

АРХЕОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ



Серия «Геоархеология. Этнология. Антропология»

2014. Т. 10. С. 2–26

Онлайн-доступ к журналу:

<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ

Иркутского

государственного

университета

УДК 551.5:524.1

Малый ледниковый период.

Часть 3. Природно-климатические, геоэкологические и социально-экономические аспекты^{*}

К. Г. Леви

Институт земной коры СО РАН

Аннотация. Представлен анализ природно-климатической обстановки на фоне изменения гелиофизических параметров, сложившихся в Европе и получивших название Малого ледникового периода. Обилие осадков и относительное понижение температуры воздуха обусловлены влиянием космических лучей всех видов на атмосферу Земли. Летние сезоны были относительно прохладными и дождливыми, зимы – холодными и многоснежными. Такие обстоятельства могли обеспечить залеживание снега в горах и оживление движения ледников. Избыточное увлажнение и засухи приводили к неурожаем, голодоморам и эпидемиям на фоне в целом низкой культуры земледелия, скотоводства и отсутствия должной гигиены, что способствовало массовому проявлению различных заболеваний.

Ключевые слова: солнечная активность, наводнения, обвалы, оползни, сели, Малый ледниковый период, засухи, природные пожары, эпидемии, эпизоотии, войны.

Введение

Напомним, что под Малым ледниковым периодом (МЛП) обычно понимают интервал времени с начала – середины XIV в. и до середины XIX в. Его возникновению предшествовал период средневекового потепления длительностью около 150 лет, хотя представляется, что оно было существенно дольше. В течении МЛП выделяют три фазы: первая восходит к 1300–1440 гг. и была холодной, дождливой и неурожайной; вторая отмечалась в 1440–1600 гг. и характеризовалась относительным потеплением и, наконец, третья, длившаяся с 1640 по 1840 г. и отличалась значительными холодами (рис. 1).

^{*} Работа выполнена в рамках проекта СО РАН № VIII.69.1. «Факторы, определяющие изменение среды и климата Центральной Азии в кайнозой».

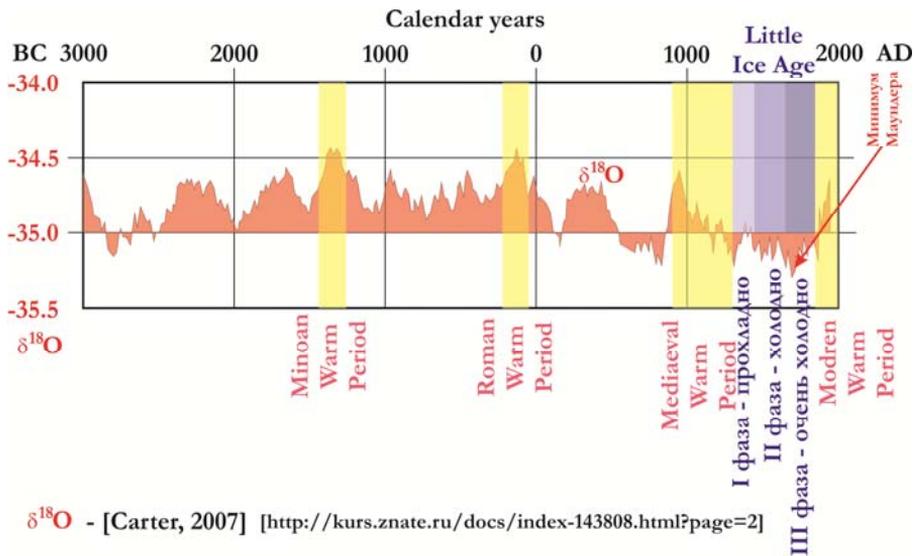


Рис. 1. Главные периоды потеплений в течение 5 тыс. лет и внутренняя структура Малого ледникового периода

Прежде чем приступить к изложению результатов исследования, обратимся к замечаниям, исходящим от основных установок системного анализа. Иерархическая соподчиненность между теми или иными характеристиками (параметрами, факторами) объекта исследований является одним из важных признаков системной организации самого объекта. Следовательно, изучение такого объекта должно быть ориентировано на выявление его внутренней структуры, организации и взаимодействия его элементов. «Система предполагает единство и целостность определенного рода, благодаря чему ее частности (частности объекта исследования) связываются друг с другом...» [Bahm, 1969, с. 175]. Л. А. Блюменфельд [Системные исследования ... , 1970, с. 37] уточняет, что «...с миром вне системы система взаимодействует как целое...». В. Н. Садовский [1974, с. 233] подчеркивает, что «...для того, чтобы исследовать некоторый объект как систему, необходимо обладать средствами анализа его как определенной целостности...». Но, приступая к системному анализу, следует помнить о ряде парадоксов системного мышления, выступающих в роли своеобразных законов. В. Н. Садовский приводит около десятка таких парадоксов, из которых целесообразно упомянуты два, прямо необходимых для пояснения дальнейших рассуждений:

1) «...описание любой данной системы возможно лишь при условии наличия... описания данной системы как элемента более широкой системы. В свою очередь, описание данной системы как элемента более широкой системы возможно лишь при условии наличия описания данной системы как системы...»;

2) «...познание системы как целостности, очевидно, невозможно без того, чтобы “заглянуть внутрь системы”, т. е. без анализа ее частей...» [1974, с. 234–236].

Добавим, что система может существовать как угодно долго, пока все образующие ее элементы находятся во взаимосвязи и равновесии. Если какой-либо элемент системы вдруг «выходит из строя», вся система рискует полностью разрушиться.

Отметим, что, как правило, при анализе природных систем, как в данном случае, возникает стремление к поиску прямых корреляций между их элементами. Однако нередко такие корреляции отсутствуют, что можно объяснить лишь сложностью внутренней организации самой системы и объективной неполнотой наших знаний о ее структуре. В конечном итоге мы начинаем понимать, что имеем дело с многокомпонентной системой, и в этом случае для ее изучения необходимо воспользоваться методами многомерного статистического анализа, который хотя бы на полуколичественном уровне позволит определиться в оценке характера взаимодействия между элементами системы. Итак, приступим к обсуждению явлений, вынесенных в заголовок.

Погодно-климатические изменения

Важной причиной изменения климата Земли является стратосферный аэрозольный слой [Причина изменения климата ... , 2011] (рис. 2). Он располагается на высоте 22–28 км и состоит в основном из мелких капель серной кислоты со средним размером 0,3 мк.

Частицы этого слоя отражают солнечное излучение в космос, что приводит к увеличению альбедо и, соответственно, понижению температуры Земли. Длительность существования аэрозольных частиц в стратосфере оценивается 1–2 годами, тогда как время жизни частичек в тропосфере – не больше 10 суток, поскольку они вымываются дождями и выпадают на землю. Считается, что основным источником поступления частиц в стратосферный аэрозольный слой являются вулканические извержения, при которых продукты выброса поднимаются на высоту до 70 км, как это было при извержении вулкана Тамбора (Индонезия) в 1815 г. Замутнение атмосферы вулканическими выбросами привело к тому, что лето 1816 г. в Англии было холодным, в Европе заморозки в июне и июле погубили посевы, следствием чего стал голод. Аналогичные последствия были задокументированы после извержения вулкана Кракатау в 1883 г., когда огромные массы пепла и газа объемом до 18 км³ поднялись на высоту 50–60 км, после чего на всей Земле наблюдались аномальные атмосферные световые явления, уменьшилась прозрачность атмосферы. Это в свою очередь вызвало понижение средней температуры воздуха, следствием чего была аномально холодная зима 1883–1884 гг.

Еще одним задокументированным событием явилось извержение вулкана Пинатубо (Филиппины) в июле 1991 г. Было установлено резкое повышение концентрации аэрозолей в атмосфере до высоты 20 км, сначала осела тяжелая фракция аэрозоля, а легкая фракция с течением времени рассеялась до фоновых значений. Таким образом, вулканические извержения вносят существенный вклад в погодно-климатические изменения. Так, например, не самое мощное извержение вулкана Сент-Хеленс (США) в 1980 г., энергия которого оценивается $E = 10^{25}$ эрг, привело к удвоению концентрации частиц стратосферного аэрозоля. Но мощные вулканические извержения происходят нечасто, и потому вызванные ими погодно-климатические изменения носят им-

пульсный характер. Бóльший вклад в замутнение стратосферы вносят метеоритная пыль, пыльные бури и природные пожары (рис. 3). Так, пыль от атмосферных штормов способна проникать в тропосферу на высоту до 7 км, а дым от природных пожаров может подниматься на высоту до 4 км. Таким образом, есть смысл рассмотреть многомерные взаимоотношения между различными инициаторами замутнения атмосферы и похолоданий.

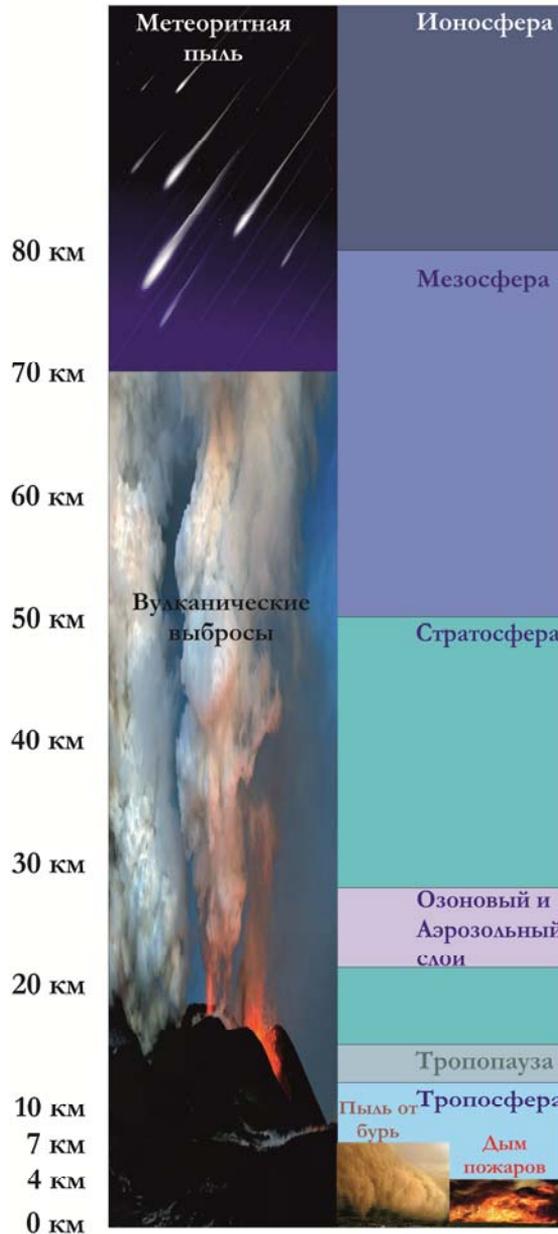


Рис. 2. Структура нижней части атмосферы Земли и факторы ее замутнения

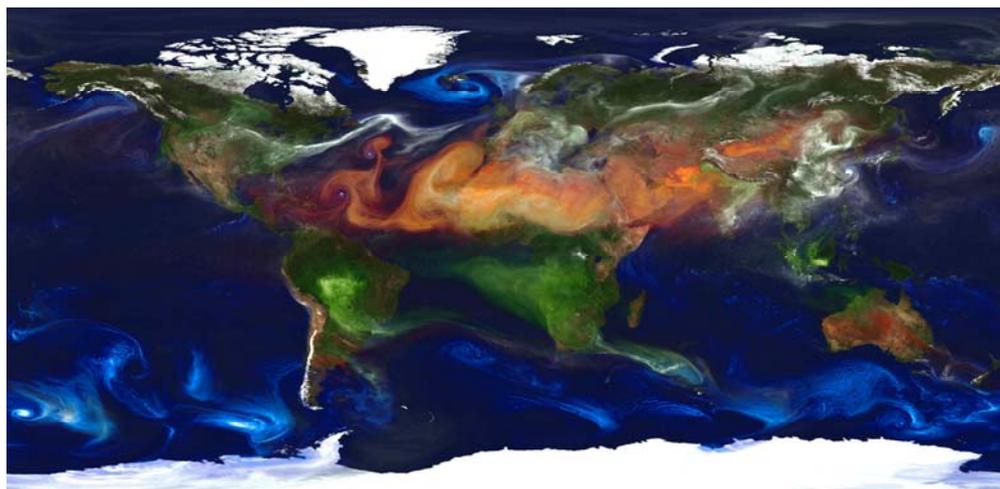


Рис. 3. Карта атмосферных аэрозолей мира – 2012 г. [Карта атмосферных ... , 2012]. Состав аэрозолей: белый цвет – сульфаты, поднимаемые в атмосферу вулканами и промышленными гигантами; синий цвет – морская соль; красный цвет – пыль; зеленый цвет – дым лесных пожаров

Метеоритная и вулканическая пыль

Существуют оценки, что в день на поверхность Земли падает около 5–6 т метеоритов, а количество выпадающей космической пыли, оседающей на поверхности Земли, варьирует от 150 до 20 тыс. т в сутки. Однако эти оценки носят приближенный характер и отличаются у разных исследователей. К тому же метеоритные атаки происходят по времени неравномерно (рис. 4). Однако сравним некоторые цифры.

Масса метеоритной пыли, поступающей на Землю, оценивается как 10^2 – 10^9 т/год [Бояркина, Гиндилис, 2014], по другим оценкам – 150–20 000 т/сут. или $5,48 \cdot 10^4$ – $7,3 \cdot 10^6$ т/год при плотности пыли на высоте до 70 км $\approx 0,1$ – $3,5$ г/см³ $\approx 3,5$ т/м³. Отсюда, зная площадь поверхности Земли, мы можем оценить примерную толщину слоя метеоритной пыли, выпадающей ежегодно на 1 м². Зная удельный вес метеоритной пыли, мы можем оценить примерный ее объем – как минимальный, так и максимальный $\approx 42,86$ – $285\,714\,285,7$ м³. Отсюда толщина слоя такой пыли выпадающей ежегодно, составит от $8,4 \cdot 10^{14}$ м или $8,4 \cdot 10^{11}$ мм до $5,6 \cdot 10^7$ м или $5,6 \cdot 10^4$ мм.

Оценим поступление в атмосферу или выпадение на поверхность Земли продуктов вулканических извержений. Так, например, масса выброшенного в стратосферу вулканического вещества при извержении вулкана Кракатау (VEI = 6–7), которое мы примем за условную норму для извержений подобного класса, составила $18 \text{ км}^3 = 18\,000\,000\,000 \text{ м}^3$, $S_{\text{поверхности Земли}} = 510\,072\,000 \text{ км}^2 = 510\,072\,000\,000\,000 \text{ м}^2$, толщина слоя вулканических выбросов должна была составить $3,53 \cdot 10^5 \text{ м} = 3,53 \cdot 10^3 \text{ см} = 3,53 \cdot 10^2 \text{ мм}$, при примерной плотности «базальтовой» пыли $1,4$ – $2,5$ г/см³ $\approx 1,4$ – $2,5$ т/м³. Оценить

реальное соотношение вклада метеоритной и «базальтовой» пыли в замутнение атмосферы трудно, поскольку метеоритная пыль поступает на Землю регулярно, а вулканические извержения с $VEI = 6-7$ происходят нечасто, уравнение повторяемости извержений со значениями $VEI = 2-8$ выглядит как: $VEI = -0,06 N + 7,3$ при $r = -0,93$ и объеме выборки 258 значений. Общая длина ряда свидетельств составляет 1 тыс. лет.

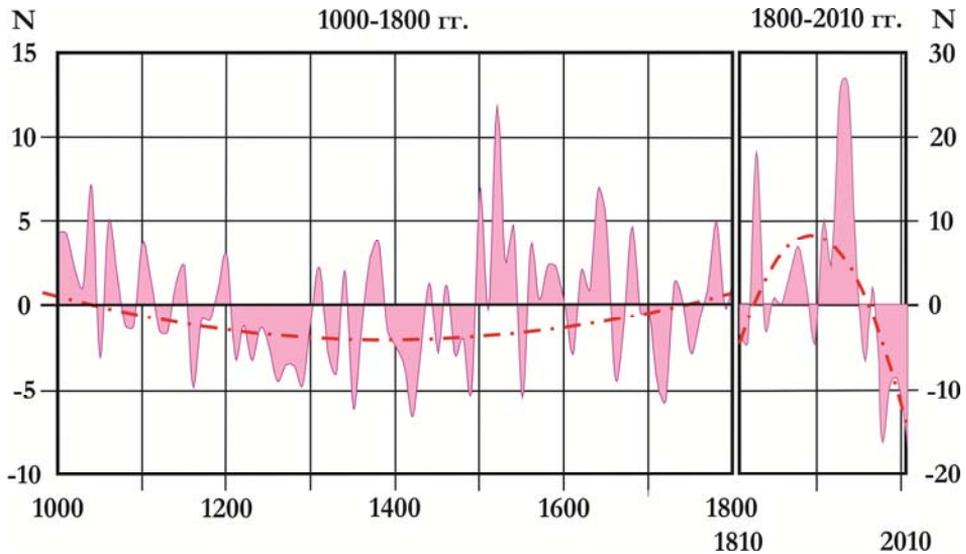


Рис. 4. Вариации по времени числа сообщений о «космических пришельцах» $N_{SpaceAttack}$ в течение последних 1 тыс. лет. Пунктирная кривая – общая тенденция развития процесса

На рис. 5 приведена нормализованная кривая изменения температурных аномалий $\Delta T^{\circ}C$ по дендроклиматическим данным [D'Arrigo, Jacoby, 2003; Mobergetal, 2005; D'Arrigoetal, 2006] в течение последних 1 тыс. лет, там же показаны солнечные гранд-минимумы и извержения вулканов с энергией $E \geq 10^{26}$ эрг. Из сравнения рис. 5 и 6 видно, что общее понижение температуры воздуха согласуется с увеличением числа космических атак $N_{SpaceAttack}$ и мощными извержениями вулканов. На этот факт исследователи обращали внимание [Бояркина, Гиндилис, 2014]. Подробный анализ изменения толщины древесных колец был выполнен Н. В. Ловелиусом [1979] на примере извержений камчатских вулканов (см. рис. 6).

Приведем дословную выдержку из монографии Н. В. Ловелиуса [1979, с. 143–144]: «Падение прироста (лиственницы *Larixcajanderi*) хорошо прослеживается до наступления пароксизмального извержения, что, по видимому, связано с усилением «курения» вулкана, вызывающего ухудшение метеорологической обстановки и влияющего на изменения прихода солнечной радиации; кроме того, существенное изменение состава атмосферы, вероятно, также приводит к угнетению роста. Самое большое уменьшение прироста

ста приходится на год извержения; он продолжает уменьшаться еще 2 года и лишь на 3-й год начинается его увеличение. Более или менее полное восстановление прироста годичных колец приходится только на 13–14-й годы после извержения. Замедление темпов роста лиственницы на Камчатке в результате извержений можно, по-видимому, объяснить следующими причинами: а) общим ухудшением метеорологической обстановки, снижением прихода солнечной радиации; б) оседанием пепла и шлаков на части ствола и кроны; в) ухудшением почвенных условий; г) изменением газового состава атмосферы...».

Таким образом, действительно вулканические извержения могут импульсно влиять на изменение метеорологических параметров окружающей среды в 30-летних циклах, что наглядно отражает рис. 5.

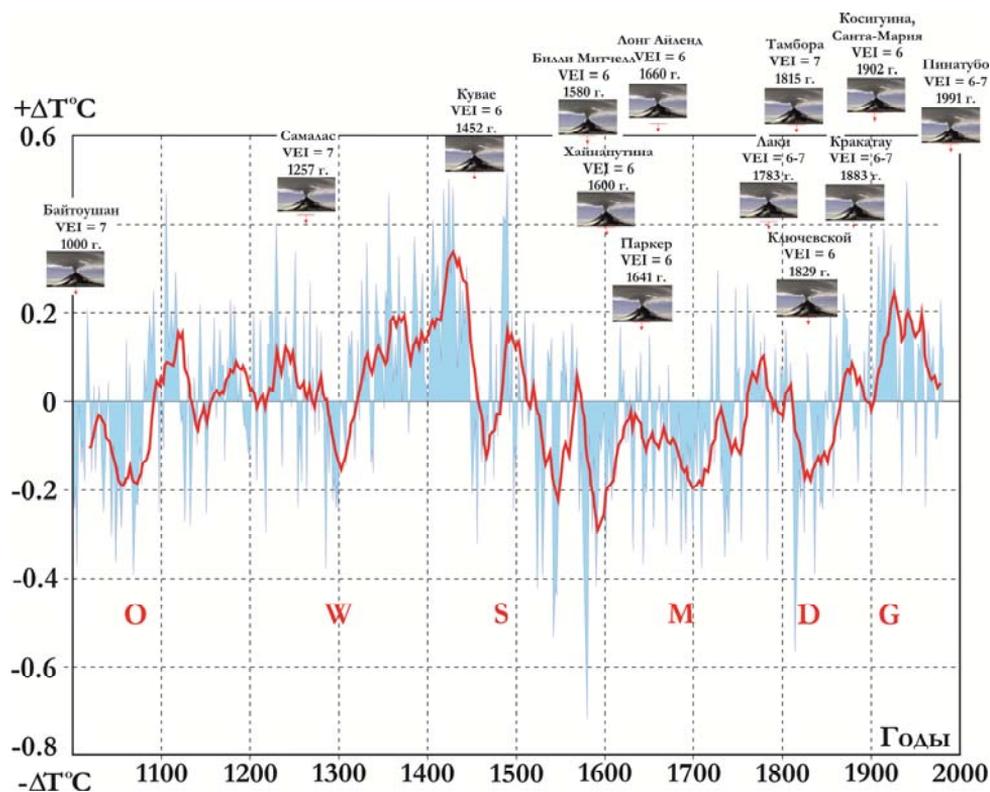


Рис. 5. Нормализованные аномалии температуры воздуха, восстановленные по дендроклиматическим данным за последнюю 1 тыс. лет [D'Arrigo, Jacoby, 2003; Northern Hemisphere ... , 2005; D'Arrigo, Wilson, Jacoby, 2006] (голубая кривая), сглаженные 22-летним окном (красная кривая). Внизу отмечены минимумы солнечной активности Оорта, Вольфа, Шпёрера, Маундера, Дальтона и Гневышева. Вверху обозначены годы мощнейших извержений вулканов

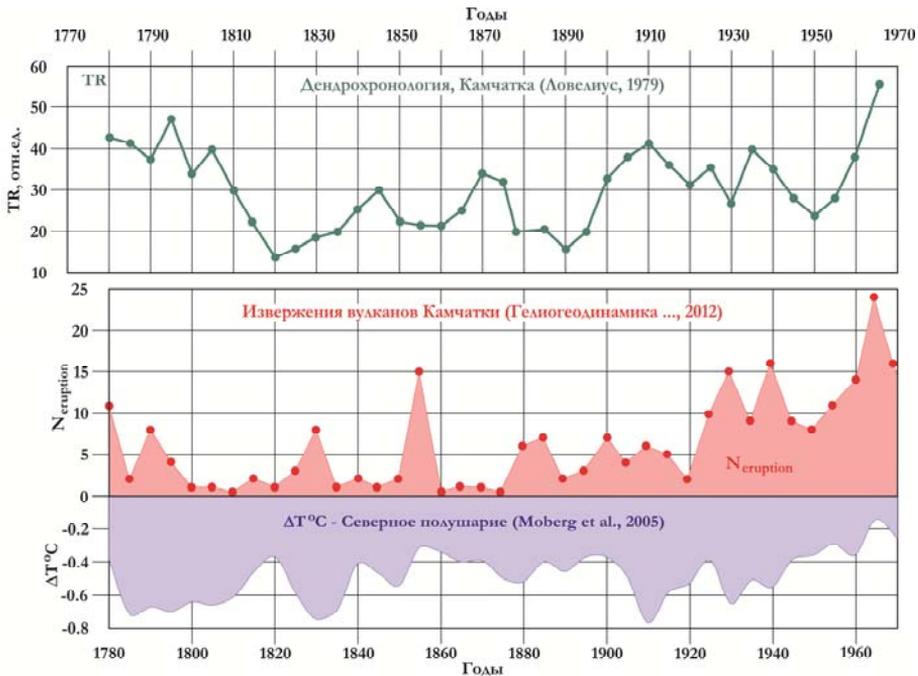


Рис. 6. Сравнение данных дендроиндикации TR извержений вулканов Камчатки [Ловелиус, 1979], числа суммированных по десятилетиям извержений $N_{eruption}$ на п-ове Камчатка [Гелиогеодинамика ... , 2012] и аномалий температуры воздуха $\Delta T^{\circ}C$ по дендроклиматическим данным [Northern Hemisphere ... , 2005] для Северного полушария

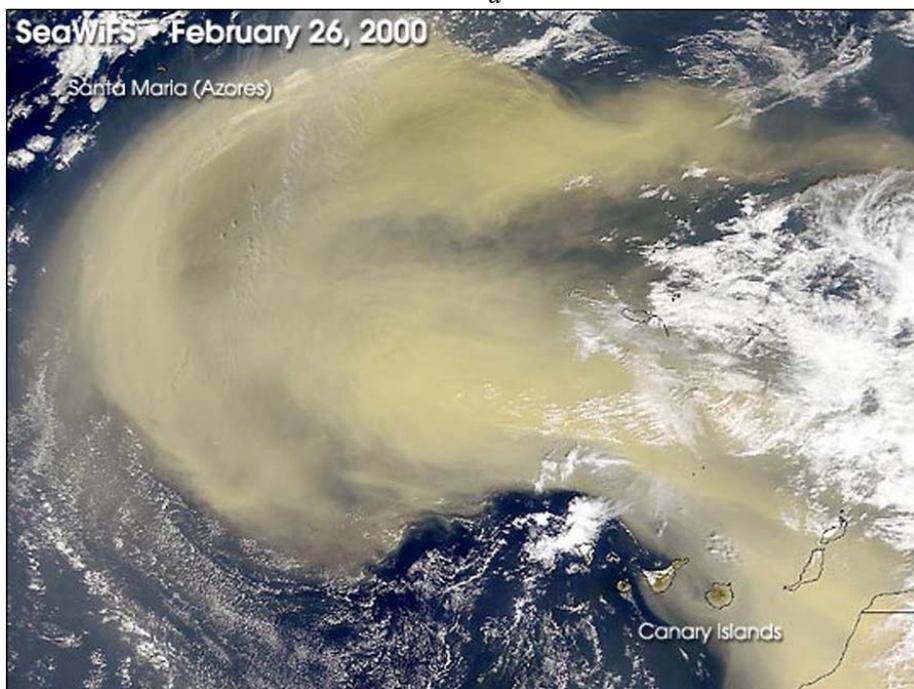
Ураганы и пыльные бури

Перенос пыли происходит до высот 3–7 км. Широко известные случаи переноса пыли из Сахары в Карибский бассейн или Южную Европу (рис. 7, а, б) являются результатом мощных атмосферных штормов, возникающих нечасто. Однако побочный эффект таких бурь – длительное зависание пыли в воздухе. Ее оседание идет неравномерно. Крупные пылинки выпадают достаточно быстро, а мелкие могут зависать на месяцы, что иллюстрирует рис. 8. Одновременно такие пылинки выступают в качестве концентраторов водяного пара в нижних слоях атмосферы, способствуют формированию облаков и дальнейшему переносу экзотической пыли вглубь континентов.

Тщательный мониторинг числа возникающих на Земле ураганов ведется с 1954 г. На рис. 9 отчетливо видно, что их количество периодически увеличивается или уменьшается. Продолжительность периодов составляет 20–22 года и примерно соответствует продолжительности солнечного цикла Хэйла, но на протяжении последних 45 лет обнаруживается устойчивая тенденция к снижению числа ураганов (рис. 10, а, б) и солнечной активности. Но самое же число ураганов контролирует изменение температурного режима атмосферы. Так, с увеличением числа ураганов отклонение температуры приземного слоя атмосферы от средней многолетней уходит в область отрицательных значений (рис. 11). Теперь становятся понятными причины некоторого повышения температуры приземного слоя атмосферы.



а



б

Рис. 7. Пыльные и песчаные бури в Сахаре переносят материал в страны на соседних континентах: *а* – пыльная буря в Юго-Западной Азии 12.01.2013 [<http://thewatchers.adorraeli.com/2013/01/14/dust-over-strait-of-hormuz-and-gulf-of-oman/>]; *б* – мощный песчаный шторм несет пыль из Северо-Западной Африки в Карибский бассейн 26.02.2000. [<http://oceanworld.tamu.edu/resources/Oceanographybook/radiationbalance.htm>]

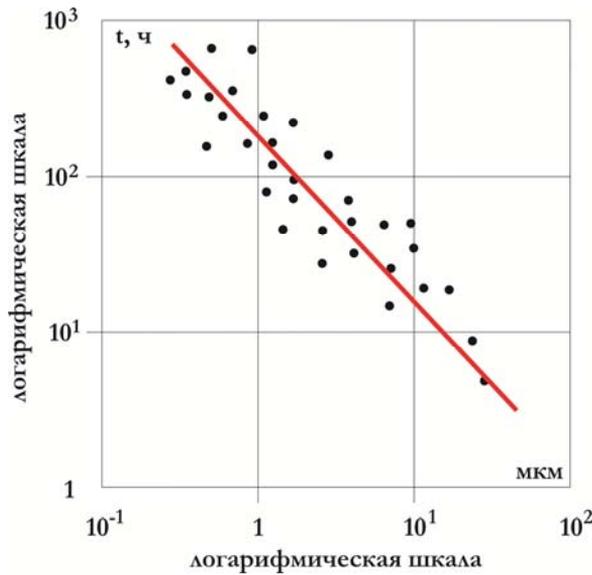


Рис. 8. Изменение скорости осаждения соле-пылевых частиц в Приаралье [Разаков, Косназаров, 1987]

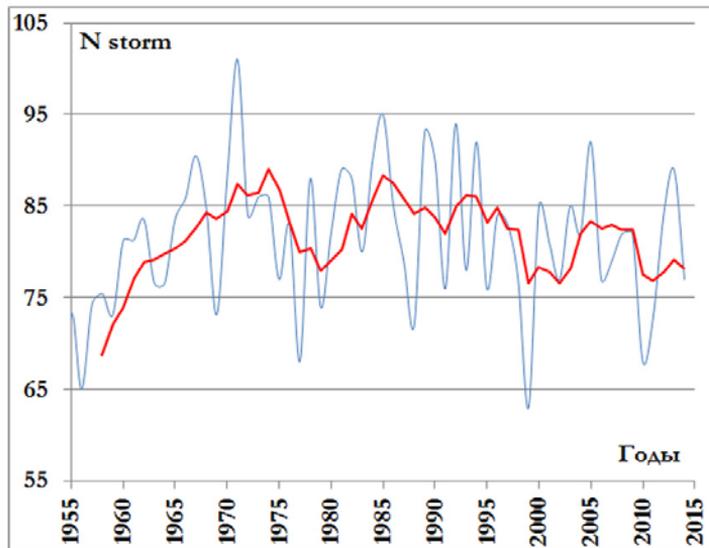


Рис. 9. Вариации числа ураганов N_{Storm} в Мировом океане в 1954–2012 гг.

Таким образом, действительно штормовая активность атмосферы влияет на изменение метеорологических параметров окружающей среды в 22-летних циклах, что наглядно отражают вышеприведенные рисунки. Замутненность атмосферы от лесных пожаров сохраняется на высотах 0–4 км, где наблюдается повышенная концентрация аэрозольных частиц от космических атак, вулканических извержений и ураганов.

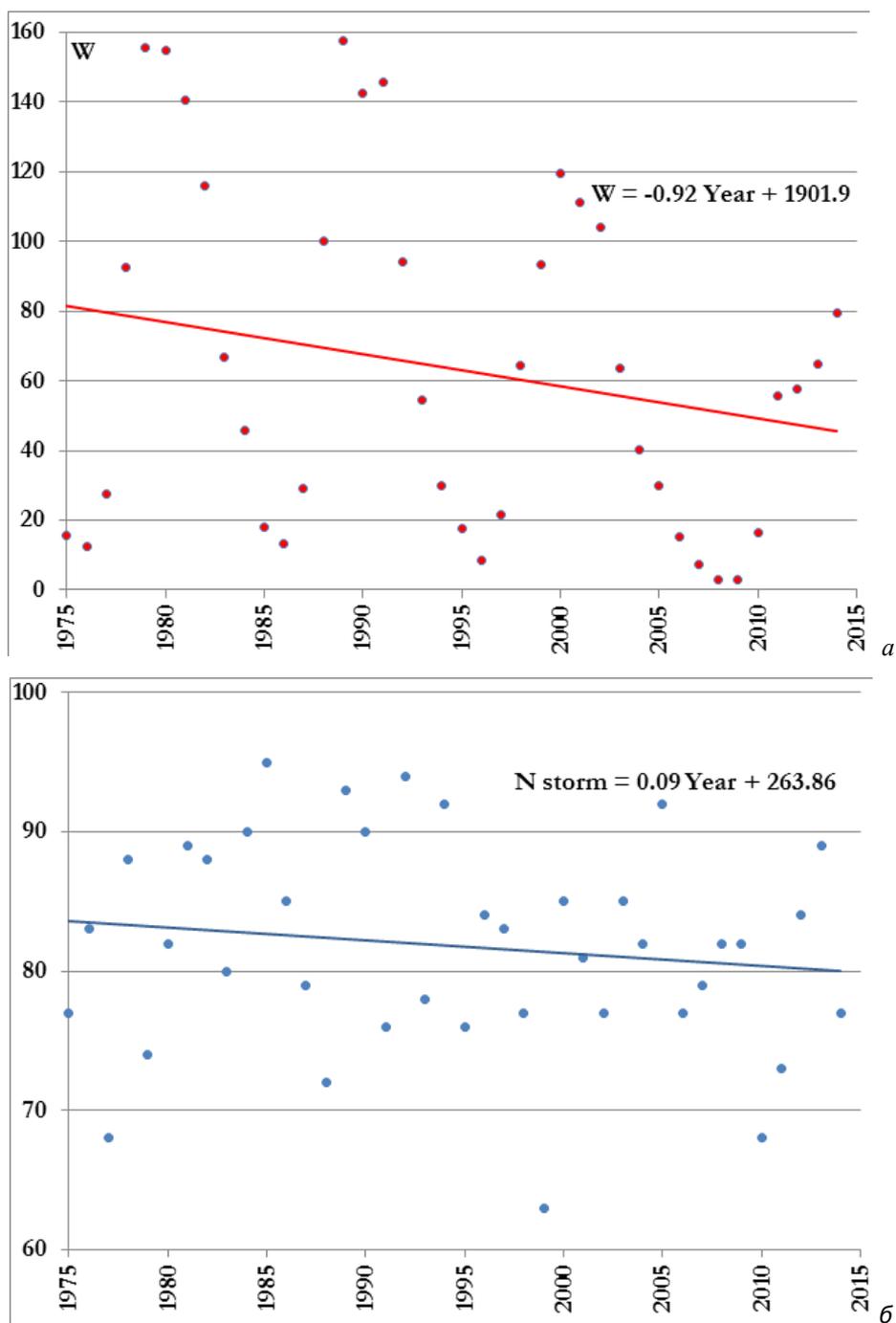


Рис. 10. Тенденции спада солнечной активности W (а) и числа ураганов N_{storm} (б) с 1975 по 2015 г.

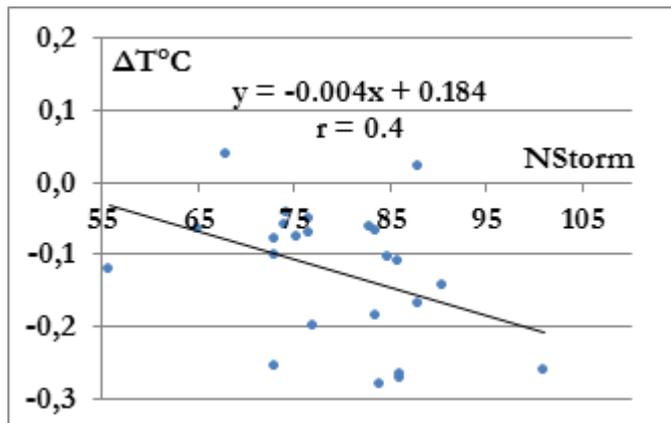


Рис. 11. Зависимость аномалий температуры воздуха ΔT °C [Northern Hemisphere ... , 2005] от числа ураганов N_{Storm} в Мировом океане

Засухи и пожары

Не менее опасными являются засухи и природные пожары, существенно влияющие не только на изменения погодно-климатических условий, но и на социальное равновесие в обществе разных стран. Здесь мы исключаем влияние на общественные кризисы политических тенденций.

Рассмотрим реальное влияние на погодно-климатические изменения засух и природных пожаров. Засухи являются одним из наиболее опасных природных явлений, оказывающих существенное влияние на социальную обстановку в ряде стран мира. Иногда они носят катастрофический характер, если продолжаются дольше 2–3 лет. В исторически обозримом прошлом можно отметить грандиозные засухи в Африке и Южной Америке, которые стали причиной голода и вымирания населения ряда стран. По данным мониторинга NASA, засухи характерны для средних широт континентальных массивов и тропиков и субтропиков Азии, Африки и Южной Америки (рис. 12).

Анализ возникновения засух в связи с вариациями солнечной активности в интервале времени 1700–2000 гг. как будто обнаруживает слабую тенденцию к возрастанию числа засух с увеличением солнечной активности. Однако графически это выглядит так, как показано на рис. 13. Визуальное сравнение кривых показывает, что засухи чаще тяготеют к минимумам солнечной активности.

Постоянным спутником засух являются природные пожары. Из сравнения рис. 12 и 14 видно, что они тяготеют к территориям, часто подверженным засухам. Особенно сильный экологический ущерб пожары наносят в тропиках, поскольку растительность этих регионов очень долго восстанавливается после подобных катаклизмов. Более того, дымы от природных пожаров снижают инсоляцию земной поверхности на обширных территориях континентов.

Причиной возникновения природных пожаров являются «сухие» грозы и лишь отчасти экономическая деятельность человека. Это следует из сравнения рис. 14 и 15. Связь числа сообщений о природных пожарах и засухах иллюстрирует рис. 16.

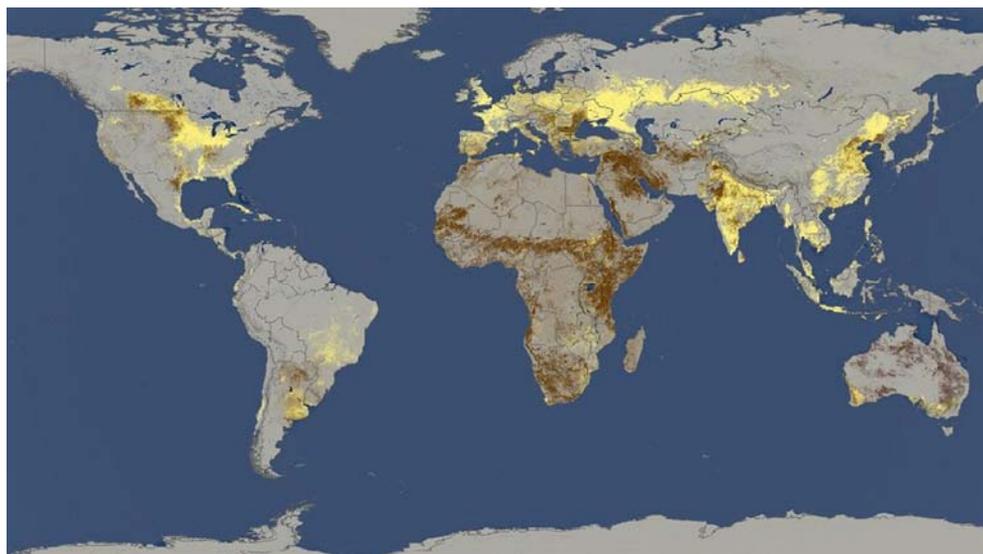


Рис. 12. Карта распространения засух на Земле: жёлтые поля – «долгосрочные пашни», коричневые поля – территории, подвергавшиеся засухам, по данным мониторинга земной поверхности со спутников NASA, в период 2004–2009 гг. [Карта распространения засух ... , 2009]

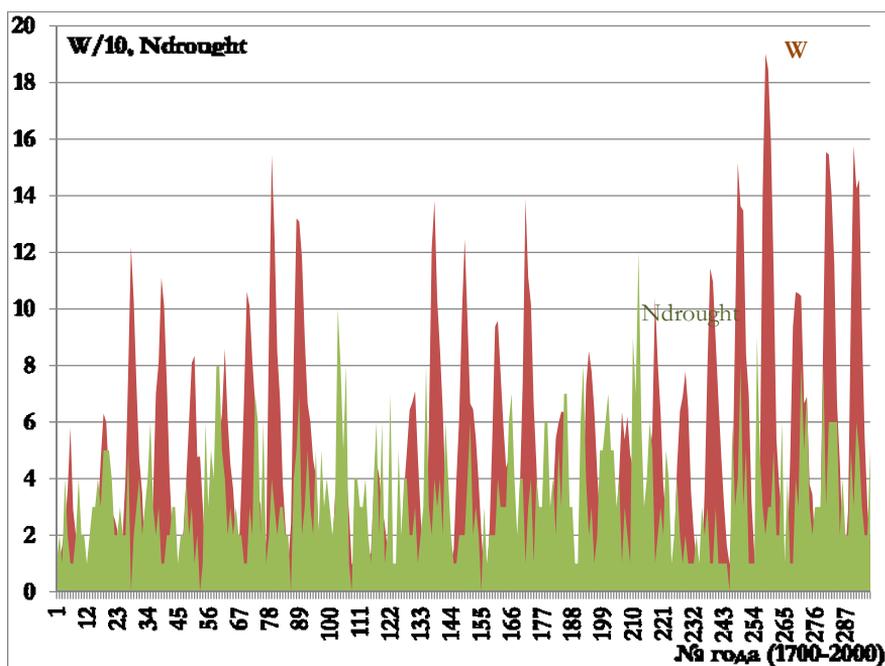


Рис. 13. Временное соотношение вариаций солнечной активности W и числа сообщений о засухах $N_{Drought}$

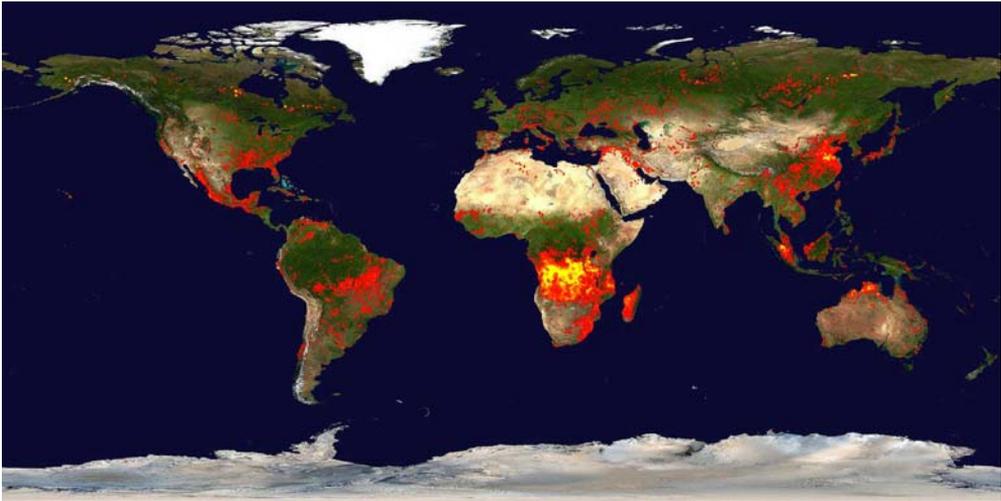


Рис. 14. Карта лесных пожаров мира – июнь 2013 г.
[Карта распространения лесных ... , 2013]

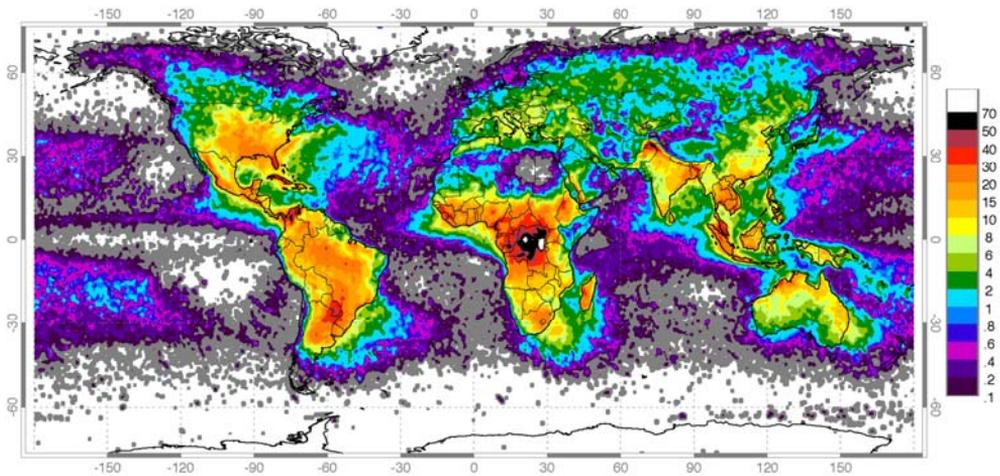


Рис. 15. Частота возникновения гроз на карте мира – июнь 2013 г.
[Частота возникновения ... , 2013]

Наводнения

Альтернативным процессом засухам и природным пожарам являются наводнения. Коротко остановимся и на закономерностях их возникновения.

Причинами наводнений являются избыточное выпадение атмосферных осадков и бурное снеготаяние. В некоторых регионах мощные паводки возникают по несколько раз в год. Так, в сибирских регионах наводнения отмечались весной – за счет вскрытия ледового покрова в верховьях текущих на север рек, летом – из-за выпадения избыточного количества атмосферных осадков и поздней осенью – ранней зимой – во время ледостава на различного рода водоемах. На рис. 17 приводятся кривые вариаций солнечной активности и

числа сообщений о наводнениях. Из рисунка следует, что избыточное число наводнений наблюдалось в периоды долговременного снижения солнечной активности. Это является подтверждением представлений, изложенных в первой статье настоящего исследования [Леви, 2014].

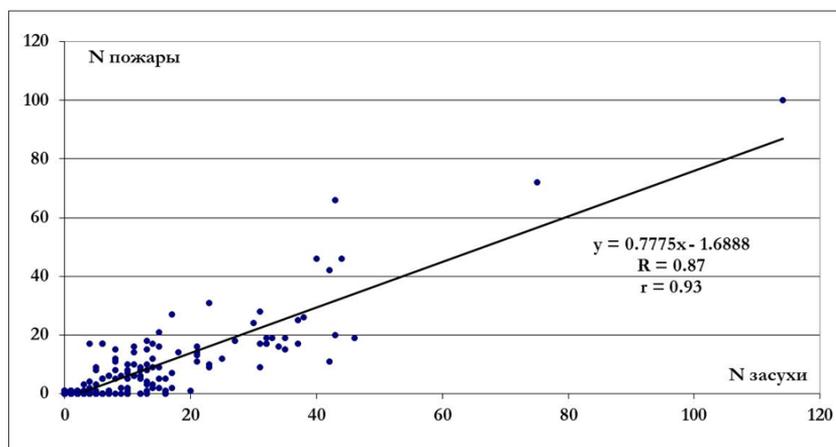


Рис. 16. Зависимость числа сообщений о природных пожарах N_{Fire} и засухах N_{Drought}

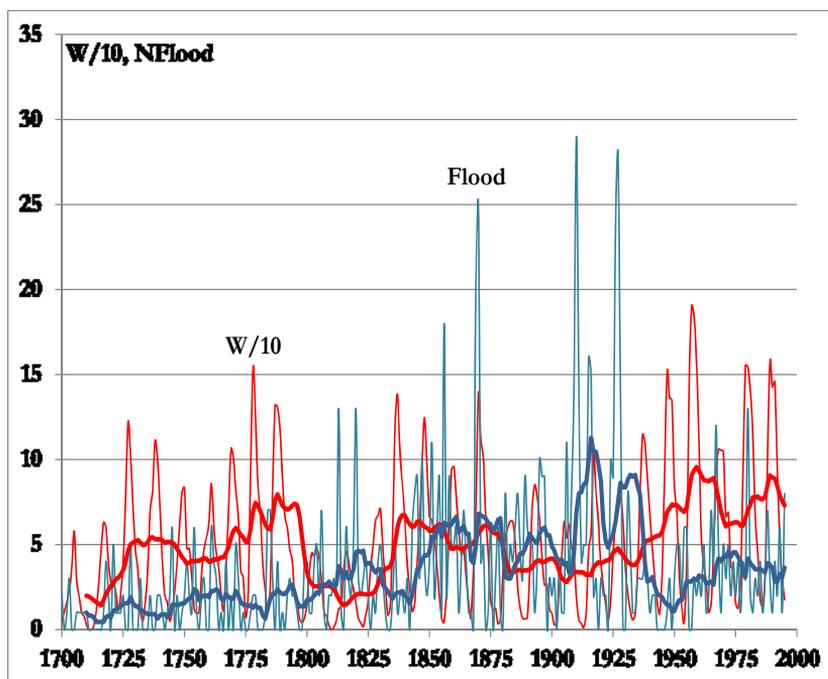


Рис. 17. Вариации солнечной активности $W/10$ и числа сообщений о наводнениях N_{Flood} . Утолщенные кривые – исходные данные, сглаженные 11-летним окном: красная – солнечная активность, синяя – число наводнений

Обвалы, оползни, сели

Обвалы, оползни и сели обычно рассматривают как гравитационные экзогенные процессы (gravitational exogenous processes – GExPr). Они наиболее тесно связаны с выпадением атмосферных осадков. Однако таких сигналов из прошлого в целом недостаточно. Имеющиеся данные позволяют составить лишь некоторые представления о ходе оползней, селях и горных обвалах только со второй половины XIX в. Поэтому мы можем лишь предположить, что активизация гравитационных экзогенных процессов тяготеет к периодам пониженной солнечной активности (рис. 18).

Кластер-анализ группы характеристик – W , N_{Storm} , N_{Flood} , N_{GExPr} , $N_{Drought}$, N_{Fire} позволил выяснить характер взаимоотношений между ними (рис. 19). Дендрограмма показывает, что солнечное влияние на атмосферу вызывает развитие штормовых погод, которые и определяют наводнения, засухи, природные пожары и развитие гравитационных экзогенных процессов.

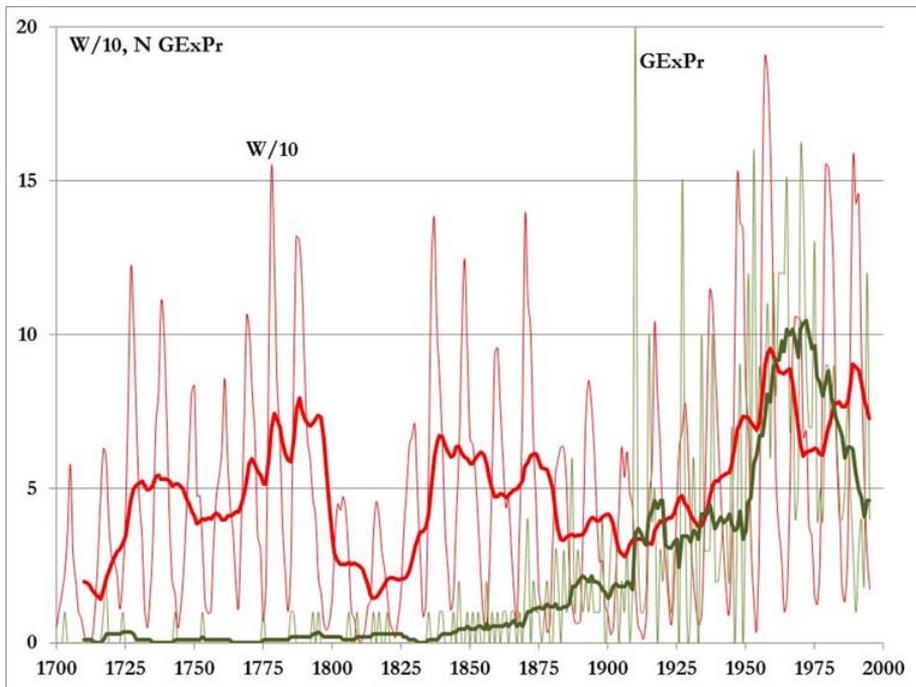


Рис. 18. Вариации солнечной активности $W/10$ и числа сообщений о проявлении гравитационных экзогенных процессов N_{GExPr} . Утолщенные кривые – исходные данные, сглаженные 11-летним окном: красная – солнечная активность, зеленая – число проявлений гравитационных экзогенных процессов

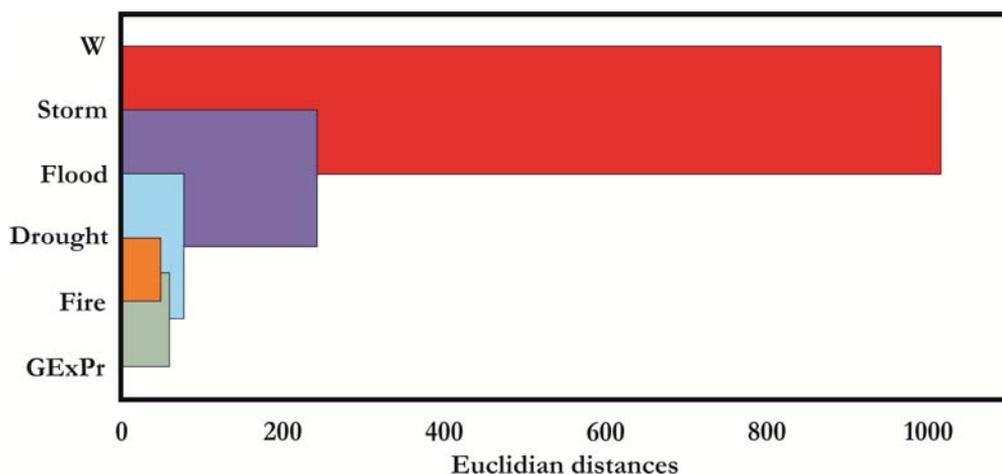


Рис. 19. Результат кластер-анализа комплекса факторов, определяющих развитие различного рода экзогенных явлений

Неурожай и голод

Связь возникновения голодоморов с неурожайными годами ранее рассматривалась в научной литературе [Бараш, 1989, 2001]. Там же было дано объяснение причин возникновения неурожая. Главных причин две – засухи и избыточное увлажнение, которые порой повторялись по несколько лет кряду. Рис. 20, *а* подтверждает наличие связи между числом сообщений о неурожаях ($N_{\text{поурожай}}$) и голодных годах (N_{famine}), а рис. 20, *б* отражает временные вариации этих параметров.

Исторические хроники из эпохи Малого ледникового периода сообщают, что в Средние века во многих странах недоедание было обычным делом и нередко провоцировало голодные бунты. Питались люди в эти годы главным образом растительной пищей – кашами, бобами и хлебом, мясная пища была доступна только зажиточным людям, а голубиное мясо считалось деликатесом [Рудевич, 2004]. Поэтому погодно-климатические изменения существенно влияли на урожайность и, собственно, приводили к возникновению масштабного голода. Во время I и III фазы Малого ледникового периода голод охватывал одновременно территории многих стран. На рис. 21 видно, что голодные годы тяготеют к гранд-минимумам солнечной активности или периодам ее снижения или нарастания. Это позволяет, памятуя о взаимодействии космических лучей с атомами атмосферных газов, допустить, что голодные годы, тяготеющие к периодам гранд-минимумов, были обусловлены избыточной влажностью, а переходные – засухами.

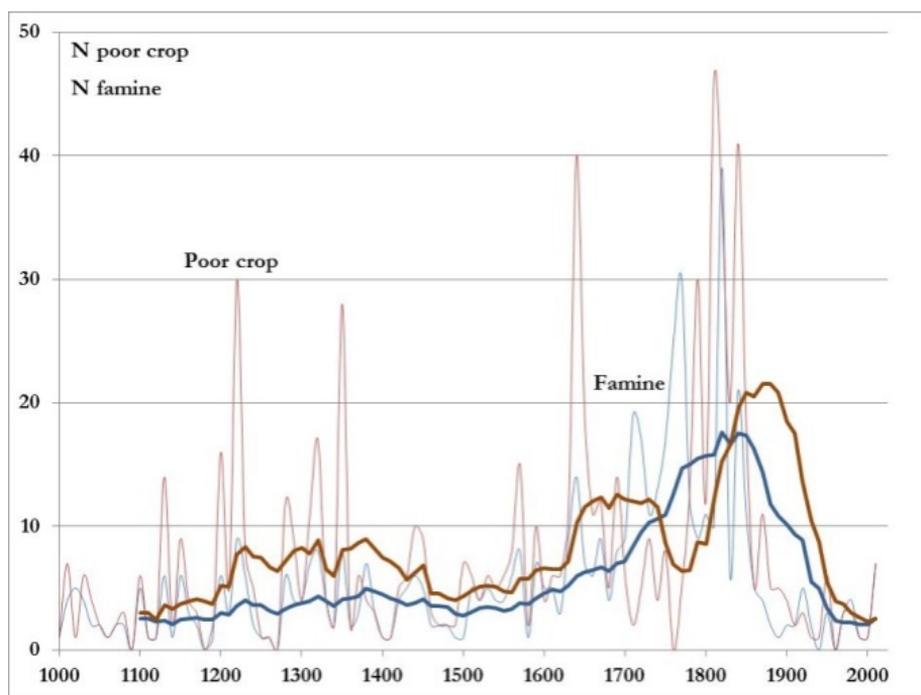
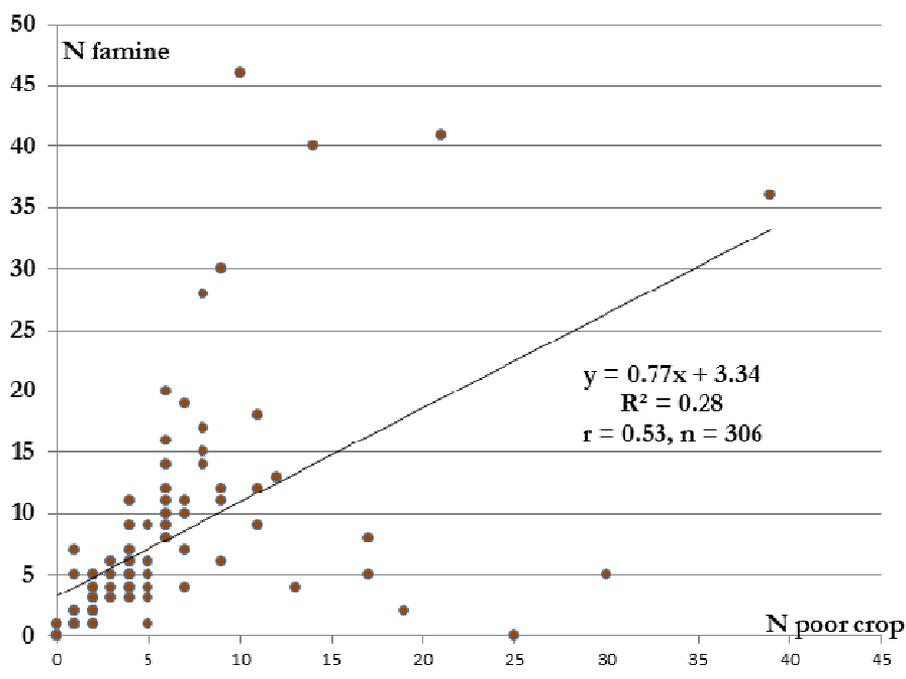


Рис. 20. *a* – связь между числом сообщений о неурожаях ($N_{\text{poor crop}}$) и голодных годах (N_{famine}), *б* – совместные временные вариации этих же параметров

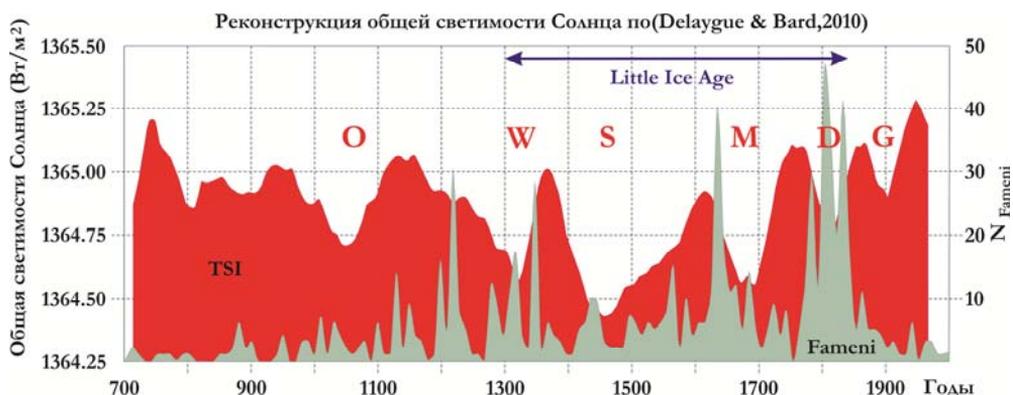


Рис. 21. Вариации числа сообщений о голодных годах (N_{Fameni}) на фоне вариаций общей светимости Солнца. TSI, Вт/м² – кривая по [Рудевич, 2004]

Эпидемии и эпизоотии

В этом разделе мы остановимся на том, как отразились неблагоприятные природные вариации Малого ледникового периода на заболеваемости людей и животных. В одной из статей [Задонина, Аптикаева, 2012] отмечались некоторые особенности возникновения эпидемий и эпизоотий на фоне вариаций солнечной активности. При этом рассматривалась сумма тех и других по десятилетиям. Причиной такого подхода являлось то, что в старые времена связь человека с животным миром была более тесной, чем сегодня, а медицина находилась на относительно низком уровне развития. Первоначально было предположено, что развитию эпидемий и эпизоотий способствовали голодные годы (рис. 22). Кривые на рис. 22 испытывают существенные флуктуации по времени. Напомним, что Малый ледниковый период развивался в три фазы: первая восходит к 1300–1440 гг. и была холодной, дождливой и неурожайной; вторая отмечалась в 1440–1600 гг. и характеризовалась относительным потеплением; третья длилась с 1640 по 1840 г. Отсюда все резкие всплески заболеваемости и голодоморов укладываются в эти сроки. Однако прямая корреляция параметров показывает хотя и значимую при выборке более 300 сообщений, но слабую связь. «Отскоки» ряда точек указывают на внутреннюю неоднородность исходной базы данных, что, собственно, является бедой исторических хронологий вообще. Тем не менее всплески повторяемости эпидемий+эпизоотий и голодоморов тяготеют к гранд-минимумам солнечной активности. Уточним их продолжительности: минимум Оорта – 1040–1080 гг., минимум Вольфа – 1280–1350 гг., минимум Шпёрера – 1450–1550 гг., минимум Маундера – 1645–1715 гг., минимум Дальтона – 1790–1820 гг., минимум Гневьшева – 1890–1930 гг. (?), современный минимум – с 2004 г. по настоящее время. У читателя имеется возможность сверить наши заключения.

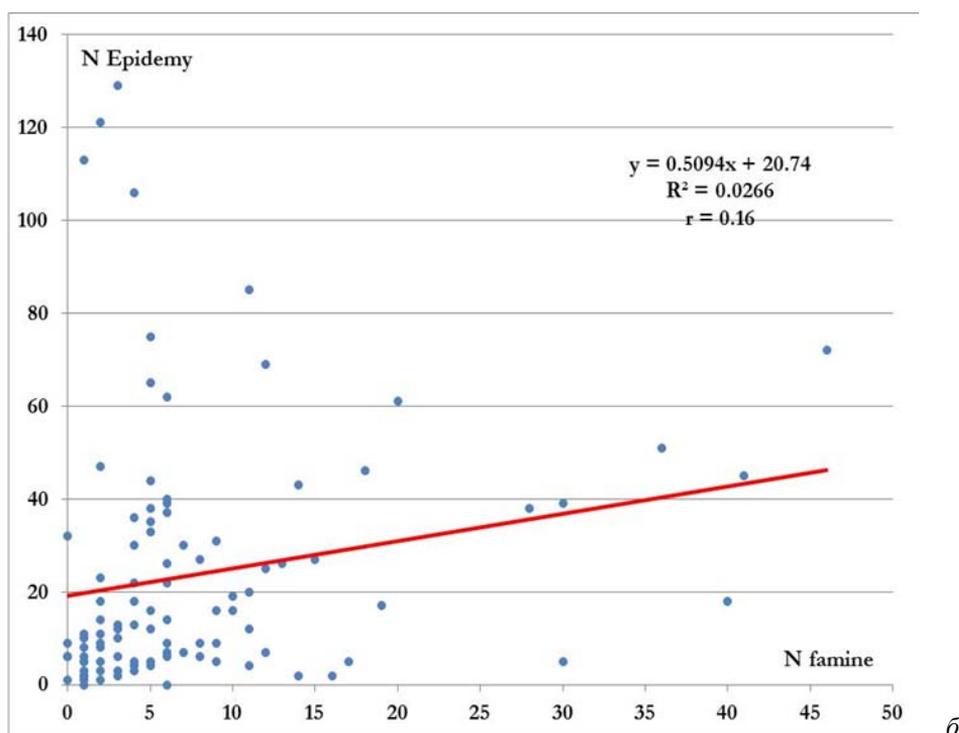
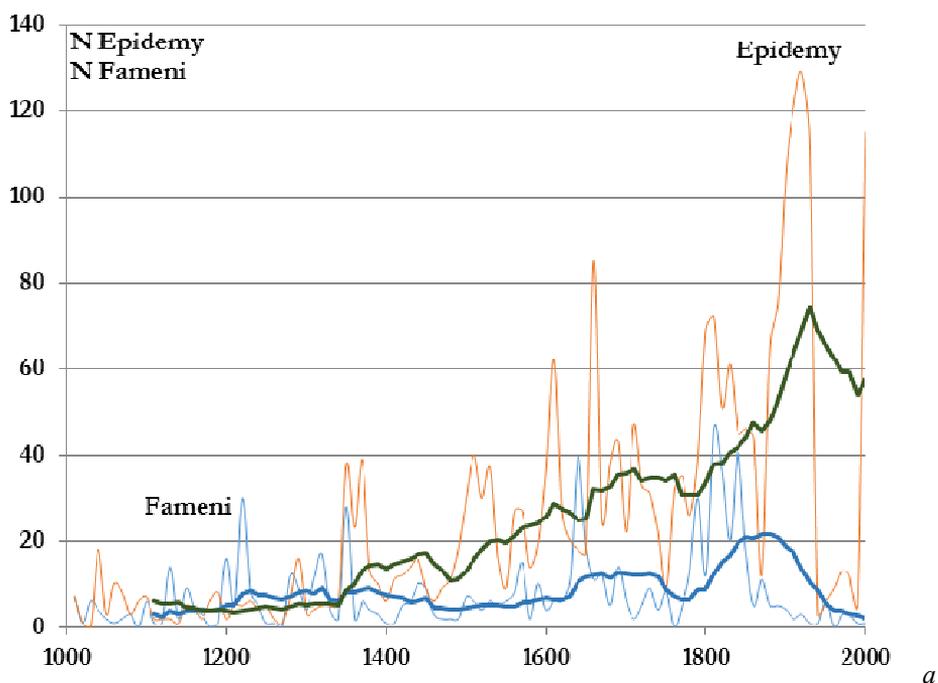


Рис. 22. Временные вариации числа сообщений об эпидемиях+эпизоотиях и голодоморах (а) и корреляционная зависимость между этими параметрами (б)

В последние годы широко обсуждается проблема панспермии, т. е. приноса органических объектов на Землю в результате ее прохождения сквозь метеорные потоки облака космической пыли. Есть много разных точек зрения на этот счет, и потому хочется сопоставить возникновение эпидемий в связи с такими «космическими атаками». Материалы о пролетах метеороидов были помещены нами в серию книг [Гелиогеодинамика ... , 2012; Леви, Задонина, 2012; Леви, Задонина, 2013а, б]. На рис. 23 приведены взаимоотношения между возникновением эпидемий (N_{Epidemy}) и космическими атаками ($N_{\text{SpaceAttack}}$). Рисунок 23, б иллюстрирует корреляционную зависимость между названными параметрами. Сделать вывод по рис. 23 мы предоставляем читателю по его разумению.

Опасные природные явления и экономика

О влиянии природно-климатических изменений на экономическое состояние государств в эпоху Малого ледникового периода нам судить трудно, но кое-что можно предположить. Учитывая тот факт, что экономика Средневековья была преимущественно аграрной, любые погодно-климатические изменения могли приводить к существенному упадку сельского хозяйства и, как следствие, к голоду. Мы показали это выше. В настоящее время экономисты заинтересовались аспектами воздействия климатических изменений на оценку экономических рисков. На рис. 24 совмещены кривые, характеризующие вариации солнечной активности, числа гидрометеорологических опасностей и изменения страховых тарифов. Здесь мы отчетливо видим нарастание числа опасностей и рост страховых тарифов в периоды пониженной солнечной активности.

Таким образом, мы можем уловить косвенное или опосредованное влияние солнечной активности на состояние экономики. Вероятно, нечто подобное происходило и в течение Малого ледникового периода.

Заключение

Завершая эту работу, мы можем «нарисовать» портрет природно-социальной обстановки в эпоху Малого ледникового периода. Первое, что мы должны констатировать, – это отчетливое влияние космических лучей всех видов на атмосферу Земли. Им мы обязаны обилием осадков как зимой, так и летом, и относительным понижением температуры воздуха. Последнее проявилось в том, что летние сезоны были относительно прохладными и дождливыми, а зимы – холодными и многоснежными. Только такие обстоятельства могли обеспечить залеживание снега в горах и оживление движения ледников. Избыточное увлажнение и засухи приводили к неурожаю, голодоморам, эпидемиям на фоне в целом низкой культуры земледелия и скотоводства. Ко всему этому присоединялось отсутствие должной гигиены, что способствовало массовому проявлению целого ряда экзотических для нашего времени заболеваний. Вот такая мрачная картина получилась из выполненного нами многофакторного анализа.

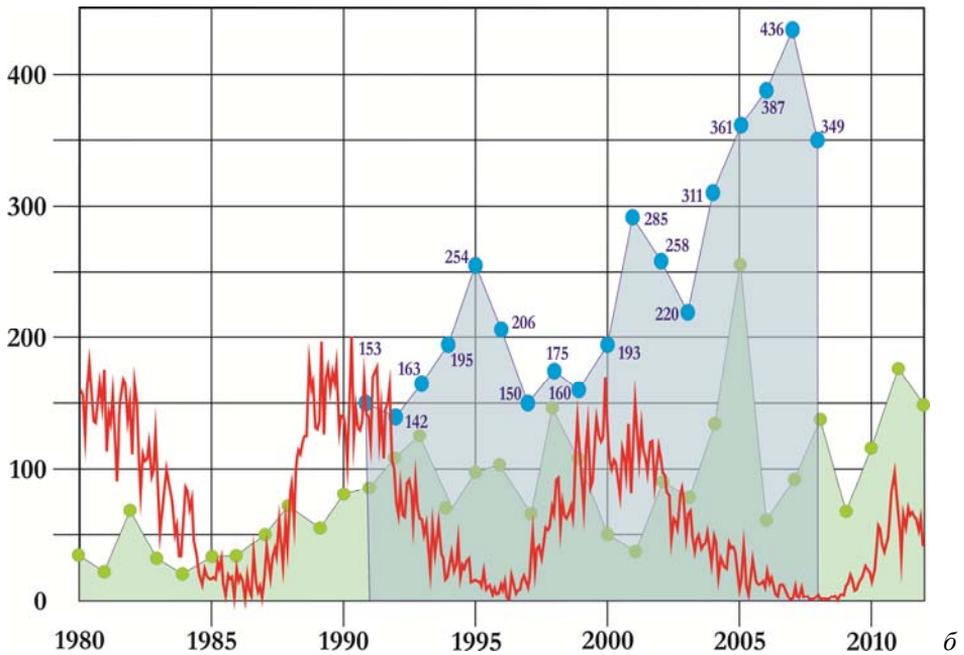
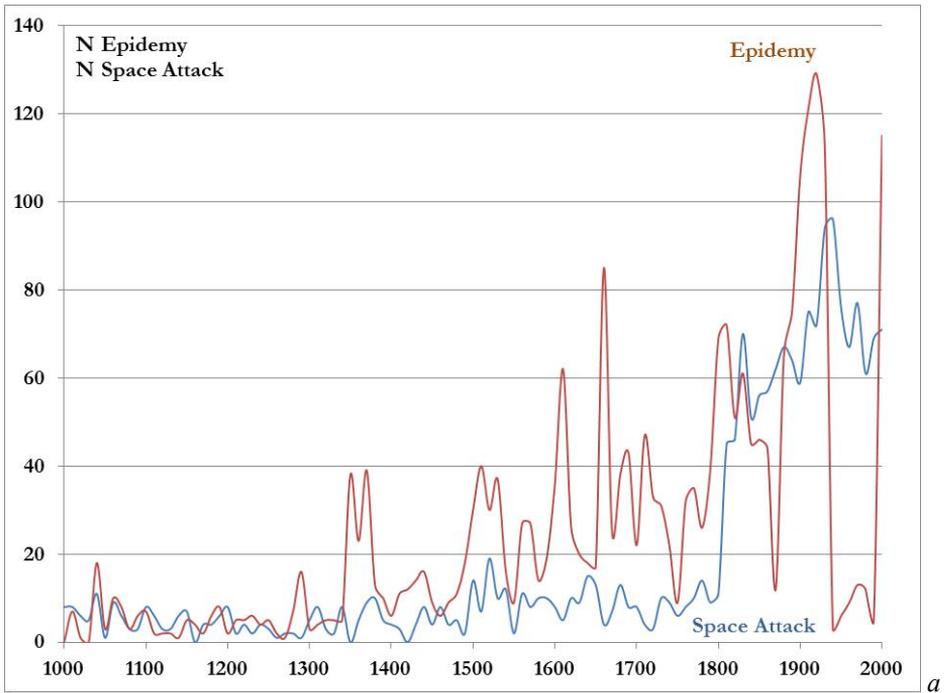


Рис. 23. Временные вариации числа сообщений об эпидемиях+эпизоотиях и космических атаках (а) и корреляционная зависимость между этими параметрами (б)

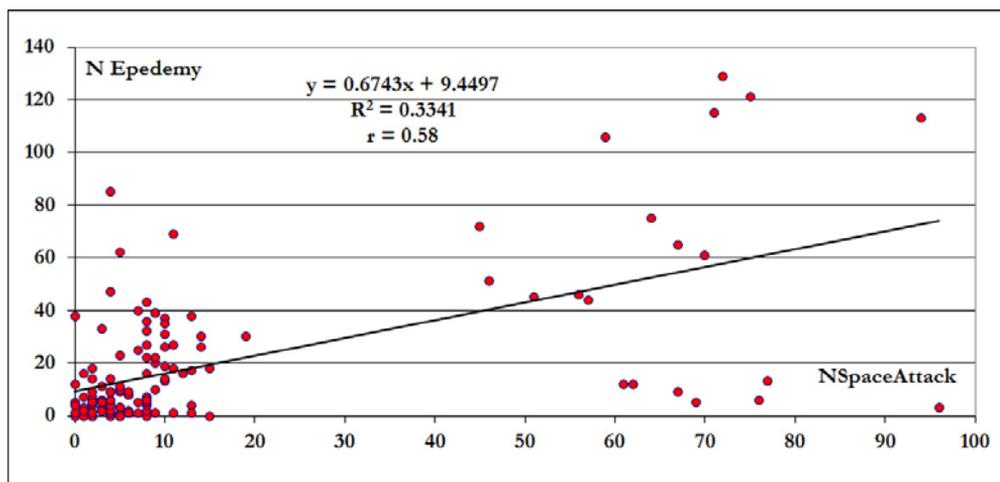


Рис. 24. Соотношение суммарного числа гидрометеорологических опасных явлений Σ Disasters (голубые кружки), величины страховых тарифов Σ Insurance отн. ед. (зеленые кружки) на фоне вариаций солнечной активности в числах Вольфа W (красная кривая) [Экономика тает ... , 2013], [Климатические изменения ... , 2013], [Взгляд НКО ... , 2013], [Доклад о стратегических оценках ... , 2009]

Список литературы

Бараи С. И. История неурожая и погоды в Европе (с X в. до н. э. по XVI в. н. э.) / С. И. Бараи. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 237 с.

Бараи С. И. Космический «дирижер» климата и жизни на Земле / С. И. Бараи. – М.: Изд-во Ассоциации строит. вузов, 2001. – 367 с.

Борзенкова И. И. Вариации климата внетропической зоны Северного полушария в последние 1000 лет: анализ данных и возможных причин [Электронный ресурс] / И. И. Борзенкова, Е. Л. Жильцова, В. А. Лобанов. – 2011. – URL: <http://kak.znate.ru/docs/index-36727.html>

Бояркина А. П. Исследование космической (метеорной) пыли на поверхности Земли: обзор проблемы [Электронный ресурс] / А. П. Бояркина, Л. М. Гиндилис. – 2014. – URL: http://cosmos-mentality.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=139&Itemid=42

Взгляд НКО на национальную ситуацию в области изменения климата и энергетики [Электронный ресурс] – 2013. – URL: <http://zakon.znate.ru/docs/index-21788.html>

Гелиогеодинамика: Природные аспекты глобальных солнечных минимумов. / К. Г. Леви, Н. В. Задонина, С. А. Язев, В. И. Воронин, М. М. Наурзбаев, Р. М. Хантемиров. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2012. – Т. 1, кн. 1. – 511 с.

Леви К. Г. Гелиогеодинамика: Природные аспекты глобальных солнечных минимумов / К. Г. Леви, Н. В. Задонина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2012. – Т. 1, кн. 2. – 667 с.

Леви К. Г. Гелиогеодинамика: Природные аспекты глобальных солнечных минимумов / К. Г. Леви, Н. В. Задонина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013а. – Т. 1, кн. 3. – 727 с.

Леви К. Г. Гелиогеодинамика: Природные аспекты глобальных солнечных минимумов / К. Г. Леви, Н. В. Задонина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013б. – Т. 1, кн. 4. – 607 с.

Доклад о стратегических оценках последствий изменений климата в ближайшие 10-20 лет для природной среды и экономики Союзного государства [Электронный ресурс] – 2009. – URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-330374.html>]

Задонина Н. В. Периодичность возникновения эпидемий и эпизоотий в Сибири и Монголии на фоне солнечной активности / Н. В. Задонина, О. И. Аптикаева // Человек и среда обитания. Пространство и время. – 2012. – № 4 (10). – С. 157–161.

Карта атмосферных аэрозолей Мира [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: <http://d3.ru/comments/371182/>

Карта плодородности земель [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: <http://ria.ru/studies/20121102/908948484.html>

Карта распространения засух [Электронный ресурс]. – 2009. – URL: <http://jrate.ru/post/80632/35166>

Карта распространения лесных пожаров – июнь 2013 г. [Электронный ресурс] – 2009 – URL: <http://www.vseneprostotak.ru/wp-content/uploads/2013/06/karta-pozharov-10-19-ijunja-2013.jpg>

Климатические изменения вынуждают страховые компании устанавливать высокие тарифы // Forinsurer.com – Журнал о страховании МТСБУ [Электронный ресурс]. – 2013. – URL: <http://mtsbu.com/2013/06/25/%D...>

Леви К. Г. Малый ледниковый период. Часть 1. Космические и глобальные метеорологические аспекты / К. Г. Леви // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология. – 2014. – Т. 8. – С. 2–14.

Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н. В. Ловелиус. – Л. : Наука, 1979. – 232 с.

Причина изменения климата Земли – стратосферный аэрозольный слой [Электронный ресурс]. – 2011. – URL: <http://www.ecology-portal.ru/publ/ekologicheskaya-zaschita-i-ohrana-okruzhayushey-s/500931-prichinoj-izmeneniya-klimata-zemli-stratosfernyj-ayerozolnyj-sloj.html>

Разаков Р. М. Эоловый вынос и выпадение солипылевых частиц в Приаралье / Р. М. Разаков, К. А. Косназаров // Проблемы Аральского моря и природоохранные мероприятия. – Ташкент, 1987. – С. 24-32.

Распределение гроз на поверхности Земли (Единицы: количество молний/км²/год) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2004/0621lightning_prt.htm.

Рисунок «Глобальные изменения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://l-news.ru/nature/391-navodneniya-v-evrope-yavlyayutsya-posledstviyami-klimaticheskikh-izmeneniy.html>.

Рудевич А. Как Малый ледниковый период изменил мир [Электронный ресурс]. – 2004 – URL: http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2004/0621lightning_prt.htm

Садовский В. Н. Основание общей теории систем / В. Н. Садовский. – М. : Наука, 1974. – 279 с.

Системные исследования / ред. И. В. Блауберг. – М. : Наука, 1970.

Толщина аэрозольного слоя Земли 1–31.08.2010 [Электронный ресурс]. – URL: <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=48149&src=eorss-iodt>

Частота возникновения гроз на карте Мира – июнь 2013 г. [Электронный ресурс]. – 2013. – URL: <http://loljam.com/post/12440>.

Чен Б. Б. Стратосферный аэрозольный слой над Центральной Азией [Электронный ресурс] / Б. Б. Чен, В. М. Лелевкин // Изменение климата / КРСУ. – Бишкек, 2000. – URL: <http://enrn.grida.no/htmls/kyrgyz/soe2/russian/climatss.htm>

Экономика таат. Цифры: Изменения климата дорого обходятся мировой экономике, особенно в последние 20 лет [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kommersant.ru/doc/2105201> (дата обращения: 04.02.2013).

D'Arrigo R.. Dendroclimatological evidence for major volcanic events of the past two millennia / R. D'Arrigo, G. Jacoby // *Volcanism and the Earth's Atmosphere*. Robock and Oppenheimer (eds.) *Geophys. Monograph*. – 2003. – Vol. 139. Amer. Geophys. Union. Washington, DC. – P. 255–261.

D'Arrigo R. On the long-term context for late twentieth century warming / R. D'Arrigo, R. Wilson, G. Jacoby // *J. Geophys. Res.* – 2006. – Vol. 111, N D03103. – doi: 10.29/2005JD006352.

Bahm A. J. Systems Theory: Hocus Pocus of Holistic Science? / A. J. Bahm // *General Systems*, 1969. – Vol. XIV. – P. 175–177.

Northern Hemisphere annual temperatures from low- and high-resolution proxy data over the last 2000 years / A. Moberg, D. M. Sonechkin, K. Holmgren, N. M. Datsenko, W. Karlen // *Nature*. – 2005. – Vol. 433, N 7026. – P. 613–617.

Little Glacial Age. Part 3. Natural-climatic, Geocological, Social and Economic Aspects

K. G. Levi

Abstract. The article presents the analysis of climatic situations on the background of changes of the heliophysical parameters that were developed in Europe and has been named the Little Ice Age. The abundance of precipitation in both winter and summer, and the relative decrease of the air temperature were due to the influence of different types of cosmic rays on the Earth's atmosphere. The last was showed in the cool and rainy summers and the cold and snowy winters. Only these circumstances could provide the snow accumulation in the mountains and the revival of the movement of glaciers. Excessive moisture and drought led to crop failures, famine, epidemics on the background of low culture of agriculture and animal husbandry. We must add the lack of proper hygiene that contributed to the massive manifestation of a number of exotic diseases for our time. Such grim picture came out on the basis of our multivariate analysis.

Keywords: solar activity, floods, avalanches, landslides, mudflows, Little Glacial Age, droughts, wildfires, epidemic, epizootic, wars.

Леву Кирилл Георгиевич

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, зам. директора по научной
работе

Институт земной коры СО РАН
664033, Россия, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 128
e-mail: levi@crust.irk.ru

Levi Kirill Georgievich

Doctor of Sciences (Geology and
Mineralogy), Professor, Deputy Director
for Science

Institute of the Earth's Crust, SB RAS
128, Lermontov st., Irkutsk, Russia, 664033
e-mail: levi@crust.irk.ru