

# CLIMATIC AND ATMOSPHERIC EFFECTS FROM VOLCANIC ACTIVITY AND POSSIBLE CONSEQUENCES OF REGIONAL SCALE

Kendzera Alexander V.<sup>1</sup>,  
Voloshchuk Volodymyr M.<sup>2</sup>,  
Boychenko Svitlana G.<sup>3</sup>

- (1) Deputy Director for Scientific Works of Institute of Geophysics by S.I. Subbotin name, Kyiv, Ukraine,  
(2) Head Researcher of Ukrainian Hydrometeorological Research Institute, Kyiv, Ukraine,  
(3) Head Researcher of Institute of Geophysics by S.I. Subbotin name, Kyiv, Ukraine

**Выделяют два основных механизма поступления различных газо-аэрозольных соединений в атмосферу в результате деятельности вулканов:**

**1) активная вулканическая деятельность с выносом продуктов извержений на высоты до 40 км за достаточно короткое время (от нескольких часов до нескольких суток);**

**2) пассивная вулканическая деятельность с выносом продуктов извержения на высоты до 5-9 км с долгим временным периодом эманаций (от нескольких недель до нескольких десятилетий) .**

**АТМОСФЕРНЫЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ  
ОТ ПАССИВНОЙ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
С ВЫНОСОМ ПРОДУКТОВ ИЗВЕРЖЕНИЯ  
В ТРОПОСФЕРУ**

За время пребывания газо-аэрозольных примесей вулканического происхождения в тропосфере может произойти следующее:

- 1) изменение оптических характеристик атмосферы в основном из-за
  - изменения спектральных свойств тропосферы из-за загрязнения аэрозолями.

Практически все газо-аэрозольные примеси, находящиеся в стратосфере являются **антипарниковой компонентой**, но в тропосфере их роль неоднозначна.

Однако, аэрозольный эффект в тропосфере крайне кратковременен (аэрозольная компонента вулканического происхождения выводится из тропосферы за время порядка от двух недель до месяца: седиментация, влажное вымывание осадками).

➤ изменения радиационных свойств тропосферы из-за газовыми соединениями:

$\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , имеют сильные полосы поглощения в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах спектра. Замечено, что в периоды извержений некоторое время происходит рост приземной температуры за счет выбросов  $\text{SO}_2$  (усиление парникового эффекта), а затем после преобразования  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  до  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  происходит снижение приземной температуры.

$\text{CO}_2$  вулканического происхождения также усиливают парниковый эффект, так как молекула владеет несколькими основными колебаниями в инфракрасном диапазоне, но наиболее сильные полосы поглощения в диапазонах 4,18-4,6 мк и 13-18 мк.

$\text{H}_2\text{O}$  (пар) выброшенный при извержении в тропосферу интенсивно поглощает в инфракрасном спектральном диапазоне 2,3-3,9 мк и 8-12 мк также может привести в определенному региональному (в определенной широтной зоне) усилению парникового эффекта. Однако, содержание  $\text{H}_2\text{O}$  в атмосфере зависит от температурного режима и поэтому его содержание очень изменчиво.

➤ уменьшение содержания тропосферного озона в результате прохождения каталитических реакций с кислородсодержащими радикалами азота и водорода, фтором, хлором, непосредственно выброшенных вулканами



В тропосфере озона содержится, всего около 10-15% от общего содержания в атмосфере, но здесь он интенсивно поглощает в инфракрасном диапазоне в полосе 9,6 мкм. В связи со специфическим расположением этой полосы, в «окне прозрачности» атмосферы, с диапазоном длин волн приблизительно 8-12 мкм, тропосферный озон занимает третье место после H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> в ряду оптически активных газовых и аэрозольных примесей, которые ответственны за формирование глобального парникового эффекта.

Кроме того, в тропосфере происходит и механическое разрушение озона, непосредственно самой аэрозольной составляющей:



(где M – любая молекула или аэрозольная частичка)

## **2) изменение погодных условий через:**

- увеличение облачности непосредственно за счет облаков, образовавшихся из продуктов извержения (дым, пар и т.п.), и облаков, образовавшихся на ядрах конденсации вулканического происхождения;
- региональное краткосрочное, как повышение, так и снижение температуры в приземном слое атмосферы (от нескольких недель до нескольких месяцев);
- увеличение количества атмосферных осадков за счет ввода дополнительных ядер льдообразования вулканического происхождения.

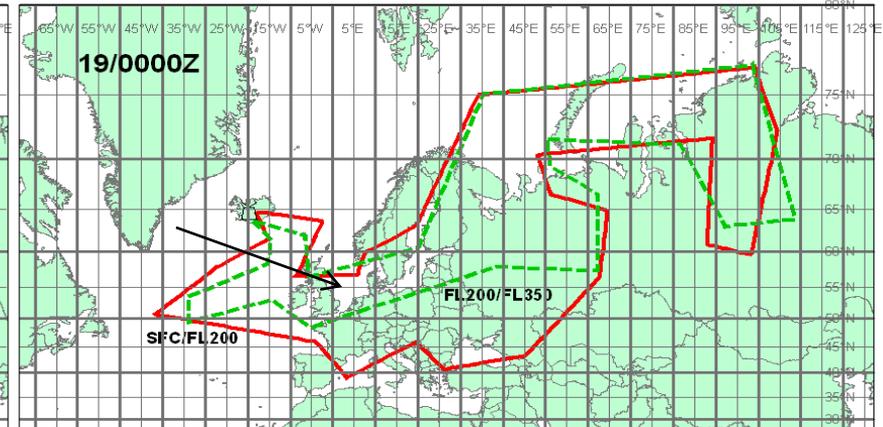
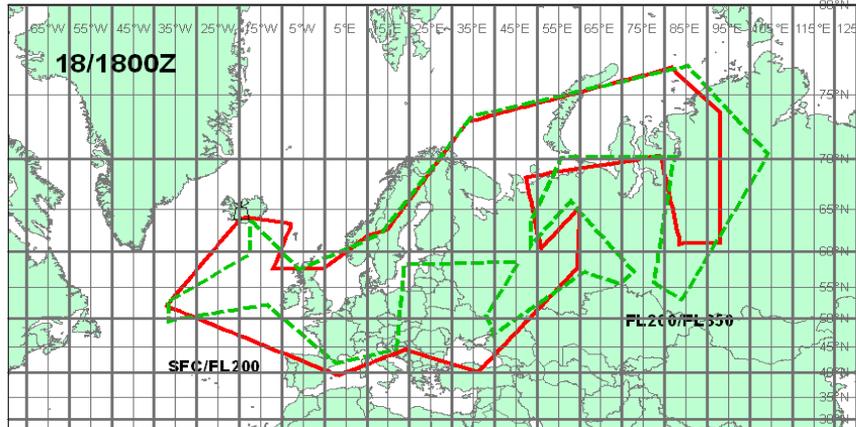
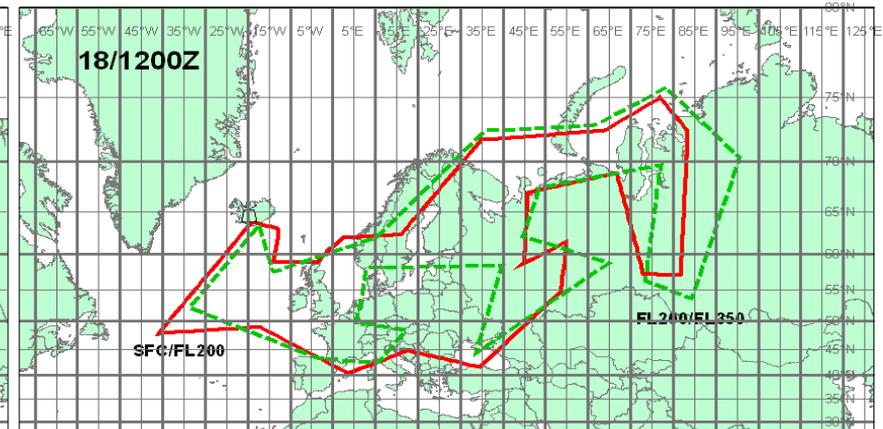
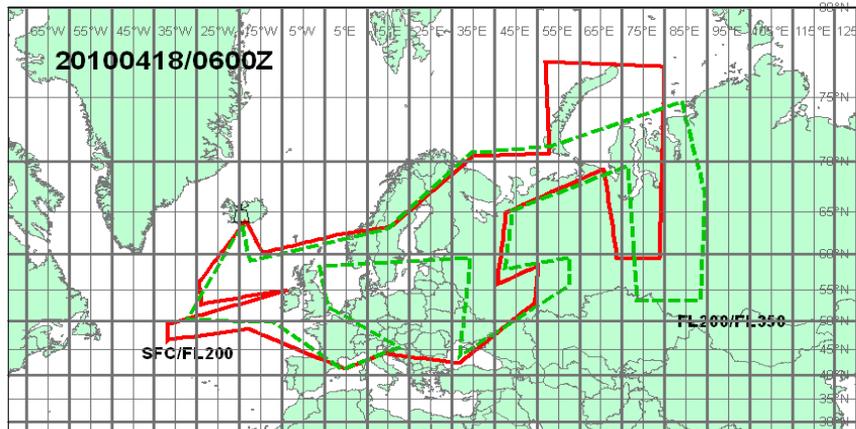
**3) выпадение кислотных и «черных» дождей** в результате газо-аэрозольного загрязнения атмосферы продуктами вулканического происхождения;

**4) непосредственное влияние аэрозольного загрязнения атмосферы на разные воздушные транспортные средства.**

**О возможных атмосферных и климатических эффектах от извержения исландского вулкана Ейяфьятлайокудль на территории Украины**



# Модельные оценки возможного распространения вулканического облака над Европой 18-19 апреля 2010 г. (по данным Британского национального центра погоды)



VA ADVISORY  
DTG: 20100418/0600Z  
VAAC: LONDON  
VOLCANO:  
EYJAFJALLAJOKULL  
PSN: N6338 W01937  
AREA: ICELAND

SUMMIT ELEV: 1666M  
ADVISORY NR: 2010/017  
INFO SOURCE: ICELAND MET OFFICE  
AVIATION COLOUR CODE: RED  
ERUPTION DETAILS: SIGNIFICANT ERUPTION  
IS CONTINUING, BEST ESTIMATE OF MAX  
PLUME HEIGHT IS FL250

RMK: ASH CONCENTRATIONS WITHIN INDICATED AREAS ARE  
UNKNOWN. NO SIGNIFICANT ASH RISK ABOVE FL350  
NXT ADVISORY: 20100418/1200Z

**Уникальность извержения исландского вулкана  
Эйяфьятлайокудль в апреле-мае 2010 года заключается в его  
географическом положении, высоте и мощности извержения.**

**Продукты газо-аэрозольного извержения этого вулкана  
были внесены в атмосферу на высоты до 8-9 км, а, как  
известно, в этих широтах высота тропопаузы составляет около  
8-10 км.**

**Согласно расчетам, частичное очищение тропосферы от  
газо-аэрозольного загрязнения одноразового выброса может  
произойти на протяжении нескольких дней или нескольких  
недель.**

**Но если продукты вулканического происхождения  
попадают в тропопаузу (в слой, где, практически, отсутствует  
интенсивная турбулентность, а потому в этой зоне и летают  
самолеты), то они покинут тропосферу только через несколько  
месяцев.**

**Если же извержение вулкана серийные, то процесс может  
затянуться до года, в зависимости от географического  
расположения вулкана, высоты и мощности его извержения.**

## О возможных экологических последствиях извержений исландского вулкана для Украины

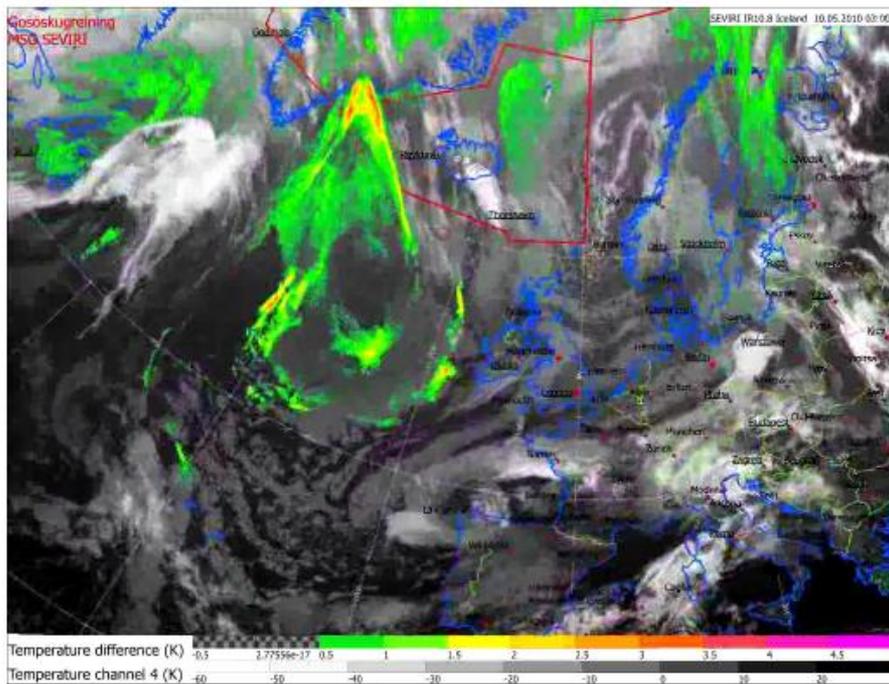
Следует отметить, что прямых угроз для территории Украины извержение исландского вулкана не составляло, так как она не расположена в зоне прямого влияния извержения исландского вулкана.

Однако опосредствованное влияние на некоторые сферы сельского хозяйства (городничество, садоводство и т.п.) и для жизнедеятельности человека (попадание загрязненного дождя непосредственно на человека) можно все-таки ожидать, а именно:

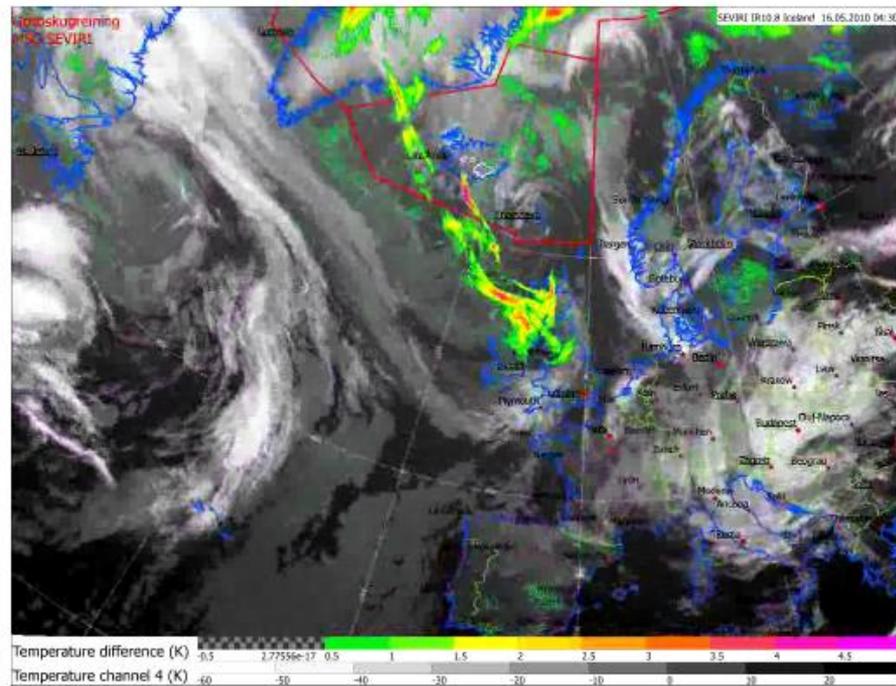
- **повышение вероятности выпадения кислотных и/или «черных» дождей**, что несет относительно отрицательные последствия для сельского хозяйства, для здоровья людей и, в целом для экосистем на территории Украины;
- относительно продолжительное пребывание в тропосфере газо-аэрозольных примесей в зависимости от синоптической ситуации может **привести к увеличению облачности над Украиной и к увеличению количества осадков летом.**

# Распространение продуктов извержения исландского вулкана в мае 2010 года В Европе

SEVIRI BTD 6.6 - 17.6 2010



SEVIRI BTD 6.6 - 17.6 2010



# КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОТ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С физической точки зрения определенным образом на климатические условия на планете может **влиять взрывная вулканическая деятельность**, которая сопровождается прямыми выбросами в стратосферу аэрозольных частичек и разных газовых соединений (водного пара, углекислого газа, окислов серы и т.п.).

Увеличение содержания аэрозолей в стратосфере разной физико-химической природы существенным образом влияет на состояние атмосферы через уменьшение ее прозрачности и увеличение альбедо планеты, что в свою очередь приводит к снижению температуры на планете на несколько лет (**эффект Уорнера**).

Известно, что после индивидуального вулканического извержения взрывного типа на протяжении нескольких лет (как правило, **от 1 до 3 лет**), в зависимости от мощности извержения и химического состава выбросов, приземная температура может снизиться **на  $1,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$**  – это влияние непосредственного введения аэрозольных частичек в стратосферу.

Если же имеет место серия взрывных вулканических извержений, то через формирование из вулканических газовых соединений стратосферного аэрозоля могут наступать продолжительные периоды похолодания в приземной атмосфере, которые могут иметь важную климатическую значимость.

С физической точки зрения определенным образом на климатические условия на нашей планете может **влиять взрывная вулканическая деятельность**, которая сопровождается прямыми выбросами в стратосферу аэрозольных частиц и разных газовых соединений (водного пара, углекислого газа, окислов серы и т.п.).

Увеличение содержания аэрозолей в стратосфере разной физико-химической природы существенным образом влияет на состояние атмосферы через уменьшение ее прозрачности и увеличение альbedo планеты, что в свою очередь приводит к снижению температуры на планете на несколько лет (**эффект Уорнера**).

Известно, что после индивидуального вулканического извержения взрывного типа на протяжении нескольких лет (как правило, **от 1 до 3 лет**), в зависимости от мощности извержения и химического состава выбросов, приземная температура может снизиться **на  $1,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$**  – это влияние непосредственного введения аэрозольных частиц в стратосферу.

Если же имеет место серия взрывных вулканических извержений, то через формирование из вулканических газовых соединений стратосферного аэрозоля могут наступать продолжительные периоды похолодания в приземной атмосфере, которые могут иметь важную климатическую значимость.

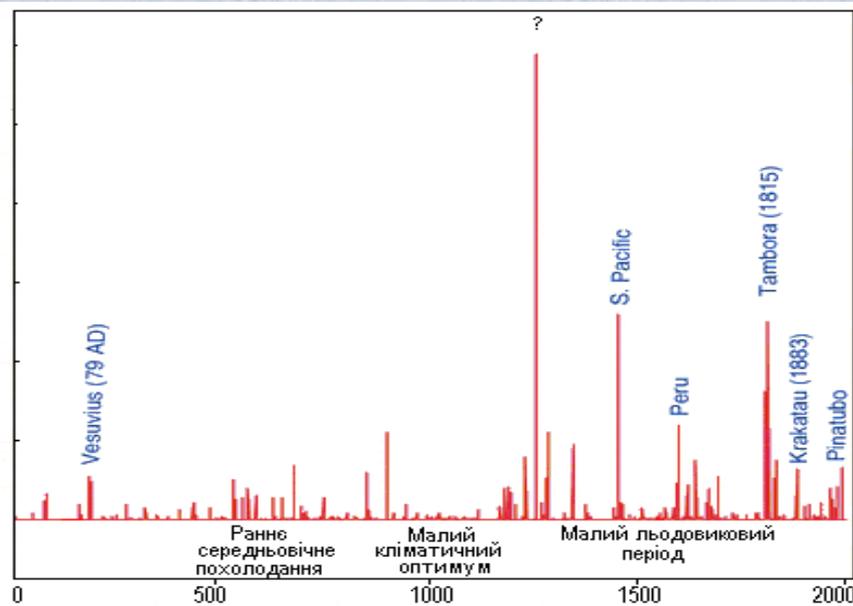
Аэрозоль, который непосредственно вводится вулканами в стратосферу – грубодисперсный, а поэтому его частички довольно быстро покидают стратосферу в результате процесса седиментации ( где-то через 1-2 года).

Продолжительность пребывания в стратосфере аэрозольных частичек, которые образуются там из вулканических газовых соединений *in situ* (сульфатный аэрозоль) в результате газо-фазных реакций – значительно выше (достигает 5 и даже 15 лет).

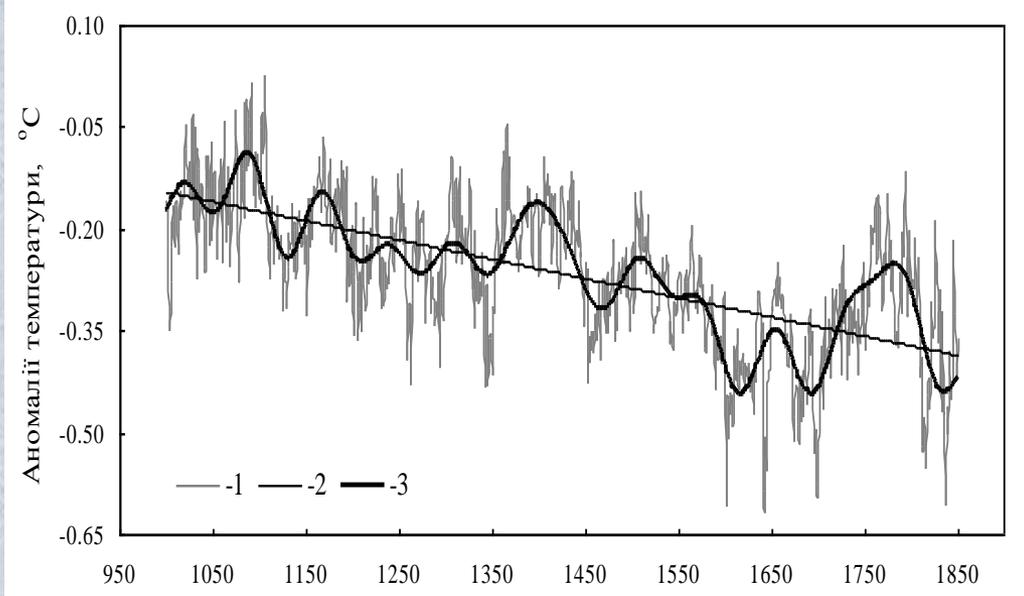
Стратосферный сульфатный аэрозоль продуцируется процессами фотохимических реакций с образованием частиц водных растворов серной кислоты и/или сульфатов.

# Сопоставление векового хода приземной температуры Северного полушария и ритмов вулканической деятельности в последнем тысячелетии

## Вулканические извержения последних 2 тыс. лет



## Вековой ход приземной температуры Северного полушария в последнем тысячелетии



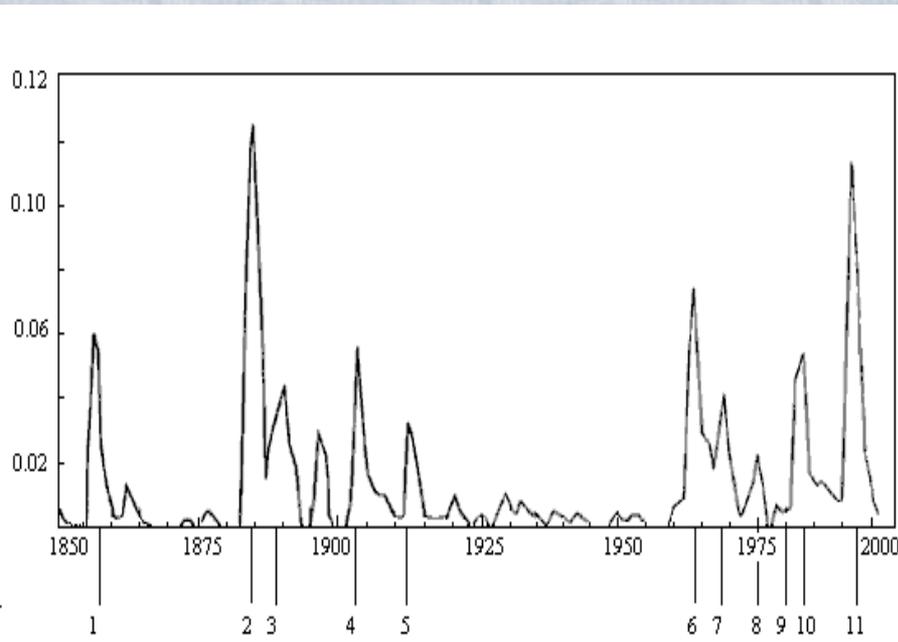
При анализе вековых вариаций вулканической активности и вариаций глобальной температуры на протяжении и последнего тысячелетия, и последних 100-150 лет было выявлено определенную корреляционную связь между возрастающей активностью взрывной вулканической деятельности и снижением приземной температуры.

Согласно одной из весьма обоснованных гипотез именно ритмы вулканической деятельности ответственны за формирование квазипериодических колебаний глобальной приземной температуры с периодом около 60 лет.

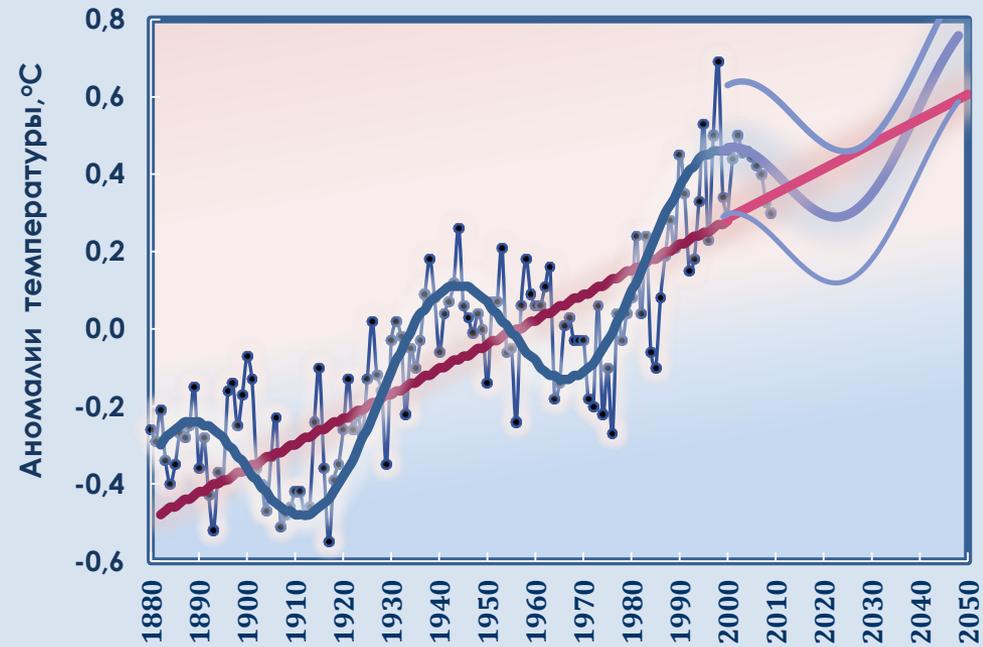
В то же время, считают, что ритмы вулканической активности и колебания температуры могут формироваться под влиянием пространственного смещения центра Солнечной системы, которое имеет ту же периодичность.

# Сопоставление векового хода глобальной приземной температуры Северного полушария и ритмов вулканической деятельности в последние 150 лет

Изменение оптической толщи атмосферы в результате вулканических извержений в последние 150 лет



Вековой ход глобальной приземной температуры за период 1880-2009 гг.

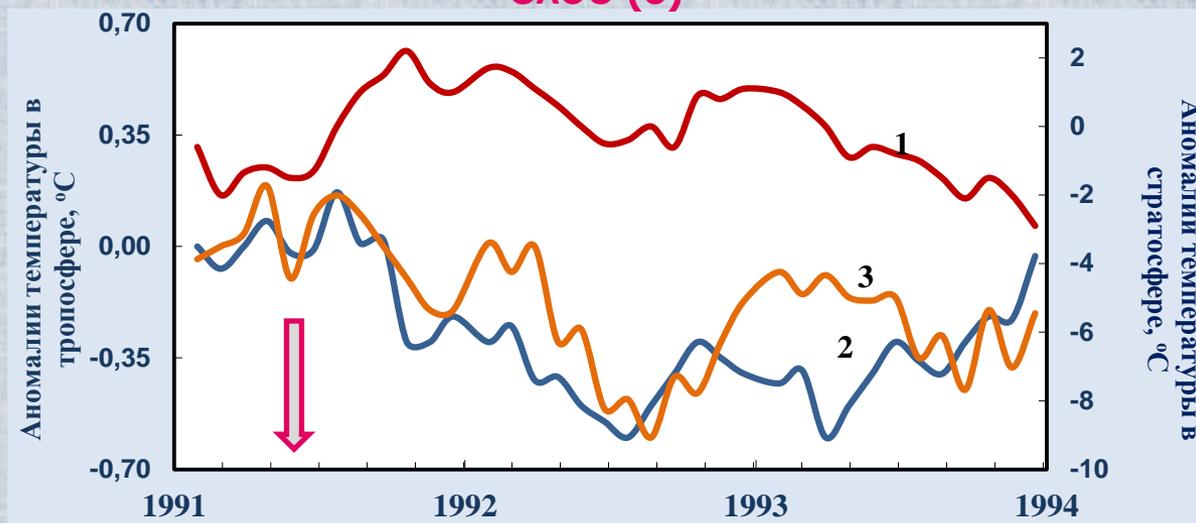


## Основные характеристики вулканических извержений взрывной природы, влияющих на изменения термического режима на планете

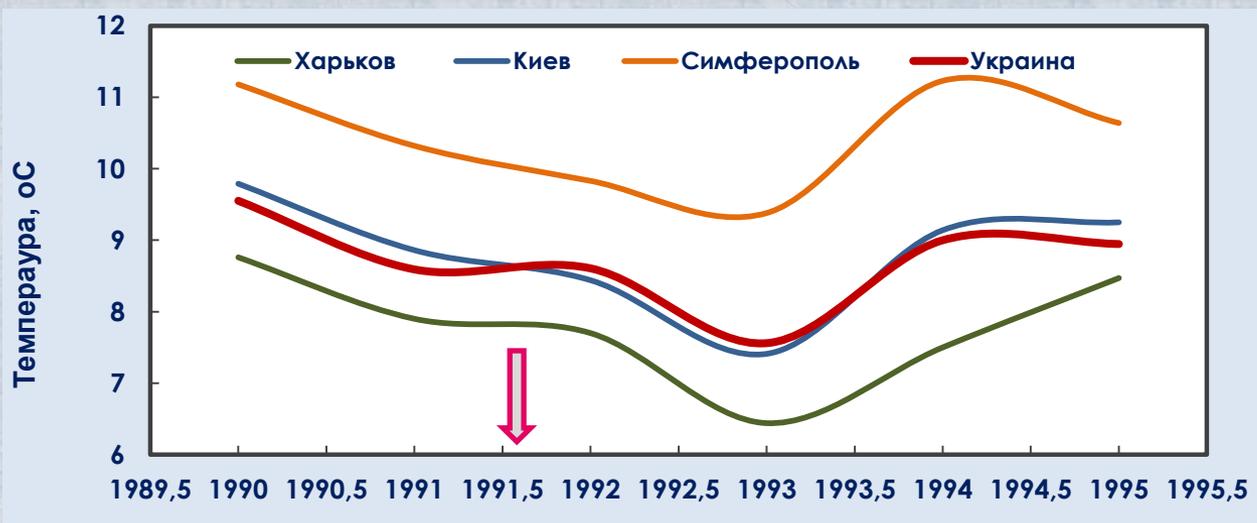
Извержение вулкана	Высота извержения , км	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , аэрозоли и т.д., кг	Снижение температуры в Северном полушарии, °С
Тамбора, 1825	>40	2·10 <sup>11</sup>	0,4-0,7
Которакси (Эквадор) <sup>1</sup> , 1863	15-24		
Кракатау (Индонезия) <sup>2</sup> , 1883	>40	5·10 <sup>10</sup>	0,3-0,4
Санта Мария (Гватемала) <sup>4</sup> , 1902	20-30	< 2·10 <sup>10</sup>	0,4
Катмай (Аляска) <sup>5</sup> , 1912	18-27	< 2·10 <sup>10</sup>	0,2
Ламингтон (Новая Гвинея), 1951	12	10 <sup>10</sup>	-
Безымянный (Камчатка), 1956	30-40	10 <sup>10</sup>	
Агунг (Бали) <sup>6</sup> , 1963	15-24	1-2·10 <sup>10</sup>	0,3
Аву (Индонезия) <sup>7</sup> , 1966	15-18	1·10 <sup>9</sup>	0,1
Фуэго (Гватемала), 1974	20	2·10 <sup>10</sup>	0,2-0,3
Фамандина (Галапагос) <sup>8</sup> , 1975	18	1-2·10 <sup>9</sup>	0,1-0,2
Сент Хеленс (США ) <sup>9</sup> , 1980	22	3·10 <sup>8</sup>	0-0,1
Эль-Чичон (Мексика) <sup>10</sup> , 1982	30	1-2·10 <sup>10</sup>	0,4-0,6
Пинатубо (Филипины) <sup>11</sup> , 1991	25 (40?)	1-2·10 <sup>10</sup>	0,4-0,6°С
Попокатепетль (Мексика), 1997, 2000-2003	18	10 <sup>9</sup>	0,1-0,2
Этна (Сицилия ), 2001-2003	8	10 <sup>9</sup>	+0,1-0,3
Эль Ревентадор (Эквадор), 2002	8	10 <sup>9</sup>	+0,1-0,3

**Рассмотрим несколько показательных случаев с вулканическими извержениями, происшедшими в 20 ст. и оценим их влияние на температурных режим на планете и на содержание озона в атмосфере.**

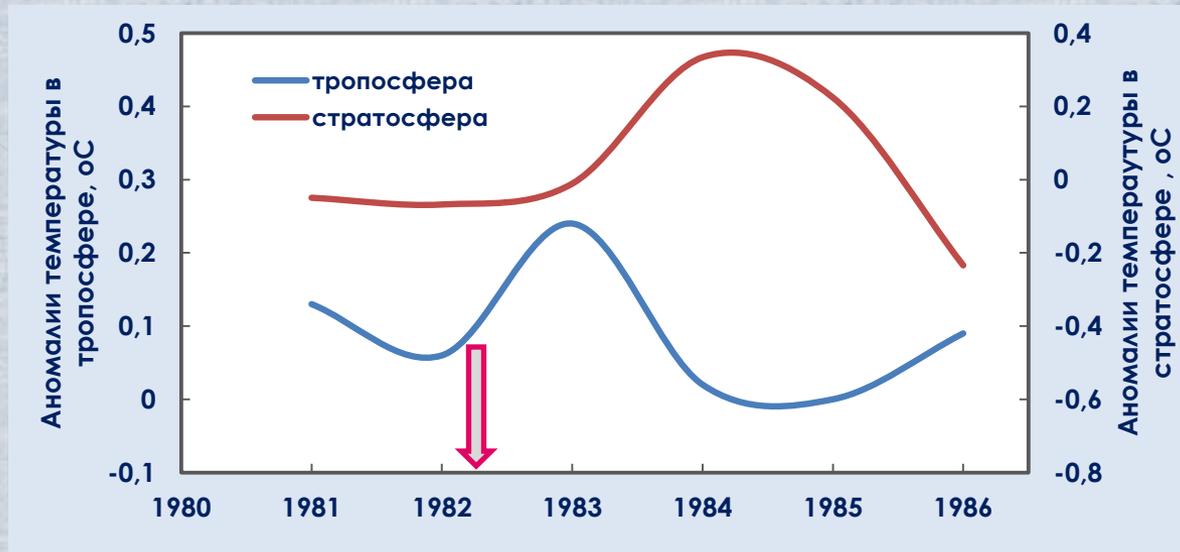
## Динамика температуры воздуха в течении нескольких лет после извержения вулкана Пинатубо (июль 1991 г.) стратосфере (1), в тропосфере (2) и приземном слое (3)



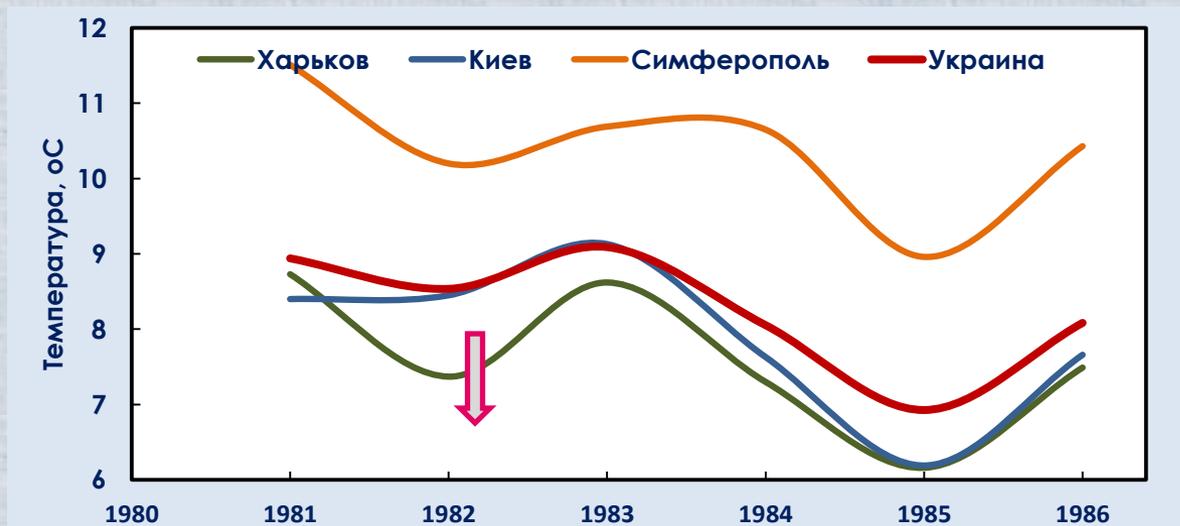
## Динамика приземной температуры воздуха в течении нескольких лет после извержения вулкана Пинатубо на некоторых метеостанциях Украины и для усредненного ряда для 22 станций Украины



## Динамика температуры воздуха в течении нескольких лет после извержения вулкана Ель Чичон (апрель 1982 г.) в стратосфере и приземной тропосфере



## Динамика приземной температуры воздуха в течении нескольких лет после извержения вулкана Ель Чичон на некоторых метеостанциях Украины и для усредненного ряда по 22 станциям Украины



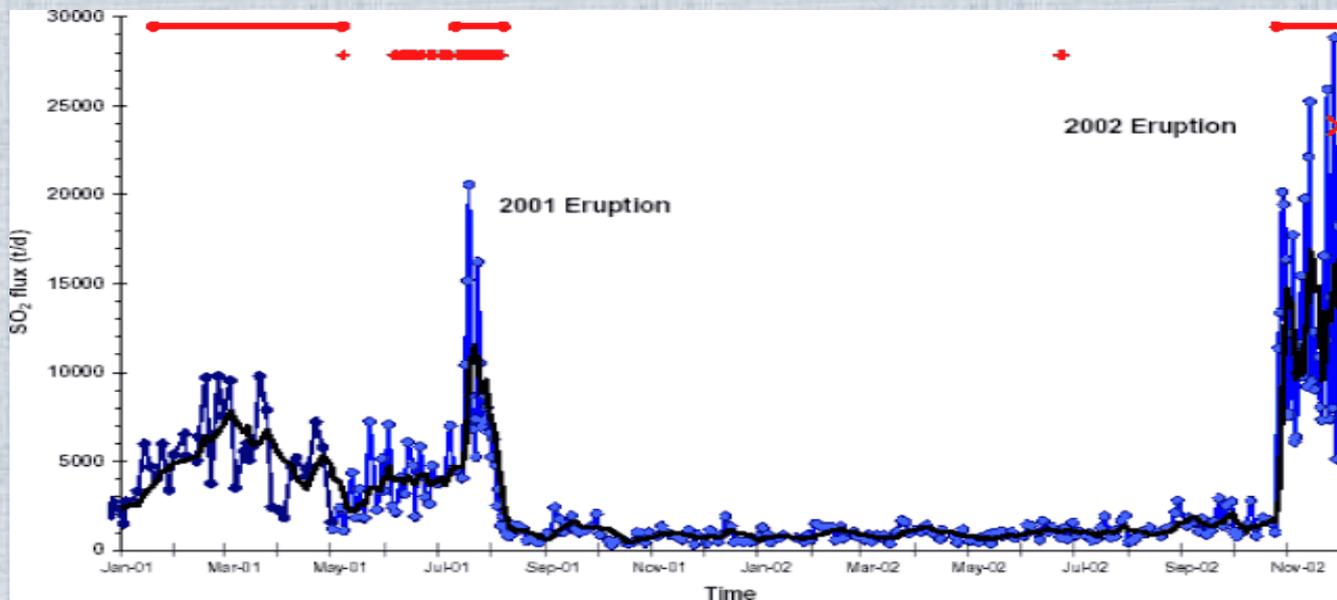
## Извержение вулкана Этна (2001-2003 гг.)



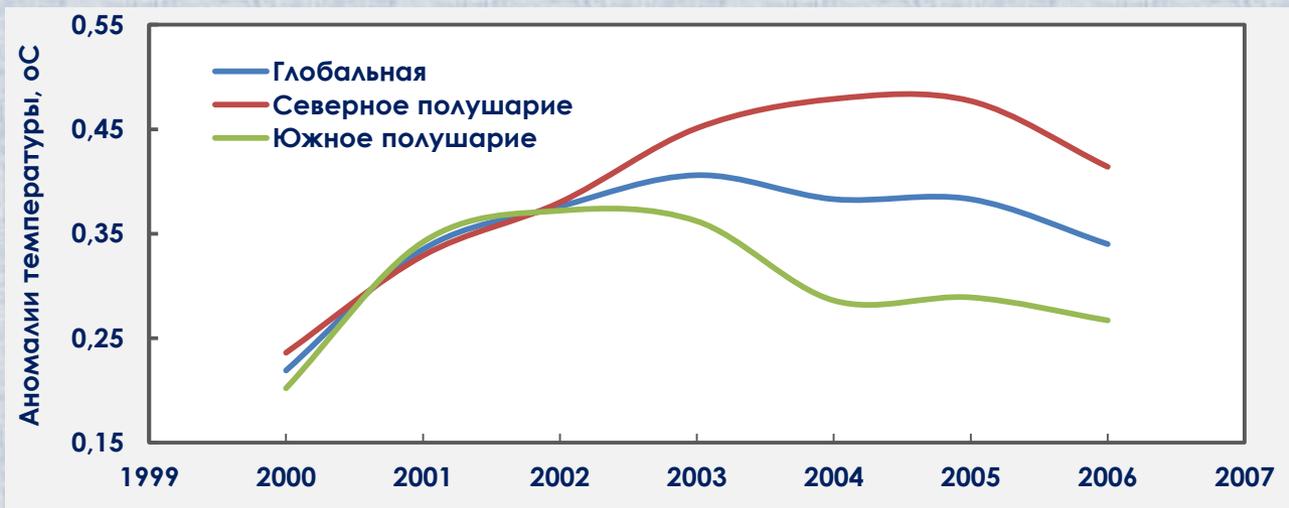
## Извержение вулкана ЭльРевентадор (Эквадор) в ноябре 2002 г.



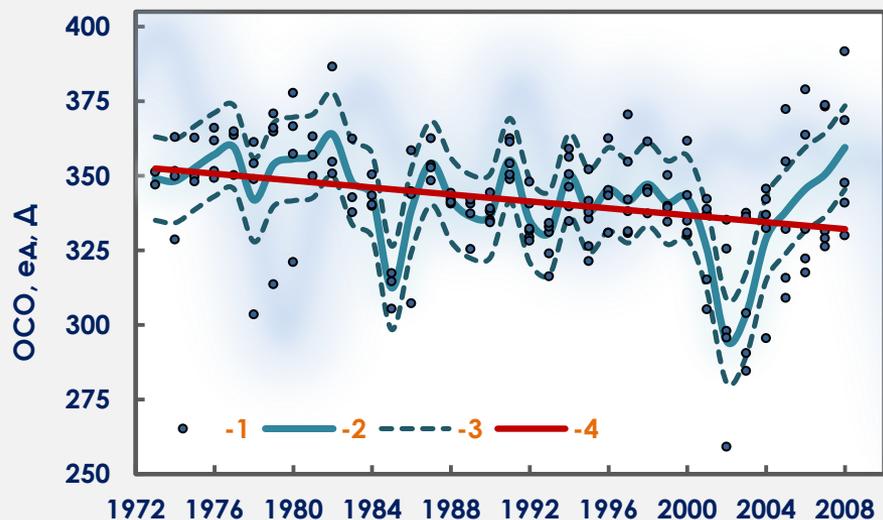
## Динамика выбросов диоксида серы вулканического происхождения на протяжении 2001-2002 гг.



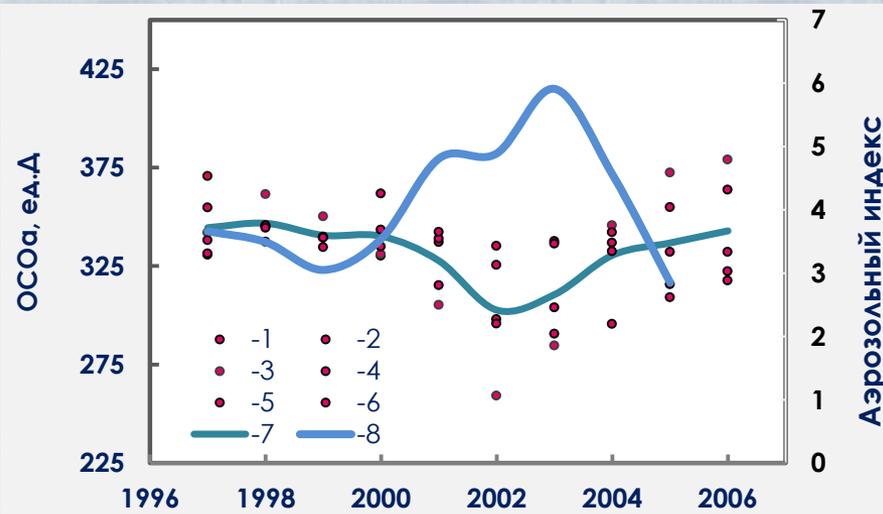
# Временной ход приземной температуры за период 2000-2006 гг.



Временной ход общего содержания озона в атмосфере над Украиной (усредненная оценка за период 1973-2008 гг.)

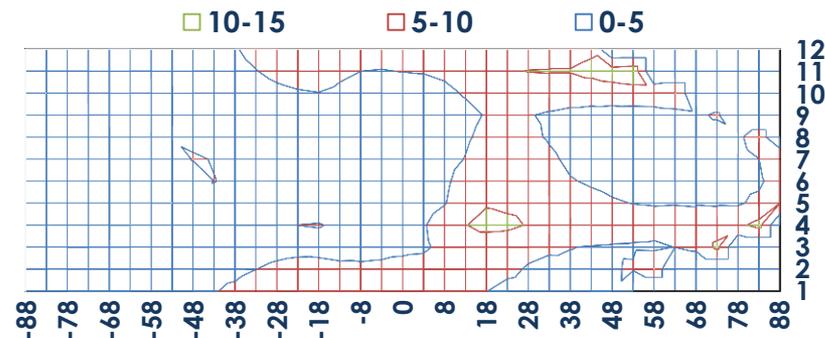


Сопоставление вариаций СОО на озонметрических станциях Украины и аэрозольного индекса за период 1997-2006гг. после извержения вулканов Эль Ревентадор (Эквадор) в ноябре 2002 г. И Этна 2001-2003гг.

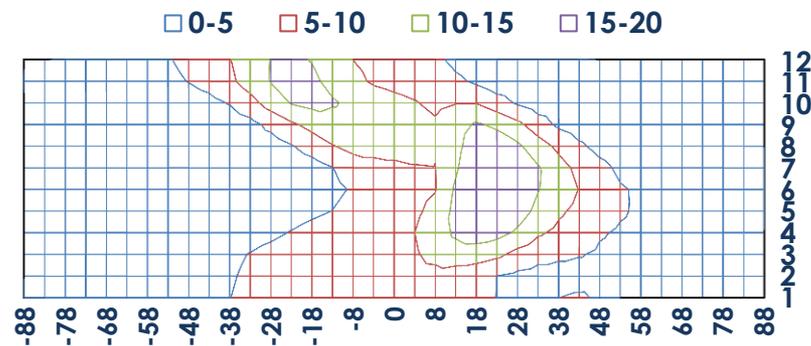


# Широтное распределение сезонного хода аэрозольного индекса за отдельные годы

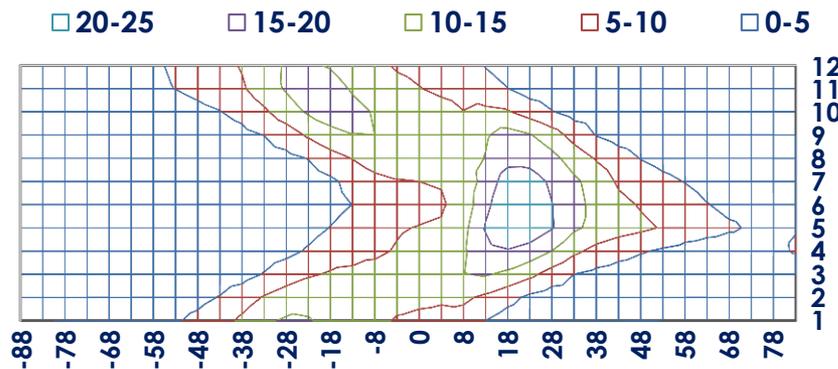
2001



2002



2003



Таким образом, вулканические извержения имеют важную роль в формировании, как климатических условий на планете при выносе продуктов извержения в стратосферу (изменяя планетарное альбедо и приводя к деградации стратосферного озона), так и формировании различных атмосферных эффектов, при выносе продуктов извержения только в пределах тропосферы (черные и кислотные дожди, и т.д.).

Однако следует отметить, что климатическое значение, правда несколько в меньшей мере, также могут иметь извержения вулканов в тропосферу, изменяя ее оптические характеристики.