

5. Topa V. B. Centre in Ag doped Alkali halide crystals. // Rev. Roumaine Phys. –1967. Vol. 12, №13. – P. 781-786.

6. Парфианович И.А., Пензина Э.Э. Электронные центры окраски в ионных кристаллах // Иркутск. – 1977. – С. 208.

7. Эланго М.А., Муратов С.М. // ФТТ. – 1968. – Т. 10. – С. 3218-3222. // ФТТ. – 1969. – Т.2. – С. 3149-3153.

8. Kleeman W. Anionische silberzentren (B – zentren) in Alkalihalogeniden. // Zs.f. Phys. –1968. Vol.214, №3. – P. 285-230.

9. Арапов Б., Сидляренко В.И., Осмонбаев М. ЭПР и промежуточных радиационных дефектов в кристаллах KCl-Ag // Науч. труды ОшГУ. физ.-мат. науки. – 1995. В. 1. – С. 54-62.

10. Осмонбаев М.Ч. Роль вакансионных дефектов в распаде и преобразовании радиационных центров в кристаллах KCl и KCl: дис ... канд. физ.-матем. наук. – Ош, 1996.

11. Арапов Т.Б. Механизм и кинетика тушения свечения радиационно-наведенных центров окраски в ЩГК: дис. ... канд. физ.-матем. наук. – Ош, 2004.

### СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И БИОСФЕРА ЗЕМЛИ

<sup>1</sup>Либин И., <sup>2</sup>Хорхе Перес Пераса

<sup>1</sup>Международная Академия оценки и консалтинга;  
<sup>2</sup>Институт Геофизики Национального Автономного  
университета Мексики, Мексика, e-mail: libin@bk.ru

Для исследований влияния солнечной активности на биосферу Земли впервые был проведен совместный анализ космофизических и биофизических процессов.

Совместный анализ вариаций космофизических, климатических и биосферных индексов, который показал, что изменения солнечной активности являются модулятором изменений биосферы Земли и климата.

До начала XX века наука о Земле была ареной противоборства двух концепций: одна объясняла все процессы в экосфере Земли собственными земными явлениями, вторая подчеркивала решающий вклад космических источников в процессы на Земле, особенно на метеорологию, солнечную радиацию, биологию и медико-биологические явления в целом. Отсутствие экспериментальных данных о космическом пространстве делало невозможным даже построение теоретических моделей, описывающих влияние солнечной активности на атмосферу или биосферу Земли. Предпосылки для реальных теоретических моделей появились после запусков первых искусственных спутников Земли, когда начали проводиться непосредственные исследования космического пространства. В наши дни, когда для практических целей функционирует специальная служба прогноза солнечной активности, вопрос о воздействии космоса на биосферу не вызывает никаких сомнений.

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 та-

лантливым художником, утонченным поэтом-философом и музыкантом. «Леонардо да Винчи XX века» назвали А.Л. Чижевского участники состоявшегося в Нью-Йорке в сентябре 1939 года I Международного конгресса по биофизике и космологии.

Дальнейшие исследования различных медико-биологических явлений на фоне изменений солнечной активности (смертность в некоторых крупных городах Европы, концентрация лейкоцитов в крови человека, наблюдения над различными физиологическими показателями человека, мировая статистика инфекционных заболеваний) подтвердили наличие статистических связей с солнечной активностью.

В 1964 году на конференции, проходившей в Ленинграде, профессор Паккарди из Италии 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 протекание реакций. Это открытие, блестяще подтвержденное советским биофизиком из Пуццино С.Э.Шнолем, было последней каплей в накоплении данных об удивительных связях различных процессов на Земле с активностью Солнца. Оказалось, что реакция в любой точке земного шара на 99% оно зависит от солнечной активности.

*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.*

Наряду с такими корифеями науки, как В.И. Вернадский и К.Э. Циолковский, А.Л. 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. «Как же волнения и бури на Солнце влияют на планету? – писал он. – 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-компани?».

**Солнечная активность и климатологические процессы.** Биосфера – это глобальное

сообщество всех организмов – располагается на поверхности Земли под защитой нескольких оболочек: магнитосферы, ионосферы, озоносферы, атмосферы. Биосфера, по определению В.И. Вернадского, – наружная оболочка Земли, область распространения жизни. Биосфера включает нижнюю часть атмосферы (до высоты 25...30 км, до озонового слоя), практически всю гидросферу (реки, моря и океаны) и верхнюю часть земной коры – литосферу (до глубины 3 км). Важнейшими компонентами биосферы

являются: живое вещество (растения, животные и микроорганизмы); биогенное вещество (органические и органоминеральные продукты, созданные живыми организмами на протяжении геологической истории – каменный уголь, нефть, торф и др.); косное вещество (горные породы неорганического происхождения и вода); биокосное вещество (продукт синтеза живого и неживого, т. е. осадочные породы, почвы, илы).

Общая схема воздействия космических процессов на биосферу приведена на рис. 1.

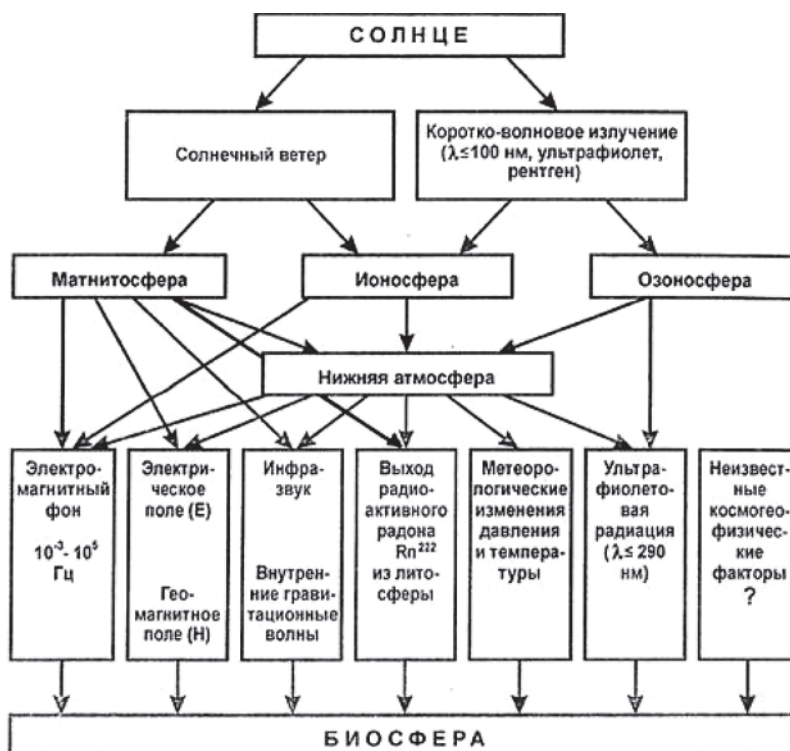


Рис. 1. Общая схема воздействия космической погоды на Биосферу

Используя данные многолетних наблюдений температуры, давления, скорости ветра в Атлантике, влажности, солнечной радиации, осадков, уровня озер, данные по <sup>14</sup>C и <sup>10</sup>Be, данные различных процессов в биосфере Земли, но главное, солнечной активности, авторами были изучены взаимозависимости между различными процессами. В процессе анализа обнаружили удивительные вещи: температура северного полушария, уровень замкнутых водных систем (озер) в разных частях света и количество сердечно-сосудистых заболеваний также напрямую зависит от солнечной активности [Либин и Перес Пераса, 2009]. Удалось установить, что поведение количества воды хорошо совпадает с поведением солнечной активности: авторегрессионный анализ между колебаниями различных изучаемых озер подтвердил наличие хорошо выраженных колебаний с периодами 11, 22, 35, 90 и 380 лет (и даже 720 лет с не очень высокой достоверно-

стью, ~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).

Анализ площадей лесов в северном полушарии за последние 100 лет (Норвегия, Россия, Канада) показал, что в последние 80 лет границы лесов непрерывно сдвигаются на Север. Это означает, что там, где раньше была вечная мерзлота, и деревья не могли расти, теперь температура повысилась, и леса чувствуют себя вполне комфортно.

Параллельно авторами была изучена взаимосвязь между солнечной активностью и площадь льда в Балтийском море и Северном ледовитом океане и многое, многое другое. В результате практически двадцатипятилетних

исследований удалось доказать, что источником механизма воздействия на изменения циркуляции атмосферы, водности замкнутых озер яв-

ляется циклическая деятельность Солнца и ее влияние на атмосферу Земли [Либин и Перес Пераса, 2009].

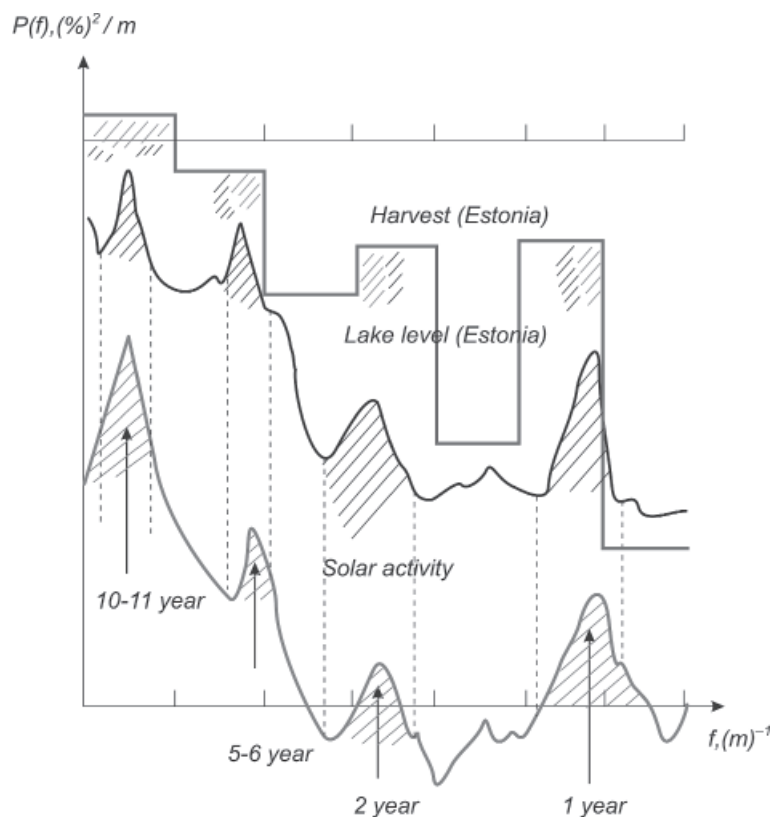


Рис. 2. Спектральные оценки солнечной активности, уровня Чудского озера и урожайности в Эстонии в 1950-2000 гг.

В рамках экологических программ, связанных с загрязнением атмосферы, авторами 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 Å, 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 космических лучей и вышеперечисленными индексами не слу-

чайно, поскольку каждый из них отражает общие свойства цикличности солнечной активности.

Авторами был проведен совместный двумерный авторегрессионный спектральный анализ суммарной площади солнечных пятен, NL-индекса, солнечной радиации, космических лучей (по данным среднемесячных наблюдений за 1952-2000 гг.) и водности, стока рек, приземной температуры, ареала лесов и урожайности в Мексике, России, Эстонии и Литве. Сопоставление полученных результатов с аналогичными исследованиями влияния солнечной активности на штормистость показывает не только хорошее качественное, но и количественное (с точностью до запаздывания) соответствие [Libin et al., 2012]. 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 и биосферными процессами, с одной стороны, и солнечной активностью, с другой, показывает существование стабильных сдвигов от 12 до 42 месяцев между процессами, что хорошо согласуется с результатами расчетов по другим методикам [Либин и Перес Пераса, 2009].

Солнечная активность сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур. Исследования показывают, что во время высокой солнечной активности прирост урожайности всех зерновых составляет величину в 3 раза превышающую урожайность на стадии минимума

(рис. 2). Эта закономерность отмечена также в посевах картофеля, свеклы, льна, хлопчатника и может быть учтена при планировании сельскохозяйственного производства, при расчете внесимых удобрений и т.д. Аналогичные результаты наблюдаются при анализе лова краба (рис. 3).

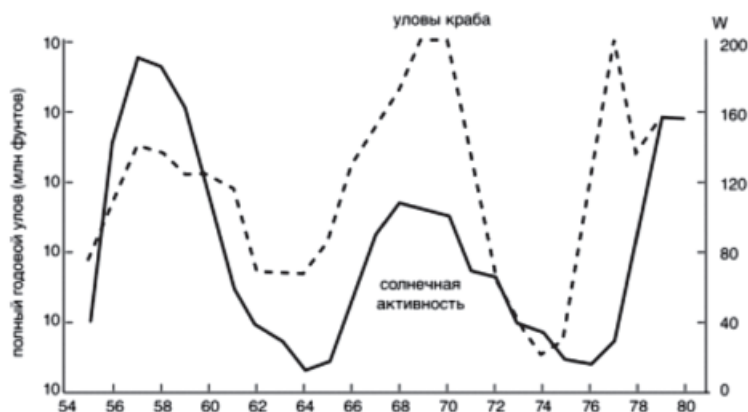


Рис. 3. Солнечная активность и улов краба

**Солнечная активность и биологические процессы.** 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 поиска ритмики в физико-химических явлениях.

Одной из фундаментальных проблем современной солнечно-земной физики является выявление механизмов связи между активностью Солнца и функционированием различных объектов биосферы, включая человека. С 20-х годов прошлого века проводятся исследования, накапливаются научные данные, подтверждающие влияние изменений солнечной активности и магнитных бурь на здоровье. Именно поэтому, участники междисциплинарного семинара «Биологические эффекты солнечной активности» (6-9 апреля 2004 г., Пушино-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.

По результатам многочисленных наблюдений 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 достигает 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 показали, 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 также 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 возмущённостью магнитного поля Земли.

*Необходимо отметить, что больной и здоровый организм по-разному реагируют на изменения космических и геофизических условий.* У больных ослабленных, утомлённых, 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 активируется иммунная система, соответственно перестраиваются нервные процессы и эндокринная система; сохраняется либо даже возрастает работоспособность. Субъективно это воспринимается здоровым человеком как улучшение самочувствия, подъём настроения.

И всё же, вопрос о характере воздействия солнечной активности и полным 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 10 лет мониторинга, проведенного авторами совместно с биологами Италии и Швеции, было выявлено, что вспышечные процессы на Солнце и следующие за ними изменения в спектре естественных сверхнизкочастотных электромагнитных полей, в 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.

Авторами исследований, выполненных в ИЗМИРАН [Рагульская, 2005], 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 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 эффективным, 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 ИЗМИРАН, 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.*

**Заключение.** Колебания климата и биологических процессов – реальность. У Солнца существует циклы, которые и влияют на климат и биосферу Земли. Мы оказались свидетелями его очень интенсивной фазы.

Методами спектрального и кросскорреляционного анализа биофизических и гелиофизических данных выявлено совпадение всех основных цикличностей биологических и гелиофизических параметров, что является доказательством существования общепланетарного регулирующего параметра. Все эти явления связаны между собой с коэффициентами корреляции 0,6-0,8 и являются следствием вариаций солнечной активности. Риски и возможные последствия поведения солнечной активности для человека можно разбить на группы:

1. *Влияние на экосистемы:*

- а) изменение географического размещения экосистем (широтный сдвиг к северу);
- б) изменение видового состава растений и животных;
- в) возможное изменение биопродуктивности;
- 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 приведет к затоплению территорий;
- в) повышение уровня океана приведет к подтоплению ряда территорий.

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 миграции из неблагоприятных регионов;
- в) потепление позволит сэкономить энергию на обогреве;
- г) отступление арктических льдов создаст возможности освоения Арктики;

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.

Для дальнейших сценариев существования человечества в обозримой перспективе, уже не так важно, что лежит в основе глобального повышения температуры,  $\text{CO}_2$ , осадков ... Теперь важно искать пути, как снизить риски глобальных климатических изменений на природу, биосферу и экономику. 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 и биосферных изменений, России не справиться. Как сказал Б.Н.Порфирьев на своём выступлении во Всероссийском Экономическом обществе с докладом «Глобальные климатические изменения: новые риски или факторы экономического роста России» (20 мая 2009 г.): «Можно по-разному относиться к Киотскому протоколу, но ясно одно: необходимо садиться за стол переговоров, иначе очень скоро будет поздно. Ибо, если ты не сядишь за стол, то можешь оказаться в меню. Будущее развитие России зависит от наших ответов на возникшие риски».

#### Список литературы

1. Либин И.Я., Перес Пераса Х. Гелиоклиматология. – М.: МАОК, 2009. – 252 с.
2. Perez Peraza J., Libin I., Dorman L. Space Sources. – М.: EuroMedia, 2011. – 334 р.
3. Рагульская М.В. Синергетические аспекты поведения биологических систем при воздействии внешних полей // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2005. – №1–2. – С. 57–68.

### ВВЕДЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДВИЖУЩИХСЯ СИСТЕМ

<sup>1</sup>Мухопад Ю.Ф., <sup>2</sup>Суржик В.В.

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск;

<sup>2</sup>Иркутский государственный технический университет, Иркутск, e-mail: bts48@mail.ru

Взаимодействие движущихся систем с окружающей средой в теоретической физике описывается различными моделями, которые приводят к нелинейным дифференциальным и интегро-дифференциальным уравнениям с частными производными. И только введение дополнительных предположений и допущений о малости амплитуд волн поля, или амплитуд

колебания среды, амплитуд отклонения от состояния равновесия и т.п. приводят к линейным уравнениям, которые изучены в достаточной степени.

Среди систем нелинейных уравнений с частными производными наиболее простыми являются системы квазилинейных уравнений. Но даже и для этих систем нет общих теорем существования и единственности решения с начальными данными (задача Коши). Упрощение исходной интегро-дифференциальной системы, описывающей взаимодействие объекта со средой, где в интегралах присутствуют сингулярные ядра, является задачей особой сложности свойственной техническим системам.

На процесс создания любой технической системы большое влияние оказывают факторы конструктивного, информационного, структурного, функционального, энергетического, технологического и организационно-экономического характера. Такое обилие требований к созданию объектов техники предопределило появление и развитие системного анализа (СА).

Системный анализ, являющийся неотъемлемой частью теории систем, дает возможность принимать решения в условиях анализа большого количества информации различной природы. При этом большая система рассматривается как интегрирование элементов со связями в пространстве и во времени и объединенные с целью достижения максимальной эффективности всей системы при гармоничном сочетании, возможно, и противоречивых целей ее составных частей. Качество анализа определяется степенью адекватности математической модели системы, т.е. ее способностью отражать заданные свойства объекта с погрешностью, не выше заданной. Кроме того, создаваемая математическая модель должна обладать свойством целостности, связности и эмерджентности, что подразумевает независимость системы от внешней среды и других систем, наличие непосредственных или опосредованных связей между любыми элементами системы и не сводимости свойств системы к сумме свойств ее элементов.

В качестве примера рассмотрим математические модели возмущенного движения экранопланов. С известным приближением исследование возмущенного продольного движения экраноплана, описываемого нелинейной нестационарной системой, можно заменить исследованием возмущенного движения линейной стационарной системой [1, 2, 3, 12]. Погрешность, возникающая при такой замене, будет тем меньше, чем меньше в данном интервале времени (это может быть время релаксации системы) изменяются коэффициенты дифференциального уравнения.

Системный анализ математических моделей продольного невозмущенного движения экрано-