные лучи не смогут пробиться к поверхности планеты, и резкое похолодание погубит многие виды растений и животных, прекратится фотосинтез. Также нарушится магнитное поле Земли, изменится динамика тектонических процессов, возрастет активность вулканов.

Организация мер по предотвращению угрозы столкновения с космическими телами включает два этапа [Микиша, 1999]:

а) мониторинг объектов (обнаружение и идентификацию космических объектов),

б) нейтрализация опасных объектов с помощью целой системы (отклонение угрожающего объекта с орбиты встречи с Землей, экранирование

Земли от столкновения с угрожающим объектом, и, наконец, уничтожение угрожающего объекта).

2. *Ресурсные риски.* Риски, связанные с истощением или исчерпанием природных ресурсов, а также в связи с загрязнениями окружающей среды. При рассмотрении этих рисков, удобно разделить ресурсы на следующие виды [Микиша, 1999, Башмаков, 2009] :

- топливно-энергетические ресурсы (нефть, уголь, природный газ, ядерная энергия, гидроэнергия, солнечная энергия, ветряная энергия);
- сырьевые ресурсы (металлы, минералы, сплавы);
- природные ресурсы, связанные со средой обитания человека (земельные, водные, лесные, биоресурсы).

3. *Демографические риски.* Это преимущественно риски, связанные с происходящим в настоящий момент глобальным демографическим переходом – процессом перехода от состояния с высокими показателями рождаемости и смертности к состоянию с низкими коэффициентами рождаемости и смертности.

4. *Климатические риски.* Под этим понимаются риски, связанные с климатическими изменениями [Порфирьев, 2006] и изучаемые в настоящей книге. Это, прежде всего, экстремальные явления природы (климатические и погодные аномалии), а также риски, связанные с изменением среднегодовой глобальной температуры – проблема глобального потепления.

Как было показано в предыдущих главах, существует два основных подхода к исследованию климата Земли.

Первый подход – эмпирико-статистический: на основании данных о прошлых климатических изменениях проводится попытка воссоздать историю климата планеты в прошлом и прогнозировать эти изменения в будущем. Основные методы, используемые при этом таковы:

а) геологические методы стратиграфии (радиоуглеродный анализ окаменелостей, горных пород, ледников, органических остатков), палеотемпературные методы [например работы Дергачева и Кочарова];

б) исторические свидетельства (записи, хроники, археологические находки);

в) прямые инструментальные наблюдения и расчеты (построение статистических прогностических моделей).

Второй подход – теоретический, связан с созданием математических моделей климата. Принято выделять три основные группы естественных

климатообразующих факторов, в соответствии с которыми можно структурировать типы имеющихся моделей.

Гелиофизические и астрофизические факторы, обусловленные влиянием на Землю со стороны других тел Солнечной системы: светимость Солнца, солнечная активность, гравитационные воздействия, наклон оси вращения Земли к плоскости орбиты. Поскольку эти факторы – основополагающие среди механизмов, ответственных за формирование климата, то они в той или иной степени учитываются во всех моделях климата (по крайней мере, в подавляющем большинстве моделей).

Геофизические факторы, связанные со свойствами Земли как планеты: форма, размеры и масса Земли, скорость ее вращения вокруг оси, гравитационное и магнитное поля, строение и внутренние процессы (включая тектоническую деятельность), внутренние источники тепла (и определяемый ими геотермический поток тепла и вулканизм), состав атмосферы. Эти факторы, как правило, изучаются отдельно своими методами, а в модели климата учитываются в качестве параметров.

Циркуляционные факторы – связаны с процессами, протекающими внутри системы, состоящей из атмосферы, гидросферы (океан и ледники), литосферы (поверхность суши) и биосферы – перераспределение энергии и вещества внутри указанной системы. Считается, что именно циркуляционные факторы отвечают за конкретное появление и частоту экстремальных явлений природы.

Для достоверных расчетов используются, как правило, модели общей циркуляции: двух- и трехмерные модели для атмосферы, океана и их совместной системы. Класс подобных моделей наиболее многочисленный, поскольку, помимо климата, они используются для метеорологических прогнозов (прогноз погоды).

Эти модели используют уравнения гидротермодинамики, описывающие перенос энергии и массы в атмосфере и в океане, т.е. движение воздушных и водных масс, участвующих в перераспределении энергии. Решения подобных уравнений локально неустойчивы: малые возмущения той или иной природы (неточность начальных условий, внутренние и внешние шумовые воздействия и т.д.) достаточно быстро нарастают во времени или в пространстве и, в конце концов, делают долгосрочный прогноз несостоятельным.

В моделях циркуляции океана помимо гидродинамических и термодинамических уравнений используются уравнения, описывающие состояние

и изменение морского льда (кристаллизация, таяние). Роль океана в климатических изменениях высока в силу его большей по сравнению с атмосферой инерционности, поэтому при исследовании медленных процессов от нескольких лет до нескольких десятилетий моделирование океанических процессов имеет особое значение.

Ввиду обилия факторов построить общую модель климата на сегодняшний день практически невозможно. Поэтому все существующие модели учитывают лишь часть факторов, остальные выступают как параметры, или не рассматриваются вовсе. Это конечно сказывается на результатах моделирования и прогнозах, построенных с помощью таких моделей. При этом нужно учитывать, что роль некоторых факторов, процессов и взаимосвязей еще не изучена полностью, многие наблюдаемые процессы еще не получили адекватного общепринятого объяснения, а некоторые явления и взаимозависимости вообще скрыты от наблюдателей.

С каждым годом количество новых наблюдений и фактов растет, но неопределенности сохраняются и даже растут, так как климатические модели весьма чувствительны к небольшим изменениям.

Это еще больше осложняет задачу предсказания природных процессов, поскольку *климат – сложная нелинейная самоорганизующаяся система, меняющаяся со временем*. Подобные системы обычно демонстрируют свойство неустойчивости, что предопределяет наличие горизонта предсказуемости, который с трудом поддается расширению. Все это обуславливает ограниченность теоретических физических моделей климата и получаемых с их помощью результатов.

4.2. Риски и преимущества, связанные с глобальным потеплением [например, Порфирьев 2006, 2009]

За последние 150 лет среднегодовая температура Земли имеет положительный тренд в сторону повышения, и к настоящему моменту в среднем выросла на $0.8 \pm 0.2^\circ\text{C}$. Среди ученых существует несколько точек зрения, как поведет себя среднегодовая температура в будущем.

Возможные сценарии глобальных климатических изменений [www.priroda.su]

Современная наука не может дать однозначного ответа, что же нас ожидает в ближайшем будущем. Существует множество сценариев развития ситуации.

Сценарий 1 – глобальное потепление будет происходить постепенно. Изменения в такой сложной системе не могут происходить быстро. Пройдут столетия и тысячелетия, прежде чем можно будет судить об скольконибудь ощутимом изменении климата.

Сценарий 2 – глобальное потепление будет происходить относительно быстро. (Самый «популярный» в настоящее время сценарий). По различным оценкам за последние сто лет средняя температура на нашей планете увеличилась на 0,8 °С, концентрация – CO₂ возросла на 20-24%, а метана на 100%. В будущем эти процессы получат дальнейшее продолжение и к концу XXI века средняя температура поверхности Земли может увеличиться от 1,1 до 6,4°С, по сравнению с 1990 годом.

Глобальное потепление влияет на повышение уровня Мирового океана, силу ветров и распределение осадков на планете, поэтому на планете вырастет частота и масштабы различных природных катаклизмов (штормы, ураганы, засухи, наводнения). В Северной Европе и на западе США увеличится количество осадков и частота штормов, ураганы будут бушевать в 2-а раза чаще, чем в XX веке. Климат Центральной Европы станет переменчивым, в сердце Европы зимы станут теплее, а лето дождливее. Восточную и Южную Европу, включая Средиземноморье, ждет засуха и жара.

Сценарий 3 – глобальное потепление в некоторых частях Земли сменится кратковременным похолоданием. Известно, что одним из факторов возникновения океанических течений является градиент (разница) температур между арктическими и тропическими водами. Таяние полярных льдов способствует повышению температуры Арктических вод, а значит, вызывает уменьшение температурной разницы между тропическими и арктическими водами, что неминуемо, в будущем приведет к замедлению течений. Согласно этим математическим расчетам полная остановка Гольфстрима произойдет через 20 лет, в результате чего климат Северной Европы, Ирландии, Исландии и Великобритании может стать холоднее настоящего на 4-6 градусов, усилятся дожди и учащаются шторма. Похолодание затронет также и Нидерланды, Бельгию, Скандинавию и север европейской части России. После 2020-2030 года потепление в Европе возобновится по сценарию №2.

Сценарий 4 – глобальное потепление сменится глобальным похолоданием. Остановка Гольфстрима и других океанических вызовет глобальное похолодание на Земле и наступление очередного ледникового периода.

Сценарий 5 – парниковая катастрофа [Карнаухов, www.pereplet.ru/parnik/text.html]. Самый «неприятный» сценарий развития процессов глобального потепления. Быстрое повышение температуры будет способствовать интенсивному поступлению метана из тающей вечной мерзлоты, а повышение температуры до 1,4–5,8°C к концу столетия будет способствовать разложению метангидратов (льדיстых соединений воды и метана), сосредоточенных преимущественно в холодных местах Земли. Если учесть, что метан, является в 21 раз более сильным парниковым газом, чем CO₂ рост температуры на Земле будет катастрофическим. По оптимистическому сценарию Карнаухова, если количество, поступающего в атмосферу CO₂, останется на прежнем уровне, то температура 50°C, на Земле установится через 300 лет, а 150°C через 6000 лет. К сожалению, прогресс не остановить, с каждым годом объемы выбросов CO₂ только растут. По реалистическому сценарию, согласно которому выброс CO₂ будет расти с такой же скоростью, удваиваясь каждые 50 лет, температура 50°C на Земле уже установится через 100 лет, а 150°C через 300 лет.

Такой разброс мнений связан с тем, что по поводу причин, вызвавших потепление, нет устоявшейся позиции, ведутся споры и дебаты. Часть исследователей считает, что потепление связано с воздействием деятельности человека, другие говорят о естественных причинах, третьи утверждают о необходимости учитывать и естественные, и антропогенные влияния.

Существующие на сегодняшний день методы не позволяют с полной уверенностью выявить причину потепления. По всей видимости, главная составляющая в повышении средней температуры Земли – естественная, она способна объяснить до 70-90% величины роста температуры, антропогенные воздействия могут быть ответственны за 10-15% при этом погрешности и неопределенности составляют около 10-20% [Либин, 2009].

Еще ожесточеннее споры о последствиях потепления для Земли в целом и для человечества в частности. Мнения диаметрально противоположны: от крайне пессимистических до нейтральных и даже оптимистических.

И это понятно: за этими позициями зачастую стоят экономические и политические интересы государств и групп частных лиц. Разобраться, где исследования проблемы потепления объективны, а где сделаны «по заказу», весьма непросто.

Поэтому сначала попробуем выделить те возможные последствия, наступление которых практически не оспаривается [Малков, 2005, Махов, 2007]:

- Таяние морских льдов и отступление материковых ледников.
- Повышение уровня Мирового океана, как за счет таяния ледников, так и за счет прогрева верхнего слоя океана.
- Возможные широтные сдвиги климатических поясов.
- Более сильный нагрев суши и, как следствие, более сильный прогрев почв.

Это непосредственные последствия потепления. То, как они повлияют на человека и его хозяйственную деятельность, т.е. каковы будут эколого-экономические последствия, пока не вполне ясно.

Как указано в работе Махова [Махов, 2007], доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата – Intergovernmental Panel on Climate Change (МГЭИК), помимо негативных последствий, учитывают и позитивные, в том числе, и последствия для отдельных регионов. (Насколько можно судить, в этих исследованиях использовались климатические модели общей циркуляции, радиационные модели и биологические модели).

В докладах МГЭИК представлен прогноз и анализ возможных рисков на ближайшее столетие до 2100 г. Считается, что среднегодовая температура поверхности Земли к концу 21 века увеличится на 1-4 °С, уровень океана повысится на 15-95 см.

Риски и возможные последствия для человека в разбивке по группам.

1. Влияние на экосистемы:

- а) изменение географического размещения экосистем и биоценозов (широтный сдвиг к северу);
- б) изменение видового состава растений и животных (по причине роста пожаров, болезней, вредителей);
- в) возможное изменение биопродуктивности – у некоторых видов растений и животных продуктивность снизится, у других повысится;
- г) изменение характеристик почв и земель (осушение болот, засоление, эрозия из-за переувлажнения, опустынивание, таяние мерзлоты).

2. Влияние на гидрологию и водные ресурсы:

- а) рост числа засух в засушливых районах может вызвать нехватку воды;
- б) учащение наводнений в умеренных и влажных зонах приведет к затоплению территорий и разрушениям инфраструктуры;

в) повышение уровня океана приведет к подтоплению ряда территорий (шельфы, малые острова, прибрежные зоны).

3. Влияние на сельское хозяйство:

а) рост вредителей-насекомых и возбудителей болезней приведет к снижению урожайности ряда с/х культур;

б) повышение концентрации углекислого газа может привести к росту урожайности ряда культур и, наоборот, к снижению урожайности других культур.

4. Влияние на здоровье человека:

а) рост числа инфекционных заболеваний (лихорадка, малярия, холера, чума);

б) тепловые нагрузки;

в) рост загрязнения воздуха.

5. Социально-экономические последствия:

а) устранение негативных последствий потребует затрат;

б) возможны неконтролируемые миграции из регионов с неблагоприятными климатическими изменениями в более благоприятные регионы;

в) потепление в умеренных и холодных территориях позволит сэкономить энергию на обогреве;

г) отступление арктических льдов создаст возможности освоения Арктики и откроет новые торговые маршруты (Северный морской путь);

д) возможен ущерб от потери ряда туристических зон.

6. Политические:

а) одни государства окажутся в относительно более выгодном положении, чем другие, могут произойти изменения в расстановке политических сил;

б) может усилиться борьба за территории и ресурсы.

Все эти последствия носят условно-вероятностный характер: они отражают лишь один из возможных сценариев развития событий, реальная ситуация же может оказаться как хуже, так и лучше. В определенном смысле этот сценарий позволяет оценить масштаб возможных изменений в связи с климатическими колебаниями и дает представление о том, какова позиция по данному вопросу ряда международных общественных организаций.

Как было сказано в выступлении председателя Комитета Совета Федерации России по делам Севера и малочисленных народов Г.Д.Олейника на Первом Всемирном саммите региональных правительств по вопросам изменения климата (г. Сен-Мало, Франция, 29-30 октября 2008 г.):

«Климатические изменения, независимо от причин, их вызвавших, носят общемировой характер. Отсюда следует необходимость *международной кооперации* этих усилий и механизма, обязывающего государства, принимать соответствующие меры в рамках такой кооперации, особенно в северных регионах...

Динамика, масштабы и характер климатических изменений и их последствий для экономики отличаются существенной неопределенностью, обусловленной стохастичностью самих природных явлений, их взаимодействия с хозяйственными и, шире, социальными системами, а также противоречивостью экономических эффектов глобального потепления. Для хозяйственного развития одних территорий климатические изменения могут быть благоприятны, для других, напротив, неблагоприятны; причем с течением времени или при других сценариях эта ситуация может измениться на противоположную.

Таким образом, решение задачи смягчения климатических изменений требует разработки особой национальной стратегии устойчивого экономического развития северных регионов, развития, ориентированного на повышение качества жизни (в широком смысле слова), которое должно являться источником средств и механизмом адаптации хозяйственного комплекса и населения к изменениям климата и снижения рисков таких изменений».

4.3. ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЯМИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Нужно сказать, что о глобальном потеплении мы заговорили уже после первых расчетов поведения приземной температуры в области высоких широт и солнечной активности [Либин, 1995].

За год Земли достигает 15 триллионов килоджоулей солнечной энергии. Солнечное излучение частично поглощается и отражается атмосферой. В результате на каждый квадратный километр поверхности Земли ежедневно поступает энергия, равная примерно 5.000 килокалорий (20 000 килоджоулей), около 30% которой отражается в космос. Остальная энергия определяет протекание метеорологических процессов.

Если быть точным, то солнечная энергия (солнечные лучи) поглощается главным образом не атмосферой, а океаном и сушей. Нагрев земной поверхности вызывает конвекцию: восходящие потоки теплого воздуха

замещаются нисходящими потоками холодного. При конденсации паров воды в восходящих потоках возникает облачность.

Из-за вращения планеты на движущиеся воздушные массы действуют силы Кориолиса. В Северном полушарии они закручивают восходящие потоки против часовой стрелки, образуя циклоны, а нисходящие потоки (антициклоны) – по часовой. Направления вращения в Южном полушарии обратные. Конвекция охватывает всю земную тропосферу, на ее верхней границе часть тепловой энергии уходит в космос в виде инфракрасного излучения с максимумом на миллиметровых длинах волн.

Высота, на которой атмосфера становится прозрачной для теплового излучения (иными словами, толщина тропосферы), меняется от 4 км около полюсов до 12 км у экватора. Конкретные значения зависят от влажности (концентрации водяных паров), а также от содержания других газов, поглощающих инфракрасное излучение, в первую очередь диоксида углерода и метана.

Вертикальный поток энергии, существующий повсеместно, дополняется более медленным переносом тепла от тропиков к полюсам, поскольку на экваторе освещенность планеты солнечными лучами максимальна. На каждой широте планеты она регулярно изменяется с годичным периодом. Вслед за ней меняется и погода.

Погода определяется многими параметрами (давлением и влажностью воздуха, скоростью и направлением ветра, состоянием облачности), но важнейший из них – температура земной поверхности. Она надежно изменяется уже более столетия по всей планете.

Средняя, по многолетним данным, температура для каждого времени года – довольно устойчивая характеристика климата. Годовой ход средней температуры примерно на месяц отстает по фазе от синусоиды освещенности вследствие тепловой инерции суши и океана.

Далее, отвлекаясь от этих регулярных сезонных изменений температур, мы проанализировали характер их отклонений от средних значений, иначе говоря – погодные флуктуации температуры относительно ее климатического среднего.

Статистическая обработка температурных вариаций преподнесла немало сюрпризов, о чем свидетельствуют наши многочисленные работы, основные из которых приведены в данной книге.

Анализ поведения 380-летних изменений солнечной активности, температуры и CO_2 , выполненные авторами, обнаруживает тенденцию на-

хождения всех трех процессов на ветви роста 400-летних изменений, т.е., *может быть, это и есть наблюдаемое глобальное потепление?*

В работе [Башмаков, 2009] представлена первая (для России) модель для оценки эффектов возможных решений проблемы увеличения парниковых газов (с перспективой до середины XXI века). В этой модели учтены не только технические, но и социально-политические факторы, влияющие на построение в России «низкоуглеродного» общества на основе реализации государственной политики по ограничению эмиссии парниковых газов.

Как пишет в своей работе И.А. Башмаков «Формирование в России «низкоуглеродного» общества – это не дружеский жест в сторону мирового сообщества, обеспокоенного изменением климата. Это стратегия будущего выживания и развития экономики России... Сегодня на наших глазах закладываются основы новой «низкоуглеродной» экономики, в которой стоимость акций компаний все в большей степени становится обратно пропорциональной «углеродоемкости» их продукции... Дальше в нерешительности стоять нельзя. ***Иначе путь для инновационного развития России будет закрыт и она будет обречена на судьбу «грязного» сырьевого придатка динамичной, «чистой» и «низкоуглеродной» мировой экономики.***

Действительно, для дальнейших сценариев существования человечества в обозримой перспективе, *уже не так важно, что лежит в основе глобального повышения температуры, CO₂, осадков...* Теперь важно искать пути, как снизить риски глобальных климатических изменений на природу, биосферу и экономику. Важно также оценить факторы положительные экономического развития мирового сообщества в целом и России, в частности, вызванные этими изменениями.

В работах [Порфирьев, 2005, 2006] уделяется большое внимание природным рискам в условиях современного экономического роста, теория и практике государственного и негосударственного регулирования этих рисков. Автор считает, что без коренного изменения отношения к науке со стороны российского государства и общества, все попытки противостояния рискам глобальных климатических изменений в России обречены на провал.

Назрела острая необходимость создания для России единого, с мировым, научного и образовательного пространства и очень сильной интеграции с западным сообществом. В одиночку, с последствиями глобальных климатических изменений, России не справиться.

Как сказал Б.Н. Порфирьев на своем выступлении во Всероссийском Экономическом обществе с докладом «Глобальные климатические изменения: новые риски или факторы экономического роста России» (20 мая 2009 г.):

«...Земной шар в среднем стал теплее на 0,7–0,8 °С по сравнению с концом XIX века. Это значительная величина. Нужно добавить, что потепление произошло в основном после 1970-го года, хотя в 30–40-х годах тоже было потепление, которое особенно проявилось в Арктике....

Сейчас климат теплее, чем в любой момент времени за последние 3 тысячи лет. Кроме того, он очень быстро и неожиданно потеплел в течение нескольких десятилетий. Этот процесс продолжается, и по моим представлениям будет продолжаться, по крайней мере, лет пятьдесят....

Утверждения о том, что потепление связано с хозяйственной деятельностью человека имеют под собой основания. Однако, ошибкой является представление о том, что только человек ответственен за то, что происходит, значительную роль в потеплении играют и стихийные процессы на Солнце.

Тем не менее, важно бороться с парниковыми газами. Можно по-разному относиться к Киотскому протоколу, но ясно одно: необходимо садиться за стол переговоров, иначе очень скоро будет поздно. Ибо, если ты не сидишь за столом, то можешь оказаться в меню.

Перед нами стоит проблема: Природная катастрофа или устойчивое развитие? Будущее развитие России зависит от наших ответов на возникшие риски».

Важность проблемы подчеркивают и ученые Пулковской астрономической обсерватории, которые, кстати, так же, как и авторы книги, считают доказанным воздействие солнечной активности на целый ряд событий, включая глобальные изменения погоды и климата.

Термин «космическая погода», который употребляется в последние десятилетия, характеризует весь комплекс внешних по отношению к Земле *геоэффективных факторов*, основные из которых – изменения солнечного магнитного поля и грандиозные явления, вызванные этими изменениями.

Потоки высокоэнергичных частиц, образующихся в периоды солнечных вспышек и корональных выбросов массы, могут в краткосрочном аспекте нарушать радиосвязь, затруднять радионавигацию, приводить к сбоям энергоснабжения и повреждать оборудование космических аппаратов.

Кроме этого, эти потоки представляют опасность для космонавтов и даже для пассажиров авиарейсов, сказал директор обсерватории.

Солнечная активность модулирует поток галактических космических лучей, которые влияют на образование облачности Земли и ее отражательную способность к поступающему от Солнца потоку энергии, и может вызывать длительные тренды земного климата, иногда приводящие к крупным погодным аномалиям.

Своевременное отслеживание и прогнозирование изменения активности Солнца и вызванных ею земных явлений позволяют снижать экономические риски и выработать оптимальную стратегию для предотвращения природных катастроф.

Поэтому проект «Постоянного космического солнечного патруля» (ПКСП), разработанный в Роскосмосе, – чрезвычайно важен и будет реализован на базе орбитальных спутников в рамках Федеральной космической программы до 2015 года. Постоянный космический солнечный патруль призван обеспечить мониторинг изменений ионизирующего излучения Солнца в мягкой рентгеновской и крайней ультрафиолетовой области спектра.

И еще одно замечание. Сегодня среди «солидных» геологов господствует мнение, что уровень Мирового океана периодически понижался или повышался, в результате чего вода то покрывала значительные части материков, за исключением гор, то отступала вновь.

Такие глобальные наводнения называют талассократическими фазами развития Земли (от греч. *thalassa* – море и *kratos* – сила, мощь). Считается, что последнее такое наводнение произошло около 100 млн. лет назад, в эпоху динозавров.

Обнаруженные во внутриматериковых районах морские осадки того времени с характерными для них ископаемыми организмами свидетельствуют, что Северная Америка (от Мексиканского залива до Арктики) была затоплена морем. Африка разделялась на две части пересекавшим Сахару мелководным проливом. Таким образом, каждый материк сокращался до размеров крупного архипелага.

В середине 80-х в свет вышла примечательная книжка «Наше общее будущее» под редакцией тогдашнего премьер-министра Норвегии госпожи Гру Харлем Брундтланд.

Авторы статей, известные ученые, предрекали, что в начале XXI века из-за глобального потепления льды Гренландии и Антарктиды чуть не

наполовину растают и поднявшийся океан затопит несколько десятков мировых портовых городов и пару стран, например Голландию, да десяток-другой прибрежных плодородных или индустриальных низин, да еще несколько великих рек выйдут из берегов... (Правда, нужно иметь в виду, что сегодня и Санкт-Петербург, и, тем более, все голландское побережье защищены дамбами, которые способна противостоять подъему уровня Мирового океана на несколько метров).

Сегодня, выводы многих ученых менее оптимистичны. Последствия глобальных климатических изменений на планете стали необратимыми – к такому выводу пришли американские ученые по результатам исследования, проведенного по заказу министерства энергетики США. Специалисты выяснили, что даже если каким-то образом удастся прекратить выбросы углекислого газа, создающего парниковый эффект, средняя температура воздуха на Земле все равно сохранится на высоком уровне в течение многих лет. Ученые предупредили, что если рост выбросов углекислого газа в атмосферу продолжится, это приведет к сокращению количества осадков на юге Европы, в Северной Америке, некоторых частях Африки и Австралии. Все эти регионы и так уже страдают от засушливого климата. По словам исследователей, сейчас процесс глобального потепления отчасти замедляют океаны, поглощающие тепло. Однако это тепло все равно, в конце концов, вернется в атмосферу в результате испарения воды.

Трансформация климата Земли и экологические проблемы приведут в обозримой перспективе к появлению миллионов беженцев. Сегодня, по данным ООН, в мире насчитывается 25 миллионов людей, ставших беженцами вследствие экологических катастроф, и их число возрастает. Согласно прогнозу ООН, к 2050 году покинуть свои дома будут вынуждены до 200 миллионов человек. Им придется искать спасения от подъема уровня моря, наводнений и засухи, которые сделают невозможной жизнь на обширных территориях.

В ближайшие десятилетия глобальное потепление, нарастающий дефицит воды и сокращение сельскохозяйственных угодий станут решающим фактором миграции, констатируют участники конференции ООН. Миграционные потоки будут направляться по всему миру, что создаст реальную угрозу как глобальной безопасности, так и безопасности России, в особенности ее восточным регионам.

Чем же реально глобальное потепление (пусть и периодически повторяющееся – нам сегодня от этого не легче) грозит России?

4.4. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Как пишут в своем докладе «Изменение климата и национальная безопасность Российской Федерации» ведущие российские ученые Катцов В.М., Мелешко В.П. и Чичерин С.С.: «Глобальное потепление создает для Российской Федерации (РФ) – с учетом ее географического положения, особенностей экономического потенциала, демографических проблем и геополитических интересов, ситуацию, когда необходимы осознание национальных интересов в отношении изменения климата и связанных с этим угроз национальной безопасности, а также выработка соответствующей внутренней и внешней политики.

Игнорирование проблемы глобального изменения климата; бездействие, оправдываемое ссылками на ее недостаточную изученность, неблагоприятно и чревато серьезными рисками для устойчивого развития и безопасности страны».

Одним из ярких примеров трансформации научных проблем в политические является арктический регион, представляющий особый интерес для РФ, как и для многих других стран, в том числе находящихся за пределами Арктики.

В последние десятилетия наблюдаются достаточно быстрые изменения климата Арктики (еще большие изменения ожидаются в XXI в., подробнее об этом будет сказано ниже). Эти изменения могут радикально усугубить существующие или породить новые межгосударственные проблемы, связанные с поиском и добычей энергоносителей, использованием морских транспортных путей и биоресурсов, делимитацией континентального шельфа, состоянием окружающей среды, применением морского права и т.п., и стать фактором дестабилизации морской деятельности в этом регионе [Катцов, 2007].

Однозначная оценка последствий ожидаемого потепления для РФ (в целом, выгодно или вредно) в принципе невозможна, учитывая сложность взаимодействия разных факторов на ее огромной территории. Тем не менее, в докладе Н.Стерна [Stern, 2006] говорится, что для расположенных в высоких широтах Канады, РФ и Скандинавии потепление на 2-3°C явится, скорее, благоприятным фактором, благодаря повышению урожайности, снижению смертности от низких температур, сокращению отопительного периода и, возможно, роста туризма.

Необходимо провести всесторонний анализ возможностей и ресурсов адаптации страны к изменению климата, учесть имеющиеся результаты отечественных и зарубежных исследований и перестать обсуждать имеется ли или нет глобальное потепление, по крайней мере, на государственном уровне.

В последние десятилетия действительно наблюдается существенное изменение климата на Земле, связанное с глобальным потеплением. Глобальное изменение климата обуславливает рост количества и масштабности стихийных бедствий, оказывает существенное воздействие на условия жизнедеятельности населения и наносит значительный ущерб безопасности населения на территории России.

Достаточно сказать, что имевшие место на Земле в последнее десятилетие стихийные бедствия нанесли ущерб более чем в 800 млрд. долларов США и свыше 1 млрд. 200 млн. человек оказались их жертвами.

Учитывая общемировой характер проблемы глобального изменения климата, только за последний год она дважды обсуждается на самом высоком политическом уровне: на Генеральной ассамблее ООН в феврале 2008 года и на саммите Евросоюза в Брюсселе в марте 2008 года.

Подчеркивалось, что глобальное изменение климата может привести к геостратегическим переменам, появлению новых экономических интересов, связанных с борьбой за доступ и контроль над энергоресурсами в связи с возможным улучшением доступа к углеродным ресурсам в Арктике, к повышению вероятности серьезных потенциальных конфликтов на этой почве.

Наблюдающееся глобальное потепление на планете создает для России ситуацию, когда необходима оценка результатов возможных нетехногенных (а, возможно, и техногенных) катастроф и разработка программ комплексной безопасности территории и населения России, учитывающих эти явления.

Инструментальными наблюдениями установлено, что в XX веке и начале XXI века температура на территории России росла так быстро, как никогда ранее за последние 200 тысяч лет: среднегодовая температура, которая в течение многих тысячелетий находилась на отметке $\sim 15^{\circ}\text{C}$, с 1900 года поднялась практически больше чем на 1°C , в том числе на $0,5-0,6^{\circ}\text{C}$ только за последние 10 лет.

(Следует отметить, что наблюдаемые темпы роста средней температуры в северных широтах вдвое выше, чем в средних широтах).

Прогноз изменения климата, проведенный авторами, показывает, что наблюдаемый тренд в потеплении сохранится, по крайней мере, до 2060 гг. По нашим оценкам, среднегодовая температура воздуха в северных широтах к 2060 году может повыситься на 2-3 °С.

В работе Р.Х. Цаликова [Цаликов, 2008] представлены некоторые обобщенные данные по изменениям условий на территории России, произошедшим в течение XX века, связанным с глобальным потеплением на Земле.

Как указывает в своем докладе Р.Х. Цаликов, на первое место выходят последствия, связанные с отступлением вечной мерзлоты (которая занимает до 65 % площади страны). На вечной мерзлоте расположено множество городов и поселков Восточной и Западной Сибири, проложены нефте- и газопроводы, автомобильные и железные дороги, линии электропередач и коммуникаций.

В случае, если средняя температура воздуха увеличится на 4°С, то в районах вечной мерзлоты возникнут необратимые изменения.

В России общая площадь районов распространения вечной мерзлоты равна ~10,7 млн. км², что составляет около 63% территории страны (см. рис.). В районах распространения вечной мерзлоты на территории РФ сосредоточено более 80% разведанных запасов нефти, около 70% – природного газа, огромные залежи каменного угля и торфа, создана разветвленная инфраструктура объектов ТЭК.

Как описывается в работах [Анисимов, 1997, 1999, 2008], на протяжении двадцатого столетия наблюдался рост температуры верхних слоев многолетнемерзлых грунтов и увеличение глубины сезонного протаивания, причем в последние три десятилетия эти процессы ускорились. С начала 1970-х годов температура мерзлых грунтов повысилась на 1-1,5 °С в центральной Якутии и до 1,0 °С в Западной Сибири, при том, что температура воздуха увеличилась на 1,0-2,5 °С.

(Эти изменения, несомненно, обусловлены глобальными процессами, поскольку на севере Аляски также происходило потепление, причем намного более сильное [Osterkamp, 1999]. С начала XX столетия до 1980-х годов температура верхнего горизонта мерзлых пород там увеличилась на 2-4 °С, а в последующие 20 лет до 2002 года еще в среднем на 3 °С. На северо-западе Канады [Majorowicz, 1997] верхний слой вечной мерзлоты за последние два десятилетия стал теплее на 2 °С.



Зоны вечной мерзлоты (темные) [Анисимов, 2008]

В особенности большой интерес представляют данные «аномальных» областей, где на фоне глобального климатического потепления продолжительное время преобладали тенденции похолодания. К таковым относится северо-восток Канады. Примечательно, что с середины 1990-х годов и в этой области температура верхнего слоя мерзлых пород увеличилась почти на 2°C , что подтверждает точку зрения, согласно которой происходящие изменения обусловлены глобальным потеплением).

Уже в настоящее время в Западной Сибири отмечается интенсивное оттаивание мерзлых пород (до 4 см/год). Оттаивание мерзлых пород приведет к росту числа нетехногенных и чрезвычайных техногенных ситуаций из-за обрушения зданий и сооружений, повреждения коммуникаций.

При увеличении среднегодовой температуры воздуха на 2°C , несущая способность свайных фундаментов сократится на 50% и угрозе разрушения может подвергнуться более четверти стандартных жилых домов, построенных в 1950–1970 гг., в таких городах как Якутск, Воркута и Тикси.

Риск для объектов инфраструктуры особенно велик там, где мерзлый грунт содержит большое количество льда. К таким районам относятся значительная часть долины реки Лены, Западно-Сибирская равнина, Чукотка и большая часть островных территорий севера европейской части страны,

на которых находятся крупные нефтегазовые комплексы, линии электропередач, Билибинская АЭС.

По оценкам [Цаликов 2008] ожидается, что к 2060 г. зона вечной мерзлоты сдвинется на 150–200 км, что подтверждается результатами анализа продвижения лесов на север на территории России и Канады [Либин 2007].

Уже сегодня в Западной Сибири из-за «деградации» вечной мерзлоты ежегодно происходит около 35 тысяч отказов и аварий нефте- и газопроводов, связанных в значительной степени с потерей устойчивости фундаментов и деформацией опор, с разрывами трубопроводов.

При этом, таяние вечной мерзлоты приведет к оползням на оттаивающих склонах и медленному течению талого грунта, а также к значительным провалам за счет уплотнения грунта и его выноса с тальми водами.

Как пишет в своей работе Р.Х.Цаликов: «Очевидно, станут непригодными для использования действующие сегодня вертолетные площадки и полевые аэродромы, которые необходимы для доставки в северные районы продуктов питания, почты, ГСМ, других товаров, оказания медицинской помощи и спасения людей.

Подготовка транспортной инфраструктуры северных территорий в новых климатических условиях становится очень актуальной задачей.

Значительными неприятностями грозит разрушение стенок подземных хранилищ. Десятки лет на северных территориях шла добыча полезных ископаемых – нефти, газа, металлов.

Огромные количества сырой нефти «потерялись» при авариях и протечках на нефтепроводах, но не распределились в почве, а остались в земле, скованные вечной мерзлотой. При таянии мерзлоты новые биоценозы могут быть отравлены нефтью.

Такие ситуации принято называть «химическими временными бомбами», имея в виду отсроченный характер вредного воздействия. Эти «бомбы» могут иметь и «металлическую» природу: в отходах и отвалах горнодобывающих производств на вечной мерзлоте содержатся огромные количества вредных для всего живого тяжелых металлов.

На Севере уже пришлось столкнуться с проблемой, когда в поверхностные воды стали попадать размываемые в оттепель сельскохозяйственные удобрения и ядохимикаты.

Особую опасность представляет ослабление вечной мерзлоты на Новой Земле в зонах расположения хранилищ радиоактивных отходов и на полуострове Ямал в районе перспективной нефтедобычи.

Существует еще одна проблема, обнаруженная авторами при исследовании количества осадков, выпавших на Земле на протяжении последних 80 лет [Perez-Peraza 2005, Либин 2007]. Согласно результатам, полученным авторами, глобальное потепление обусловит рост среднегодового количества осадков на территории России в холодный период в среднем на 6-7 % больше, чем в настоящее время, а на территории Мексики на 3% больше, чем в настоящее время [Perez-Peraza 2008].

Вследствие прогнозируемого изменения температуры и осадков уже к 2050 году ожидается значительное увеличение годового стока рек в северных районах и уровней озер [Perez-Peraza 2008].

Поэтому, важным последствием изменений климата для северных территорий России станут проблемы, связанные с наводнениями и паводками, которые из всех стихийных бедствий сегодня занимают первое место по суммарному среднегодовому ущербу. Увеличение осадков и стока создаст серьезные проблемы по защите населения и территорий от наводнений.

Такие наводнения уже наблюдались в последние годы. Среди них необычные наводнения, в результате которых в мае 2001 года город Ленск был почти полностью уничтожен; частичное затопление летом 2002 года несколько крупных европейских городов; небывалые ранее как по величине, так и по продолжительности наводнения, зафиксированные летом 2003 года в Западной Европе.

Как показано в работе [Цаликов 2008], в связи с глобальным потеплением возникает серьезная проблема, обусловленная таянием арктических льдов. «На ледовых картах мореплавателей XIX века показано, что в 1890 году сплошные арктические льды закрывали все Баренцево море и, перекрывая пролив Фрама, тянулись до побережья Исландии.

На спутниковой фотографии того же района, сделанной в 2003 году, видно, что открытые воды достигают архипелага Шпицберген, а в Баренцевом море простираются вплоть до побережья Новой Земли».

Это означает, что за последние 100 лет ледовое покрытие в этой части Арктики уменьшилось почти на треть. Те же спутниковые фотографии со всей неопровержимостью показывают, что покров арктических льдов с 1979 по 2003 год сократился на 25%...

Расчеты показывают, что к 2050 году северный морской путь будет открыт 100 дней в году, вместо 20, как сегодня, а к 2070 году Земля может практически полностью лишиться северной ледяной шапки.

Это делает актуальным и значимым для нашего государства не только расширение масштабов судоходства в северных широтах, увеличения количества судов российского северного флота, но и крайне важной становится задача обеспечения безопасности на воде в этих районах.

«Беспрецедентная скорость, с которой тают арктические льды, может поставить под угрозу выживание коренных народов северных территорий, привести к затоплению больших площадей, исчезновению отдельных биологических видов, к разрушению инфраструктуры населенных пунктов, в то же время позволит открыть новый путь между Азией и Европой, облегчить доступ к топливным ресурсам на шельфе морей Северного Ледовитого океана».



В Арктике практически исчез старый лед...

4.5. КОЛЕБАНИЯ КЛИМАТА – ЭТО РЕАЛЬНОСТЬ

Человек конечно «постарался со своей техногенной активностью», но пока еще не нанес суперсерьезного вреда природе и если не совершать

ничего сверхъестественного, то природа справится и с последствиями деятельности человека.

Просто, у Солнца существует циклы, которые и влияют на климат. Нам повезло, и мы оказались свидетелями его очень интенсивной фазы.

Сегодня намного меньше на севере нужны ледоколы, которые еще тридцать лет назад были основой северной навигации и экономики.

И человек здесь совершенно ни при чем. Природа явление саморегулирующее, если, конечно, ее не слишком добивать.

Солнце во всех этих процессах является решающим игроком и задаст нам множество новых загадок.

Несомненно, одно: еще какое-то время мы будем наблюдать и рост температуры, и повышение уровня озер и морей, и рост количества осадков...

Ждет ли нас очередной Всемирный потоп? Окончательного ответа не дает ни одна из существующих сегодня теорий.

Но, как пишет журналист Андрей Заволкин:

«В библейском житии Ноя сказано, что Бог оставил патриарху завет, что больше никогда все живое на Земле не будет истреблено Потопом.

О том же, что нас больше никогда не подмочит, – такого завета не было».

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов М.А.** Структурные и циклические закономерности в природе, обществе, искусстве: Учеб. пособие. Саратов: СГТУ, 2001. 94 с.
- Абузяров З.К.** Технология прогноза тенденций изменения уровня Каспийского моря на перспективу 6 и 18 лет. Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб.: Гидрометеоздат, 2003. с. 351–363.
- Авдюшин С.И., Данилов А.Д.** Солнце, погода и климат: сегодняшний взгляд на проблему (обзор). Геомагнетизм и аэрономия. 2000. т. 40. № 5. с. 3-14.
- Адлер Ю.П., Хунузиди Е.И., Шпер В.Л.** Методы постоянного совершенствования сквозь призму цикла Шухарта-Деминга. Методы менеджмента качества. 2005. № 3. с. 29-36
- Айрапетян М.С.** Актуальные проблемы теории экономических циклов. ТЭК. 2003. № 1. с. 147-151.
- Акасофу С.И., Чепмен С.** Солнечно-земная физика. М.: Мир. 1975. 509 с.
- Алексеев Г.В.** Изменение климата Арктики в XX столетии. Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий. М.: Наука, 2006
- Анисимов О.А., Нельсон Ф.Э., Павлов А.В.** Прогнозные сценарии эволюции криолитозоны при глобальных изменениях климата в XXI веке. Криосфера Земли, № 4. 1999. с. 15-25.
- Анисимов О.А., Белолуцкая М.А.** Оценка влияния изменения климата и деградации вечной мерзлоты на инфраструктуру в северных регионах России. - Метеорология и гидрология, 2002, № 6, с. 15-22.
- Анисимов О., Лавров С.** Глобальное потепление и таяние вечной мерзлоты: оценка рисков для производственных объектов ТЭК РФ. 2008. <http://www.bestreferat.ru/referat-3089.html>
- Ариэль Н.Э., Шахмейстер В.А., Мурашова А.В.** Спектральный анализ характеристик энергообмена океан-атмосфера. Метеорология и Гидрология. 1986. № 2. с. 49-53.
- Артеха С.Н., Гольбрайх Е., Ерохин Н.С.** О роли электромагнитных взаимодействий в динамике мощных атмосферных вихрей. Вопросы атомной науки и техники. 2003. № 4. с. 94-99.
- Артеха С.Н., Ерохин Н.С.** Электромагнитные силы и вихревые процессы в атмосфере. Международная конференция МСС-04 «Трансформа-

ция волн, когерентные структуры и турбулентность». Сборник трудов. М.: Рохос. 2004. с. 326-332.

Артеха С.Н., Ерохин Н.С. О связи крупномасштабных вихревых атмосферных процессов с электромагнитными явлениями. Электромагнитные явления. 2005. т. 5. № 1 (14). с. 2-19.

Анализ изменений климата и их последствий: Сборник научных трудов. Обнинск, 2007. 331 с.

Андерсен Н. Статистический анализ временных рядов. Мир. 1976. 492 с.

Аникеев В.В., Чяснавичус Ю.К. Экологическая безопасность как условие устойчивого развития северных регионов России. Материалы научно-практической конференции «Обеспечение комплексной безопасности северных регионов Российской Федерации» 22 апреля 2008 года. М.: НЦУКС МЧС России. 2008. с. 75-96.

Бабич С.В., Боков В.Н., Лопатухин Л.И., Рожков В.А., Шатов Б.Н., Трапезников Ю.А. Вероятностный анализ и моделирование синоптической, сезонной и межгодовой изменчивости ветра и волнения. В кн.: Вероятностный анализ и моделирование океанологических процессов. Л.: Гидрометеиздат. 1984. с.43-79.

Бабкин В.И. Многолетние колебания стока Волги, Оки, Дона, Днепра и методы его прогноза. Изв. РАН, серия географическая. Вып. 3. 2008

Бабкин А.В. Увлажнение областей внутреннего стока Евразии (на примере бассейнов Аральского моря, Каспийского моря и озера Балхаш). Автореферат диссертации д-ра геогр. наук. СПб.: Изд-во Лема, 2005. 41 с.

Бабкин В.И., Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Колебания стока Оби, Енисея и Лены и динамика циркуляции атмосферы в Северном полушарии. Метеорология и гидрология. 2004. № 1. с. 74-80.

Бушуев В.В., Голубев С.В., Плужников В.Б. Нефть и циклы солнечной активности. Энергетическая политика. 2002. Вып. 1. с. 53-56.

Башкирцев В.С., Машнич Г.П. Ожидает ли нас глобальное потепление в ближайшие годы? Геомагнетизм и аэрономия. 2003. М.: т. 43. № 1. с. 131-135.

Башкирцев В.С., Машнич Г.П. Солнечная переменность и климат Земли. В кн.: Магнитные поля и трехмерная структура солнечной атмосферы. Иркутск. 2003. с. 33.

Башкирцев В.С., Машнич Г.П. Переменность Солнца и климат Земли. Солнечно-земная физика. Вып. 6 (119). Новосибирск, 2004. с. 135-137.

- Башкирцев В.С., Машнич Г.П.** Солнечная активность и прогноз климата Земли. В кн.: Солнечно-земная физика. Тезисы докладов Международной конференции. Иркутск, 2004. с. 66-67.
- Башкирцев В.С., Машнич Г.П.** Вариации солнечной активности и изменения климата Земли. В кн.: Солнце: активное и переменное. Тезисы доклада Всероссийской конф. (п. Научный, Крым, 2-8 сентября 2007 г.) . 2007.
- Башкирцев В.С., Машнич Г.П.** Солнце и прогноз климата Земли. В кн.: Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток. 2007. с. 13-19.
- Башмаков И.А.** Низкоуглеродная Россия: 2050 год. М.: Центр по эффективному использованию энергии.. 2009. 197 с.
- Белов А.В., Асипенка А., Дрынь Е.А., Ерошенко Е.А., Крякунова О.Н., Оленева В.А., Янке В.Г.** Поведение векторной анизотропии космических лучей вблизи межпланетных ударных волн. Известия РАН. Серия физическая. т. 73, № 3, Март 2009. с. 348-350.
- Белов А.В., Гущина Р.Т., Обридко В.Н., Шельтинг Б.Д., Янке В.Г.** О возможности прогноза долгопериодных вариаций космических лучей на основе различных индексов солнечной активности. Труды Всероссийской конференции «Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности», 10-15 октября 2005, Троицк. ИЗМИРАН. 2005. <http://helios.izmiran.rssi.ru/Solter/prog2005/prog/abstracts.htm>
- Бендат Дж., Пирсол А.** Применения корреляционного и спектрального анализа. М.: Наука. 2008. 360 с.
- Берг Л.С.** Основы климатологии. Л., 1938.
- Биелекова М.** Статистический анализ 11-летних и 80-летних солнечных циклов. Астрономический журнал. 1984. т. 61. № 1. с. 163-169.
- Бирман Б.А.** Основные погодно-климатические особенности Северного полушария Земли: аналитический обзор. Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ. М., 2007. 44 с.
- Бочкарева Е.Г., Романов Л.Н.** Прогноз опасных ветров и осадков с помощью метода плоских вращений для территории Западной Сибири. М.: Метеорология и гидрология. 2007. № 8. с. 5-16.
- Браулов К.А., Голяндина Н.Э., Некруткин В.В., Солнцев В.Н.** Метод «Гусеница», его возможности и некоторые направления исследований. Многомерный статистический анализ и вероятностное моде-

лирование реальных процессов. Тезисы доклада Международной Юбилейной сессии научного семинара. Под ред. С.А. Айвазяна. М.: ЦЭМИ РАН. 1999. с. 45-47.

Васильев С.С., Дергачев В.А. Солнечная активность за прошедшие 10 тысяч лет по данным о космогенных изотопах. Известия РАН. Серия физическая. т. 73, № 3, Март 2009. с. 396-398.

Вакуленко Н.В., Монин А.С., Сонечкин Д.М. Об определяющей роли амплитудной модуляции прецессионных циклов в чередовании ледниковых эпох позднего плейстоцена. Доклады Академии наук. 2003. т. 391, № 6. с. 817-820.

Веселовский И.С., Персианцев И.Г., Доленко С.А., Шугай Ю.С. Исследование связи между корональными дырами на Солнце, коротирующими высокоскоростными потоками солнечного ветра и рекуррентными геомагнитными возмущениями на фазе спада солнечного цикла. Физическая природа солнечной активности и прогнозирование ее геофизических проявлений. 2-7 июля 2007. Санкт-Петербург, ГАО РАН, Пулковое. 2007, с. 375-376.

Веретененко С.В., Дергачев В.А., Дмитриев П.Б. Долгопериодные эффекты солнечной активности в интенсивности циклонических процессов в умеренных широтах. Труды Всероссийской конференции «Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности». 10-15 октября 2005. Троицк. ИЗМИРАН. 2005. <http://helios.izmiran.rssi.ru/Solter/prog2005/prog/abstracts.htm>

Визе В.Ю. Колебание гидрологических элементов, в частности колебание уровня воды в оз. Виктория, в связи с общей циркуляцией атмосферы и солнечной деятельностью. Изв. ГГИ. № 13. 1925.

Витинский Ю.И. Солнечная активность. М.: Наука. 1983. 192 с.

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

Витинский Ю.И., Оль А.И., Сазонов Б.И. Солнце и атмосфера Земли. Л.: Гидрометеиздат. 1976. 351 с.

Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. Л.: Наука. 1986. 296 с.

Вишневский В.В., Рагульская М.В., Файнзильберг Л.С. Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2003, № 3, стр. 3- 12

- Войсковский М.И., Гусев А.А., Лазарев А.А., Панков В.М., Пугачева Г.И.** Связь тропического циклогенеза с солнечной и магнитосферной активностью. ИКИ РАН. Астрофизика и Космофизика, УДК 521(06). 2006.
- Войтковский К.Ф.** Основы гляциологии. М.: Наука. 1999. 240 с.
- Вольфендейл А., Дялан Д., Ерлыкин А.Д., Кудела К., Слоан Т.** О природе корреляции между интенсивностью космических лучей и облачностью. Известия РАН. Серия физическая. т. 73. № 3. Март 2009. с. 408-411.
- Воропинова Е.Н., Киселев В.В.** Экономические циклы. Циклы природы и общества: Мат. IX Международной конференции. Ставрополь, 25-28 сент. 2001 г. Ставрополь: Изд-во Ставроп. ин-та им. В.Д. Чурсина, 2001. с. 198-201.
- Глокова Е.С.** Некоторые данные о влиянии на вариации космических лучей цикла солнечной активности. Тр. НИИЗМ. 1952. № 8. с. 59-70.
- Герман Дж., Голдберг Р.** Солнце, погода и климат. Л.: Гидрометеиздат. 1981. 320 с.
- Гневышев М.Н.** Корона и 11-летний цикл солнечной деятельности. Астроном. Журнал. 1963. т. 40. № 3. с. 401-412.
- Голяндина Н.Э., Солнцев В.Н., Филагова Т.Н., Яни А.Э.** Исследование периодических компонент в динамике гидрологических показателей. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница». Под редакцией Д.Л. Данилова и А.А. Жиглявского. Санкт-Петербургский университет. 1997.
- Грицевич И.Г., Кокорин А.О., Юлкин М.А.** Бизнес и климат. М.: ЮНЭП. 2005. 32 с.
- Грицевич И.Г., Гарнак А., Кокорин А.О., Сафонов Г.В.** Экономическое развитие и решение проблемы изменения климата. Датское энергетическое агентство, Москва. 2008. 32 с.
- Гулинский О.В., Гущина Р.Т., Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М.** Моделирование механизма воздействия гелиофизических параметров на атмосферные процессы. Космические лучи. №26. 1992. М.: Наука. с. 98-106.
- Гулинский О.В., Блох Я.Л., Либин И.Я., Дорман Л.И., Клепач Е.Г., Микалаюнас М.М., Цевелев М.А., Чувильгин Л.Г., Юдахин К.Ф., Юдахин Ф.Н., Янке В.Г.** Комплекс мюонных телескопов для гео-

физических и космофизических исследований. Космические лучи. № 26. 1992. М.: Наука. с. 98-106.

- Гулинский О.В., Белашов В.Ю., Кац М.Е., Либин И.Я., Отаола Хавьер, Носов С.Ф., Прилуцкий Р.Е., Перес-Пераса Х.А., Стеглик Милан, Юдахин К.Ф.** Спектральный анализ мелкомасштабных флуктуаций космических лучей по наземным наблюдениям. Космические лучи № 24. 1987. М.: Наука. с. 63-87.
- Гулинский О.В., Либин И.Я., Старков Ф.А., Ситнов А.М., Хамирзов Х.М., Чеченов А.А., Шоя Л.Д., Юдахин К.Ф.** Совместный анализ данных регистрации общей, мюонной и нейтронной компонент интенсивности космических лучей. 7 мая 1978 г. Космические лучи. № 23. 1983. М.: Радио и Связь. с. 20-25.
- Гущина Р.Т., Белов А.В., Обридко В.Н., Шельтинг Б.Д.** О роли характеристик магнитных полей Солнца в долговременной модуляции галактических космических лучей. Известия РАН. Серия физическая. т. 73, № 3. Март 2009. с. 351-353.
- Гущина Р.Т., Дорман Л.И.** Гелиоширотный индекс солнечной активности HL и 11-летние вариации космических лучей. Изв. АН СССР. 1970. т. 34. № 11. с. 2426-2433.
- Гущина Р.Т.** Связь различных индексов солнечной активности с долговременными изменениями космических лучей. Геомагнетизм и аэронавигация. 1983. т. 23. № 3. с. 378-381.
- Гущина Р.Т., Дорман И.В., Дорман Л.И., Пименов И.А.** Воздействие солнечной активности на электромагнитные условия в межпланетном пространстве по данным о модуляционных эффектах космических лучей. Изв. АН СССР. Сер. физ., 1968. т. 32. № 11. с. 1924-1928.
- Гущина Р.Т., Дорман Л.И., Илгач С.Ф., Каминер Н.С., Пименов И.А.** Индекс солнечной активности HL и годовые вариации космических лучей. Изв АН СССР. Сер. физ., 1970. т. 34. № 11. с. 2434-2438.
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В.** Крупномасштабные колебания циркуляции атмосферы в Южном полушарии и их влияние на изменение климата некоторых регионов земного шара в XX веке. М.: Метеорология и гидрология, 2007 г. № 7. с. 5-17.
- Данилов Д.Л., Солнцев В.Н.** О методах типа «Гусеница». Основные идеи и способы реализации. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница». Под ред. Д.Л. Данилова и А.А. Жиглявского. СПб.: Изд. дом «ПРЕССКОМ». 1997. с. 48-72.

- Дедов Л.А.** О некоторых причинах цикличности экономических процессов. Вопросы статистики. 2002. № 5. с. 65-67.
- Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.** Вариации потока СКЛ на орбите Земли и их связь с солнечной активностью в течение 22 и 23 солнечных циклов. Известия РАН. Серия физическая. т. 73, № 3. Март 2009. с. 304-307.
- Дергачев В.А.** Космогенные радионуклиды ^{14}C и ^{10}Be : солнечная активность и климат. Известия РАН. Серия физическая. т. 73. № 3. Март 2009. с. 399-401.
- Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.** Периодические вариации космических лучей по данным наземных мониторов с 1953 по 2004 гг. Труды Всероссийской конференции «Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности». 10-15 октября 2005. Троицк. ИЗМИРАН. 2005. <http://helios.izmiran.rssi.ru/Solter/prog2005/prog/abstracts.htm>
- Дергачев В.А.** Воздействие солнечной активности на климат. Известия РАН. Серия физическая. 2006. т. 70. № 10. с. 1544–1548.
- Дергачев В.А., Распопов О.М.** Долговременные процессы на Солнце, определяющие тенденции изменения солнечного излучения и поверхностной земной температуры. Геомагнетизм и аэрономия. 2000. т. 40. № 3. с. 9–14.
- Джанишвили Т.В., Рогава О.Г., Шаташвили Л.Х., Шафер Г.В.** Квазидвухлетние вариации галактических космических лучей. Геомагнетизм и аэрономия. 1984. т. 24. № 4. с. 660-682.
- Джанишвили Т.В., Рогава О.Г., Шаташвили Л.Х., Шафер Г.В.** Квазидвухлетние вариации галактических космических лучей, геомагнитной активности, температуры и давления атмосферы Земли. Труды Института геофизики АН Грузии. 1985. т. 53. с. 94-100.
- Дженкинс Г., Ватс Д.** Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир. 1972. т. 1, 2. 600 с.
- Джилберт Э., Котгерелл М.** Тайны Майя. М.: Издательство «ВЕЧЕ». 2000. ISBN: 5-7838-0508-4.
- Дзюба А.В., Панин Г.Н.** Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошедшем и текущем столетиях. М: Метеорология и гидрология. 2007. № 5. с. 5-27.
- Дмитриев А.А.** Физические основы солнечно-земных связей. В кн.: Физические основы измерения современного климата. М.: Наука. 1980. с. 15-25.

- Догановский А.М.** Циклические колебания озерных уровней в последнем столетии. География и природные ресурсы. СОАН СССР. 1982. № 3. с. 152-156.
- Догановский А.М.** Закономерности колебаний уровней озер и их влияние на основные элементы режима водоемов. Труды V Всесоюзного гидрологического съезда. Л. Гидрометеиздат. 1990. Том 8.
- Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф.** Вариации космофизических и геофизических параметров в 18-21 циклах солнечной активности. Геомагнетизм и аэрономия. 1987. т. 27. № 3. с. 483-485.
- Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф.** Связь космофизических и геофизических параметров в 19-20 циклах солнечной активности. Геомагнетизм и аэрономия. 1987. т. 27. № 2. с. 303-305.
- Дорман Л.И.** Солнце и галактические космические лучи. 1982. т. 137.
- Дорман Л.И.** Вариации космических лучей и солнечно-земные связи. Гагарец. 2005. 2 с.
- Дорман Л.И., Либин И.Я.** Короткопериодические вариации интенсивности космических лучей. Успехи физических наук. 1985. т. 145. Вып. 3. с. 403-440.
- Дорман Л.И., Дорман И.В., Блох Я.Л., Либин И.Я.** Высотные измерения интенсивности мягкой и жесткой компонент космических лучей. Изв. АН СССР. Сер. физ. т. 38. № 9. 1974. с. 1974-1977.
- Дорман Л.И., Дорман И.В., Коротков В.К., Либин И.Я.** Экспедиционные исследования кратных нейтронов бесвинцового монитора и их возможные приложения. Изв. АН СССР. Сер. физ. т. 48. № 11. 1984. с. 2123-2125.
- Дорман Л.И., Козин И.Д.** Исследование гистерезисных явлений, флуктуаций, барометрических и ионосферных эффектов в космических лучах. Изв. АН СССР. 1978. т. 42. № 7. с. 1501-1506.
- Дорман Л.И.** Экспериментальные и теоретические основы астрофизики космических лучей. М.: Наука. 1975. 462 с.
- Дорман Л.И.** Модуляция космических лучей в межпланетном пространстве. В кн.: Космические лучи. № 8. М.: Наука. 1967. с. 305-320.
- Дорман Л.И., Лузов А.А., Мамрукова В.П.** Крупномасштабная структура межпланетного магнитного поля по данным годовых вариаций интенсивности космических лучей в течение цикла солнечной активности. В кн.: Космические лучи. № 11. М.: Наука. 1969. с. 5-22.

- Дорман Л.И., Солимен М.А.** О связи солнечных пятен по классификации Вальдмайера с вариациями космических лучей. Геомagnetизм и Аэрономия. т. 20. № 3. с. 371-376.
- Дорман Л.И., Птускин В.С.** Ожидаемые колебания гелиосферы и долгопериодические вариации космических лучей. Труды XI Ленинградского семинара по космофизике. Ленинград: АН ССР, ФТИ им. Иоффе. 1979. с. 367-378.
- Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М.** О возможности воздействия космических факторов на погоду: Космические факторы и штормистость. Regionne Hidrometeorologia. Vilnius. 1986.
- Дорман Л.И., Козин И.Д., Сацук В.В., Серегина Н.Г., Чурунова Л.Ф.** Исследование гистерезисных явлений, флуктуаций барометрических и ионосферных эффектов в космических лучах. Изв. АН СССР. Сер. физ. 1978. т. 42. № 7. с. 1501-1506.
- Дорман Л.И., Каминер Н.С., Кузьмичева А.Н., Либин И.Я., Мымрина Н.В.** Геомagnetизм и аэрономия. 1985. т. 25. № 6. с. 1000-1002.
- Дорман Л.И., Либин И.Я., Юдахин К.Ф.** Возможная интерпретация изменения формы спектра мощности флуктуаций космических лучей перед возмущениями межпланетной среды. Геомagnetизм и аэрономия. 1986. т. 26. № 2. с. 204-208.
- Драган Я.П., Рожков В.А., Яворский Н.Н.** Применение методов теории периодически коррелированных случайных процессов для вероятностного анализа океанологических временных рядов. В кн.: Вероятностный анализ и моделирование океанологических временных рядов. Л.: Гидрометеиздат. 1984. с. 4-23.
- Додсон Е.В., Хедеман Е.Р.** Крупномасштабная структура солнечной активности и ее временные и пространственные изменения. В кн.: Наблюдения и прогноз солнечной активности. М.: Мир. 1976. с. 9-19.
- Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И.** Влияние космических лучей и космической пыли на атмосферу и климат Земли. Известия РАН. Серия физическая. т. 73. № 3. Март 2009. с. 434-436.
- Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И., Рубцова О.А., Васильева Л.А.** Влияние гелиофизических возмущений на термобарические и климатические характеристики тропосферы Земли. Космические исследования. т. 46, № 4. Июль-Август 2008. с. 368-377.

- Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И.** Радиационный баланс атмосферы и климатические проявления солнечной переменности. Оптика атмосферы и океана. 2004. т. 17. № 12. с.1003–1017.
- Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И., Рубцова О.А.** Модель воздействия солнечной активности на климатические характеристики тропосферы Земли. Оптика атмосферы и океана. 2005. т. 18. № 12. с. 1042-1050.
- Жвирблис В.Е.** Космофизические истоки дисимметрии живых систем. Принципы симметрии и системности в химии. М.: 1987. с. 87.
- Зверяев И.И.** Климатология и долгопериодная изменчивость годового хода температуры воздуха над Европой. М.: Метеорология и гидрология. 2007. № 7. с. 5-17., с. 18-24.
- Зильс В., Митрикас В.Г., Петров В.М., Охлопков В.П., Чарахчян Т.Н.** Квазипериодические вариации в проявлениях солнечной активности. Космические исследования. 1987. т. 25. № 2. с. 325-328.
- Иванов-Холодный Г.С., Чертопруд В.Е.** Связь между квазидвухлетними вариациями в процессах на Солнце и Земле. Труды Всероссийской конференции «Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности», 10-15 октября 2005. Троицк. ИЗМИРАН. 2005. <http://helios.izmiran.rssi.ru/Solter/prog2005/prog/abstracts.htm>
- Иванов В.В.** Периодические колебания погоды и климата. УФН. 2002. т. 172. № 7. с. 777-811.
- Ивашенко Ю.В.** Цикличность глобальных кризисов в развитии России и их природа. Циклы природы и общества: Матер. IX Международной конференции. Ставрополь. 25-28 сент. 2001. Ставрополь: Изд-во Ставроп. ин-та им. В.Д. Чурсина. 2001. с. 148-149.
- Изменение климата: смягчение последствий изменения климата. Межправительственная группа экспертов по изменению климата. Кембридж, 2007. 123 с. ISBN 92-9169-421-5.
- Изменение климата, 2007 год: последствия, адаптация и уязвимость. Межправительственная группа экспертов по изменению климата. Кембридж, 2007. 124 с. ISBN 92-9169-421-5.
- Израэль Ю.А., Семенов С.М., Анисимов О.А. и др.** Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад Рабочей группы. М.: Метеорология и гидрология. 2007. № 9. с. 5-13.

- Ишков В.Н., Шибяев И.Г.** Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования. Труды Всероссийской конференции «Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности». 10-15 октября 2005. Троицк. ИЗМИРАН. 2005. <http://helios.izmiran.rssi.ru/Solter/prog2005/prog/abstracts.htm>
- Ишков В.Н.** Солнце в августе-сентябре 2004 г. Земля и Вселенная. 2005. № 1. с. 19-20.
- Калашников Б.Г., Морошкин Ю.В., Скопинцев В.А.** Оценка сезонных циклов аварийности в электроэнергетических системах. Электричество. 2002. № 7. с. 2-8.
- Касаткина Е.А., Шумилов О.И., Распопов О.М. и др.** Предсказание температурных изменений вызванных солнечной активностью до 2040 г. Геомагнетизм и аэрономия. 2001. т. 41. № 2. с. 263-266.
- Катцов В.М., Вавулин С.В., Говоркова В.А., Павлова Т.В.** Сценарии изменения климата Арктики в 21-м веке. Метеорология и гидрология. № 10. 2003. с. 5-19.
- Катцов В.М., Алексеев Г.В., Павлова Т.В. и др.** Моделирование эволюции ледяного покрова Мирового океана в 20-м и 21-м веках. Известия РАН: Физика атмосферы и океана. т. 43. № 2. 2007.
- Качанов С.А., Козлов К.А.** Проблемы мониторинга и прогноза чрезвычайных ситуаций в районах Арктики и Крайнего Севера Российской Федерации. Материалы научно-практической конференции «Обеспечение комплексной безопасности северных регионов Российской Федерации», 22 апреля 2008 года. М.: НЦУКС МЧС России. 2008. с. 140-154.
- Кей С.М., Марпл С.Л.** Современные методы спектрального анализа. ТИИЭР. 1981. т. 69. № 11. с. 5-48.
- Клинов В.Г.** Воздействие США на формирование длинных экономических циклов. США и Канада: экономика, политика, культура. 2002. № 2. с. 33-49.
- Клинов В.Г.** Научно-технический прогресс и большие циклы конъюнктуры мирового рынка. Проблемы прогнозирования. 2003. № 1. с. 118-135.
- Константиновская Л.В.** Классификационная шкала солнечных циклов и глобальных катастроф. Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2001. № 5. с. 86-88.

- Константиновская Л.В.** Современный цикл солнечной активности и глобальные катастрофы. Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сб. научных трудов. Вып.2. М.: РУДН. 2001. с. 51-55.
- Кондратьев К.Я., Никольский Г.А.** Воздействия солнечной активности на структурные компоненты Земли. 1. Метеорологические условия. В кн.: Исследование Земли из космоса. 2005. № 3. с. 1-10.
- Кочаров Г.Е., Огурцов М.Г.** Генерация солнечных протонов за последние 415 лет на основании данных о концентрации нитратов в полярных льдах. Изв. РАН. Сер. физ. 1999. т. 63. № 8. с. 16-19.
- Крымский Г.Ф., Кривошапкин П.А., Герасимова С.К. и др.** Энергетические характеристики анизотропии галактических космических лучей. Изв. РАН. Серия физ. 2003. т. 67, № 4. с. 492-495.
- Кудрявцев И.В., Юнгнер Х.** К вопросу о возможном механизме влияния космических лучей на формирование облачности на малых высотах. Геомагнетизм и аэрономия. 2005. т. 45. № 5. с. 682-689.
- Кулешова В.П., Пулинец С.А.** Частота появления тяжелых травм в периоды планетарных магнитных бурь. Биофизика, т. 46, вып. 5. 2001. с. 927-929.
- Кулешова В.П., Пулинец С.А., Сазанова Е.А., Харченко А.М.** Биотропные эффекты геомагнитных бурь и их сезонные закономерности. Биофизика. т. 46, вып. 5. 2001. с. 930-935.
- Коваленко В.А.** Солнечный ветер. М.: Наука. 1983. 272.
- Кондратьев К.Я.** Глобальные изменения климата: данные наблюдений и результаты численного моделирования. Исследование Земли из космоса. 2004. № 2. с. 61-96.
- Кондратьев К.Я., Никольский Г.А.** Солнечная активность и климат. 1. Данные наблюдений. Конденсационная и озонная гипотезы. Исслед. Земли из космоса. № 5. 1995. с. 3-17.
- Кондратьев К.Я., Никольский Г.А.** Солнечная активность и климат. 2. Прямое воздействие изменений внеатмосферного спектрального распределения солнечной радиации. Исследования Земли из космоса. 1995. № 6. с. 3-17.
- Кондратьев К.Я., Никольский Г.А.** Стратосферный механизм солнечного и антропогенного влияния на климат. В кн.: Солнечно-земные связи, погода и климат. М.: Мир, 1982. с. 354-360.
- Кононова Н.К.** Изменение характера циркуляции атмосферы в последние десятилетия как фактор изменения климатических и ледовых усло-

- вий Арктики. Материалы гляциологических исследований. 2006. вып. 100. с. 191-199.
- Кононова Н.К.** Динамика циркуляции атмосферы и циркуляционные механизмы метеорологических экстремумов в Арктике. Известия РАН. Сер. географическая. 2007. вып. 6. с. 26-42.
- Кононова Н.К.** Рост внутрисуточной амплитуды колебаний температуры воздуха в арктическом регионе в конце XX – начале XXI века как фактор риска возникновения чрезвычайных ситуаций. Материалы научно-практической конференции «Обеспечение комплексной безопасности северных регионов Российской Федерации» 22 апреля 2008 года. М.: НЦУКС МЧС России. 2008. с. 115-121.
- Левин Б.В., Сасорова Е.В.** О шестилетней периодичности возникновения цунами в Тихом океане. Физика Земли. 2002. № 12. с. 40-49.
- Левитин А.Е.** Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой. Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова. РАН. Троицк, 2006.
- Либин И.Я.** Методы авторегрессионного анализа для гелиоклиматологических исследований. Опасности, обусловленные глобальным изменением климата. Гидрометеоиздат, Л. 2005. с. 34-67.
- Либин И.Я.** Исследование флуктуаций космических лучей в периоды Форбуш-понижений. Космические лучи №22. 1983. М.: Радио и связь. с. 21-44.
- Либин И.Я., Ситнов А.М., Старков Ф.А., Чеченов А.А., Юдахин К.Ф.** Разностные коэффициенты связи комплексных мюонно-нейтронных детекторов. Космические лучи. № 22. 1983. М.: Радио и связь. с. 62-66.
- Либин И.Я.** Спектральные характеристики флуктуаций космических лучей. Космические лучи. № 23. 1983. М.: Радио и связь. с. 14-20.
- Либин И.Я., Гулинский О.В., Гущина Р.Т., Дорман Л.И., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф.** Моделирование механизма воздействия гелиофизических параметров на атмосферные процессы. Космические лучи. № 26. 1992. с. 22-56.
- Либин И.Я., Гущина Р.Т., Перес-Пераса Х., Лейва А., Яани А.** Воздействие солнечной активности на атмосферные процессы. Авторегрессионный анализ циклических изменений осадков. Геомагнетизм и Аэронавигация. 1996. т. 36. № 5. с. 83-86.

- Либин И.Я., Гущина Р.Т., Перес-Пераса Х., Лейва А., Юдахин К.Ф., Яни А.** Изменения солнечной активности и их возможное влияние на долговременные вариации приземной температуры. Геомагнетизм и Аэрономия. 1996. т. 36. № 5. с. 115-119.
- Либин И.Я., Гущина Р.Г., Фомичев В.В., Юдахин К.Ф., Перес-Пераса Х., Лейва А., Яни А.** Воздействие солнечной активности на гидрологические процессы (Авторегрессионный анализ солнечной активности и уровней озер). Космические лучи. № 27. 1994.
- Либин И.Я., Речи М.М.** Экономические отношения между Россией и Мексикой и их перспективы. Парадигмы российской экономики на современном этапе развития. МАОК. 2008. с. 39-63.
- Либин И.Я., Гущина Р.Т., Перес-Пераса Х., Лейва А., Яни А., Микалаюнас Ю.** Долговременная модуляция солнечной радиации, наблюдаемой на Земле, и ее возможная связь с изменениями солнечной активности. Геомагнетизм и Аэрономия. 1996. т. 36. № 5. с. 109-114.
- Либин И.Я., Гулинский О.В.** Флуктуационные явления в космических лучах по данным многонаправленного скантillationного супертелескопа ИЗМИРАН. Препринт ИЗМИРАН № 30(258). М.: ИЗМИРАН. 1979. 24 с.
- Либин И.Я., Дорман Л.И., Блох Я.Л.** Скантилляционный метод исследования вариаций космических лучей. М.: Из-во «Наука». 1979. 108 с.
- Либин И.Я., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф.** Вариации космофизических и геофизических параметров в 18-21 циклах солнечной активности. Геомагнетизм и Аэрономия. 1987. т. 27. № 3. с. 483-486.
- Либин И.Я., Перес-Пераса Х., Яни А.** Международные гелиоклиматологические исследования: воздействие изменений солнечной активности на процессы на Земле. Сб. «Концептуальные основы развития евразийского социально-экономического пространства в условиях глобализации», Материалы научно-прикладной Конференции МАОК. М.: МАОК. 2006. с. 24-37.
- Либин И.Я., Перес-Пераса Х.** Глобальное потепление: мифы и реальность. В Сб. «Концептуальные основы развития социально-экономического пространства в условиях глобализации», Материалы научно-прикладной Конференции МАОК. М.: МАОК. 2007. с. 8-16.
- Либин И.Я., Прилуцкий Р., Яни А.Э.** Воздействие изменений солнечной активности на геофизические и гидрологические процессы. Корот-

- копериодные колебания водности Чудского озера. Изв. АН ЭССР. Сер. геология. 1990. т. 39. № 3. с. 98-107.
- Либин И.Я., Яани А.** Воздействие изменений солнечной активности на геофизические и гидрологические процессы. I. Спектральные характеристики колебаний водности Чудского озера. Изв. АН Эстонии. Сер. биология. 1989. т. 38. № 2. с. 97-106.
- Либин И.Я., Яани А.** Воздействие изменений солнечной активности на геофизические и гидрологические процессы. II. Короткопериодные колебания водности Чудского озера. Изв. АН Эстонии. Сер. геология. 1990. т. 39. № 3. с. 98-107.
- Логинов В.Ф.** Реакция атмосферной циркуляции на условия в космическом пространстве. Тр. ВНИИ ГМИ-МЦД. 1978. в. 37. с. 117-130.
- Логинов В.Ф.** Реакция атмосферной циркуляции на условия в космическом пространстве. Тр. ВНИИ ГМИ-МЦД. 1978. в. 37. с. 117-130.
- Логинов В.Ф., Высотский А.М., Шерстюков Б.Г.** Секторная структура ММП и атмосферная циркуляции. Тр. ВНИИ ГМИ-МЦД. 1975. в. 23. с. 43-49.
- Лычак М.М.** Элементы теории хаотичностей и ее применения. Проблемы управления и информатики. 2002. № 5.
- Лычак М.М.** Исследование и прогнозирование солнечной активности. 6-9 апреля 2004 г. Пущино-на-Оке. Г.: Ротапринт ИКИ РАН, 2004. с. 40-41.
- Лычак М.М.** Анализ циклических процессов солнечной активности. 3-10 сентября 2006 г. НЦУИКС, Евпатория. Сб. тез. Киев: ИКИ НАНУ-НКАУ. 2006.
- Макаренко Н.Г.** Современные методы нелинейного прогноза временных рядов. Труды Всероссийской конференции «Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности». 10-15.10.2005 г., Троицк, ИЗМИРАН. 2005. <http://helios.izmiran.rssi.ru/Solter/prog2005/prog/abstracts.htm>
- Макс Ж.** Методы и техника обработки сигналов. М.: Мир. 1983. т. 1. 312 с.
- Малков А.С., Кортаев А.В., Халтурина Д.А.** Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. № 13. 2005.
- Махов С.А., Посашков С.А.** Анализ стратегических рисков на основе математического моделирования. Москва: ИПМ им. М.В.Келдыша РАН. 2007.

- Мелешко, В.П., Катцов В.М., Говоркова В.А. и др.** Антропогенные изменения климата в 21-м веке в северной Евразии. Метеорология и гидрология. № 7. 2004. с. 5-26.
- Микиша А.М., Смирнов М.А.** Земные катастрофы, вызванные падением небесных тел. Вестник РАН. М.: Наука. т. 69. № 4. 1999. с. 327.
- Микалаюнас М.М.** Применение модифицированного коэффициента вариации для характеристики сезонности штормов в Северном море. Статьи по гидрометеорологии. Вильнюс: Мокслас. 1973. т. 6. с. 185-199.
- Микалаюнас М.М.** Основные характеристики режима штормовых ветров в Северном море. Статьи по гидрометеорологии. Вильнюс: Мокслас. 1973. т. 6. с. 177-183.
- Мирошниченко Л.И., Вашенюк Э.В., Перес-Пераса Х.** Концепция двух компонент СКЛ: солнечные и межпланетные аспекты. Известия РАН. Серия физическая. т. 73. № 3. Март 2009. с. 314-317.
- Мирошниченко Л.И.** Солнечная активность и земля. М.: Наука. 1981.
- Михаляев Б.Б., Соловьев А.А., Веселовский И.С.** Влияние излучения на линейные колебания корональных петель, Труды XI Пулковской международной конференции по физике Солнца, 2-7 июня 2007, Пулково, 2007. с. 259-260.
- Модель Космоса. том 1 (Физические условия в космическом пространстве). Под редакцией проф. Панасюка М.И., Новикова Л.С., Книжный дом «Университет», М.: 2007. 871 с.
- Монин А.С., Шишков Ю.А.** Климат как проблема физики. Успехи физ. Наук. 2000. т. 170. № 4. с. 419-445.
- Морозова А.Л., Пудовкин М.И.** Вариации атмосферного давления во время СПС и Форбуш-понижений ГКЛ для различных климатических зон. Солнце в эпоху смены знака магнитного поля. Пулково. 2001. с. 297-304.
- Муравьева Е.А., Мягкова И.М., Юшков Б.Ю.** Протоны солнечных вспышек в декабре 2006 г. Всероссийская Астрономическая конференция ВАК-2007, 17-22 сентября 2007, Казанский государственный университет, Ред. Сахибуллин Н.А., Нефедьев Ю.А., Ишмухаметова М.Г., Казанский государственный университет, Россия, Казань, 2007, с. 148-150
- Мягкова И.М., Кузнецов С.Н.** Исследование связи потоков жесткого рентгеновского и гамма излучения солнечных вспышек с характерис-

- тиками КВМ и СКЛ., Всероссийская Астрономическая конференция ВАК-2007, 17-22 сентября 2007, Казанский государственный университет, Ред. Сахибуллин Н.А., Нефедьев Ю.А., Ишмухаметова М.Г., Казанский государственный университет, Россия, Казань, 2007, с. 169-171.
- Наблюдения за нашей планетой для лучшего будущего. Всемирная Метеорологическая Организация. Женева, 2008. 51 с. ISBN 92-63-41030-5.
- Одинцов С.Д., Иванов-Холодный Г.С., Георгиева К.** Солнечная активность и глобальная сейсмичность Земли. Труды Всероссийской конференции «Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности». 10-15 октября 2005 г. Троицк. ИЗМИРАН. 2005. <http://helios.izmiran.rssi.ru/Solter/prog2005/prog/abstracts.htm>
- Обридко В.Н., Рагульская М.В.** Упорядоченность и стохастичность биологических систем при воздействии внешних естественных полей. Биофизика. 2005. № 6.
- Огурцов М.Г.** Современные достижения солнечной палеоастрофизики и проблемы долговременного прогноза активности Солнца. Астрономический журнал. т. 82. № 6. 2005. с. 555-560.
- Оль А.И.** Ритмические процессы в земной атмосфере. Л.: Наука. 1973. 112 с.
- Ораевский В.Н., Бреус Т.К., Баевский Р.М., Рапопорт С.И., Петров В.М., Барсукова Ж.В., Гурфинкель Ю.И., Рогоза А.Т.** Влияние геомагнитной активности на функциональное состояние организма. Биофизика. т. 43. вып. 5. 1998. с. 819-826.
- Ораевский В.Н., Собельман И.И., Житник И.А., Кузнецов В.Д.** Комплексные исследования Солнца со спутника КОРОНАС-Ф. Новые результаты. 172 949 (2002).
- Павлишкина Е.С., Михайлов В.Н.** Совместный анализ колебаний стока Волги и уровня Каспийского моря за 100-летний период. В кн. Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. М.: Янус-К. 2002. т. 3. с. 390-395.
- Паркер Е.** Космические магнитные поля. М.: Мир. 1982. с. 479.
- Паркер Е.** Динамические процессы в межпланетной среде. М.: Мир. 1965. с. 362.
- Плазменная гелиогеофизика. т.1. Под ред. Л.М. Зеленого и И.С. Веселовского. Физматлит. М.: 2008. 672 с.

- Плазменная гелиогеофизика. т. 2., Под ред. Л.М. Зеленого и И.С. Веселовского. Физматлит. М.: 2008. 560 с.
- Покровский О.М.** Изменение температуры поверхности океана в Северной Атлантике и колебания климата Европы. Исследование Земли из космоса. 2005. № 4. с. 24-34.
- Порфирьев Б.Н.** Опасность природных и антропогенных катастроф в мире и в России. В кн.: «Россия в окружающем мире: 2004. (Аналитический ежегодник)». Отв. ред. Н.Н.Марфенин. М., 2005. с. 37-62.
- Порфирьев Б.Н.** Риски и кризисы: новое направление общественно-научных исследований. Новая и новейшая история, № 3, 2005. с. 231-238.
- Порфирьев Б.Н.** Сохранить традиции спасения. Политический журнал. № 19 (30 мая), 2005. с. 69.
- Порфирьев Б.Н.** Государственное управление в кризисных ситуациях: мировой опыт и Россия. М.: Научный эксперт, 2006. 30 с.
- Порфирьев Б.Н.** Природные риски в условиях современного экономического роста: теория и практика государственного и негосударственного регулирования. Российский экономический журнал. № 1, 2006. с. 37-48.
- Порфирьев Б.Н.** Природная катастрофа или устойчивое развитие? «Стратегия России». № 3, 2006. с. 25-31.
- Порфирьев Б.Н.** Транспортировка нефтяных ресурсов в Азиатско-Тихоокеанский регион: методология и результаты сравнения эффективности вариантов. Российский экономический журнал. № 4, 2006. с. 53-62.
- Прилуцкий Р.Е.** Методика и программные средства статистического анализа флуктуаций космических лучей. Препринт ИЗМИРАН. № 41(795). 1988. 26 с.
- Птицына Н.Г., Виллорези Дж., Дорман Л.И., Ючки Н., Тясто М.И.** Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья. Успехи физических наук. 1998. т. 168. с. 767.
- Пудовкин М.И., Распопов О.М.** Механизм воздействия солнечной активности на состояние нижней атмосферы. Геомагнетизм и аэрономия. 1992. т. 32. № 5. с. 1-10.
- Пудовкин М.И.** Влияние солнечной активности на состояние нижней атмосферы и погоду. Соросовский образовательный журнал. 1995. № 10. с. 106–113.

- Рагульская М.В., Хабарова О.В.** Влияние солнечных возмущений на человеческий организм. Биомедицинская радиоэлектроника. № 2, 2001. с. 5-15.
- Рагульская М.В.** Связь периодических процессов в организме человек, обусловленных ритмикой внешней среды, с вариациями магнитного поля Солнца. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2004. № 1-2. с. 1-6.
- Рагульская М.В.** Влияние вариаций солнечной активности на функционально здоровых людей. Автореферат на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности «Физика Солнца» ИЗМИРАН. 2005. olik3110@izmiran.troitsk.ru
- Распопов О.М., Дергачев В.А., Дмитриев П.Б., Гуськова Е.Г.** Особенности воздействия долговременной изменчивости потоков галактических космических лучей на климатические параметры. Известия РАН. Серия физическая. т. 73. № 3. Март 2009. с. 393-395.
- Распопов О.М., Шумилов О.И., Касаткина Е.А.** Космические лучи как главный фактор влияния солнечной вариабельности на климатические параметры. Биофизика. 1998. т. 43. № 5. с. 902-908.
- Распопов О.М., Ловелиус Н.В., Шумилов О.И., Касаткина Е.А.** Экспериментальные подтверждения нелинейного характера воздействия солнечной активности на земную атмосферу и окружающую среду. Биофизика. 1998. т. 43. № 5. с. 863-867.
- Распопов О.М., Шумилов О.И., Касаткина Е.А., Турунен Е., Линдхолм М., Колстрем Т.** Нелинейный характер воздействия солнечной активности на климатические процессы. Геомагнетизм и аэронавигация. 2001. т. 41. № 3. с. 1-6.
- Реап А.О.** О возможности сверхдолгосрочного прогноза водности Чудско-Псковского озера. Проблемы и пути рационального использования природных ресурсов и охраны природы. Труды XI республиканской гидрометеорологической конференции. Шауляй, Литва. 1986. с. 80.
- Ривин Ю.Р.** Спектральный анализ изменений амплитуды 11-летних циклов солнечной активности. Солнечные данные. 1985. № 9. с. 78-82.
- Ривин Ю.Р., Зверева Т.И.** Частотный спектр квазидвухлетних вариаций геомагнитного поля. В кн.: Солнечный ветер, магнитосфера и и геомагнитное поле. М.: Наука. 1983. с. 72-90.
- Рожков В.А.** Методы вероятностного анализа океанологических процессов. Л.: Гидрометеиздат. 1979. 280 с.

- Селевин В.А.** О колебаниях уровня озера Балхаш. Природа. № 7. 1933.
- Сибрук В. Роберт Вильямс Вуд.** Современный чародей физической лаборатории. Ленинград: Государственное изд-во технико-теоретической литературы. 1946. 320 с.
- Солнцев В.Н.** Геометрический подход к системе анализов многомерной статистики. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница». Под ред. Д.Л. Данилова и А.А. Жиглявского. СПб.: Изд. дом «ПРЕССКОМ». 1997. с. 252-256.
- Солнцев В.Н., Филатова Т.Н.** Выявление основных закономерностей в многолетних колебаниях гидрологических характеристик. Многомерный статистический анализ и вероятностное моделирование реальных процессов. Тезисы доклада Международной юбилейной сессии научного семинара. Под ред. С.А. Айвазяна. М.: ЦЭМИ РАН. 1999. с. 185-189.
- Солнцев В.Н., Некруткин В.В.** Нетрадиционный метод анализа структуры и прогнозирования временных рядов «Гусеница-SSA». Вероятностные идеи в науке и философии. Материалы Региональной научной конференции (с участием иностранных ученых). 23-25 сентября 2003. Новосибирск: Институт философии и права СО РАН. Новосибирский госуниверситет, 2003. с. 126-129.
- Стожков Ю.И., Чарахчьян Т.Н.** 11-летняя модуляция интенсивности космических лучей и гелиоширотное распределение пятен. Геомагнетизм и Аэрономия. 1969. т. 9. № 5. с. 803-808.
- Стожков Ю.И., Свиржевский Н.С., Базилевская Г.А., Махмутов В.С., Свиржевская А.К.** Исследования космических лучей в атмосфере Арктики и Антарктики. Арктика и Антарктика. М.: Наука, 2004. вып. 3 (37). с. 114-148.
- Филатова Т.Н., Квон В.И., Солнцев В.Н., Нечаев М.В., Авинский В.А., Аршаница Н.М.** Тенденции изменения элементов гидрологического режима Чудско-Псковского озера применительно к оценке его экологического состояния. Сборник работ по гидрологии № 26. 2003. СПб: Гидрометеиздат. с. 172-199.
- Фортус М.И.** Анализ корреляционных связей между временными рядами с помощью фазового спектра. Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. М.: Наука. 2007. т. 43. № 5. с. 602-616.
- Хомяков П.М.** Влияние глобальных изменений климата на функционирование экономики и здоровье населения России. М.: Ленанд. 2005. 424 с.

- Цаликов Р.Х.** Опасности и угрозы для северных территорий Российской Федерации, обусловленные глобальным изменением климата. Материалы научно-практической конференции «Обеспечение комплексной безопасности северных регионов Российской Федерации» 22 апреля 2008 года. М.: НЦУКС МЧС России. 2008. с. 8-14.
- Чарахчьян Т.Н., Базилевская Г.А., Охлопков В.П.** Частотные спектры долгопериодических вариаций космических лучей. Геомагнетизм и Аэрономия. 1976. т. 16. № 2. с. 225-229.
- Чарахчьян Т.Н.** 11-летняя модуляция галактических космических лучей в межпланетном пространстве и солнечная активность. Исследования по Геомагнетизму и Аэрономии. 1979. т. 34. с. 12-27.
- Чертков А.Д.** Солнечный ветер и внутреннее строение Солнца. М.: Наука. 1985. 200 с.
- Чижевский А.Л.** Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль. 1976.
- Чижевский А.Л.** Физические факторы исторического процесса. Калуга, 1924; Сокр. изд.: Химия и жизнь. 1990. № 1. с. 22-32, № 2. с. 82-90, № 3. с. 22-33.
- Чижевский А.Л.** Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. с. 179.
- Чирков Н.П.** О цикличности геомагнитной активности и скорости солнечного ветра. Изв. Ан СССР. Сер. физ. 1978. т. 42. № 5. с. 1016-1017.
- Чистяков В.Ф.** О структуре вековых циклов солнечной активности. Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука. 1996. с. 98-105.
- Чистяков В.Ф.** О колебаниях радиуса Солнца в эпохи минимумов Маундера и Дальтона. Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука. 2000. с. 84-107.
- Шерстюков Б.Г.** Долгосрочный прогноз месячной и сезонной температуры воздуха с учетом периодической нестационарности. М.: Метеорология и гидрология. 2007. № 9. с. 14-26.
- Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Ежов А.В.** Вероятностный прогноз уровня Каспийского моря. В кн.: Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна. СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. с. 323-340.
- Шнитников А.В.** Общие черты циклических колебаний уровня озера и увлажненности территории Евразии в связи с солнечной активностью. Бюллетень Комиссии по исследованию Солнца. № 3-4. 1949.

- Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В., Зенченко Т.А., Зверева И.М., Конрадов А.А.** О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах. Успехи физических наук. 41 (10). 1998. с. 1025-1035.
- Шноль С.Э., Зенченко Т.А., Зенченко К.И., Пожарский Э.В., Коломбет В.А., Конрадов А.А.** Закономерное изменение тонкой структуры статистических распределений как следствие космофизических причин. Успехи физических наук. 403 (2). 2000. с. 205-209.
- Шноль С.Э.** Макроскопические флуктуации формы дискретных распределений как следствие арифметических и космофизических причин. Биофизика. т. 46. вып. 5. 2001. с. 775-782.
- Шноль С.Э.** Макроскопические флуктуации – возможное следствие флуктуаций пространства-времени. Арифметические и космофизические аспекты. Российский Химический журнал, т. XLV. № 1. 2001. с. 12-15.
- Шпиндлер И.Б., Зенгбуш А.** Чудское озеро. Известия Императорского русского географического общества. 1896. т. 32. вып. 4.
- Aguilar A., Fuentes y Martinez G.J., Libin I.Ya., Gulinsky O.V., Obregon O.** The night sky radiation: two cosmological models in Jordan Brans-Dicke theory. Publishing House “Nauka”, 1995. 28 p.
- Aguilar A., Fuentes y Martinez G.J., Libin I.Ya., Gulinsky O.V., Obregon O.** Observational consequences of two cosmological models in Jordan Brans-Dicke theory. Publishing House “Nauka”, 1995. 32 p.
- Andreasen G.K.** Solar irradiance variations a candidate for climate change. Scientific report No 93-5. Danish Meteorological Institute. Copenhagen. 1993. 44 p.
- Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge, 2005. 1042 p.
- Attolini M.R., Ceccini S., Galli M.** A search for heliosphere pulsation in the range 1 c/yr to 1 c/10yr. Proc. 18-th International Cosmic Ray Conference. 1983. v. 10. p. 174-177.
- Attolini M.R., Ceccini S., Galli M.** The power spectrum of cosmic ray. The low-frequency range. Nuovo Cimento. 1984. v. C7. No 4. p. 413-426.
- Attolini M.R., Galli M., Cini Castagnoli G.** On the R-sunspot relative number variations. Solar Phys. 1985. v. 95. No 2. p. 391-395.
- Babcock H.D.** Astrophys. J. 1959. v. 130. p. 364-366.
- Bashkirtsev V.S., Khlystova A.I., Mashnich G.P.** The structure and velocity variations in the area of quiescent solar filaments. Proc. 12th Europ.

Solar Physics Meeting ESPM-12, 8-12 September, 2008, Freiburg, Germany. 2008. p. 73.

Bashkirtsev V.S. , Mashnich G.P. Solar activity effects on the Earth's climate. Proc. 12th Europ. Solar Physics Meeting ESPM-12, 8-12 September, 2008. Freiburg, Germany. 2008. p. 80.

Bazilevskaya G.A. Energy spectrum of solar cosmic rays in large events. – In: A. Chilingarian, G. Karapetyan (eds.), Proc. 2nd International Symposium “Solar Extreme Events: Fundamental Science and Applied Aspects”. Library of Congress Cataloging-in-Publishing Data, 2006, p. 31-36.

Belov A., Baisultanova L., Eroshenko E., Mavromichalaki H., Yanke V., Pchelkin V., Plainaki C., Mariatos G. Magnetospheric effects in cosmic rays during the unique magnetic storm on November 2003. *J. Geophys. Res.* 110. A09S20. 2005.

Blokh Y.L., Gulinsky O.V., Dorman L.I., Libin I.Y., Yiudakhin K.F. Proc. 17-th. ICRC, Paris. 1981. v. 3. p. 231-233.

Borzet Michael, Ehlert Iris, von Storsh Jin-Song. What Balances the decrease in Net Upward Thermal Radiation at the Surface in Climate Change Experiments? *The Open Atmospheric Science Journal*, 2008. v. 2. p. 79-90.

Brand S., Dethlof K., Handorf D. Atmospheric Variability in a Coupled Atmosphere-Ocean-Sea Ice Model with Interactive Stratospheric Ozone Chemistry. *The Open Atmospheric Science Journal*, 2008. v. 2. p. 6-19.

Brooks C.E.P., S.T.A.Mirrlees. A study of the atmospheric circulation over tropical Africa. London. *Geophysical Memoirs*, № 55. 1932.

Buligon L., Degrazia Gervasio A., Szinvelsky Charles, Goulart A. Algebraic formulation for the dispersion parameters in an planetary boundary layer: Application in the air pollution Gaussian model. *The Open Atmospheric Science Journal*, 2008. v. 2. p. 153-159.

Burlaga L.F., Hundhausen A.J., Zhao Xue-pu. The coronal and interplanetary current sheet in early 1976. *J. Geophys. Res.* 1981. v. 86. p. 8893.

Clayton H.H. Sunspots and the weather. Abstract of papers by Schostakovich and Memery. *Bull. of the American Meteorological Society*. 1933. v. 14. No 3. p. 65-69.

Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge.

Denkmayr K. On long-term predictions of solar activity. Diploma thesis, University of Linz, Austria. 1993.

- Denkmayr K., Cugnon P.** About Sunspot number Medium-term predictions. Sunspot Bulletin. 1994. v. 6.
- Dorn W., Dethlof K., Rinke A., Kurgansky M.** The Recent Decline of the Arctic Summer Sea-Ice Cover in the Context of Internal Climate Variability. The Open Atmospheric Science Journal, 2008. v. 2. p. 91-100.
- Dorman L.I., Libin I.Ya., Blokh Ya.L.** Scintillation method in the study of cosmic ray variations. Publishing House "Nauka", 1979. 108 p.
- Dorman L.I., Libin I., Gulinsky O.V.** Study of intensity fluctuations in cosmic rays during forbush-decreases on the basis of the data obtained with the IZMIRAN scintillations supertelescope, Astrophysics and Space Science, 1980. v. 73, p. 337-347.
- Dorman L.I., Libin I.Ya.** Cosmic ray scintillations and dynamic processes in space. Space Science Reviews, 1984. v. 39. p. 91-102.
- Dorman L.I., Libin I.Ya.** Cosmic Ray Scintillations. Space Science Reviews. 1984. v. 27. p. 91.
- Dorman L.I., Libin I., Yudakhin K.F.** The role of the energy spectrum anisotropy in variations of the cosmic ray fluctuations power-spectrum before interplanetary medium disturbances. Astrophysics and Space Science. 1986. v. 123, p. 53-58.
- Dorman L. I., Gull R., Gulinsky O. V., Kula K., Kaminer N.S., Libin I.Ya., Mymrina N.V., Otaola J., Prilutsky R.E., Pérez-Peraza J., Steglik M. and Yudakin K.F.** Spectral characteristics of cosmic ray large scale fluctuations from data of neutron and ionizing component and their relation with anisotropy of cosmic radiation. Kosmicheskie Luchi, 1988. № 25, p. 39-48.
- Dorman L.I., Libin I.Ya., Ishkov V., Pérez-Peraza J., Álvarez-M. M., Gallegos A.** Fluctuations of galactic cosmic rays in periods of solar flares. Proc. of the Int. Cosmic Ray Conf. XXI-6, 1990. p. 400-403.
- Dorman L.I.** Cosmic ray modulation. Nuclear Physics B. (Proc.Suppl.). 1991. v. 22B. p. 21-45.
- Dorn W., Dethlof K., Rinke A., Kurgansky M.** The Recent Decline of the Arctic Summer Sea-Ice Cover in the Context of Internal Climate Variability. The Open Atmospheric Science Journal, 2008. v. 2. p. 91-100.
- Eddy J.A.** The Maunder minimum. Science. 1984. v. 192. p. 1189-1902.
- Enriquez R.P., Vargas A.C., Cruz Abeyro Lopez J.A., Kotzarenko A., Esparza A.G., Cano X.B., Kurtz S., Mascote E.A.** El centelleo interplan-

- etario y el viento solar. Mexico: Revista de la Academia Mexicana de Ciencias. 2006. v. 57. No 1. p. 23-31.
- Eselevich V.G., Tong Y.** New results on the site of initiation of coronal mass ejections, and an interpretation of observation of their interaction with streamers. *J. Geophys. Res.* 1997. v. 102. p. 4681.
- Eselevich V.G.** Solar flare: geoeffectiveness and the possibility of a new classification. *Planet. Space Sci.* 1990. v. 38. p. 189.
- Eselevich V.G.** New results on the site of initiation of coronal mass ejections. *Geophys. Res. Lett.* 1995. v. 22(20). p. 2681.
- Eselevich V.G., Fainshtein V.G., Filippov M.A.** On the problem of the geoeffectiveness of sporadic phenomena on the Sun. *Planet. Space Sci.* 1988. v. 36. p. 1015.
- Eselevich V.G., Fainshtein V.G.** On the existence of the heliospheric current sheet without a neutral line (HCS without NL). *Planet. Space Sci.* 1992. v. 40. p. 105.
- Estado de la Investigacion en Clima en Espana. Barcelona. CLIVAR: Climate Variability and Predictability, 2006. 74 p.
- Forbush S.E.** *J. Geophys. Res.* 1954. v. 59. p. 525-542.
- Jokipii J.R., Levy E.H., Hubbard W.B.** *Astrophys. J.* 1977. v. 213. № 3. p. 861-868.
- Gall R., Jimenez, J. and Camacho, L.** Arrival of Low-Energy Cosmic Rays via the Magnetospheric Tail. *J. Geophys. Res.* 1968. 73, 1593-1605.
- Gall R. et al.** Tables of approach directions and points of entry of cosmic rays for high latitude cosmic ray stations. published by the Institute of Geophysics of UNAM, Mexico (421 pp.), 1982.
- Gallegos-Cruz A., Pérez-Peraza J.** Derivation of analytical particle spectra from the solution of the transport equation by the WKB method. *Astrophys. J.* 1995. 446-1, 400-420.
- Gierens Klaus, Lim Ling, Eleftheratos Kostas.** A Review Various Strategies for Contrail Avoidance. *The Open Atmospheric Science Journal*, 2008. v. 2. p. 1-7.
- Gleisberg W.** A table of secular variations of the solar cycle. *Terr.Magn.Atm. Electr.* 1944. v. 49. p. 243-244.
- Gosling J.T., Borrini G., Asbridge J.R. et al.** Coronal streamers in the solar wind at 1 a.u. *J. Geophys. Res.* 1981. v. 82. p. 5438.

- Gulinsky O., Glushkov V., Leyva A., Libin I., Perez-Peraza J., Yudakhin K.** Mathematical and Statistical explorations of the regional climate variabilities. 240 p. Publishing Moscow State Government, 2002.
- Friis-Chrustensen E., Lassen K.** Global temperature variations and a possible association with solar activity variations. Scientific Report No 92-3. Danish Meteorological Institute. Copenhagen. 1992. 8 p.
- Hoffert M.I., Callegari A.J., Hsieh C.T.** The role of the deep sea heat storage in the secular response to climate forcing. *J.Geophys.Res.* 1980. v. 85. c.11. p. 6667-6669.
- Hafez Y.Y., Robaa D.M.** The Relationship between the Mean Surface Air Temperature in Egypt and NAO index and ENSO. *The Open Atmospheric Science Journal*, 2008. v. 2. p. 8-17.
- Hundhausen A.J.** Sizes and locations of coronal mass ejections: SMM observations from 1980 and 1984-1989. *J. Geophys. Res.* 1993. v. 98. p. 13177.
- Ivanov-Kholodny G.S., Chertoprud V.E.** *Astron. and Astrophys. Tr.* 1992, v. 3. p. 81.
- Houghton, J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., Van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A.** Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the Third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. 2001, Cambridge University Press: Cambridge. 881 p.
- Jones P.D.** Northern Hemisphere surface air temperature variations: 1851-1984. *J.Clim.Appl. Met.* 1986. v. 25. p. 161-179.
- Kavilakov S., Elsner J., Pérez-Peraza, J.** Atlantic Hurricanes, Geomagnetic Changes and Cosmic Ray Variations, Proc. 30th ICRC, Mérida, Yucatán, July 2007a.
- Kavilakov S., Elsner J., Pérez-Peraza, J.** Forbush Decreases and Atlantic Hurricane Intensification, Proc. 30th ICRC, Mérida, Yucatán, July 2007b.
- Kernthaler S.C., Toumi R., and Haigh J.D.** Some doubts concerning a link between cosmic ray fluxes and global cloudiness. *Geophys. Res. Letters.* 1999. v. 26. № 7. p. 863–865.
- Kondratyev K.Ya., Nikolsky G.A.** The Solar Constant and Climate. *Solar Phys.* 1983. v. 89. p. 215-222.
- Koudriavtsev I.V., Jungner H.** On the possible mechanism of influence of change the intensity of cosmic ray on cloud anomalies at small altitudes in the Earth's atmosphere. Proc. IAU Symposium 223 "Multi-wavelength,

- investigations of solar activity, St. Petersburg, Russia, June 14–19. 2004. p. 525–528.
- Korzhev N.P.** Large-scale three dimensional structure of the interplanetary magnetic field. *Solar Phys.* 1977. v. 55. p. 505.
- Kudela K., Antalova A., Venkatesan D., Rybak J.** Cosmic-ray modulation and long-duration solar flare events. *Solar Phys.* 1994. v. 1. p. 6.
- Leyva-Contreras A., Libin I.Ya., Perez-Peraza J. Jaani A.** Temperature variations of the Baja California and a possible association with solar activity variations. *The solar cycle: recent progress and future research.* Hermosillo, Sonora, Mexico. 1996. p. 24.
- Leyva-Contreras A., Libin I.Ya., Perez-Peraza J. Jaani A.** The solar radiation on the Rearth and her possible communication with changes of the solar activity. *The solar cycle: recent progress and future research.* Hermosillo, Sonora, Mexico. 1996. p. 25.
- Libin I.Ya.** Solar activity variations a candidate for climate change. *The solar cycle: recent progress and future research.* Hermosillo, Sonora, Mexico. 1996. p. 27.
- Libin I.Ya., Gushchina R.T., Pérez-Peraza J., Leyva A., Jaani A.** Influence of solar activity variations on hydrological processes (autoregressive analysis of solar activity and levels of lakes). *Geomagnetism & Aeronomy* 36-1, 79-83, 1996a.
- Libin I.Ya., Guschina R.T., Pérez-Peraza J. Leyva A., y Jaani, A.** The influence of solar activity on atmospherical processes (cyclic variations of precipitation. *Geomagnetism & Aeronomy* 36-1, 83-86, 1996b.
- Libin I.Ya., Guschina R.T., Pérez-Peraza J., Leyva A., Jaani A., Mikalayunene U.** The modulation effect of solar activity on the solar radiation. *Geomagnetism & Aeronomy* 36-5, 109-114, 1996c.
- Libin I.Ya., Gushchina R.T., Leyva A., Pérez-Peraza J., Jaani A.** The changes of solar activity and their influence to large- scale variations of surface-air temperature. *Geomagnetism & Aeronomy* 36-5, 115-119, 1996d.
- Libin, I.Ya., Pulinets, S.A., Pérez-Peraza, J., Leyva-C., A., Jaani, A. y Sizova, N. G.** Influence of changes of solar activity on the climatological, Hydrological, geophysical processes at the Earth. Report on the 2nd European Conference on the Ecology of the Northern Europe, November 22-25, Pskov, (32 pages), 1996e.
- Libin I.Ya., J. Pérez-Peraza y Ago Janni.** Effects of Geomagnetic Storms on atmospheric processe. *Proc. XXIII General Assambly of the European geophysical Society, Nice, France, 7 pages, April 1998.*

- Libin I.Ya., Mikalayunas M.M., Yudakhin K.F.** Variations of cosmophysical and hydrological parametrs in 18-21 cycles of the solar activity. *Geomagnetism and Aeronomy*. 1987. v. 27. No 3. p. 483-486.
- Libin I.Ya., Jani A.** Influence of variations of solar activity on geophysical and hydrological processes. *Izv.AN Estonia*. 1987. v. 38. No 2. p. 97.
- Majorowicz J.A., Skinner W.R.** Anomalous ground warming versus surface air warming in the Canadian Prairie provinces. *Climatic Change*, № 4. 1997. p. 485-500.
- Makarov V. I. V, Odridko V.N.** The increase in the magnetic flux from the polar regions of the Sun over the last 120 years. *Solar. Phys.*, 206, 2002. 383-399.
- Marsh N., Svensmark H.** Solar influence on Earth's climate. *Space. Sci. Rev.* 2003. v. 107. p. 317-325.
- Mendoza Blanca, Ramirez J., Sandoval R.D.** Efectos de la actividad solar en el clima y en los seres vivos. *Ciencia. Mexico: Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*. 2006. v. 57. No 1. p. 32-38.
- Mendoza B., Perez-Enriquez R.** Association of coronal mass ejections with the heliomagnetic current sheet. *J. Geophys. Res.* 1993. v. 98. p. 9365.
- Miroshnichenko L.I., Perez-Peraza J.** Astrophysical aspects in the study of solar cosmic rays. Review paper, *Int. Journal of Modern Phys*, 23-1, 1-141, 2008.
- Miroshnichenko L.I., Pérez-Peraza J.A.** Astrophysical aspects in the studies of solar cosmic rays. Published in *Int.J.Mod.Phys. A23:1-141*. 2008. 141 p.
- Nelson, F.E., Anisimov O.A., Shiklomanov N.I.** Climate change and hazard zonation in the circum-Arctic permafrost regions. *Natural Hazards*, 2002, № 3, p. 203-225.
- Osterkamp T.E., Romanovsky V.E.** Evidence for warming and thawing of discontinuous permafrost in Alaska. *Permafrost and Periglacial Processes*, № 10. 1999. p. 17-37.
- Otaola J.A., Enriquez P.P.** Proc. 18-th. ICRC, Bangalore. 1983. v. 10. p. 47-50.
- Otaola J.A., Huratado A.** *Geofisica International*. 1983. Mexico: UNAM. v. 2. p. 213-227.
- Peppler R.A., Long C.N., Sisterson D.L., Turner D.D., Bahrmann C.P., Christensen S.W., Doty K.J., Eagan R.C., Halter T.D., Ivey M.D., Keck N.N., Kehoe K.E., Liljegren J.C., Macduff M.C., Mather J.H., McCord R.A., Monroe J.W., Moore S.T., Nitschke K.L., Orr B.W.,**

- Perez R.C., Perkins B.D., Richardson S.J., Sonntag K.L., Voyles J.W., Wagener R.** An Overview of ARM Program Climate Research Facility Data Quality Assurance. *The Open Atmospheric Science Journal*, 2008. v. 2. p. 192-216.
- Pérez-Peraza J.** Coronal Transport of solar flare particles. Review Paper, *Space Science Rev.* 44, 91, 1986.
- Pérez-Peraza J., Laville A. and Lopez D.** Mexican Patents No. 162004, 162100 and 164753: 1991-1992.
- Pérez-Peraza J. y Gallegos-Cruz A.** Weightiness of the Dispersive rate in stochastic acceleration process. *Astrophys. J. Suppl.* 90-2, 669-682, 1994.
- Pérez-Peraza J. y Gallegos-Cruz A.** Diagnostics of solar particle acceleration processes. *Adv. Space Res.* v.21. №4. 1998. p.629-632.
- Pérez-Peraza J., Leyva A., Libin I., Formichev V. Guschina R.T., Yuda khin K. and Jaani A.** Simulating the mechanism of the action of heliophysical parameters on atmospheric processes. *Geofísica Internacional* 36-4, 245-280, 1997.
- Pérez-Peraza J., Sanchez-Hertz A., Alvarez-Madrigal M, Velasco J., Faus-Golfe A., Gallegos-Cruz A.** P-P total cross-sections from accelerator data. *New Journal of Physics* 7, 150-177, 2005.
- Pérez-Peraza J., V. Velasco, S. Kavlakov, A. Gallegos-Cruz, E. Azpra-Romero, O. Delgado-Delgado, F. Villicaña-Cruz.** On the trend of Atlantic Hurricane with Cosmic Rays, Proc. 30th ICRC, Méreida, Yucatán, July 2007.
- Perez-Peraza J., Leyva A., Zenteno G. at al.** Influence of solar activity on hydrological processes: spectral and autoregressive analysis of solar activity and levels of lakes Patzcuaro and Tchudskoye. *Reportes tecnicos* 95-3. IG UNAM. 20 p. 1995.
- Perez-Peraza J., Leyva A., Libin I.Ya., Fomichev V., Guschina R.T., Yidakhin K.F., Jaani A.** Simulating the mechanism of the action of heliophysical parameters on atmospheric processes. *Reportes Internos* 96-17. Instituto de Geofísica UNAM. UNAM: Mexico. 1996. 56 p.
- Perez-Peraza J., Leyva A., Libin I.Ya., Fomichev V., Yidakhin K.F., Jaani A.** Simulating the mechanism of the action of heliophysical parameters on atmospheric processes. *Geofísica International*. Mexico. 1997. v. 36. No 4. p. 245-280.

- Perez-Peraza J., Leyva A., Libin I. et al.** Prediction of interplanetary shock waves using cosmic ray fluctuations. *Geofisica International*, 1998. v. 37. Num. 2, p. 87-93.
- Perez-Peraza J., Leyva A., Valdez-Baron M., Bravo-Cabrera J.L., Libin I.Ya., Jaani A.** Influence of solar activity on the cyclic variations of precipitation in the Baltic region. *Geofisica International*. Mexico. 1999. v. 38. No 2. p. 73-81.
- Perez-Peraza J., Libin I., Jaani A., Yudakhin K., Leyva-Contreras A., and Valdez-Barron M.** Influence of solar activity on hydrological processes. *Hydrology and Earth System Sciences (HESS)*, 2005.
- Perez-Peraza J., Gallegos-Cruz A., Vashenyuk E.V., Balabin Yu.V.** Relativistic proton production at the Sun in the October 28th, 2003 solar event. *Adv. Space Res.* 2005. doi:10.1016/j.asr.2005.01082.
- Perry Richard.** Blue lakes and Silver cities. Espadana Press. 2008. 272 p.
- Porfiriev B.** Disaster and Crisis Management in Transitional Societies, in: Rodrigez, H., Quarantelli, E.L. and Dynes, R. (Eds.). *Handbook of Disaster Research*, New York, Springer, 2006, p. 368-387
- Pulinets S.A., Legen'ka A.D., Karpachev A.T., Perez-Peraza J.A.** Ionospheric variations before the strong earthquakes observed by topside sounder in the solar cycle maximum, IG UNAM Reportes Internos № 96-12, 1996. Mexico. 16 p.
- Pudovkin M.I., Raspopov O.M.** The mechanism of the solar activity influence on the lower atmosphere and the meteoroparameters. *Geomagnetism and Aeronomy*. V.32. No 5. p.1-22. 1992.
- Rahmstorf S., Cazenave A., Church J., Hansen J., Keeling R., Parker D., Somerville R.** Recent Climate Observation Compared to Projections. *Science*. 2007. v. 316. p. 709.
- Raspopov O.M., Dergachev V.A., Kolstrom T.** Periodicity of Climate Conditions and Solar Variability Derived from Dendrochronological and Other Palaeoclimatic Data in High Latitudes. *J.Paleogeography, Paleoclimatology, and Paleoecology*. 2006.
- Reap A.** Peipsi-Puhkva jarve Veeseisuel Prognosis Maaparandus. Teaduslintehnilisi Urimistulemusi. Ten. 1981. p. 17-24.
- Reid G.C.** Influence of solar variability on global sea surface temperature. *Nature*. 1987. v. 329. p. 142.
- Simpson J.A.** Recent investigations of the low energy cosmic ray and solar particles radiations. Preprint № 25. Vatican. 1963. 323 p.

- Stern N.** The economics of climate change. Cambridge, 2006. 610 p.
- Storch Jin-Song, Botzet Michael, Ehlert Iris.** What Balances the Decrease in Net Upward Thermal Radiation at the Surface in Climate Change Experiments? *The Open Atmospheric Science Journal*, 2008. v. 2. p. 79-90.
- Stozhkov Y.I., Svirzhevsky N.S., Makhmutov V.S.** Cosmic ray measurements in the atmosphere. In: J. Kirkby (ed.), *Proceedings Workshop on Ion-Aerosol-Cloud Interactions*. CERN, Geneva, Switzerland, 18-20 April 2001. CERN-2001-007, Experimental Physics Division, Geneva: CERN Scientific Information Service-640, 2001, p. 41-62.
- Svalgaard L., Wilcox J.M., Duvall T.L.** A model combining the solar and sector structured polar magnetic field. *Solar Phys.* 1974. v. 37. p.157.
- Svensmark H., and Fris-Christensen E.** Variations of cosmic ray flux and global cloud coverage – A missing link in solar-climate relationship. *Atmos. Sol.Terr. Phys.* 1997. v. 59. p. 1225-1232.
- Tai G.L., Sarabhai V.A.** Proc. 8-th. ICRC, Jaipur. 1963. p. 1., p. 190-197.
- Valdez Galisia J.F., Caballero-Lopez R.F.** Un alluvia que llega del cosmos. Mexico: *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*. 2006. v. 57. No 1. p. 45-50.
- Valdés-Galicia J.F.** Interplanetary magnetic field fluctuations and the propagation of cosmic rays. *Geofísica Internacional* 31-1, 29-40, 1992.
- Valdés-Galicia J. and Velasco V.** Variations of mid-term periodicities insolar activity physical phenomena. *JASR* 41, 297-305, 2008.
- Vashenyuk, E.V., Miroshnichenko, L.I., Sorokin, M.O., Pérez-Peraza J. and Gallegos-Cruz A.** Search for Peculiarities of Proton Events in Solar Cycle 22 by Ground Observation Data, *Geomagnetism & Aeronomy* 33(5), 1-10, 1993.
- Vashenyuk E.V., Miroshnichenko L.I., Sorokin M.O., Pérez-Peraza J. and Gallegos-Cruz A.** Large Ground Level Events in Solar Cycle 22 and some peculiarities of Relativistic Proton Acceleration, *Adv. Space Res.* 14(10), 711-716, 1994.
- Vashenyuk E.V., Miroshnichenko L.I., Sorokin M.O., Perez-Peraza J.A., Gallegos A.** Large ground level events in solar cycle 22 and some peculiarities of relativistic proton acceleration. *Adv.Space Res.*, v. 14, № 10. 1994. p. 711-716.
- Vashenyuk E.V., Balabin Yu.V., Perez-Peraza J., Gallegos-Cruz A., Miroshnichenko L.I.** Some features of relativistic particles at the Sun in the solar cycles 21-23. *Adv. Space Res.* 2005. doi:10.1016/jasr2005.05.012.

- Velasco V. and Mendoza B.** Assessing the relationship between solar activity and some large scale climatic phenomena. *Adv. in Space Research*, 2007. doi:10.1016/j.asr.2007.05.050.
- Velleman P.F. and Hoaglin D.C.** *Applications, Basics and Computing of Exploratory Data Analysis*. Boston: PWS-Kent Publishing Company. 1981.
- Venkatesan D.** Cosmic Ray intensity variations in the 3-dimensional heliosphere. *Space Science Reviews*. 1990. v. 52. p. 121-194.
- Vitinsky Yu.I., Kopecky M.I., Kuklin G.V.** *Statistics of the Sun's spot formation activity*. Nauka Publ.House. Leningrad. 1986.
- Wilcox J.M., Hundhausen A.J.** Comparison of heliospheric current sheet structure obtained from potential magnetic field computations and from observed polarization coronal brightness. *J. Geophys. Res.* 1983. v. 88. p. 8095.

**Метеостанции в Мексике, данные которых
были использованы авторами для анализа**

Название станции	Широта			Долгота			Высота, м
	°	'	''	°	'	''	
Штат Синалоа							
Acatitan	24	2	30	106	40		130
Choix Estacion	26	46		108	24		225
Culican	24	48		107	24		40
El Fuerte	26	26		108	38		84
El Nudo	25	35		108	28		9
El Varejonal	25	4		107	24		122
Higuera	25	57		109	18		9
Ixpalino	23	51		106	37		100
Jaina	25	55	30	108	2		110
Los Mochis	25	46		109			14
Ruiz Cortinez	25	42		108	44		15
Santa Cruz	24	28	49	106	57	20	118
Sanalona	24	48		107	8		135
Santa Rosa	25	54		108	46		20
Costa Rica	24	33		107	22	20	0
Lateral 56	24	28		107	10		24,5
Sataya	24	32	30	107	38		7
Alto de Culicancito	24	28		107	32		23
El Rosario	22	59		105	51		35
Guamuchil	25	28		108	5		50
Guasave	25	34	30	108	28		18
El Playon	25	13		108	13		5
Badiraguato	25	21		107	32	30	230
Guatenipa	25	20		107	14		290
Potrerrillos	23	33		105	50		1470
Rosamorada	25	23		107	50		180
Siqueiros	23	25		16	13		170
Штат Сонора							
San Jose	28	50	18	111	39	42	29
Sonoita	31	52		112	51	9	350

Название станции	Широта			Долгота			Высота, м
	°	'	''	°	'	''	
Tres Hermanos	27	11	38	109	11	44	88
Trincheras	30	24		111	32		505
Ures	29	40	50	110	57	10	370
Carbo	29	40	50	110	57	10	464
Yecora	28	22	17	108	55	40	1552
Agua Prieta	32	19	37	109	32	28	1220
Arizpe	30	20	9	110	10	2	830
Bacanuchi	30	35	56	110	14	19	1060
Banamichi	30	0	13	110	12	54	640
Batacosa	27	31	46	109	24	4	230
Hornos	27	42	47	109	54	15	50
Las Panelas	27	24	43	108	52	36	162
Palo Verde	28	47	44	111	27	56	79
Quitovac	31	31	40	112	43	56	388
Tezocoma	27	39	30	109	12	45	320
El Carrizal	29	5	31	111	44		49
Querobabi	30	3	2	111	1	17	655
Cuauhtemoc	30	52	32	111	31		590
Santa Ana	30	32	27	111	6	59	700
Hermosillo	29	4	58	110	55	10	230
La Angostura	30	26	20	109	23	8	860
Alvaro Obregon	27	49	18	109	53	9	116
Punta de Agua	28	25	59	110	23	34	245
Imuris	30	46	40	110	53	13	820
La Colorada	28	48	7	110	34	36	390
Guaymas	27	55		110	54		8
Naco	31	19	32	109	56	52	1300
Cananea	30	58	48	110	17	27	1600
Colonia Oaxaca	30	43	47	109	3	23	1000
Linderos	26	54	30	109	45	18	1020
Штат Баха – Калифорния							
Bahia Tortugas	27	43	30	114	58	40	16
Boca del Salado	23	17	6	109	26	7	10

Название станции	Широта			Долгота			Высота, м
	°	'	''	°	'	''	
Buenavista	25	6	36	111	47	55	25
Cabo San Lucas	22	53	11	109	54	52	45
El Aguajito	24	56	50	111	8	8	190
Camondu	26	4	37	111	50	27	270
El Carrizal BC	23	46		110	19		180
El Ojo de Agua	26	20	24	111	56	24	185
El Paso de Iritu	24	45	57	111	7	30	125
El Pilar	24	28	1	110	59	10	135
El Rosarito	26	29	15	111	39	30	130
El Triunfo	23	48	20	110	7	40	460
Iraki	24	53	10	111	18	30	140
La Angostura	25	3	45	111	3	30	240
La Paz	24	10		110	17	26	0
La Poza Grande	25	49	48	112	5	20	20
La Poza Honda	25	20	34	111	34	18	100
La Ribera	23	35	4	109	33	14	30
La Soledad Norte	24	49	15	110	47	40	340
Lagunillas	24	2	22	110	22	18	60
Las Cruces	25	22	45	111	49	16	35
Loreto	28		30	111	20	57	15
Los Planes	24	5	55	109	59	24	35
Patrocinio	26	49	26	112	48	38	193
San Antonio Sur	23	48	38	110	2	20	360
San Bartolo	23	44		109	51	42	330
Punta Abreojos	26	43	56	113	34	44	10
San Javier	25	53	43	111	34	18	400
San Jose de Gracia	26	29	23	112	42	45	165

HELIOCLIMATOLOGY

The problem of a possible relationship between the seasonal and the long period variations of different atmospheric, hydrologic and geophysical processes with heliophysical and cosmophysical processes has been discussed very often in the literature. Since 1937 L.A. Chizhevsky had argued about the primordial role of the sun within the group of phenomena and mechanisms which are now known as the field of Solar-Terrestrial relationships (e.g. [Chizhevsky, 1976]).

The problem of possible relationships of the seasonal and many-year variations in the Earth's atmosphere to various heliophysical and cosmophysical events was raised repeatedly elsewhere. The fact that the processes occurring on the Sun are responsible for various atmospheric disturbances has proved to be undoubted [Cherkov, 1985].

The atmospheric circulation is affected by the cyclicity of varying solar activity which controls not only the geomagnetic activity state, but also the temporal variations of the intensity of galactic and solar cosmic rays. So, a complex relationship among all the above mentioned events is reasonable to expect. The parameters of each of the events exhibit their own spectrum of seasonal and many-year variations because, despite their common mechanisms, a fraction of the observed variations are characterized by different causal relationships.

The aim of the present work is to seek for unstable and quasistable frequency-dependent correlations among various cosmoheliophysical and meteorological processes and to make an attempt to simulate these processes mathematically.

The actual existence of the above mentioned correlations follows from a simple qualitative comparison among the temporal variations of the parameters of the studied events [Vitinsky, 1973], namely, the mean-monthly and mean-yearly values of the Wolf numbers (W), the sunspot group areas (S), the geomagnetic activity (Kp -index), the cosmic ray intensity (CRI), and storm index (P) describing the recurrence of dangerous winds (of velocity $a > 12$ m/s) in the North Sea. Both the atmosphere variations and the cosmic ray flux modulation observed on the Earth are probably due to the same processes occurring in interplanetary space, namely, powerful interplanetary shocks, solar flares, high-velocity solar wind fluxes, sectoral structure of inter planetary magnetic fields (IMF), etc. Moreover, because the relationships between the atmospheric parameters and the cosmic ray intensity are quite unambiguous and, besides, the CRI correlates whit solar activity, the analysis of stormicity P on the basis of the

CRI and solar activity data can underlie developing the methods for diagnosing the global variations of stormicity, temperature, precipitation, solar radiation, lake levels etc.

Experimental results related to the action of solar and geomagnetic activity as well as other cosmophysical factors (galactic and solar cosmic rays, GCR and SCR, on the lower atmosphere and meteorological and climatic parameters, including ENSO, have the practically results.

The data given and the results of the simulation the mechanism of the action of heliophysical parameters on atmosphere argue convincingly for the authenticity of the physical mechanism of the influence of SA on climatological and meteorological processes, whose determining element is the change in transparency of the atmosphere under the action mainly of galactic and solar cosmic ray modulated by solar and geomagnetic activity.

Estimates of the energetic of dynamics processes in the lower atmosphere simulated by solar and geomagnetic activity and of the additional energy entering the atmosphere upon a changes in its transparency during period of the disturbances have shown that they are similar to the another, evidently permitted exhibiting the physical nature of the energy source of the action of solar and geomagnetic activity on processes in the lower atmosphere.

The geomagnetic disturbances and the radioactive emission of the Sun, but not the energy contained in the solar wind of liberated in the magnetosphere and ionosphere, turn out directly to be the source.

The results of analyzing the works published in recent years have demonstrated a feasible relationships of the atmospheric processes with heliophysical and geophysical events and with cosmic ray intensity. All the published results fall well within the assumption that the activity of the processes in the earth's atmosphere and magnetosphere is affected by the processes occurring on the Sun.

Therefore, the processes occurring in interplanetary medium and the cosmic ray intensity observed on the Earth's surface must be allowed for when solving the problems relevant to finding the mechanisms of the large-scale atmospheric and magnetosphere processes or when making attempts to predict the processes.

The possibilities of research on influence of the solar activity on climate and meteorological processes have not been exhausted. Those phenomena of solar-terrestrial relationships which determine the action of disturbances on the Sun and in the interplanetary medium on the climatic and meteorological conditions on Earth and on the state of the lower atmosphere are causing the most enlivened discussions at the present time.

When W.B. Shostakovich has made his very interesting and noncelebrated study of the relation of sunspots to temperature, pressure and rainfall in 1932 year and thereby founded modern helioclimateology, did he imagine that only seventy years later we`ll begin approaches toward this problem.

*Igor Ya. Libin,
Jorge A. Perez-Peraza*

СЛОВА ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

В начале восьмидесятых годов прошлого века, благодаря Леонтию Мирошниченко и Первому секретарю Посольства СССР в Мексике Анатолию Грищенко, началось активное и плодотворное сотрудничество советских и мексиканских ученых в области космофизики. Маститые Игнасио Галиндо, Рут Галл, Лев Дорман, Леонтий Мирошниченко, Виктор Ораевский, Аго Яани и, тогда молодые, Анатолий Белов, Сильвия Браво, Хосе Вальдес-Галисиа, Раиса Гущина, Эдуард Вашенюк, Олег Гулинский, Евгения Ерошенко, Светлана Илгач, Амандо Лейва-Контрерас, Игорь Либин, Бланка Мендоса, Хорхе Перес-Пераса, Хавьер Отаола, Константин Юдахин, Виктор Янке стоят у истоков этого сотрудничества.

Тогда основными направлениями совместных исследований были распространение и теория ускорения космических лучей (КЛ); солнечные протонные события и солнечные нейтроны; астрофизические аспекты и энергетический спектр SEP... Наряду с этими исследованиями, с каждым годом все большее место стали занимать физика Солнца, изучение солнечно-земных связей, исследования флуктуаций КЛ. В экспериментальной космической физике над совместными проектами активно работали Хавьер Отаола (Javier Otaola), Хосе Вальдес (José Valdés-Galicia), Владимир Беднажевский, Игорь Либин и Виктор Янке. Тогда же Хорхе Перес-Пераса начал работы над новыми полимерами CR-39, ставшими основой для новой сцинтилляционной аппаратуры.

Именно тогда, в начале восьмидесятых, авторами книги и были начаты первые совместные работы в области гелиоклиматологии. Будучи специалистами по космическим лучам, мы уже тогда предположили, что солнечная активность и космические лучи оказывают гораздо большее влияние на изменение земного климата, чем антропогенная деятельность, и начали планомерные исследования воздействия солнечной активности и космических лучей на процессы на Земле. Исследования, результатом которых явилась предлагаемая читателю книга, в которой мы попытались рассказать о нашем видении причин глобальных климатических изменений и дать представление о работах и взглядах других исследователей.

Эта книга увидела свет, прежде всего, благодаря Международной Академии Оценки и Консалтинга (МАОК) и Национальному Автоном-

ному Университету Мексики (УНАМ), которым мы чрезвычайно признательны.

Большую помощь своими советами и обсуждениями, нам оказали наши друзья и коллеги из отдела исследования вариаций космических лучей ИЗМИРАН имени Н.В. Пушкова и департамента космических исследований Института геофизики УНАМ, которым мы также очень благодарны.

Мы очень признательны сотрудникам мексиканских, российских, шведских, эстонских и литовских метеостанций обеспечивших нас данными для этой книги.

Особую признательность мы хотели бы выразить Симону Шнолю и Леонтию Мирошниченко, за дружескую помощь и многочисленные советы в течение почти двух десятков лет и служившим нам источником информации по многим вопросам.

Мы хотели бы вспомнить рано ушедших замечательных ученых Владимира Беднажевского, Сильвию Браво, Владимира Вискова, Рут Галл и Хавьера Отаолу, с которыми нам выпало счастье работать вместе.

Персонально, мы хотели бы поблагодарить за сотрудничество и терпение наших постоянных, в течение многих лет, соавторов математика Олега Гулинского, геофизика Амандо Лейва-Контрерас, физика и программиста Константина Юдахина, метеоролога Миколаса Микалаюнаса, гидролога Аго Яани и, конечно, великого ученого Льва Дормана, у кого мы начинали, и терпеливое внимание которого мы ощущали многие годы.

Игорь Либин (МАОК) и Хорхе Перес-Пераса (УНАМ)
29 июня 2009 года

**МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ОЦЕНКИ
И КОНСАЛТИНГА**

Либин И.Я., Перес-Пераса Х.А.

**ГЕЛИОКЛИМАТОЛОГИЯ
(глобальные климатические изменения:
оценка опасностей или факторов экономического роста)**

Главный редактор
Ученый Секретарь МАОК И.Я.Либин

Компьютерная верстка
Расенец В.

НОУ «Международная академия оценки и консалтинга»
115093, г. Москва, 1-й Щипковский пер., д. 1, подъезд 2, 4 этаж, МАОК, офис 438

По вопросам приобретения книг обращаться
По тел/факс: (495) 974-1945, 974-1950
e-mail: post@maok.ru – Копаев Сергей Александрович

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в типографии
Издательства « _____ »

ЛР № _____ от ISBN 978–5–89513–161–9