

ИОНОСФЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ ПО ДАННЫМ СПУТНИКА КОСМОС-1809

Костин В.М.¹

¹ Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН им. Пушкова
108840 Москва, Троицк, Калужское шоссе 4
E-mail: kostin@izmiran.ru

При подготовке проведения совместных Советско-Американских экспериментов по контролю (СЭК) подземных ядерных взрывов (ПЯВ) обратились к директору ИЗМИРАН В.В. Мигулину с предложением проверить возможность контроля ПЯВ со спутника [Костин, Мурашев, 2002]. Было известно, что сотрудники ИЗМИРАН получили диплом за обнаружение со спутника эффектов воздействия землетрясений и их предвестников на ионосферу [Мигулин и др., 1985]. В.В. Мигулин принял решение воспользоваться спутником Росгидромета Космос-1809, так как он был его научным руководителем.

Первые, спланированные комплексные измерения 16.10.87 ионосферных эффектов ПЯВ со спутника и э/м импульсов после ПЯВ наземным КНЧ-ОНЧ комплексом показали:

1. Сильные изменения спектра КНЧ-ОНЧ сигналов при прохождении спутником меридиана ближайшего к Семипалатинскому полигону через 8 и 16 часов после ПЯВ.
2. Возможность оценить эквивалент ПЯВ по э/м импульсу, исходя из модели вытеснения магнитного поля из объема плазменного шара.

Ионосферные эффекты после СЭК в Неваде 16.08.1988 и Семипалатинске 14.09.88 наблюдались в течение 3-х дней [Костин, Мурашев, 2002]. Эквивалент ПЯВ на Семипалатинском полигоне был определен с точностью в несколько процентов [Беляев, 2002].

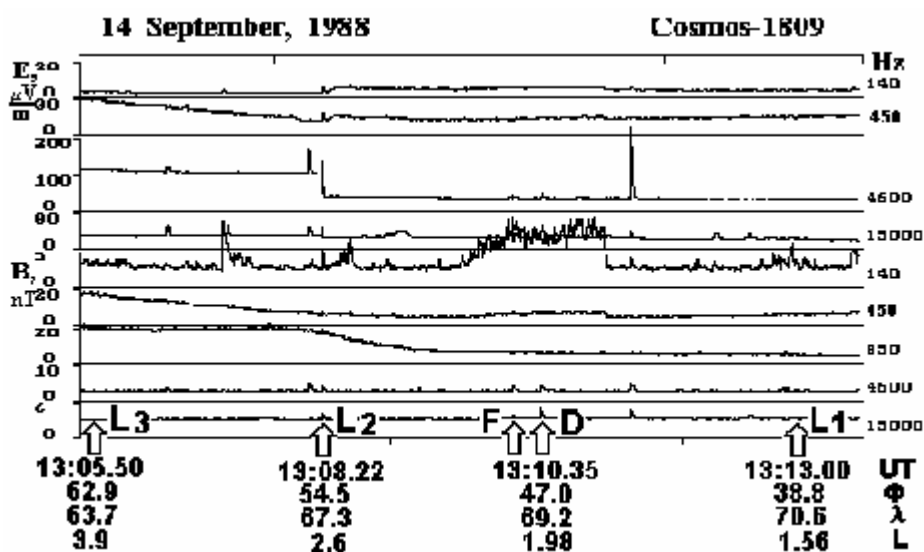


Рисунок 1. VLF Ionospheric Effects of joint Soviet American Nuclear Test.

Возмущения в ионосфере в отдельных частотных каналах через 5 час. после проведения ПЯВ в 125 кт на СЯП. D – момент прохождения спутником магнитной оболочки, проецирующейся по магнитному полю на высоту 80 км над полигоном, F – момент прохождения оболочки max F – слоя, L₁₋₃ – моменты прохождения характерных локальных аномальных возмущений в регионе.

Во время проведения эксперимента Тексаркана 11.11.1991 спутник пролетал над Невадой и были зарегистрированы резкие возмущения в ионосфере от ЭМИ, прохождения акустической волной D, E, F – слоев. Опыт проводился в скважине глубиной 1267 м с зарядом 100 кт.

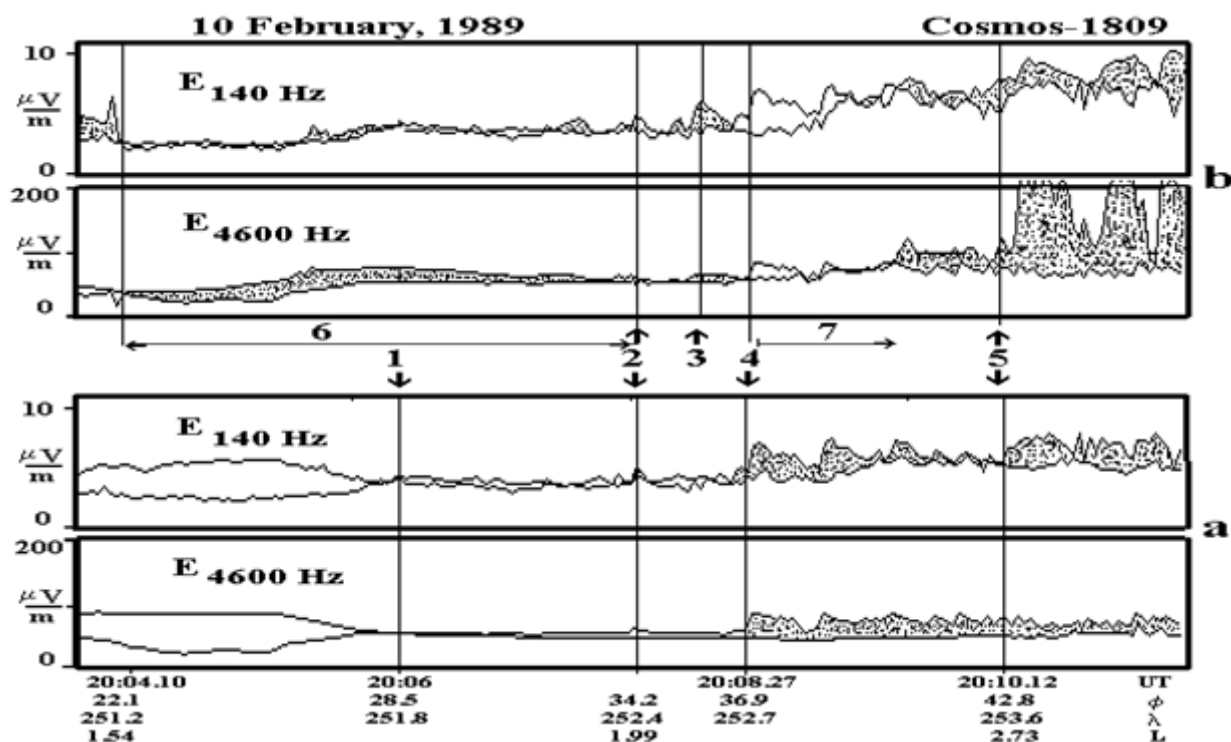


Рисунок 2. Изменение амплитуды электрического поля в двух частотных каналах ОНЧ-волнового комплекса ИСЗ Космос-1809.

На рис.2 (a,b) представлено изменение амплитуды электрического поля на двух последовательных витках при проведении ПЯВ. На рис. 2 (a) показана разность сигналов (заштрихованная область), зарегистрированных на витке 10854, во время которого был проведен взрыв (приведены время и координаты ИСЗ) и на фоновом витке 10853, смещенном по долготе на 26,4⁰ к востоку и по времени на 104 мин. Заштрихованная область на рис. 2 (b) - превышение сигнала, измеренного на следующем витке 10855, над сигналом, измеренным на витке 10854. Цифрами на рис. 2 отмечены: 1 - момент взрыва; 2 - прохождение магнитной оболочки (L-shell), проецирующейся по полю от D-слоя ионосферы над полигоном до ИСЗ; 3 - L-оболочка F_{max}; 4 - момент вхождения акустической волны в D-слой; 5 - вхождение ИСЗ в зону воздействия МВт СДВ радиопередатчиков; 6 -

экваториальная часть зоны ионосферного возмущения через 100 мин.; 7 - перемещающиеся ионосферные возмущения (ПИВ).

Прохождение электромагнитного импульса (ЭМИ) четко не определяется. Акустическое воздействие (АВ) приводит к формированию в ионосфере пояса КНЧ турбулентности через 2,5 мин после взрыва. Эти результаты подтверждены наземными наблюдениями в КНЧ диапазоне в других опытах и комплексными наблюдениями взрывов при ликвидации ракет под Волгоградом. Так 21.10.1990 г. на полигоне Капустин Яр в 8:00 UT было начато уничтожение связок ракет по 5-7 штук общим эквивалентом ~ 100 т ТНТ в связке с интервалом 15 мин. На спутнике Космос-1809, находившемся вблизи зенита, через 2,5 мин после начала подрывов был зарегистрирован сильный восходящий свист и развитие шумов в диапазоне частот до 1 кГц.

• Rocket Destroy near Volgograd

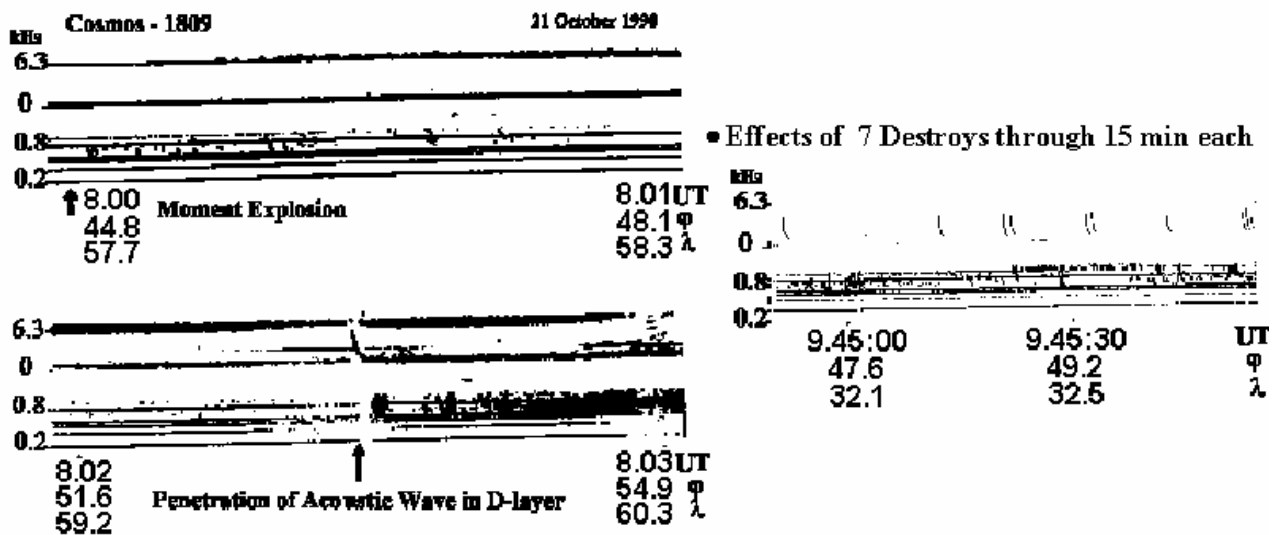


Рисунок 3. Сонограммы широкополосного сигнала с прибора АНЧ-2М (Соболев Я.П.).

Последующий мониторинг до 1993 со спутника Космос-1809 обнаружил возмущения в ионосфере после ПЯВ на всех полигонах. Опыты с небольшими эквивалентами до 10 кт определялись по изменениям в ионосфере над ближайшими СДВ передатчиками.

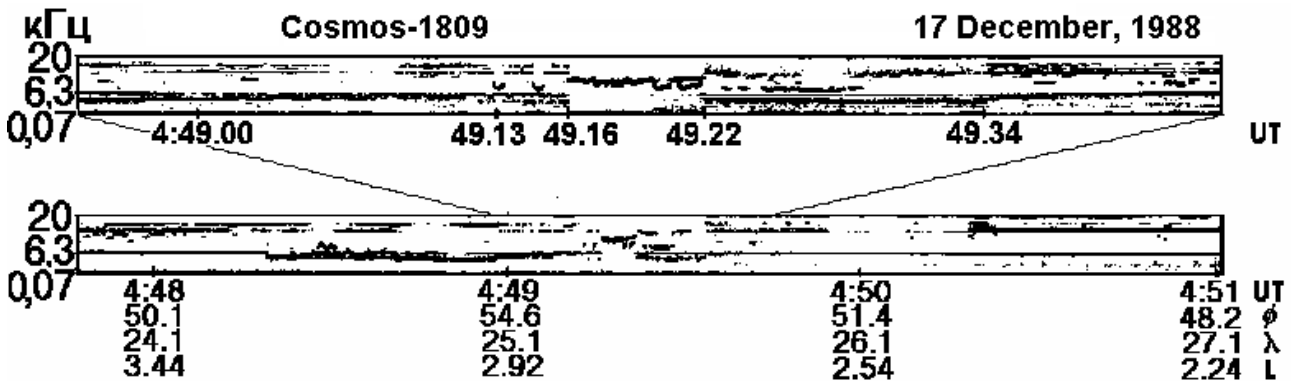


Рисунок 4. ОНЧ сигналы на L-оболочке Новосибирского РСДВ через 50 мин после ПЯВ.

Обращает на себя внимание хорошо развитая полоса плазменной турбулентности вблизи нижнегибридного резонанса с резко измененным ионным составом в 4:49:16-49:22 UT, что отвечает поднятию легкой компоненты в области 40 км. На полярной границе области в 4:49:13 UT наблюдается отражение свистов.

Дополнительные, углубленные исследования эффектов прохождения акустической волны от ПЯВ по данным спутника Космос-1809 последовали после теоретических работ [Абурджания, 2006]. Расчеты показали, что нелинейное взаимодействие сильной акустической волны с неоднородной ионосферой может приводить к формированию как отдельных тропических циклонов (ТЦ), так и их цепочки [Абурджания и др., 2013].

Такое поведение ТЦ наблюдалось после ПЯВ Франции в ноябре 1990 [Kostin et al., 2020], серии ПЯВ США в июне и сентябре 1992, а также ПЯВ Китая 25.09.92 [Костин и др., 2018], [Kostin et al., 2020a].

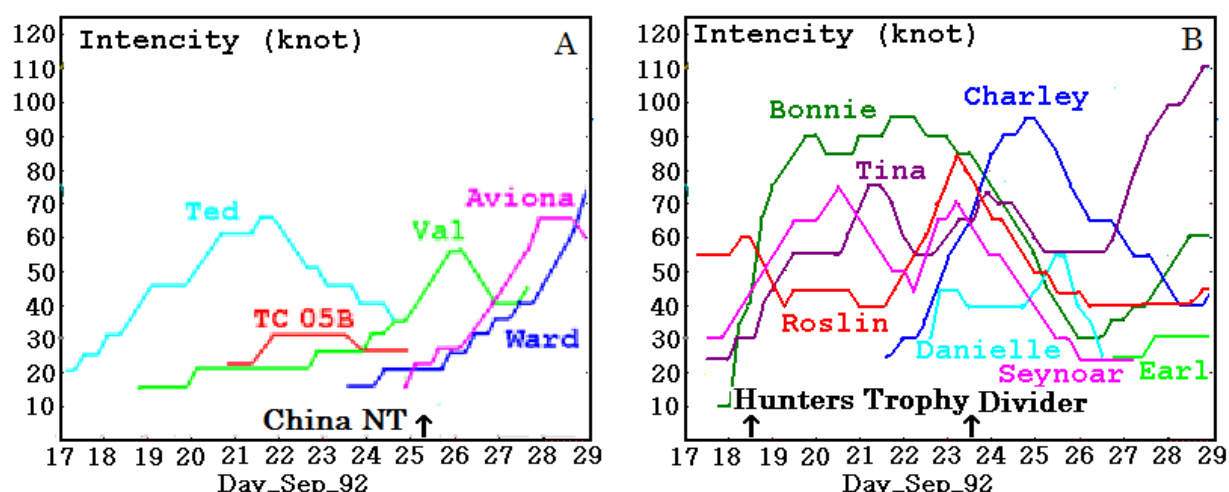


Рисунок 5. Интенсивности тропических циклонов в сентябре 1992: (A) Indian and West Pacific Oceans; (B) Atlantic and East Pacific Oceans.

В это время были произведены в США ПЯВ Hunters Trophy, Divider и Nuclear Test (NT) в Китае (Таб.1). После ПЯВ Hunters Trophy интенсифицировались 3 тропических возмущения около Америки (Рис.5) и сформировалась цепочка из 10 тропических циклонов (Рис. 6) – волна Rossby-Aburjania.

Таблица 1. Характеристики ПЯВ.

No.	Name	Date time UT	Epicenter N / E	Yield kt	Mw	Es/En %
1	Hunters Trophy	18 Sep 17:00	37.21/-116.21	4	4.4	1.5
2	Divider	23 Sep 15:04	37.02/-115.99	5	4.2	0.6
3	China NT	25 Sep 8:00	41.76/88.39	8	5.0	6.0

Акустическое воздействие следующего ПЯВ Divider на ураганы в Атлантическом и Тихом океанах резко изменило траектории их движения. На Рис. 6 показаны эти изменения, а

также приведена плотность плазмы на 10 нисходящих витках спутника Космос-1809. Начало первого интервала отвечает 0:45:32 UT, длительность 26.2 мин. Остальные интервалы повторялись через период спутника $T=104.2$ мин.

NT Китая 25 сентября добавило в цепочку одиннадцатый ТЦ Aviona.

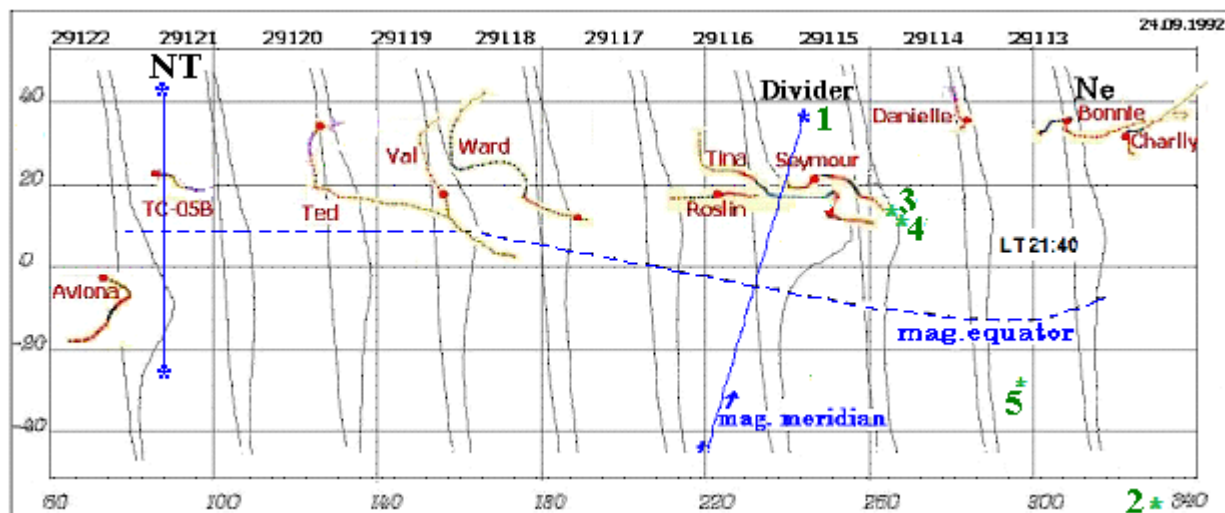


Рисунок 6. Плотность электронов на 10 пролетах спутника после проведения ПЯВ Divider. Точками на траекториях 11 ТЦ показаны центры циклонов в момент пролета спутника. Звездочками с цифрой – землетрясения 24 сентября с номером из Таб. 2.

Отметим, что ТЦ возбуждают не только коровые сейсмические толчки при прохождении континентальных шельфов [Fan et al., 2019], но влияют на глобальную активность литосферных землетрясений (Kostin, доклад на этой конференции). Так 24 сентября произошло несколько землетрясений, параметры которых приведены в Таб. 2.

Данные землетрясения связаны, скорее всего, с воздействием на литосферные плиты следующих ТЦ на фазе падения интенсивности: 2 – с Bonnie, 3 и 4 – с Roslin, 5 – коровое с прохождением шельфов Tina, Seymour и Danielle.

Таблица 2. Землетрясения 24 сентября 1992.

№	День 09.92	UT h : m	Эпицентр N / W	M	Глубина км	Место
1	23	15:04	37.0 / 116.0	4.2	1.21	Nevada Test Site
2	24	00:52	- 59.5 / 26	5.5	21.2	South Sandwich Islands region
3	24	06:10	14.3 / 91.4	4.6	33.0	Guatemala
4	24	07:48	13.7 / 91.1	4.6	33.0	offshore Guatemala
5	24	13:22	31 S / 67.8	4.9	9.5	San Juan, Argentina

Удаленное взаимодействие между несколькими ТЦ до возмущения атмосферы извержением Пинатубо отличается. Так воздействие ПЯВ Франции в 1990 (Таб.3) на тропические возмущения привело к возникновению трех взаимодействующих ТЦ (Рис. 7). Схема взаимодействия представлена на Рис. 8. Возникшие литосферные землетрясения обсуждаются в работе [Kostin et al., 2020].

Таблица 3. Характеристики ПЯВ Франции.

No.	Name	Date time UT	Epicenter S / W	Yield kt	Mw
1	Hyrtaeos	14 Nov 1990 18:12	22.23 138.34	118	5.5
2	Thoas	21 Nov 1990 17:00	21.85 138.93	36	5.4

Оценка энергии ПЯВ (Таб. 2) по формуле энергии землетрясения дают в первом случае 11.2 ТД, а во втором 7.94 ТД. Расчет энергии через ядерный эквивалент Y(kt) дают 494 ТД и 151 ТД. Это означает, что в первом случае 2.3 % энергии взрыва, а во втором – 5.3 % преобразовалось в сейсмическую энергию.

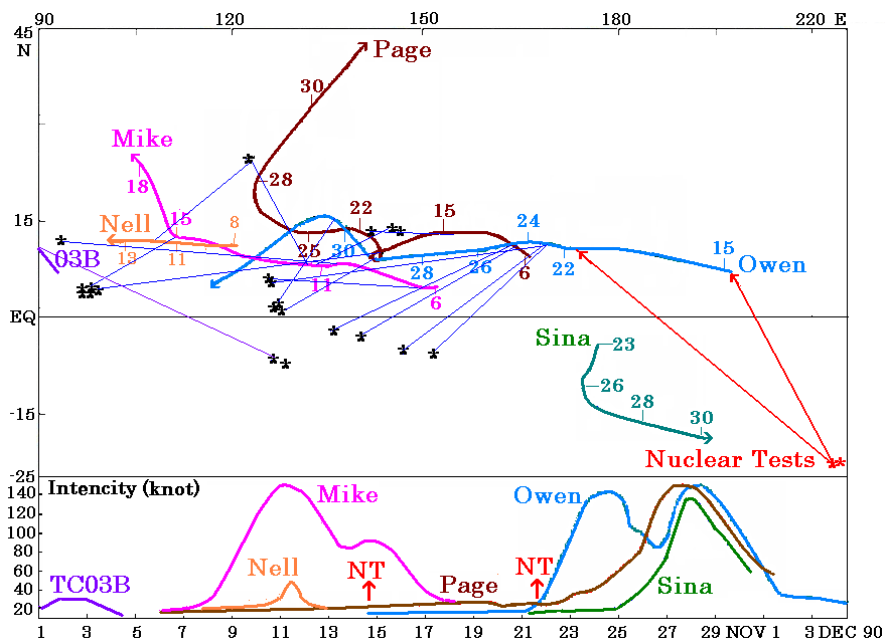


Рисунок 7. Тайфуны и землетрясения после французских ПЯВ в ноябре 1990.

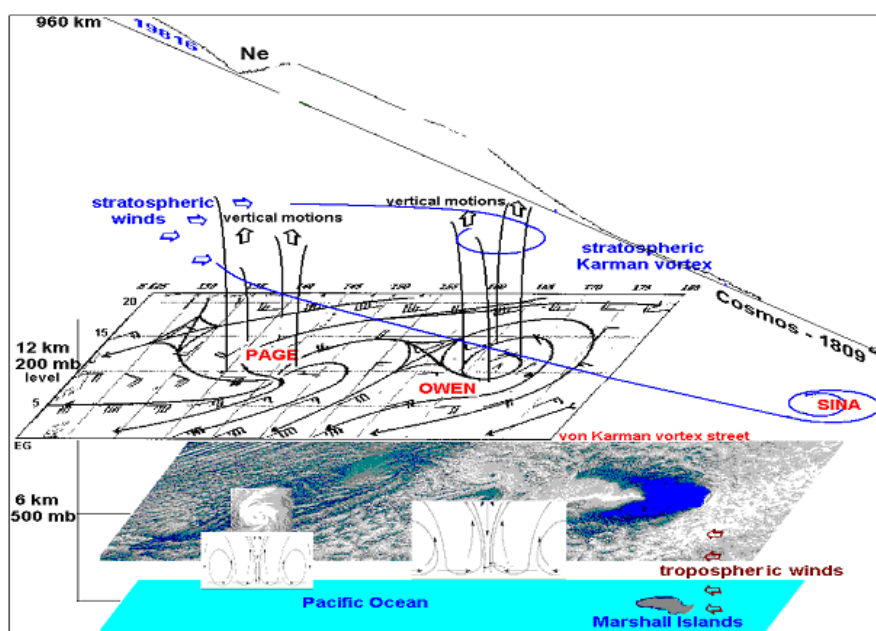


Рисунок 8. Схема взаимодействия тайфунов Page, Owen и Sina.

Эффекты воздействия ПЯВ на полярную ионосферу отличаются от экспериментов на средних и субэкваториальных широтах. В работе [Mikhailov, 1998] приводятся данные воздействия на ионосферу ПЯВ на Новой Земле.

Выводы

1. Комплексный анализ данных мониторинга параметров плазмы ионосферы со спутника Космос-1809 и систем дистанционного зондирования Земли после ПЯВ показал, что отдельные экстремальные события в литосфере, атмосфере и ионосфере взаимосвязаны.
2. ПЯВ в отдельных случаях инициировали развитие тропических возмущений в систему сильных, взаимодействующих между собой ТЦ. Такие события могут происходить и после сильных землетрясений.
3. Воздействие сильных ТЦ на фазах роста и падения интенсивности на литосферные плиты приводит к возникновению литосферных землетрясений, глубина которых зависит от прохождения ТЦ границ плит [Kostin at al., 2021].
4. При прохождении ТЦ континентальных шельфов наблюдались коровые землетрясения [Fan at al., 2019].
5. Коровые землетрясения восточнее разлома Сан-Андреас имеют предшоки и их можно было предсказать [Костин и др., 2020a], [Pulinets at al., 2015].

Список литературы

- Абурджания Г.Д.* Самоорганизация нелинейных вихревых структур и вихревой турбулентности в диспергирующих средах. М.: КомКнига. URSS. 2006. 325 с.
- Абурджания Г.Д., Харшиладзе О.А., Чаргазия Х.З.* Самоорганизация ВГВ структур в неоднородной ионосфере. 2. Нелинейные вихревые структуры // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53. № 6. С. 797–808.
- Беляев Г.Г.* Вариации УНЧ-КНЧ полей, вызванные мощными взрывами и сейсмической активностью. Кандидатская диссертация. ИЗМИРАН. 2003.
- Костин В.М., Мурашев В.Д.* Экспериментальные исследования возможностей спутникового радиомониторинга подземных ядерных испытаний // Рожденная атомным веком: сб. ст. / Под ред. А.П. Васильева. М.: ССК. 2002. Т.3. С. 178-191.
- Костин В.М., Беляев Г.Г., Трушкина Е.П., Овчаренко О.Я.* Эффекты воздействия на ионосферу мощных техногенных источников летом 1992 г. по данным спутника Космос-1809 // Материалы 16-й Всероссийской конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». ИКИ. 2018. С. 473+19.
- Мигулин В.В., Ларкина В.И., Молчанов О.А., Наливайко А.В.* Способ прогнозирования

землетрясений // Авторское свидетельство SU 1171737 А, 07.08.1985. Бюл. № 29.

Fan W., McGuire J.J., de Groot-Hedlin C.D., Hedlin M.A.H., Coats S., Fiedler J.W. Stormquakes. Geophysical Research Letters. 2019. V. 46(22). P. 12909-12918.

Kostin V.M., Belyaev G.G., Ovcharenko O.Ya., Trushkina E.P. The relationship between the development of tropical cyclones and strong earthquakes in June 1992 according to the monitoring of the plasma of the ionosphere from the satellite Cosmos-1809 // Proceeding of the 18th conference “Modern problems of remote sensing of the Earth from space”. IKI. 2020a. P. 401+22.

Kostin V., Belyaev G., Ovcharenko O., Trushkina E. Impact of France Nuclear Tests on typhoons and Earthquakes in November 1990 // International Journal of Engineering Research & Science. 2020. V. 6(12). P. 25-31.

Kostin V., Belyaev G., Ovcharenko O., Trushkina E. Impact of typhoon Gay on lithospheric earthquakes // II All – Russian Scientific Conference with international Participation Modern methods of seismic hazard assessment and earthquake prediction. 2021.

Mikhailov Yu.M. VLF effects in the outer ionosphere from the Novaya Zemlya underground nuclear explosion of October 24, 1990: data of the Intercosmos-24 satellite // Geomgn. Aeron. 1998. V. 38(6). P. 738-743.

Pulinets S.A., Davidenko D.V., Ouzounov D.P., Karelin A.V. Physical bases of the generation of short-term earthquake precursors: A complex model of ionization-induced geophysical processes in the lithosphere-atmosphere-ionosphere-magnetosphere system // Geomagn. Aeron. 2015. V. 55(4). P. 521-538.