

GPS ГЕС технологии как средство мониторинга природных и техногенных катастроф

*Пулинец С.А.^{1,2}, Давиденко Д.В.^{1,3}, Алексеев О.А.²,
Титова М.А.¹*

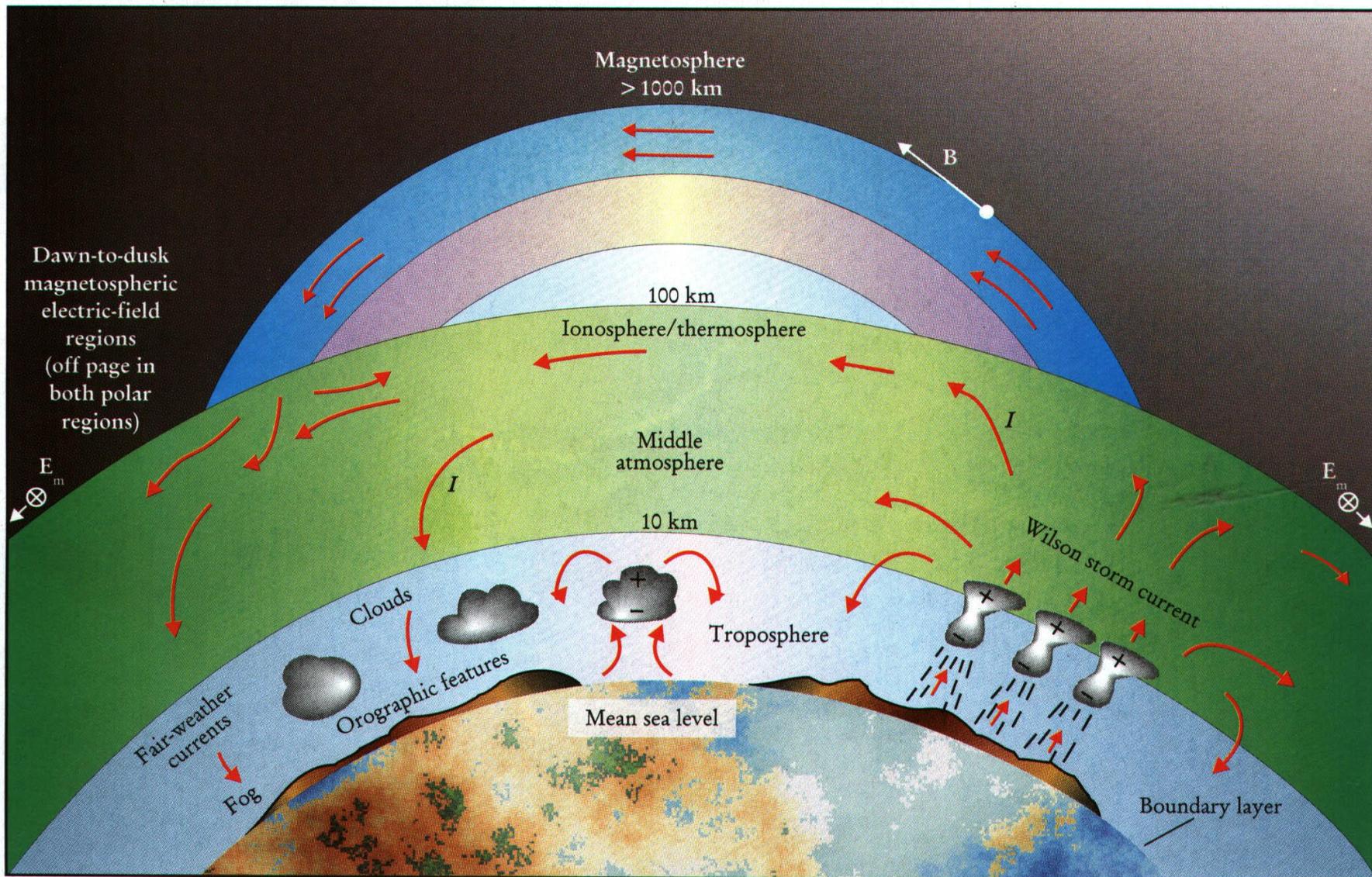
¹Институт космических исследований РАН

²АО “Российские космические системы”

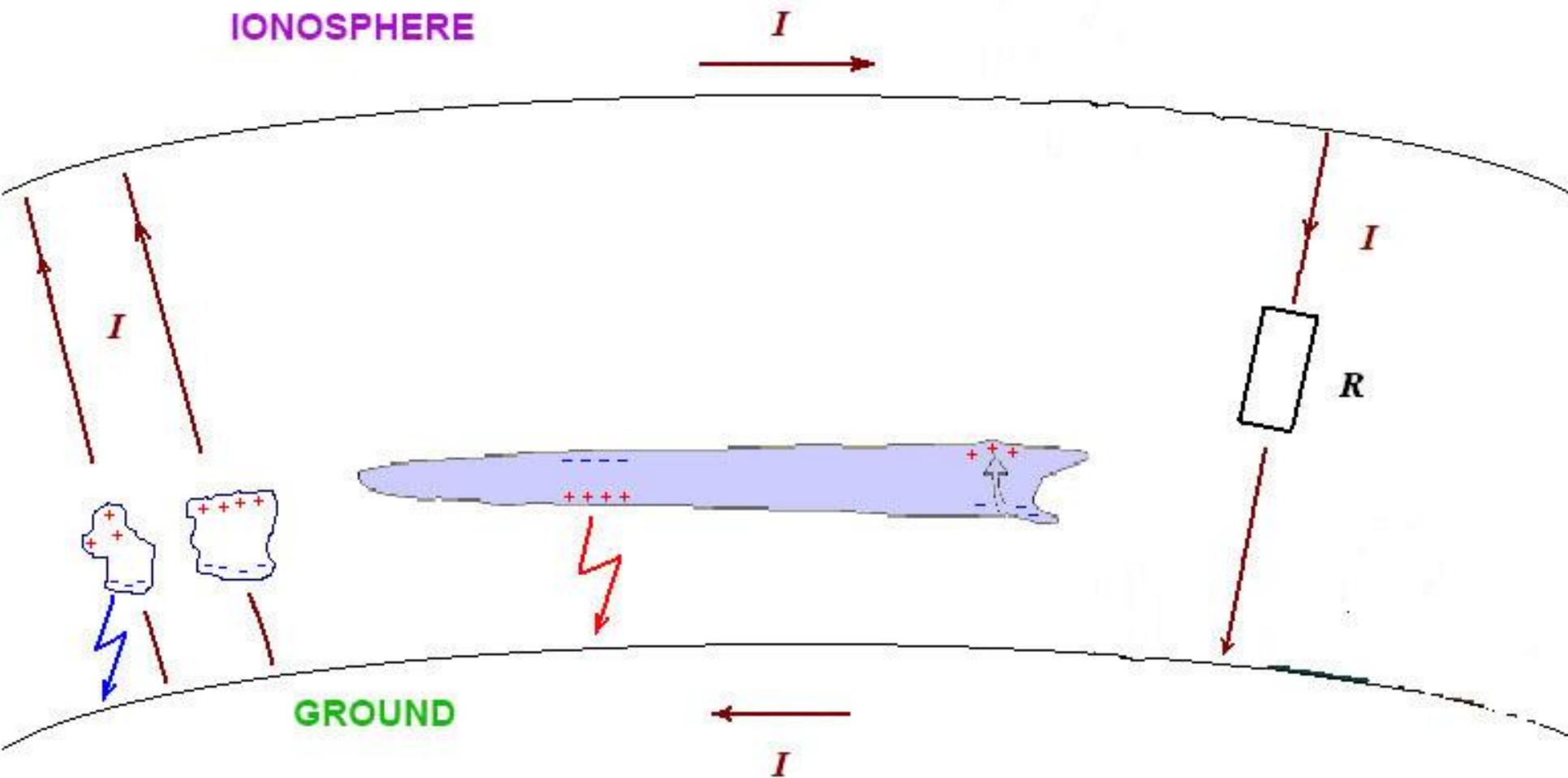
³РКК “Энергия”

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с Соглашением о предоставлении субсидии № 075-11-2019-015 от «22» октября 2019 г. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58519X0008

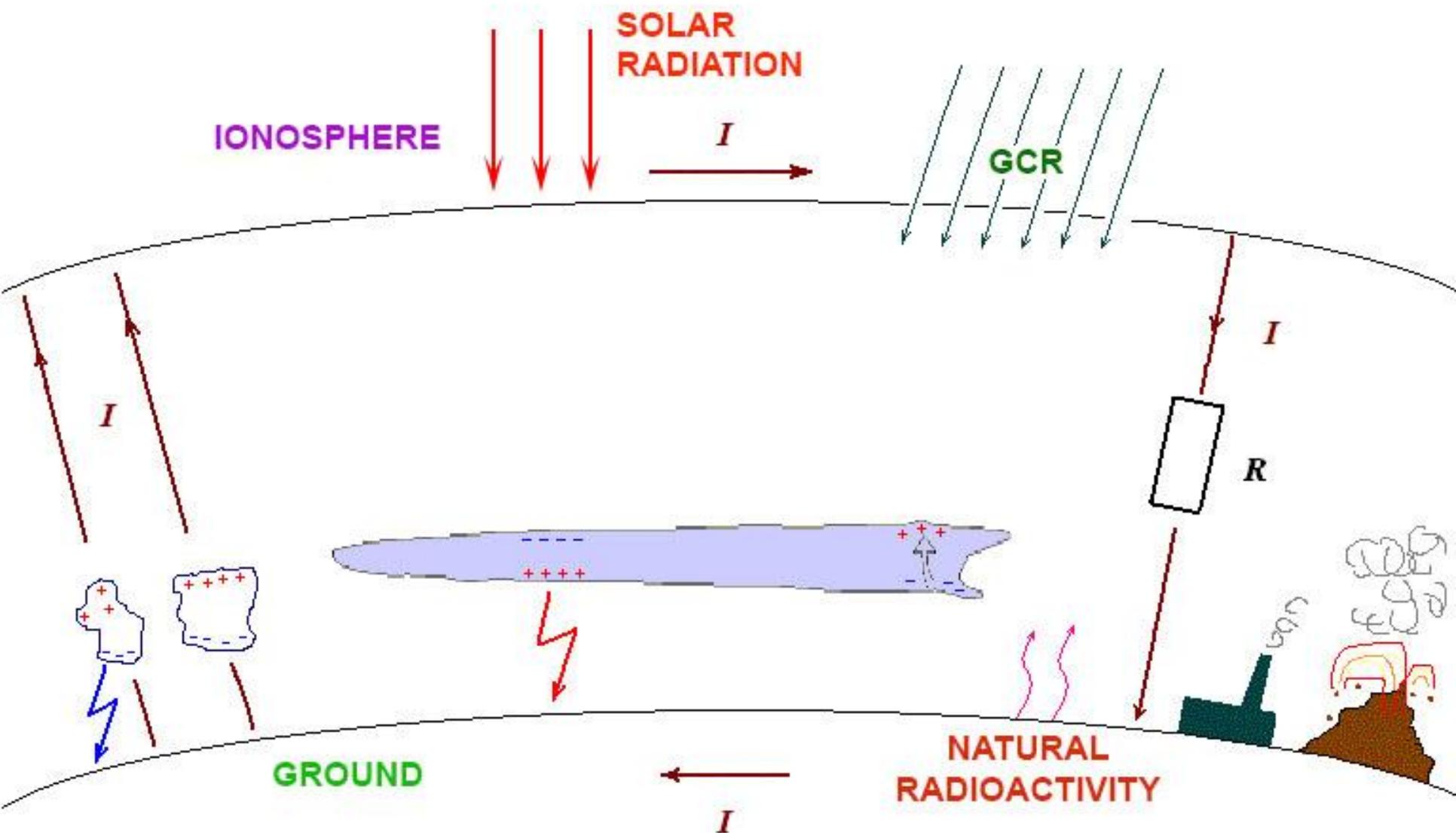
Глобальная электрическая цепь



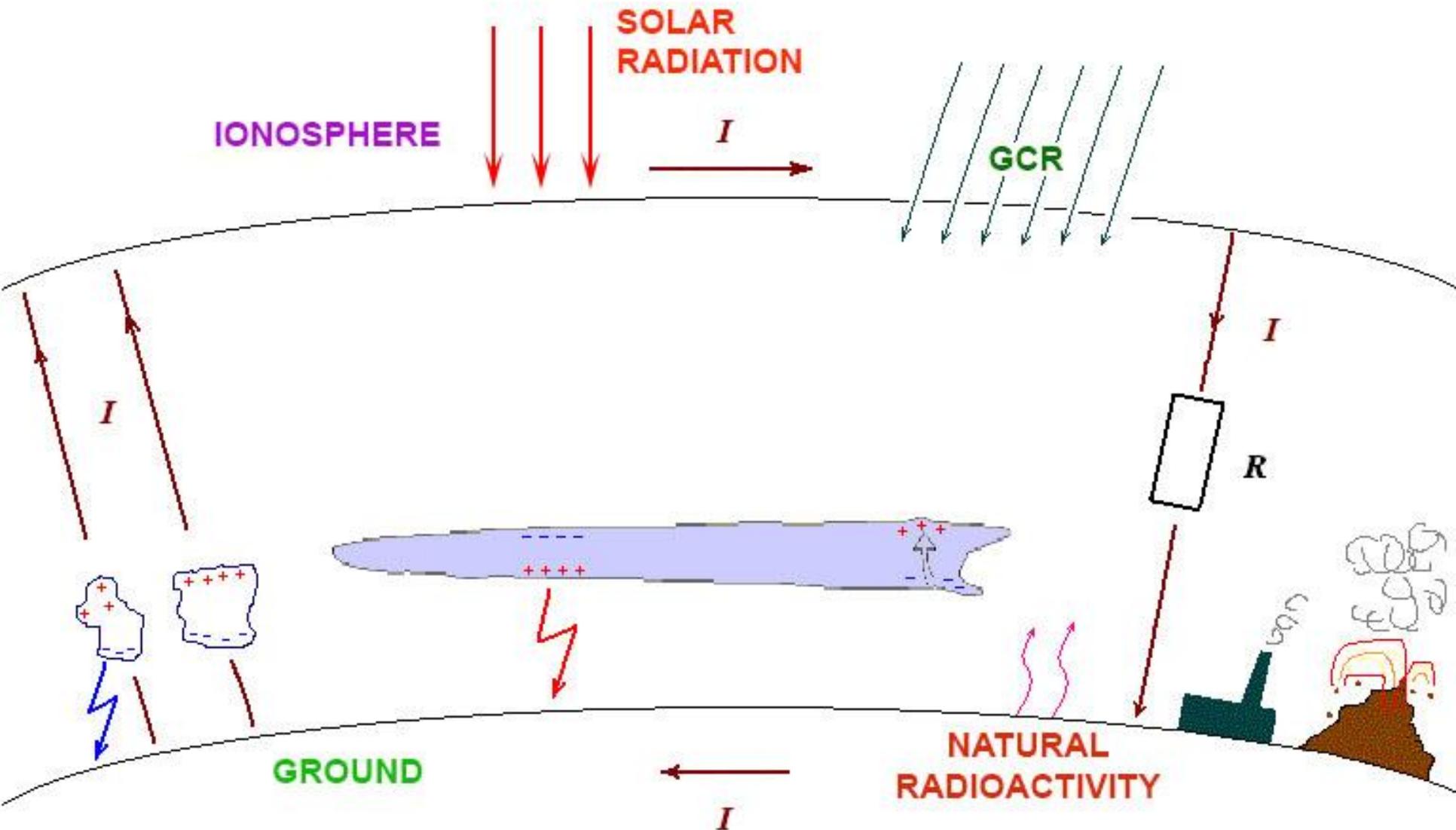
Эквивалентная схема ГЭЦ



Источники ионизации и загрязнения



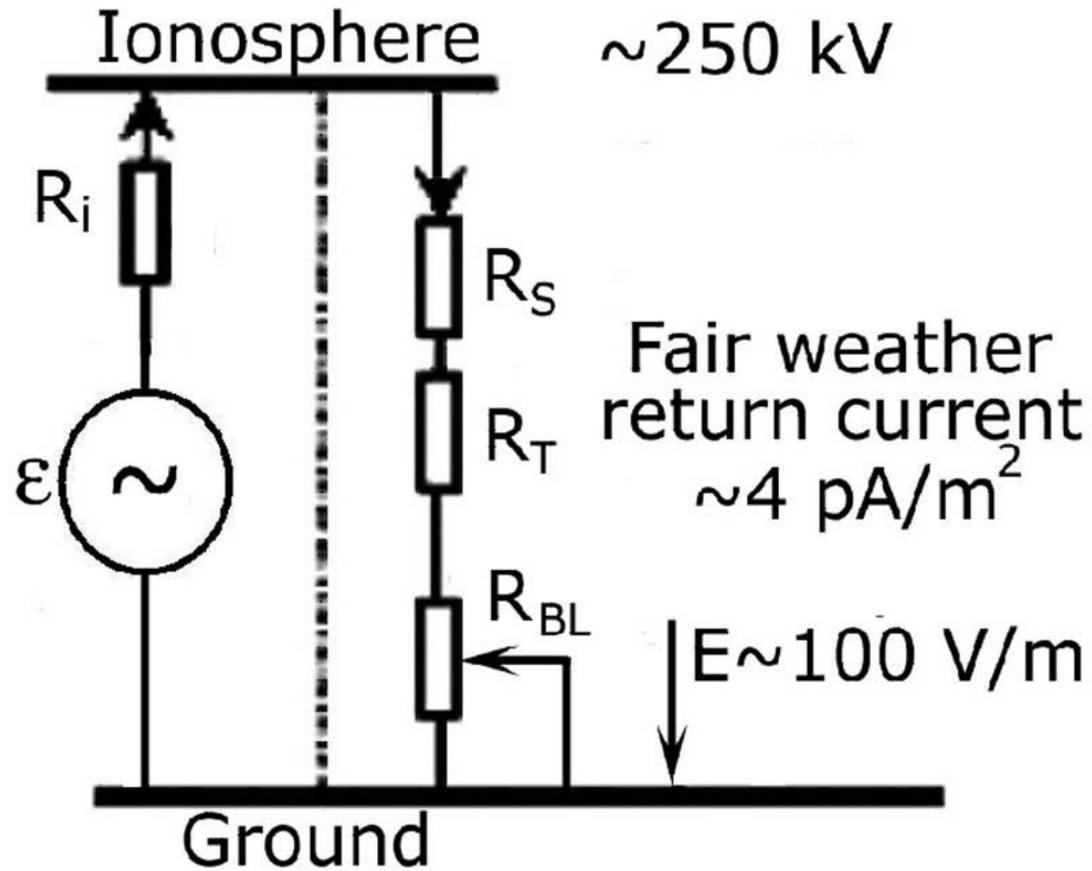
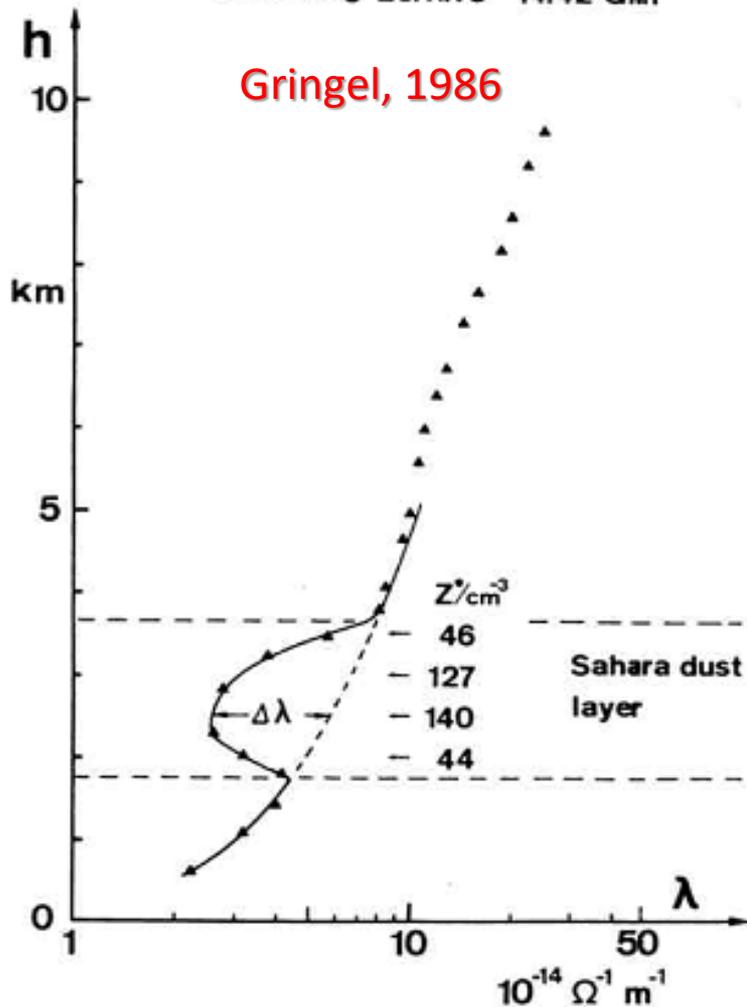
Global Electric Circuit conception



Аэрозоли, пыльные бури и проводимость атмосферы

Ascent at Pos. 16,5° N, 37° W
 Launching 26.11.73 14.42 GMT

Gringel, 1986



Атмосферное электричество

Вертикальный ток

$$i = e(n^+ \mu^+ + n^- \mu^-) E = \sigma E$$

Полная проводимость

$$\sigma = e(n^+ \mu^+ + n^- \mu^-)$$

$$\sigma = e \sum_{i=1}^n (n_i^+ \mu_i^+ + n_i^- \mu_i^-)$$

The ion-pair production rate due to radon and its progeny is calculated using the expression: $Q = \varepsilon / I$ and $\varepsilon = 5.49 \times 10^6 Rn + 6.00 \times 10^6 RaA + 0.85 \times 10^6 RaB + 7.69 \times 10^6 RaC$

The conductivity of the atmosphere in the absence and presence of aerosols, respectively, are given by:

$$\sigma_0 = N_0 e b_{\pm} \quad \& \quad \sigma_{\pm} = N_{\pm} e b_{\pm} \quad (14)$$

The reduction in conductivity ($\Delta\sigma$) due to depletion of small ions is given by:

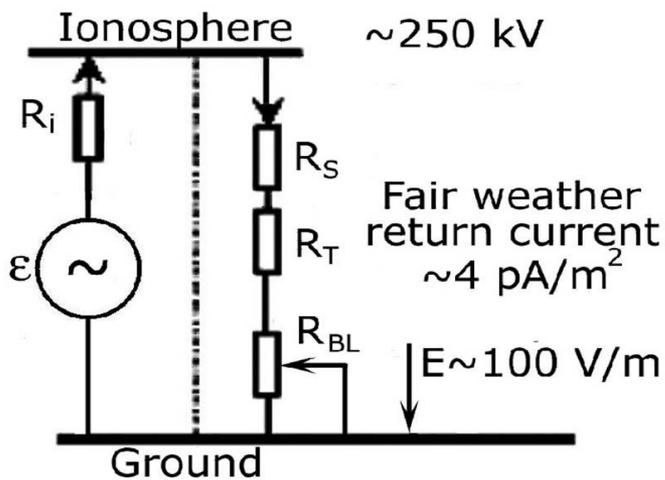
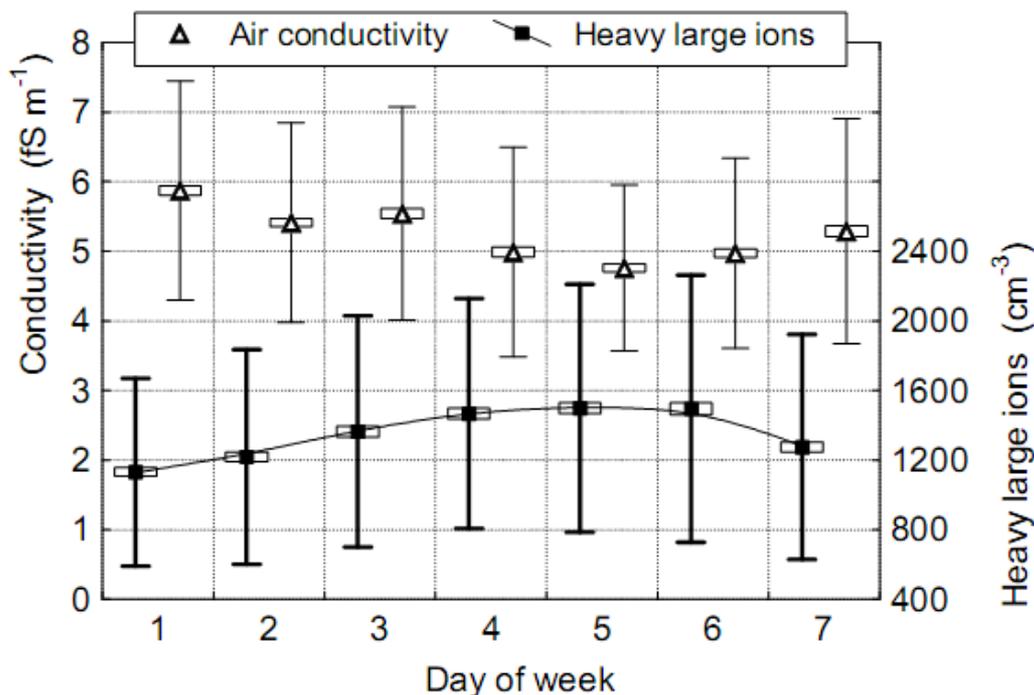
$$\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma_{\pm}$$

Подвижность
ионов

$$u = a(e/m)(\lambda_w/v_T)$$

λ – длина свободного пробега
 v – средняя тепловая скорость

Роль подвижности ионов



Ana-lyzer	Fraction	Mobility cm ² V ⁻¹ s ⁻¹	Diameter nm
<i>Small Cluster Ions</i>			
IS ₁	N_1/P_1	2.51–3.14	0.36–0.45
IS ₁	N_2/P_2	2.01–2.51	0.45–0.56
IS ₁	N_3/P_3	1.60–2.01	0.56–0.70
IS ₁	N_4/P_4	1.28–1.60	0.70–0.85
<i>Big Cluster Ions</i>			
IS ₁	N_5/P_5	1.02–1.28	0.85–1.03
IS ₁	N_6/P_6	0.79–1.02	1.03–1.24
IS ₁	N_7/P_7	0.63–0.79	1.24–1.42
IS ₁	N_8/P_8	0.50–0.63	1.42–1.60
<i>Intermediate Ions</i>			
IS ₁	N_9/P_9	0.40–0.50	1.6–1.8
IS ₁	N_{10}/P_{10}	0.32–0.40	1.8–2.0
IS ₁	N_{11}/P_{11}	0.25–0.32	2.0–2.3
IS ₂	N_{12}/P_{12}	0.150–0.293	2.1–3.2
IS ₂	N_{13}/P_{13}	0.074–0.150	3.2–4.8
IS ₂	N_{14}/P_{14}	0.034–0.074	4.8–7.4
<i>Light Large Ions</i>			
IS ₂	N_{15}/P_{15}	0.016–0.034	7.4–11.0
IS ₃	N_{16}/P_{16}	0.0091–0.0205	9.7–14.8
IS ₃	N_{17}/P_{17}	0.0042–0.0091	15–22
<i>Heavy Large Ions</i>			
IS ₃	N_{18}/P_{18}	0.00192–0.00420	22–34
IS ₃	N_{19}/P_{19}	0.00087–0.00192	34–52
IS ₃	N_{20}/P_{20}	0.00041–0.00087	52–79

Вулкан Эйяфьядлайекюдль апрель 2010

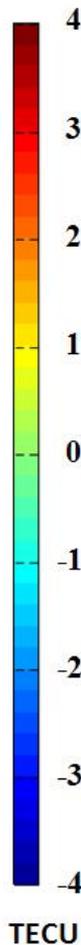
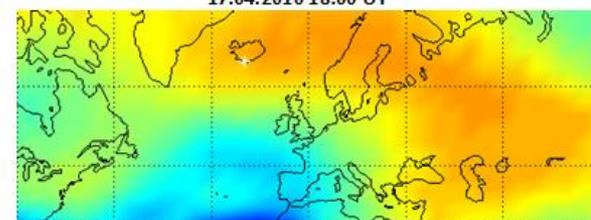
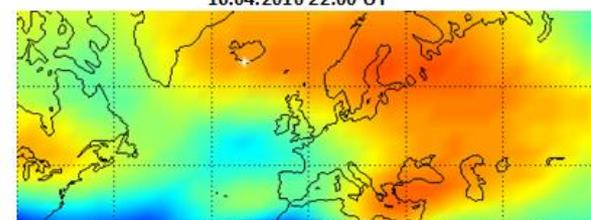
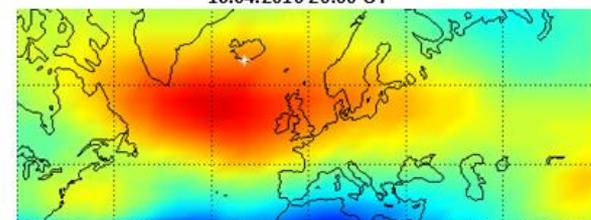
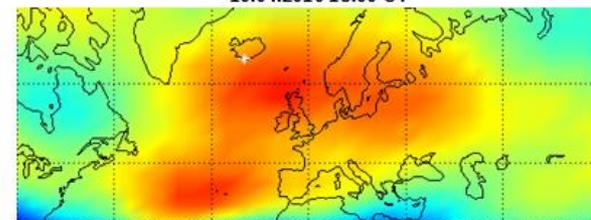
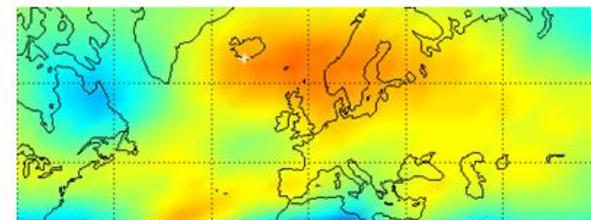


a

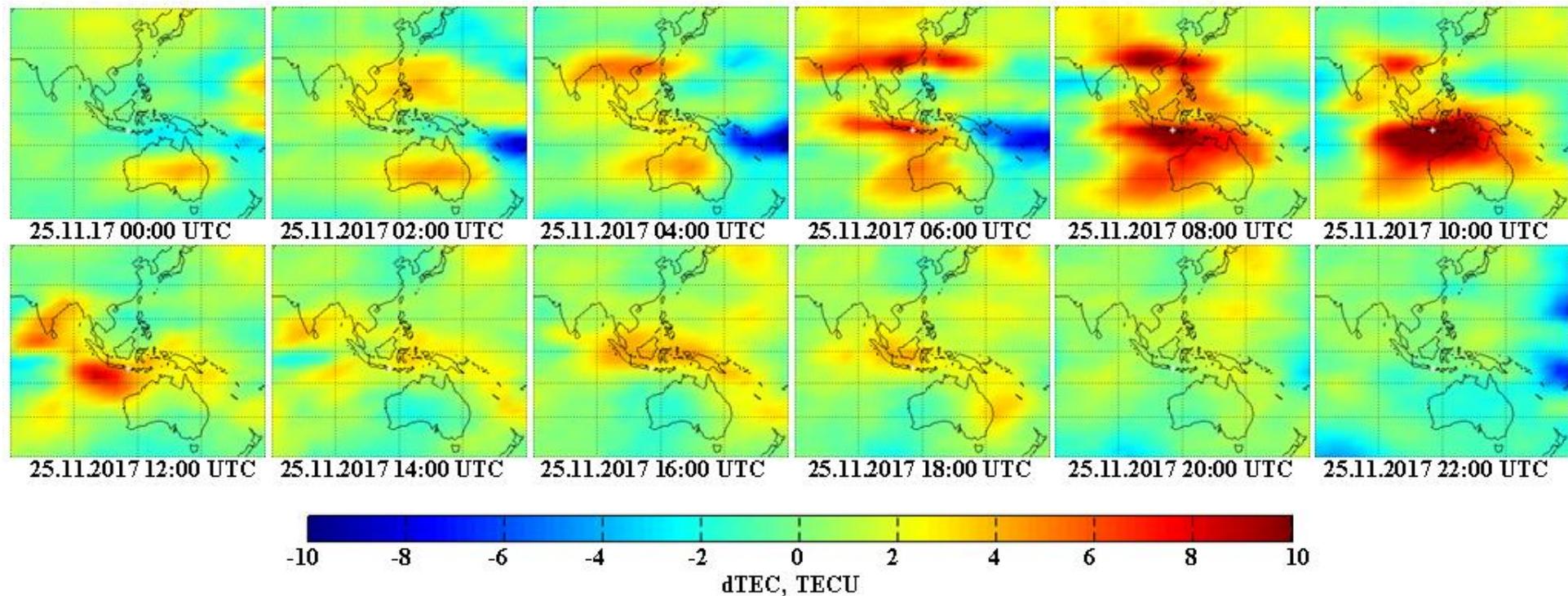


B

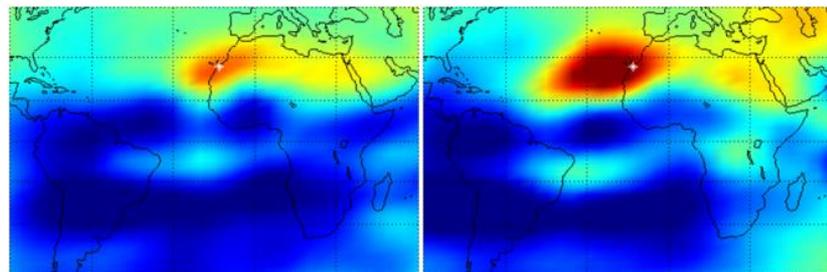
6



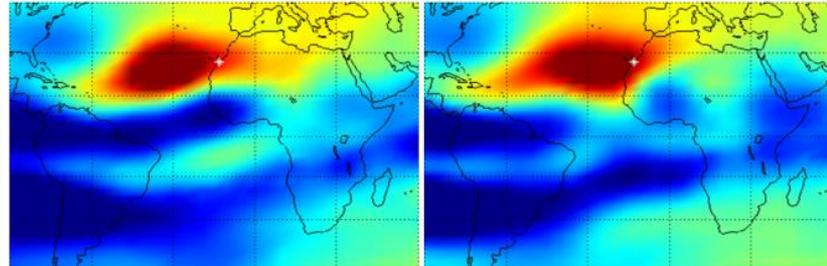
Ионосферный эффект извержения вулкана Агунг на Филиппинах



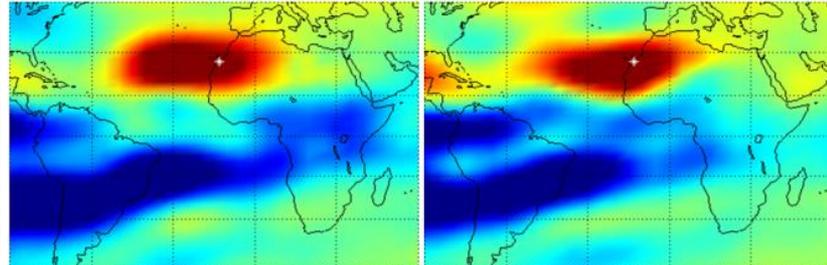
Песчаная буря



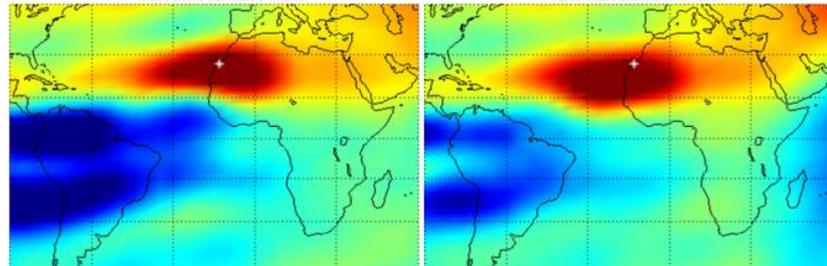
01.05.2012 14:00 UT



01.05.2012 16:00 UT



01.05.2012 18:00 UT



01.05.2012 20:00 UT

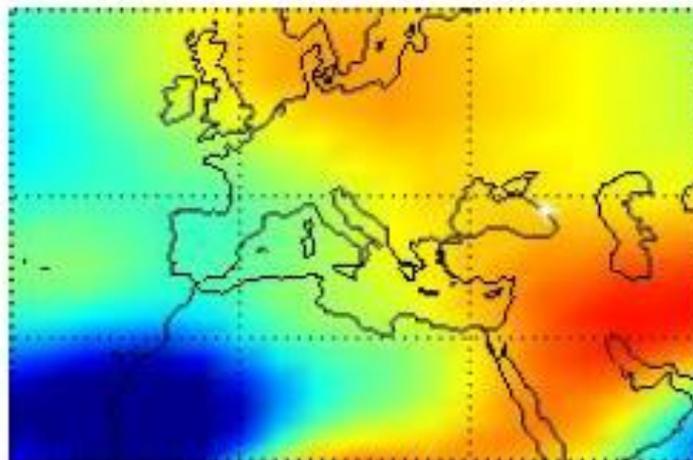


02.05.2012 02:00 UT

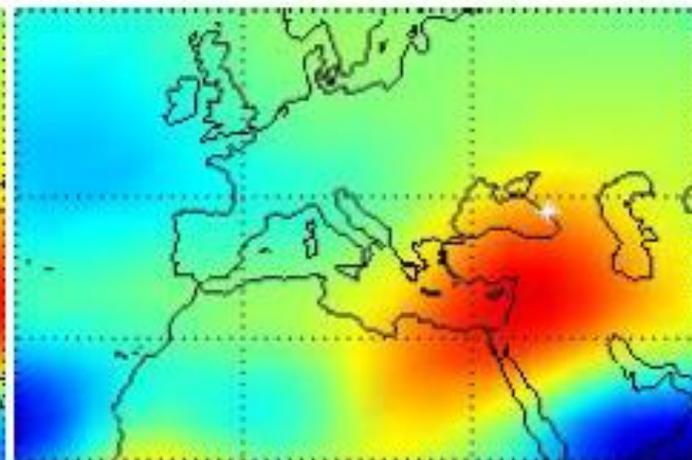
02.05.2012 04:00 UT



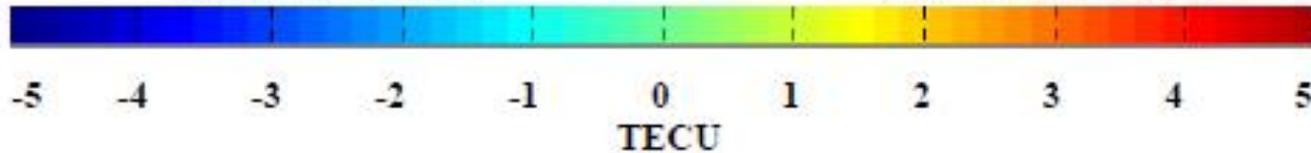
Красная поляна, Сочи, 2018



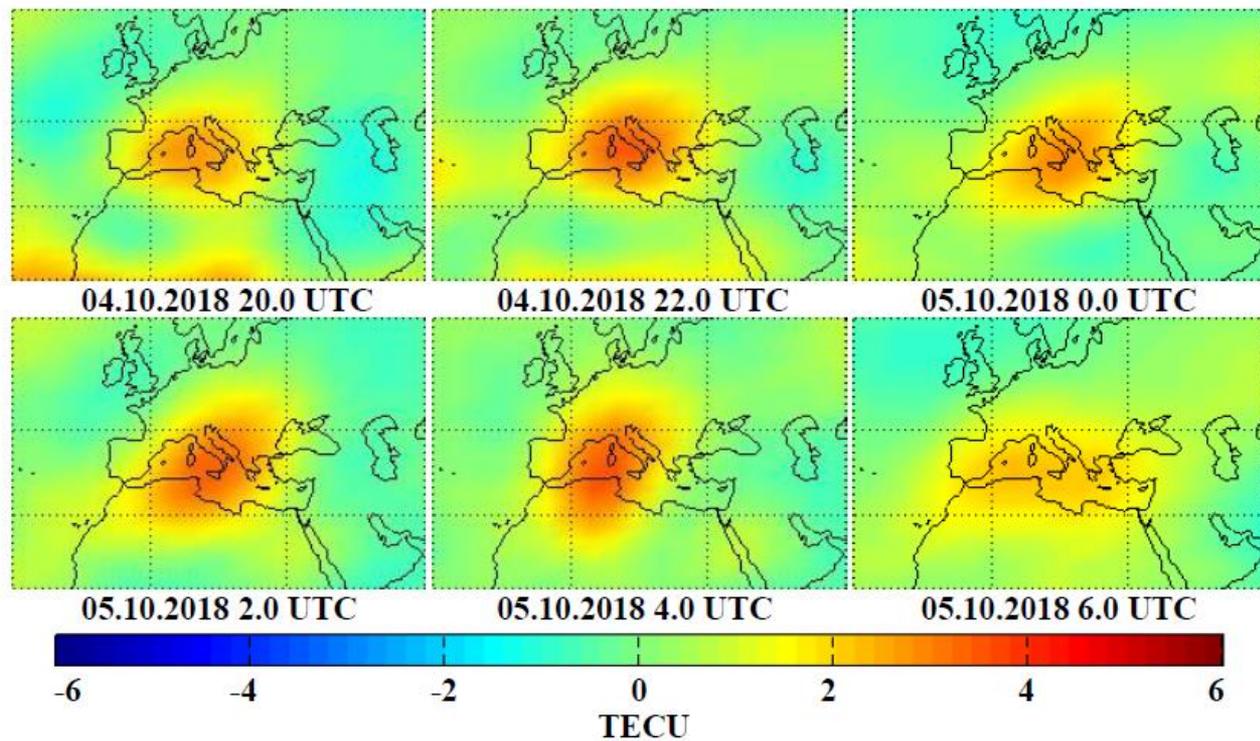
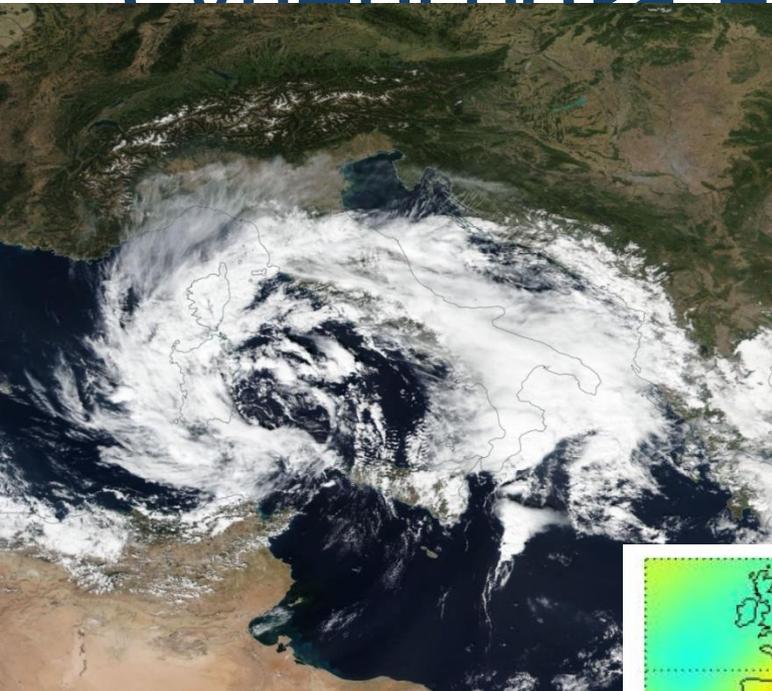
23.03.2018 14.0 UTC



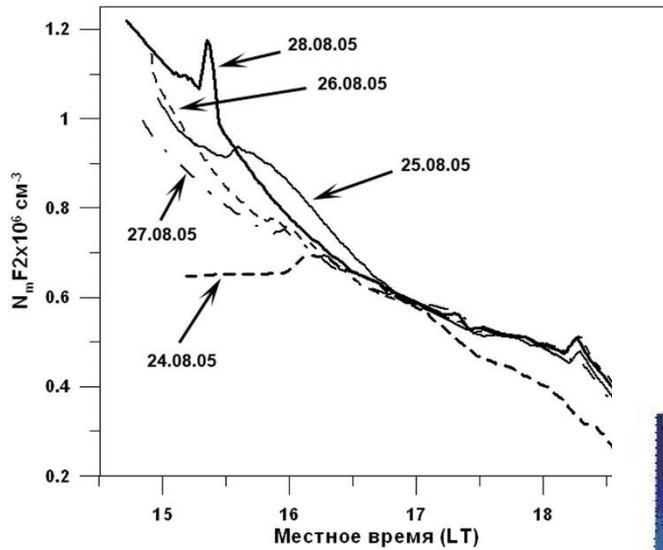
23.03.2018 16.0 UTC



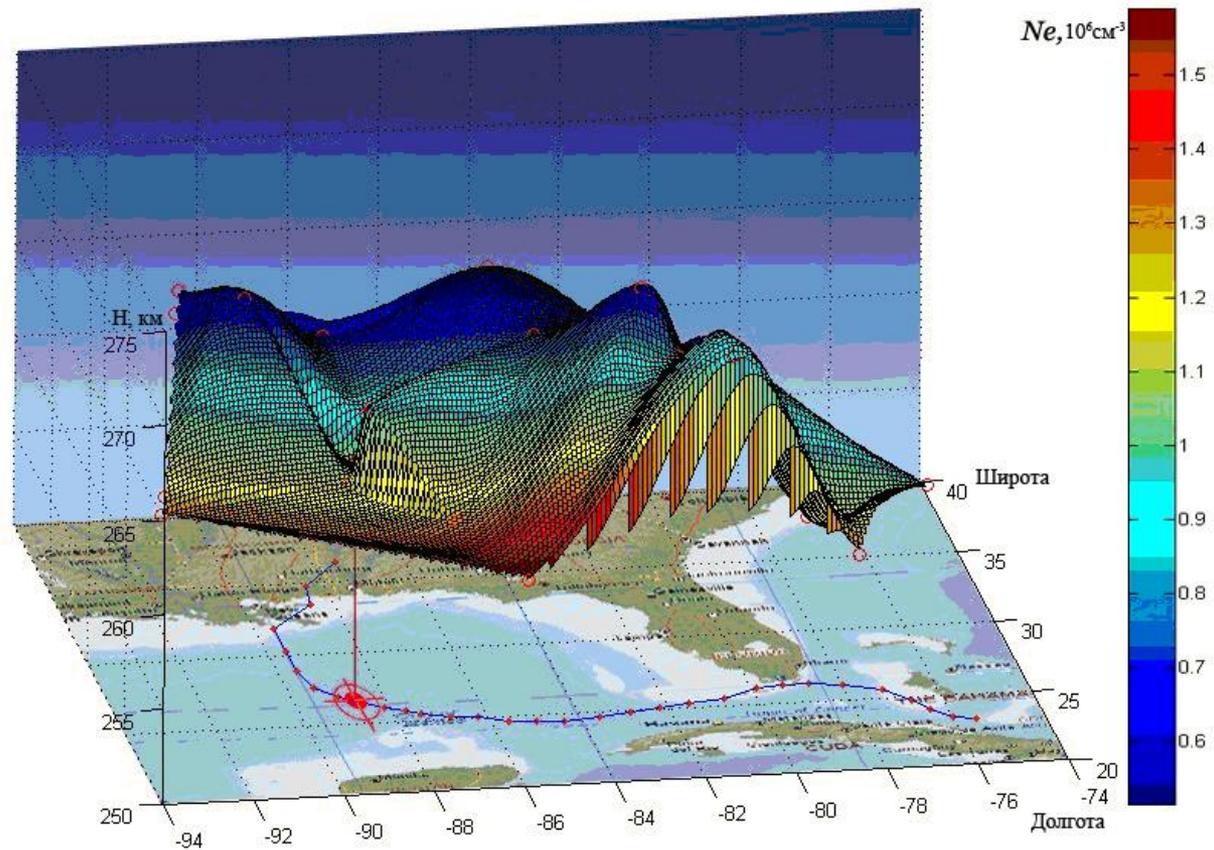
Супергроза над Европой



Ionospheric irregularity over Katrina hurricane

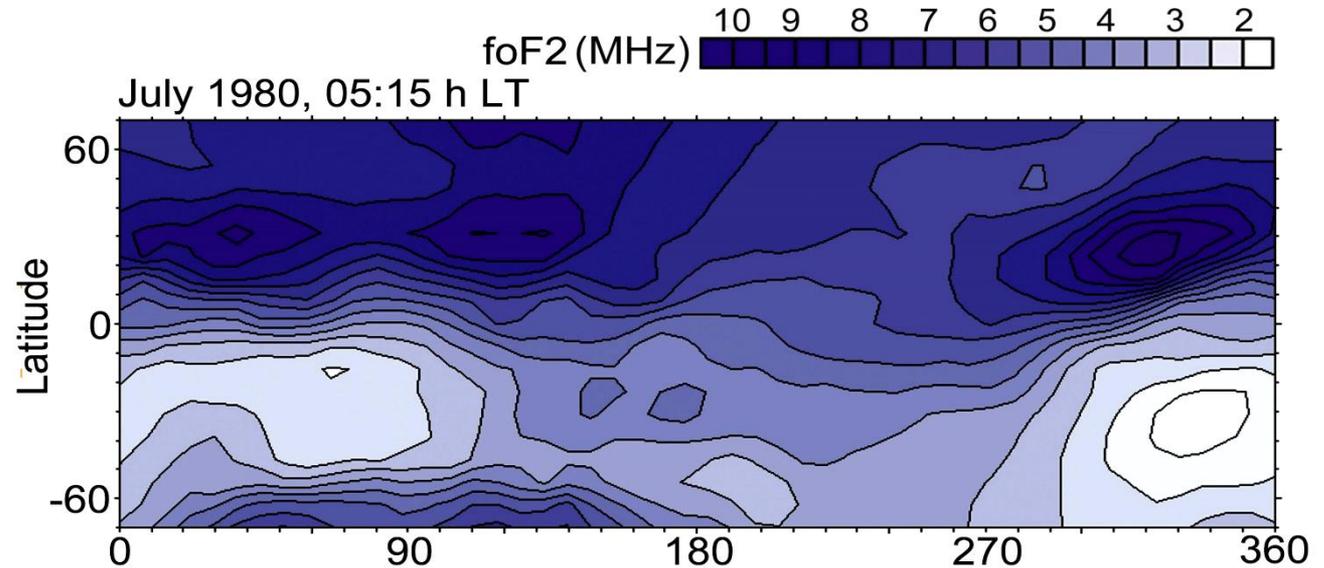


Bondur et al., 2008a

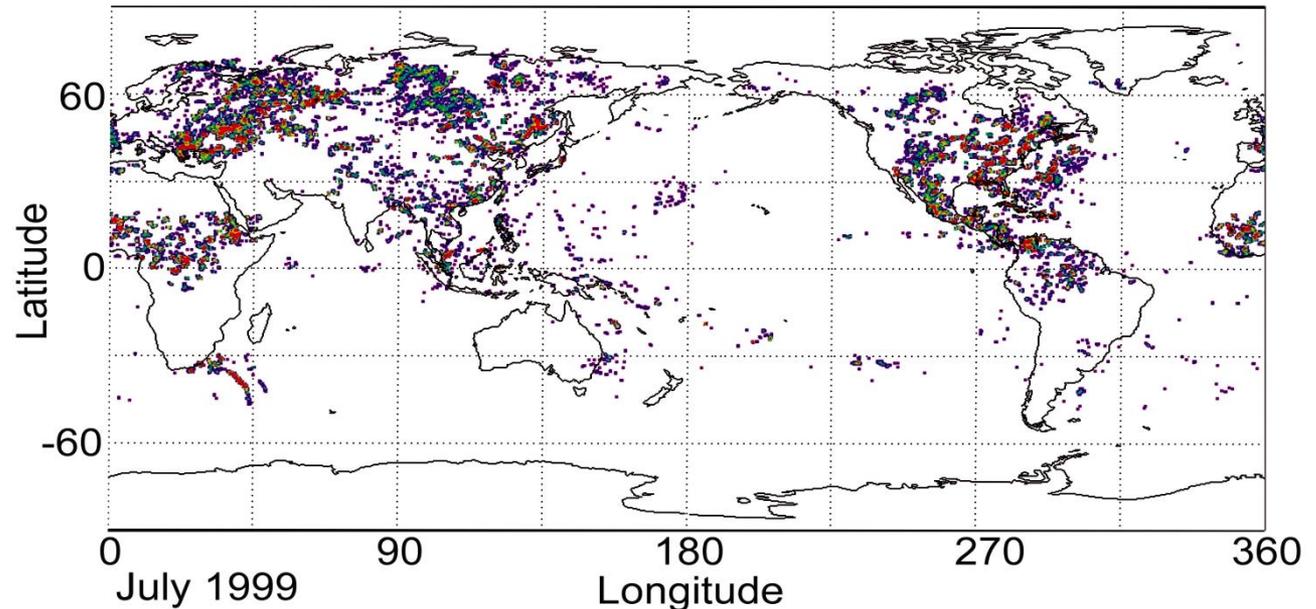


July 1980 - July 1999

Intercosmos-19

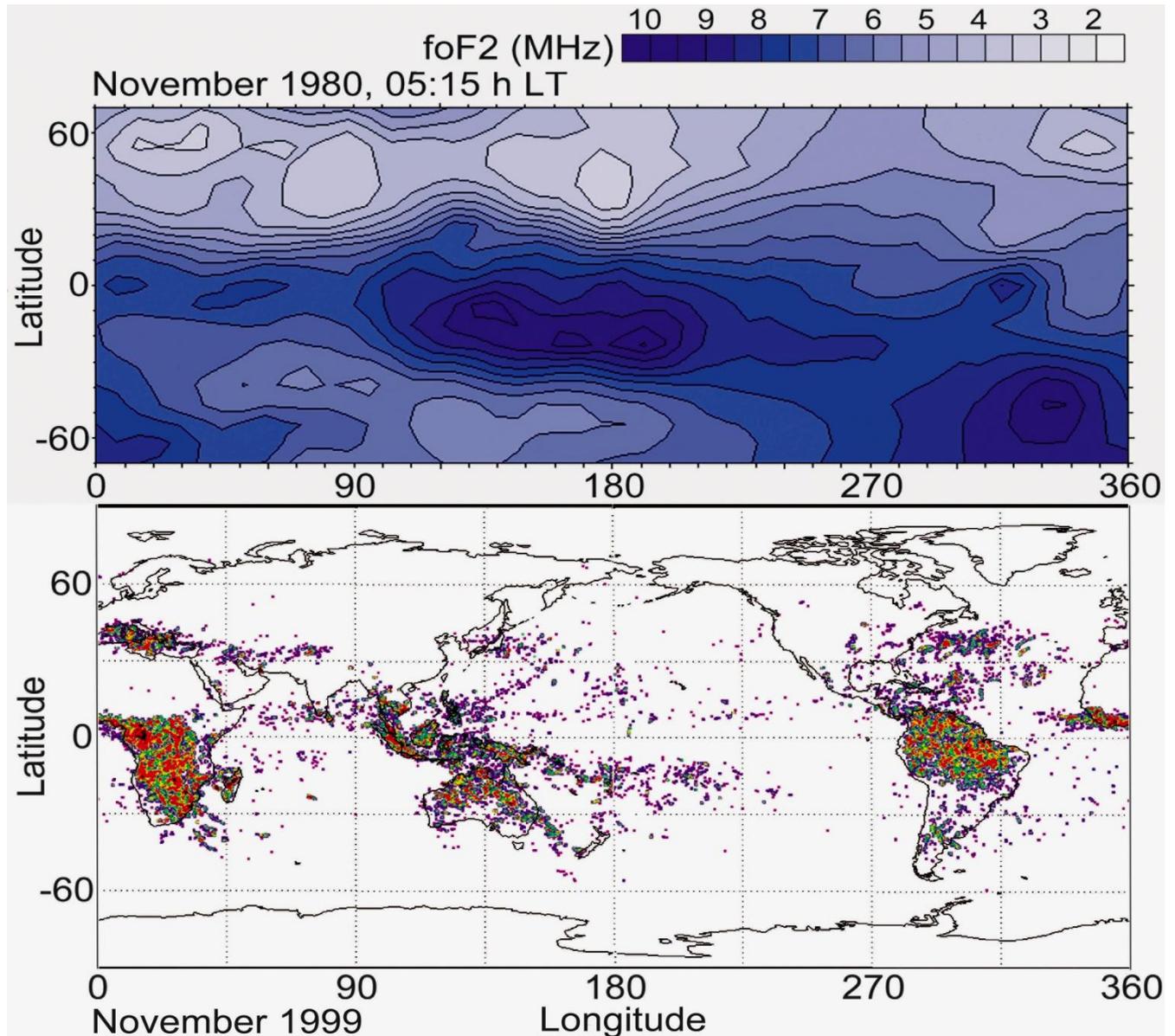


<http://thunder.nsstc.nasa.gov/data/OTD/summaries/> (Optical Transient Detector)



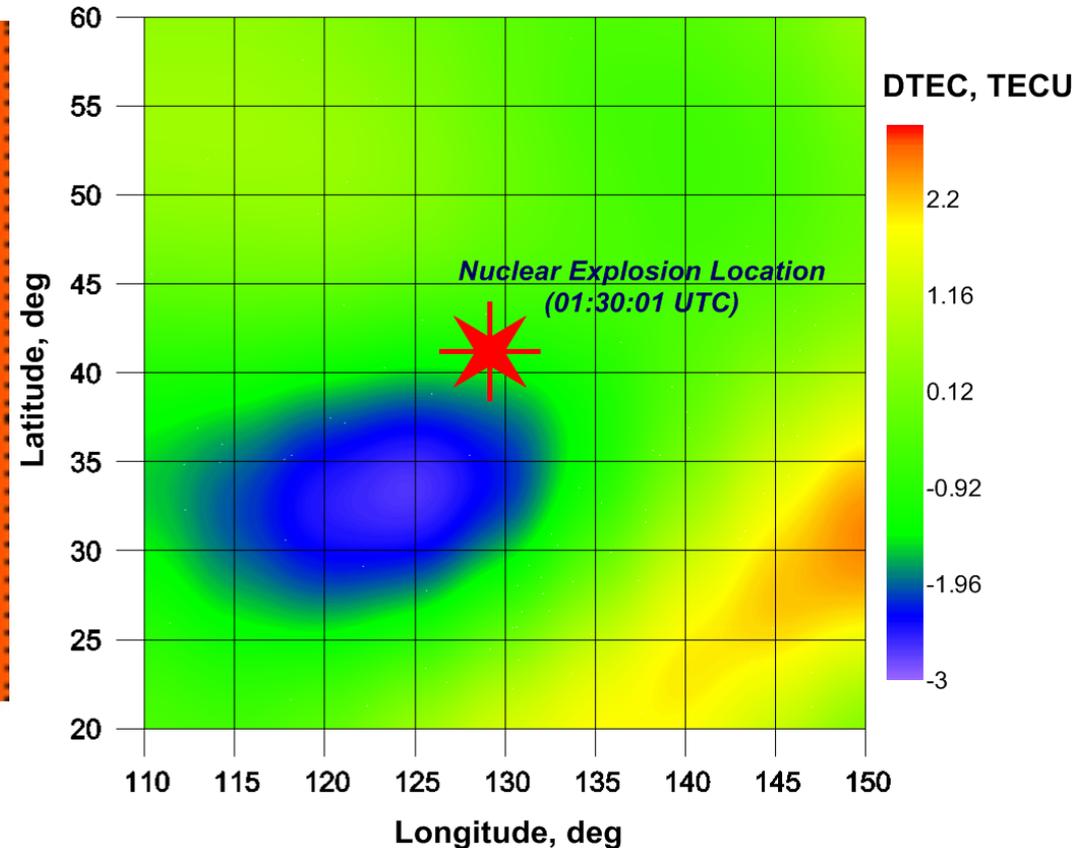
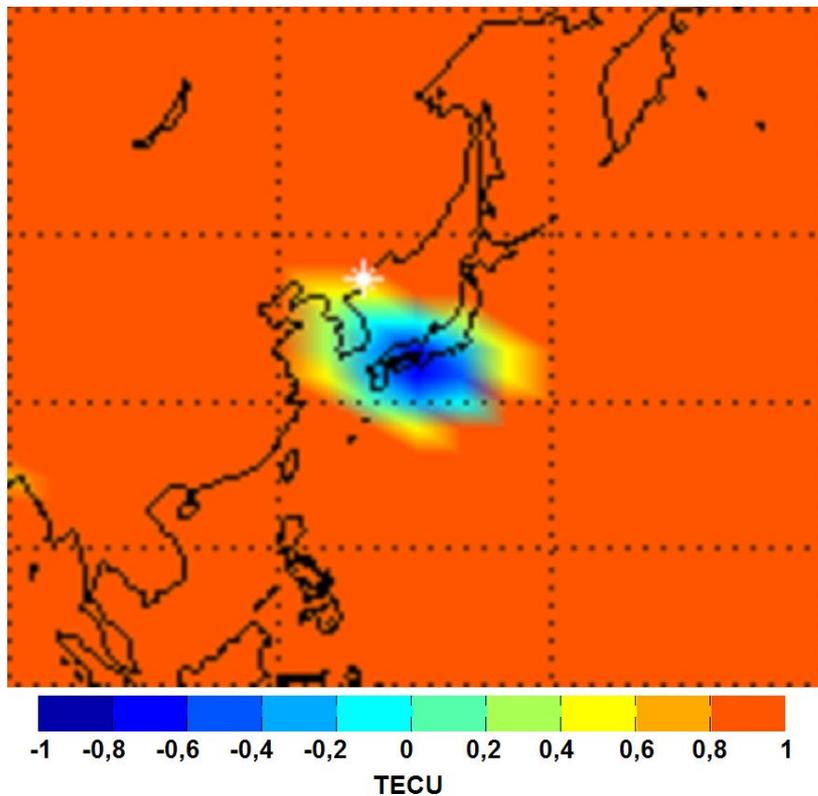
November 1980 - November 1999

Intercosmos-19



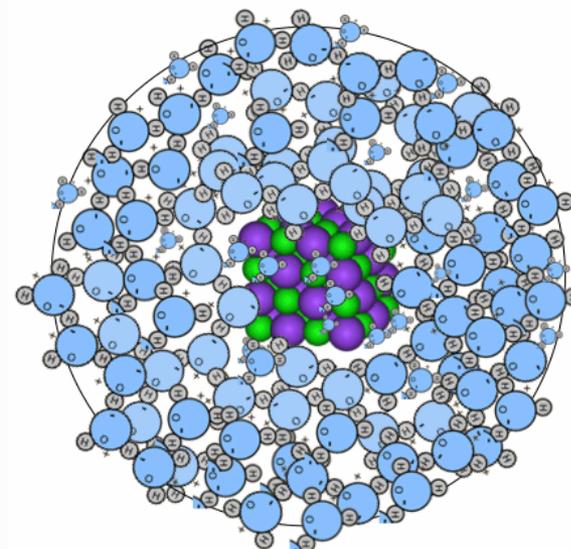
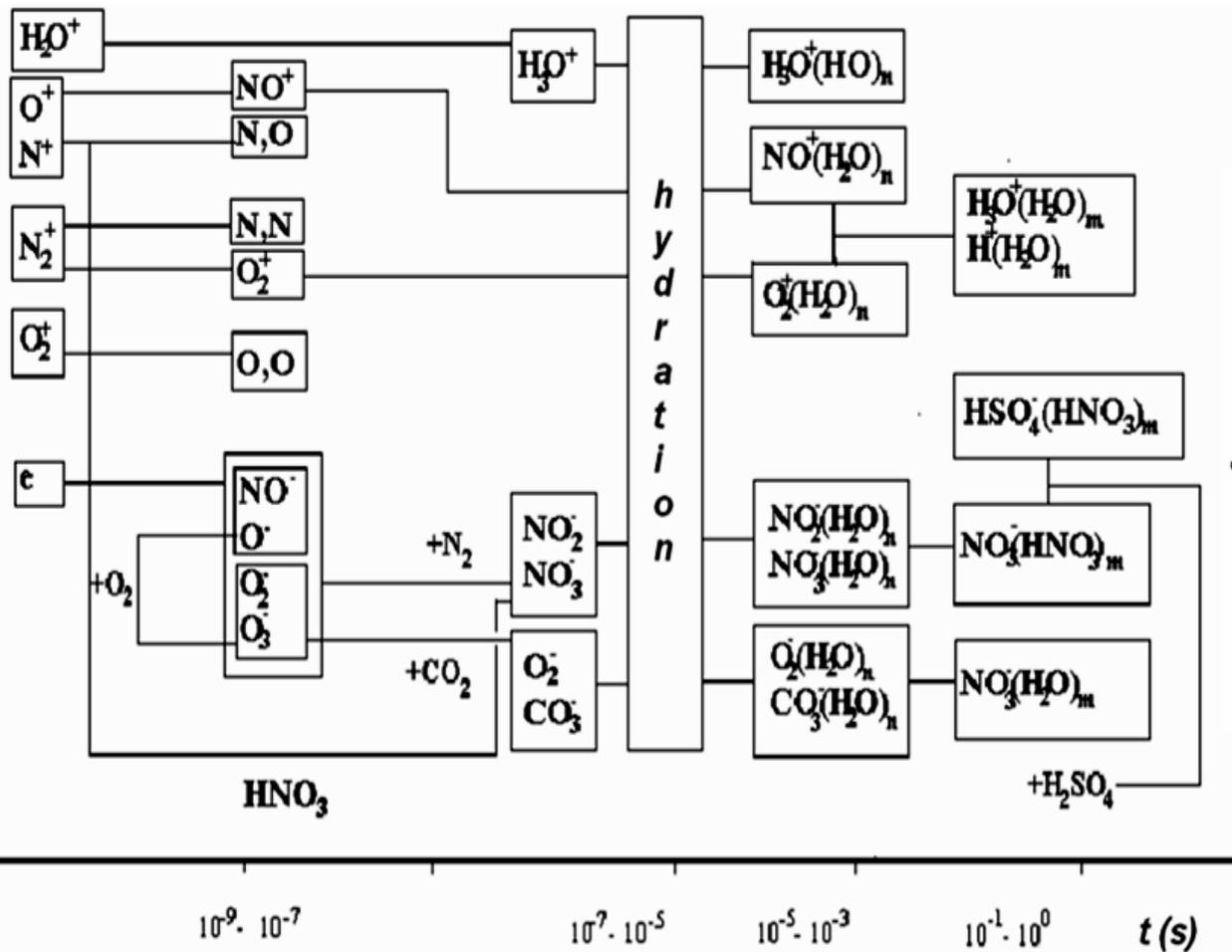
Ionospheric anomalies after the nuclear test in Northern Korea 12 February 2013 and 7 January 2016

TEC difference map
January 6, 2016 (02:00 UTC)



The spot in the ionosphere is shifted from the vertical projection of the nuclear test range probably due to wind

Формирование гидратированных кластерных ионов в результате ионизации



Конденсация и нуклеация, формирование облаков

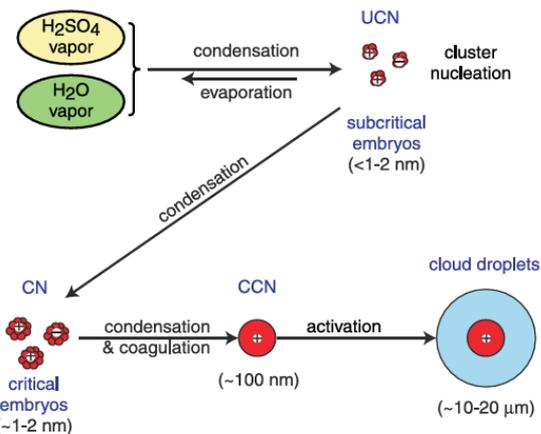
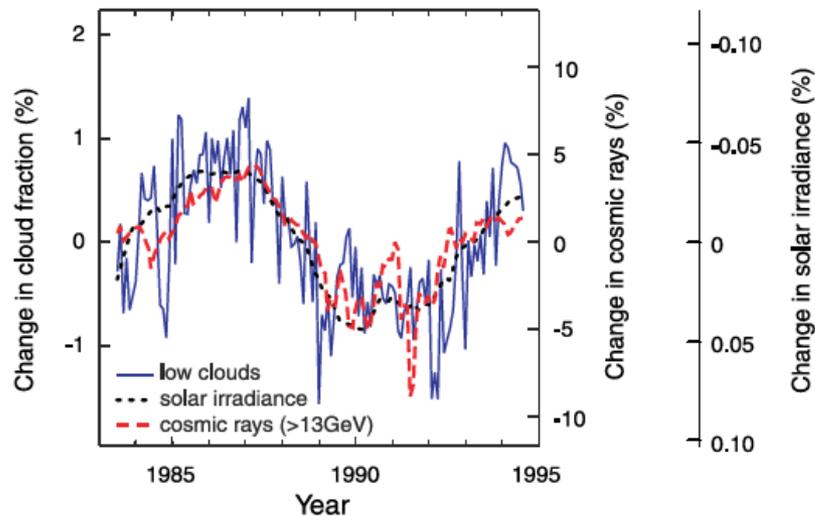
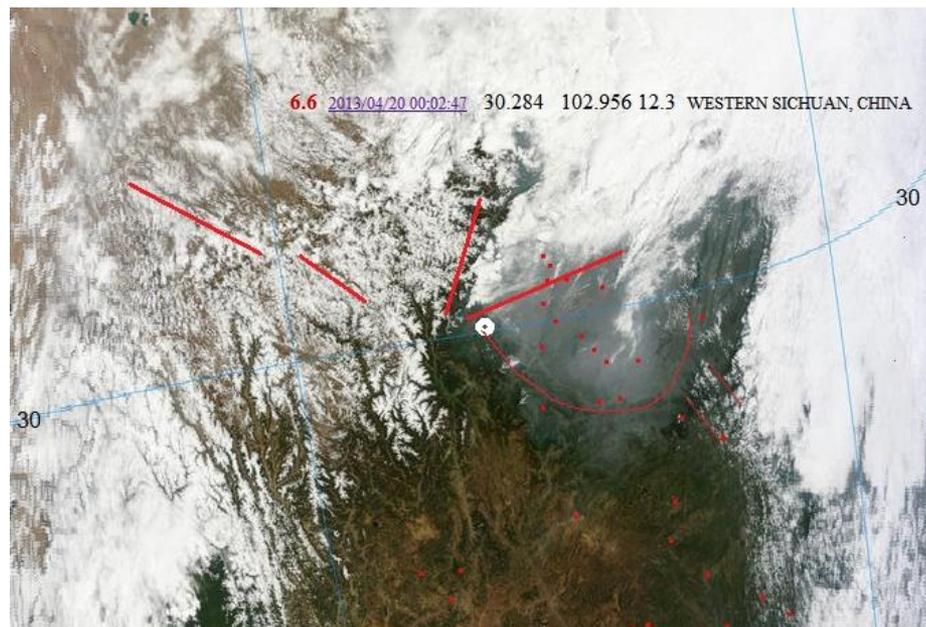
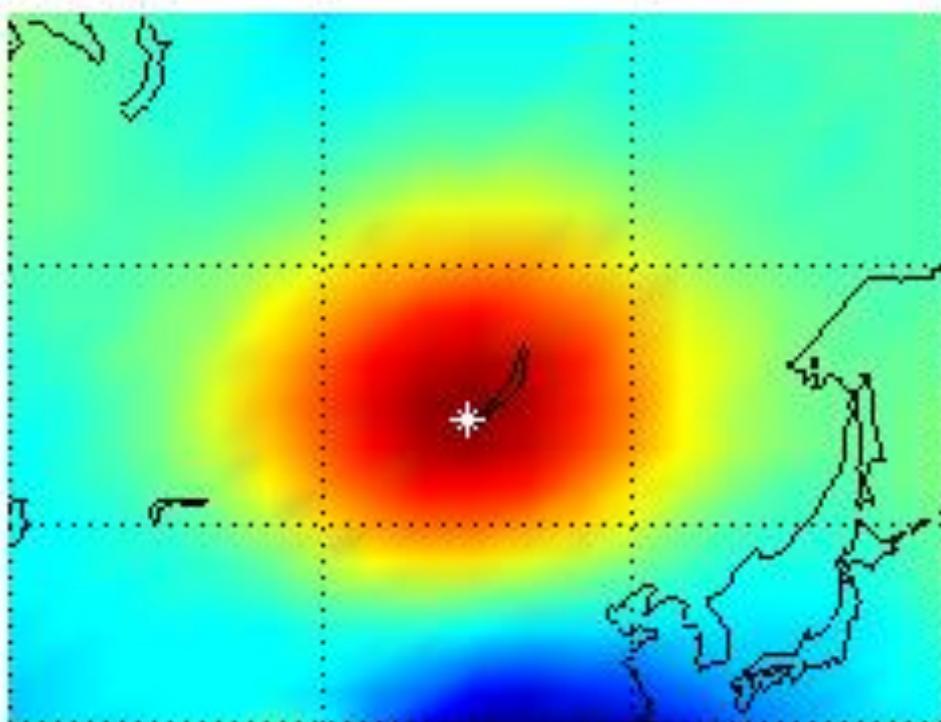


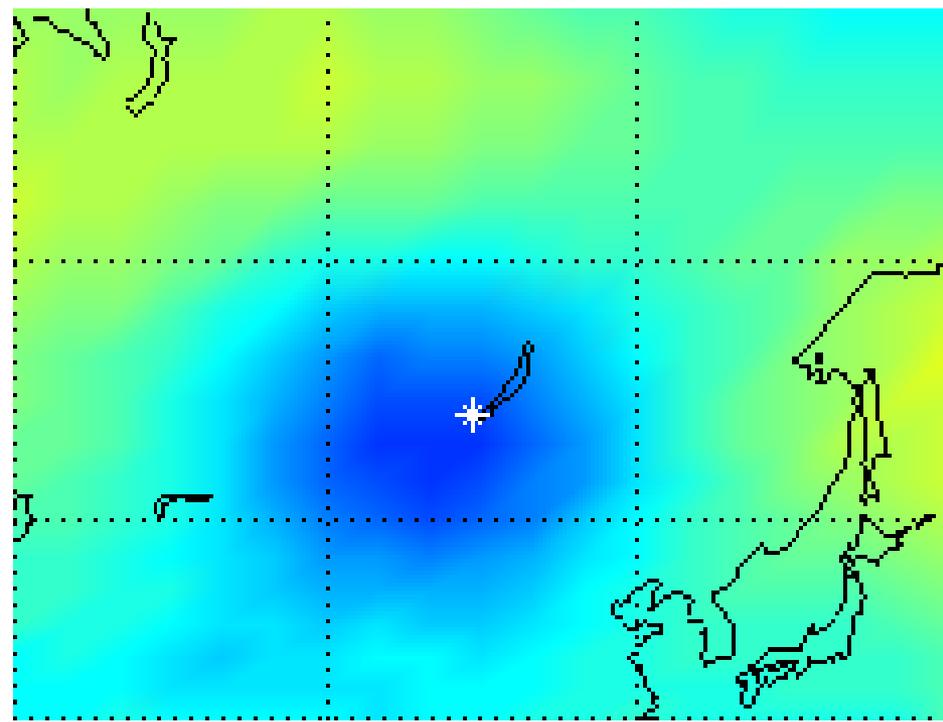
Fig. 3. An "ion-aerosol clear-air" mechanism proposed to link variations in cosmic ray intensity with cloudiness. The diagram shows the ion-catalyzed nucleation of new ultrafine condensation nuclei (UCN) from trace condensable vapors in the atmosphere, which may then grow into new cloud condensation nuclei (CCN).



Положительная и отрицательная ионосферные аномалии, зарегистрированные перед Култукским землетрясением М6.3 25 августа 2008 г.



25.08.2008 08:00 UT



25.08.2008 16:00 UT



-4

-3

-2

-1

0

1

2

3

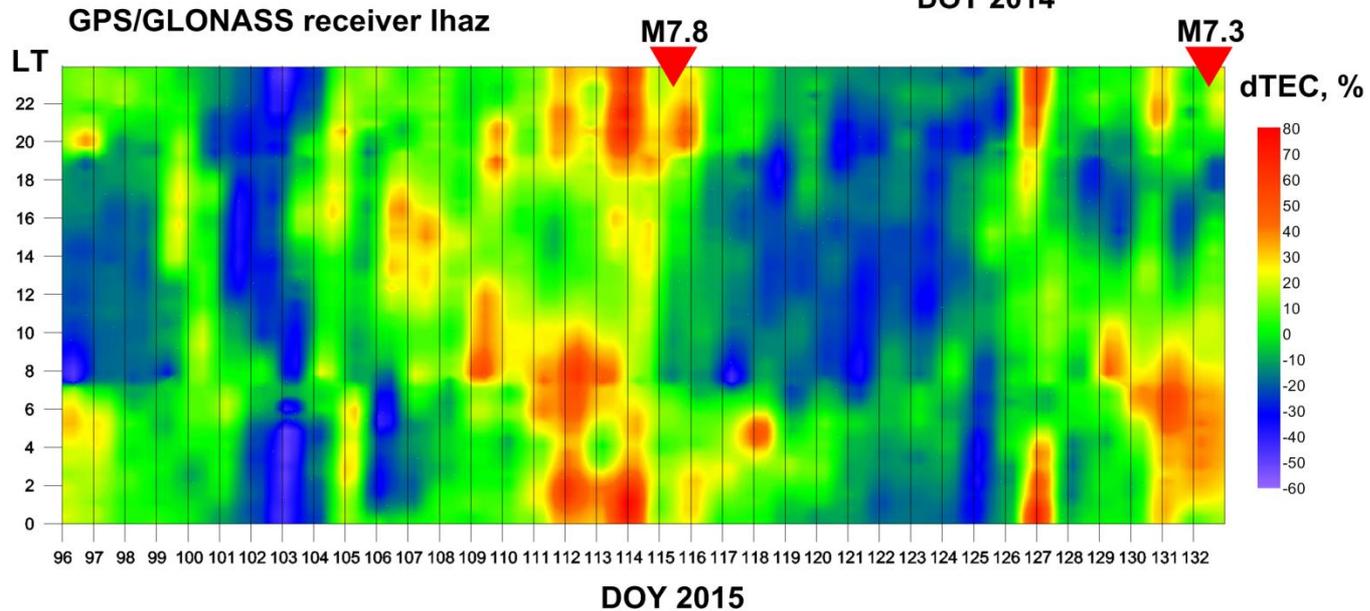
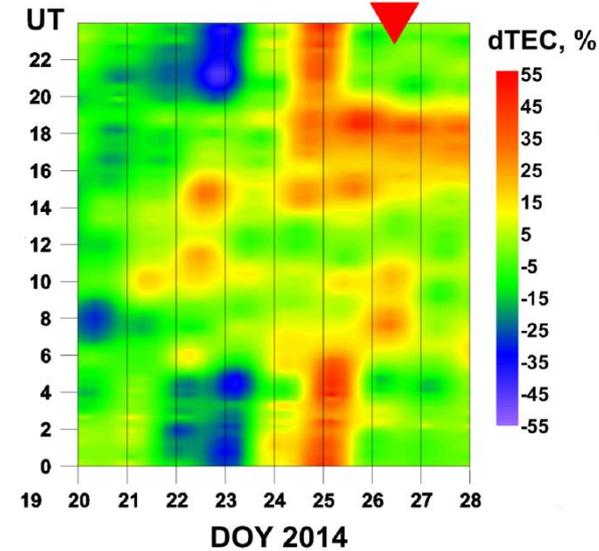
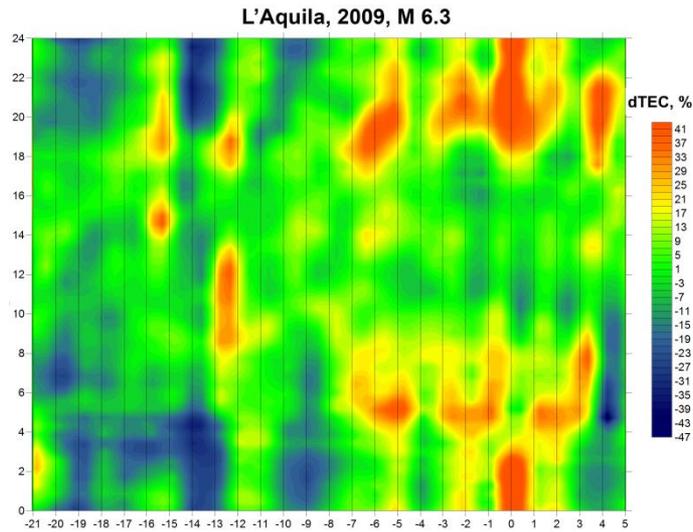
4

TECU

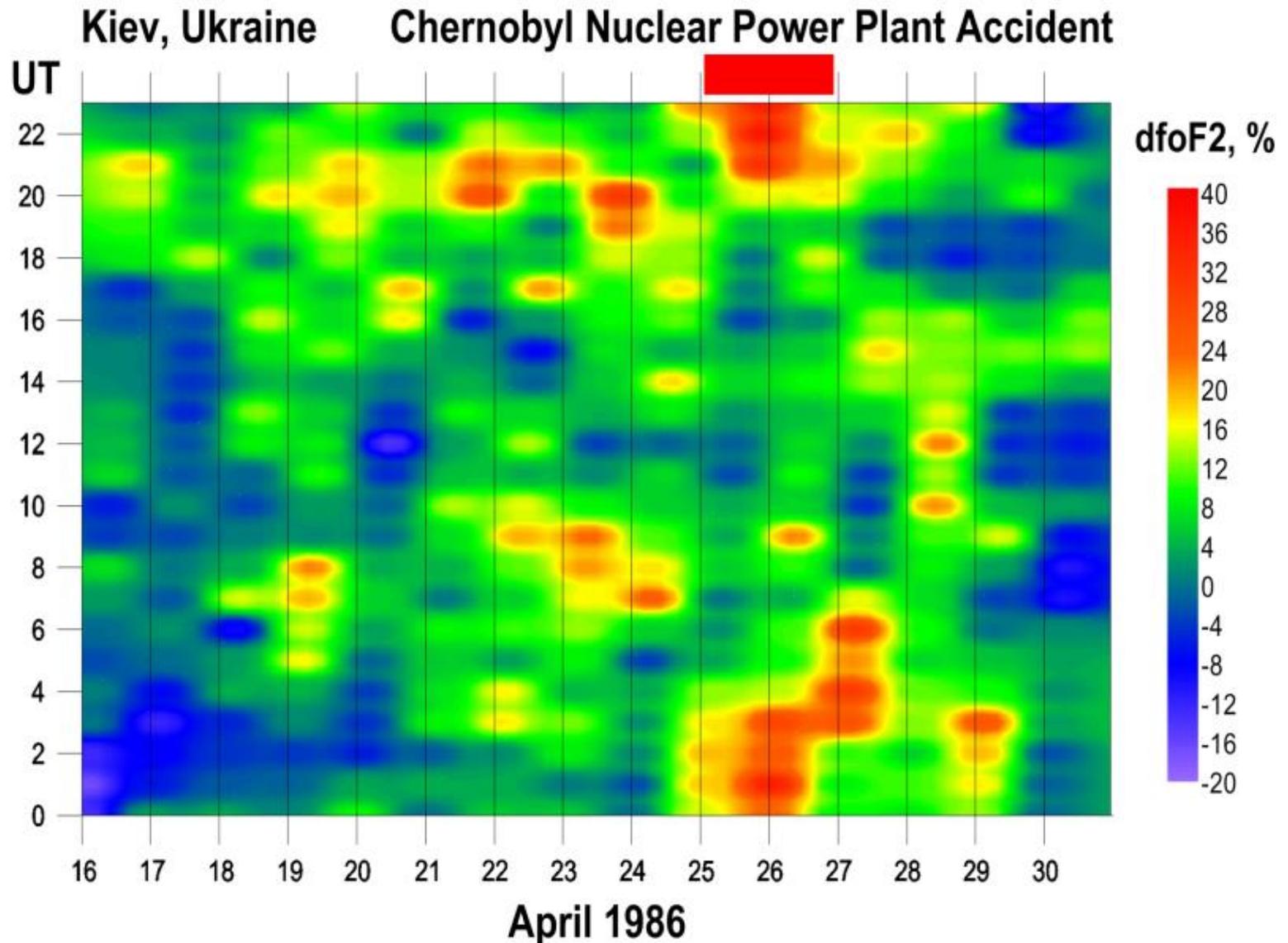
Ионосферные предвестники сильных землетрясений в Европе и Непале

Greece

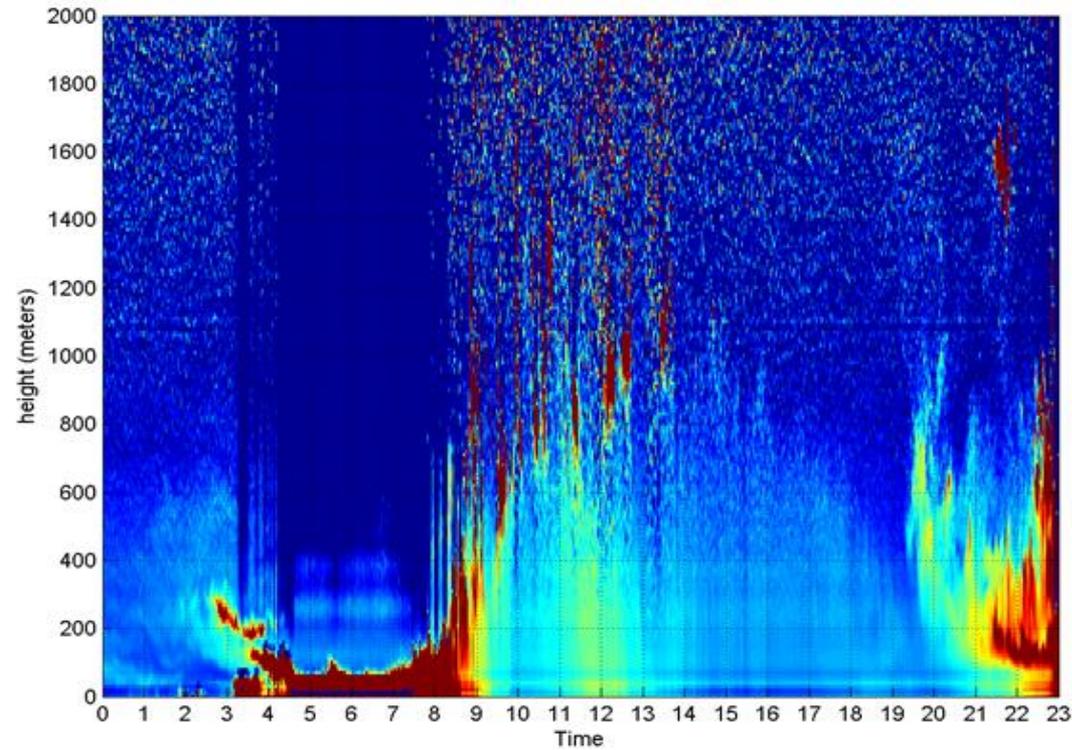
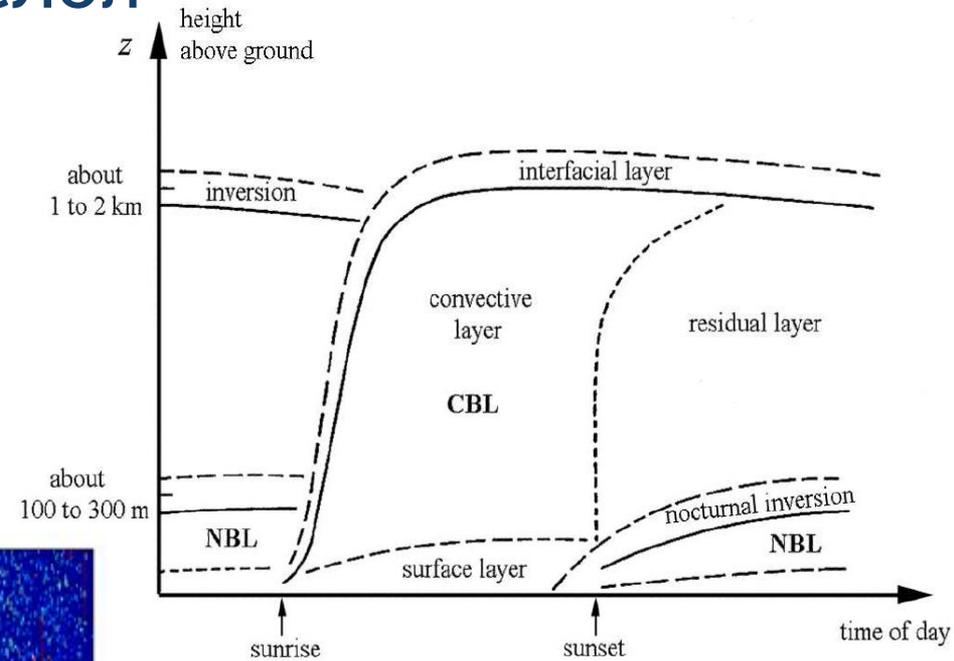
M6.1



Чернобыль 1986, ионозонд г. Киев



Динамика пограничного слоя



Выводы

1. Ионосферные эффекты природных и техногенных катастроф могут регистрироваться с помощью технологии GPS ТЕС
2. Аномалии локальны, но по своей величине могут быть того же порядка как эффекты сильных геомагнитных бурь
3. Аномалии могут приводить к деградации сигналов GNSS
4. Эффекты, проявляющиеся в процессе подготовки землетрясений более опасны, чем от геомагнитных бурь в силу своей непредсказуемости

Спасибо за внимание

