

МОДИФИКАЦИЯ ИОНОСФЕРЫ ПРИ ПУСКАХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

А.Ю. Белинская, С.Ю. Хомутов

THE IONOSPHERE MODIFICATION BY ROCKET LAUNCHES

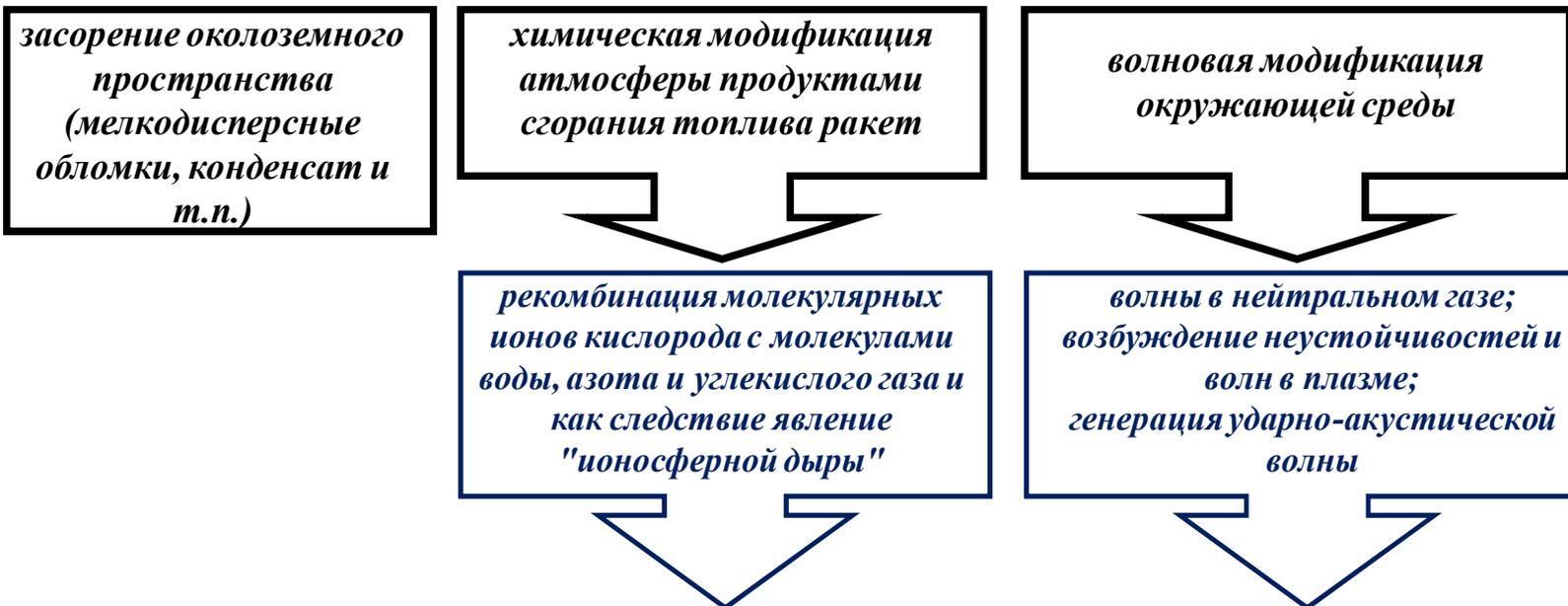
A. Belinskaya, S. Khomutov

Altay-Sayan branch of Geophysical Survey SB RAS

Geophysical observatory "Klyuchi"

На Геофизической обсерватории "Ключи" (АСФ ГС СО РАН), расположенной вблизи г. Новосибирска ($54^{\circ}50'$ с.ш., $83^{\circ}14'$ в.д.), в периоды пусков ракет-носителей (РН) с космодрома Байконур выполнялись интенсивные наблюдения ионосферы в режиме вертикального зондирования (ВЗ), обычно с интервалом зондирования 20 с (при стандартном мониторинге 1 раз в час). По полученным цифровым ионограммам оценены стандартные ионосферные характеристики (критические частоты и высоты слоев), а также выделены аномальные состояния ионосферы, проявившиеся на ионограммах. Результаты анализа 5 пусков показали, что стандартный метод ВЗ позволяет фиксировать сопутствующую модификацию ионосферы: после запуска РН в течение примерно одного часа происходит частичная перестройка структуры ионосферы. Эффект наиболее заметно проявляется при запусках РН тяжелого класса типа "Протон" с разгонным блоком.

старт и полет ракеты-носителя (активная часть траектории)



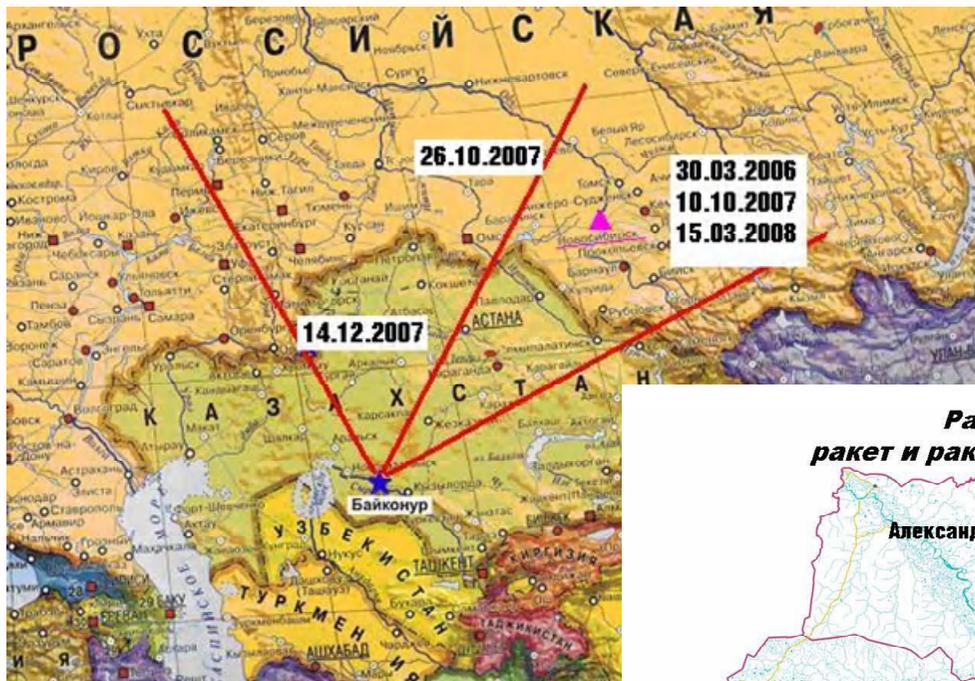
1. изменение критической частоты слоя $F2$ (f_0F2), величина которой хорошо коррелирует с величиной N_e ;
2. волновые вариации значений f_0F2 , вызванные широким спектром акустико-гравитационных волн, которые в свою очередь были возбуждены УАВ;
3. регистрация перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ).

Пуски РН с космодрома Байконур (Роскосмос <http://www.roscosmos.ru>),
во время которых проводились ионосферные измерения

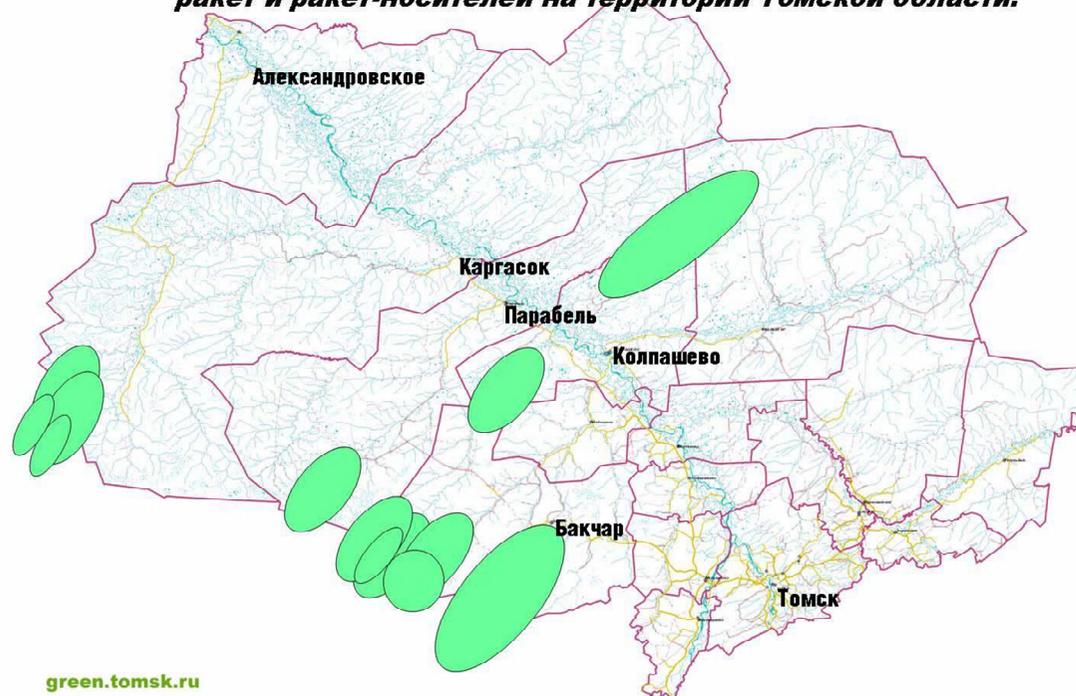
№ п/п	Дата	Время UT	Тип РН	Падение 2-й ступени
1	30.03. 2006	02:30	Союз-ФГ (средний класс)	Алтайский край, Республика Алтай
2	10.10. 2007	13:22	Союз-ФГ (средний класс)	Алтайский край, Республика Алтай
3	26.10. 2007	07:35	Протон-К с РБ (тяжелый класс)	Томская область
4	*17.11. 2007	22:40	Протон-М (тяжелый класс)	Алтайский край, Республика Алтай
5	14.12. 2007	13:17	Союз-ФГ (средний класс)	Пермская область
6	*23.12. 2007	07:12	Союз-У (средний класс)	Алтайский край, Республика Алтай
7	*25.12. 2007	19:32	Протон-М (тяжелый класс)	Томская область
8	*11.02. 2008	11:33	Протон-М (тяжелый класс)	Алтайский край
9	14-15.03. 2008	23:18	Протон-М с РБ (тяжелый класс)	Алтайский край, Республика Алтай

Пуски, помеченные в таблице символом "*" не использовались для анализа, т.к. в это время в ионосфере наблюдались сильные возмущения, которые начались еще до пуска РН и не были с ними связаны. Геомагнитная обстановка во время остальных наблюдений была спокойной.

Направления полетов ракет-носителей

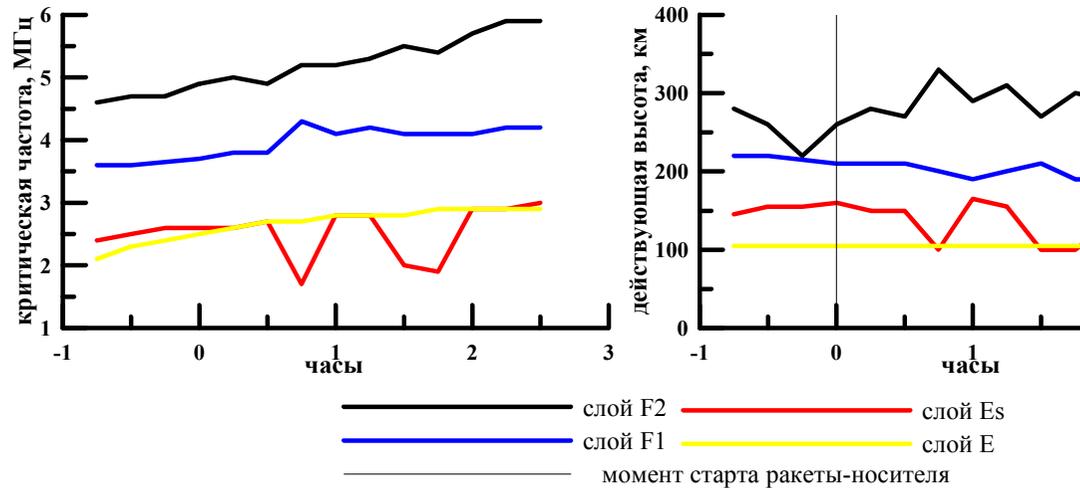


Районы падения отделяющихся частей ракет и ракет-носителей на территории Томской области.



30 марта 2006 года 8:30 LT

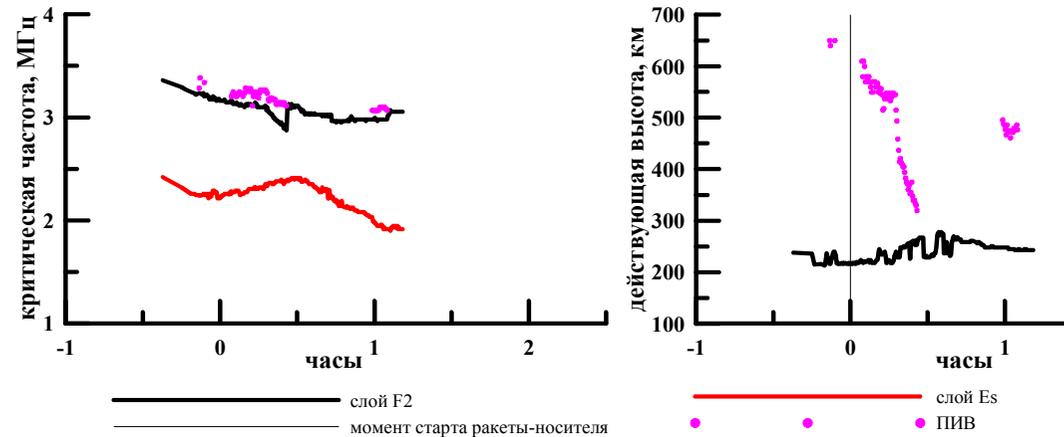
Союз-ФГ
(средний класс)
Алтайский край, Республика Алтай



30.03.2006 г. измерения проводились каждые 15 мин. Через 30 мин. после старта было уменьшение f_0F2 , что свидетельствует о падении N_e в высоком ионосферном слое, т.е. явление «ионосферной дыры». Подобное уменьшение повторилось через 1.5 часа. Через 45 мин. наблюдалось повышение f_0F1 , т.е. возрастание N_e в слое F1, с одновременным падением N_e в спорадическом слое Es. В это же время возросла высота слоя F2, а высота слоя Es уменьшилась. Такое поведение характеристик ионосферы можно интерпретировать, как проявление акустико-гравитационных волн, генерированных УАВ.

10 октября 2007 года 20:22 LT

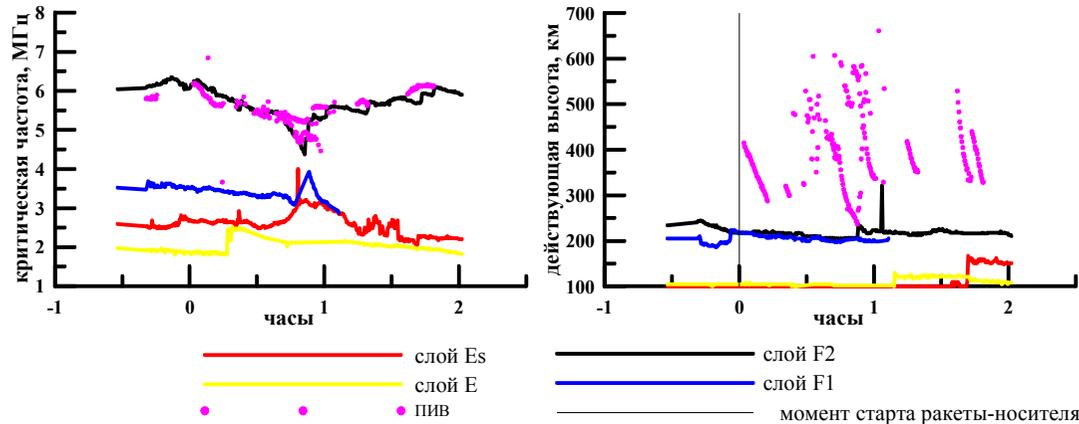
Союз-ФГ
(средний класс)
Алтайский край, Республика Алтай



10.10.2007 г. через 26 мин. наблюдалось понижение f_0F2 . Через 5 мин. после старта на ионограммах появились следы ПИН. Их появление можно связать с отделением 2 ступени РН над Алтайским краем, которое произошло через 287 с после старта. Через 30 мин. опять наблюдалась "ионосферная дыра" в слое F2.

26 октября 2007 года 14:35 LT

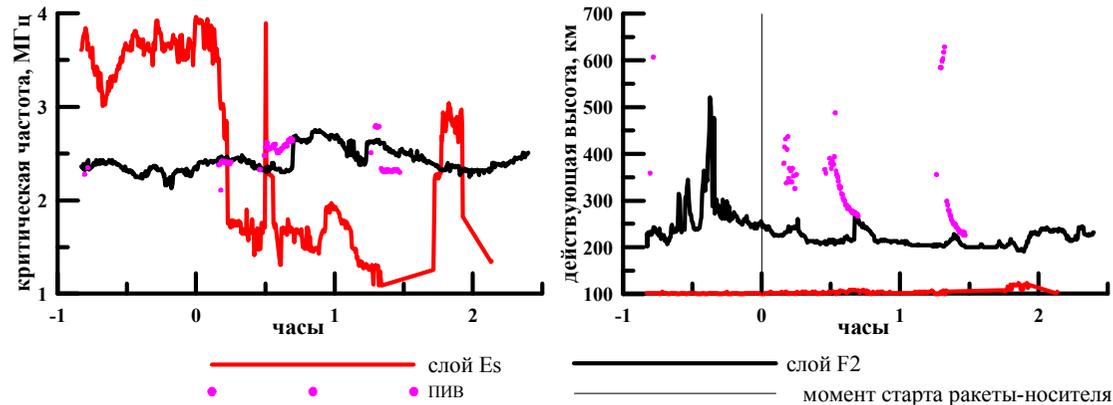
Протон-К с РБ
(тяжелый класс)
Томская область



26.10.2007 г. был старт РН тяжелого класса с траекторией полета наиболее близкой к обсерватории "Ключи". Через 40 мин. после старта упала электронная концентрация в слое F2 и возросла в слоях F1 и Es, т.е. произошла кратковременная перестройка в вертикальном профиле ионосферы. Кроме того, через 2 мин. после старта наблюдались следы ПИВ в виде "серпов". 1 ступень отделилась через 127 с над Карагандинской областью, а 2 ступень - через 338 с над Томской областью. Во время этого пуска ионосфера реагировала особенно бурно.

14 декабря 2007 года 19:17 LT

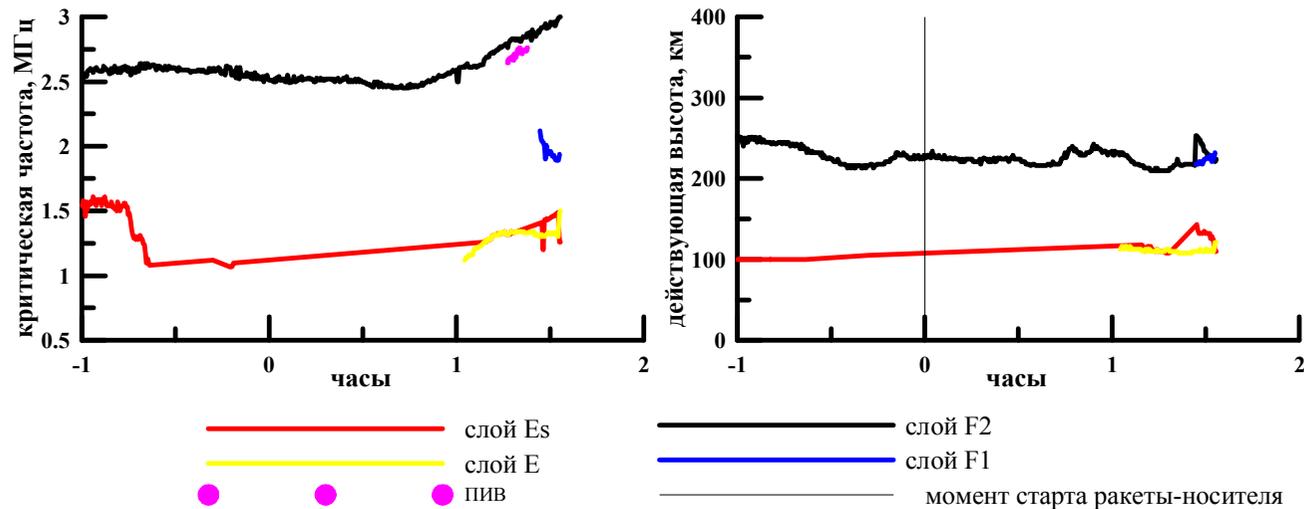
Союз-ФГ
(средний класс)
Пермская обл.



14.12.2007 г. через 45 мин. после старта наблюдалось возрастание f_0F_2 , через 12 мин. и через 30 мин. на ионограммах наблюдались наклонные отражения, а более чем через 1 час - следы ПИВ. Через 15 мин. возросла высота F2, еще один пик был через 25 мин. после первого повышения. Это можно интерпретировать как проявление УАВ. Во время этих наблюдений высокая концентрация в слое Es сменилась на низкую именно после старта РН.

15 марта 2008 года 5:18 LT

Протон-М с РБ
(тяжелый класс)
Алтайский край, Республика Алтай



15.03. 2008 г. старт был ранним местным утром. Проявлений полета РН через ионосферу нами не было отмечено.

Результаты вертикального зондирования ионосферы в Новосибирске во время запусков РН с космодрома Байконур позволяют сделать следующие выводы:

- после старта РН наблюдаются "ионосферные дыры», за исключением 14-15 марта 2008 г., когда эффект был кратковременный и появился только через один час после события;
- после пролета РН на ионограммах фиксируется специфический след ("серп"), причиной появления которого является перемещающееся ионосферное возмущение, имеющее фронт, наклоненный к горизонту, возникновение которого в свою очередь можно связать с отделением ступеней РН;
- особенно заметно ионосфера прореагировала на старт 26 октября 2007 г. РН "Протон-К" с разгонным блоком, траектория полета которой проходила через Карагандинскую и Томскую обл.

В целом, экспериментальные данные показывают, что после запуска РН в течение примерно одного часа происходит частичная перестройка структуры ионосферы, которая уверенно детектируется методом вертикального зондирования ионосферы.