

13. Ковтюх А. С., Панасюк М. И., Сосновец Э. Н. Динамика протонов кольцевого тока во время бури 25. I. 1974 г. // Космич. исслед. 1978. Т. 16. С. 226–237.
14. Власова Н.А., Ковтюх А.С., Панасюк М.И. и др. Ионный кольцевой ток во время магнитных возмущений по наблюдениям на геостационарной орбите. 2. Вариации энергетических и зарядовых спектров ионов во время умеренных бурь // Космич. исслед. 1988. Т. 26. С. 746–752.
15. Ковтюх А.С., Мартыненко Г.Б. Вариации жесткости спектров солнечного и ионосферного компонентов ионов кольцевого тока // Космич. исслед. 1995. Т. 33. С. 599–607.
16. Ковтюх А.С. Резонанс ионов кольцевого тока с дрейфовыми волнами // Космич. исслед. 1998. Т. 36. С. 142–155.
17. Ковтюх А.С. Использование магнитосферы в качестве анализатора формы спектров частиц радиационных поясов // Геомагнетизм и аэронавтика. 1984. Т. 24. С. 566–570.
18. Ковтюх А.С. О форме энергетического спектра протонов радиационных поясов Земли и механизмах его формирования // Геомагнетизм и аэронавтика. 1985. Т. 25. С. 886–892.
19. Ковтюх А.С. Двухмаксимумная пространственно-энергетическая структура внешнего радиационного пояса ионов // Геомагнетизм и аэронавтика. 1989. Т. 29. С. 26–32.
20. Ковтюх А.С. Солнечно-циклические вариации инвариантных параметров энергетических спектров ионов радиационных поясов Земли // Космич. исслед. 1999. Т. 37. С. 57–69.
21. Ковтюх А.С. О механизмах формирования инвариантных параметров и скейлинге ионных спектров в геомагнитной ловушке // Космич. исслед. 1999. Т. 37. С. 231–244.
22. Ковтюх А.С. Суббуревая динамика основных параметров и механизмы формирования ионных спектров кольцевого тока // Космич. исслед. 2000. Т. 38. С. 42–53.

К ПРОБЛЕМЕ ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ПРИ ПУСКАХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Дмитриев А.Н.¹, Робертус Ю.В.², Шитов А.В.³

¹Институт геологии СО РАН

²Алтайский региональный институт экологии

³Горно-Алтайский государственный университет

Локальные геомагнитные возмущения технического генезиса широко известны с момента первых высотных ядерных взрывов [2.3.13.15]. Также выявлено геомагнитное возмущение, зарегистрированное в Иркутске и вызванное взрывом над притоками р. Подкаменной Тунгуски в 1908 году

(Тунгусский феномен) [5,8,11]. Изучение и анализ ядерных технофизических процессов, генерирующих локальные геомагнитные возмущения, приводит к предположению о том, что старты ракет-носителей (РН)-типа "Протон" могут также создавать цепочку ионосферных процессов, способных вызывать специфические геомагнитные вариации. Будем руководствоваться эмпирическими и теоретическими доводами [1,3,5,14] – повышение концентрации радиационного материала приводит (за счет суммирования полей) к повышению геомагнитной напряженности, а снижение концентрации ионосферной плазмы (ракетное гашение) – к снижению.

Механизм взаимодействия ядерного взрыва с ионосферой и магнитосферой зависит от высоты подрыва заряда и его мощности [2,8,11,13]. Наземные и тропосферные взрывы (независимо от мощности заряда) не генерируют геомагнитных возмущений. Взрывы с высотой за сотни километров генерируют глобальный геомагнитный импульс и малоамплитудный магнитный эффект, возникающий без запаздывания. Магнитное же возмущение, вызванное природным взрывом 30 июня 1908 г (Тунгусский феномен), несмотря на тот же тип, что и ядерные, имеет свою специфику (табл.1).

Напряженность электрического поля ЭМИ в области центра ядерного взрыва достигает 30–40 кВ/м, при этом напряженность азимутального магнитного поля доходит до нескольких сотен гаусс. Для ядерных взрывов на больших высотах первая фаза геомагнитных возмущений, по-видимому, переносится по магнитному меридиану волной Альвена, которая генерируется при деформации силовых линий объемом ионизации. Этот объем продуцируется дополнительной ионизацией, возникающей вследствие воздействия гамма-вспышек и повышения электронной концентрации в момент взрыва. Так высотные взрывы типа "Аргус" возбуждали сильные магнитогидродинамические волны в геомагнитном поле [2,11,12,13], которые и продуцировали геомагнитные возмущения.

Таблица 1

Характер геомагнитных возмущений от ядерных высотных взрывов и Тунгусского взрыва

Дата взрыва	Вид взрыва	Мощность (Мг)	Высота (км)	Максимум отклонения Z (нТл)	Длительность (мин)	Главная Фаза (мин)	Название взрыва
30.06.1908	Природный	~ 26	6,6 ± 1	25,5	≈ 300	8,9	Тунгусский
28.04.1958	Ядерный	1(?)	28	17,8	≈ 40	≈ 11	ТЭК
01.08.1958	Ядерный	~ 1	60	19,1	≈ 60	≈ 7	Аргус
04.11.1962	Ядерный	1,4	400	22,3	≈ 108	≈ 9	Старвинг

Обнаруженная Иркутской обсерваторией (станция "Патроны" за 30.06.1908 г.) регистрация геомагнитного возмущения уникальна [5,8,11]. Ни одна из имевшихся на то время обсерваторий не зарегистрировала вариации геомагнитного поля на взрыв. Иркутское магнитное возмущение оказалось локальным. Исследователи изучали ее сходство с регистрационными данными ядерных взрывов: а) локальность возмущения; б) характер вхождения поля в возбужденное состояние; в) общность хода возбуждения магнитного поля.

Вместе с тем выявлялись и различия: г) величина амплитуды вариаций поля Тунгусского взрыва превосходила имеющиеся регистрации амплитуд по ядерным взрывам; д) менялся характер кривых в отдельных временных участках, и длительность возмущения магнитного поля Тунгусского взрыва превосходила длительность возмущения поля от ядерных взрывов в 4-6 раз.

Касаясь механизмов продуцирования геомагнитного возмущения от Тунгусского взрыва можно говорить лишь о возможных сценариях [8,11]. Одними из наиболее признанных сценариев являются: повышение уровня ионизации в ионосфере; плазма взрывного генезиса; ионизирующее излучение ускоренных частиц вдоль силовых линий магнитного поля Земли.

Как допустимые механизмы рассматривались способ термической ионизации ионосферы ударной волной взрыва и образование токовой системы ударной волной. В последнее время учитывается версия о значительной роли модифицированного физического вакуума в физике феномена взрыва на р. Подкаменной Тунгуске [5,7].

Рассмотренные нами техногенные воздействия на геомагнитный режим и природное событие на р. Подкаменная Тунгуска (вызвавшие локальное геомагнитное возмущение) указывают на возможность геомагнитного реагирования на энергоемкие процессы в верхней атмосфере и ионосфере.

Воздействия на природное состояние ионосферы Горного Алтая стартами ракетносителей весьма разнообразно и энергоемко. Но, несмотря на широкое освещение этих вопросов, глубокой и длительной проработки физики и геофизики разовых стартов и их кумулятивных последствий в геолого-геофизической среде все еще не произведено. А высокотоннажных стартов уже было несколько тысяч. До настоящего времени нет глобального геофизического мониторинга ионосферы в послепусковой период РН. В имеющихся средствах регистрации и моделях анализа процессов в канале пролета, не учитывается пестрота геолого-геофизической среды под траекторией РН и не опрашиваются зоны вертикального энергоперетока в районах тектонофизических напряжений. Нет регистрации вариаций электросостояний атмосферы, ионосферы и программ опроса состояния геомагнитных вариаций прямыми и косвенными методами.

1. Горный Алтай, входящий в состав Алтае-Саянской складчатой области и лежащий по восточным тангажным плоскостям стартов РН со стороны Казахстана, является уникальной геолого-структурной единицей Земли [4,6]. Его геофизические характеристики значительные и

универсальные: 1. Большие знакопеременные магнитные аномалии и полосовые магнитные тела; 2. Сгущение активных разломов и наличие зон глубинной электрогенерации, где возникают процессы вертикальных энергоперетоков между оболочками Земли; 3. Высокая гелиочувствительность грозоактивности Горного Алтая и зависимость годового количества гроз от четности Солнечного цикла (ориентации знаков магнитного поля солнечных пятен) [10]; 4. Максимальная по Сибири встречаемость разнообразных природных самосветящихся образований в приземной и верхней атмосфере, как прямых признаков зон вертикального энергоперетока [4,6,9]; 5. Наличие сейсмического минимума в районе верховья и среднего течения р. Катунь, в местах повышенной встречаемости природных самосветящихся образований [5,10].

Важность перечисленных особенностей очевидна, но особое место в ряду планетофизических свойств Горного Алтая является его высокая гелиочувствительность, механизм которой начал изучаться только в последние годы. По мере углубления в проблему солнечно-земных взаимосвязей, выяснилась особая функциональная роль самосветящихся образований (шары, полосы, ленты и др. формы). При этом оказалось, что структурные и энергетические характеристики этих образований могут объясняться моделью модифицированного физического вакуума [5,7]. Согласно этой модели, физическим наполнителем самосветящихся форм является "вакуумный домен" – особый вид энергетических преобразований полей: электрического, магнитного, гравитационного и вращательного (спинового). Эти особенности, в совокупности с данными о серии энергоемких событий в прошлом (скоростные процессы Сарганского оледенения 11 тыс. лет назад [4,9]), свидетельствуют о необычности природной мощности процессов в Горном Алтае. Возможно, что и гелиочувствительность, и энергонасыщенность этого региона связана с активностью мантийного шлома Монголо-Тибетской области. С учетом этих характеристик Горного Алтая становится естественным предположение о высокой "техночувствительности" этой территории, особенно энергоемкого направления (ракетные пуски, ядерные взрывы, ЛЭП).

2. Ракетные пуски через территорию Горного Алтая – это основное средство техногенного воздействия на верхнее полупространство. Газо-плазменные оболочки Земли, как наиболее тонкая и чувствительная система процессов и состояний, подвергаются огромному энергетическому и вещественному преобразованию [1,3,11,12,14,16,18]. В данном направлении следует напомнить о некоторых видах влияния на верхнюю атмосферу РН Протон.

Прежде всего, обращает на себя внимание вещественные модификации состава ионосферы. Так ежегодный приток водорода в геокосмос при пусках крупнотоннажных РН составляет $6 \cdot 10^{32}$, а природный приток за год достигает $6 \cdot 10^{33}$, т.е. техническое приращение водорода достигло 10% [3,11,14]. Естественно, что столь значительный техногенный приток водорода нарушает глобальный водородный баланс и создает условия для возникновения природно-техногенных

крупномасштабных процессов релаксации. Так в области главного ионосферного максимума идет резкое снижение концентрации электронов. Прodуцируются так называемые "ионосферные дыры", которые нарушают электрические характеристики ионосферного слоя, возникающий избыток воды и водорода неизбежно влияет на тепловой режим верхней атмосферы, снижает концентрацию озона, модифицирует течение тонких физико-химических процессов. В нижних и средних частях магнитосферы техногенный водород сдвигает равновесие тепловой плазмы и меняет ее концентрацию.

В ключе данной работы представляется важным привести количественные оценки вещественной производительности одного запуска РН Протон на высоте более 100 км [1.14]. Воды выбрасывается 36,7 т, что составляет 17% от количества природной воды на этих высотах. Углекислого газа — 43,7 т, что составляет 1,5% от общего количества газа на этих высотах. Азота — 48,6 т, что составляет 10⁻⁵% от общего содержания азота на высоте более 100 км (напомним, что азот является интенсивным озоноразрушителем).

Очень важной характеристикой влияния РН на ионосферу является "энергетическое загрязнение". Так на высотах 100-130 км, согласно циклограмме работы 2-ой ступени РН Протон, объем выбрасываемых продуктов сгорания составляет 740 кг/с² и соответствующая этому потреблению топлива энергия достигает 3,6·10¹⁵ эрг. Таким образом, энергия, выделяемая в 1 см³, составляет 15-30 эрг, что в (1,5-3)·10⁷ раз больше, чем максимальный приток солнечного ультрафиолета в том же элементе объема и на указанных высотах [3,14]. Это соотношение быстро падает во времени, но все же в течение 60-70 минут и на расстоянии в 1000 км будет преимущество техногенного источника энергии. Нарушения вещественного и энергетического равновесия природных процессов в ионосфере меняет суточную температурную вариацию и вещественное перераспределение, что способствует гашению плазмы и меняет электросостояние большого участка ионосферы. Столь масштабное прерывание естественных геофизических процессов сопровождается процессами установления нарушенного равновесия. В связи с тем, что геолого-геофизическая среда Горного Алтая уникальна, поэтому существующие вертикальные энергоперетоки на его территории должны разнообразить процессы релаксации. Одним из откликов на пролет РН Протон может быть локальное геомагнитное реагирование на территории Горного Алтая.

Высказанная выше гипотеза начала подвергаться экспериментальной проверке с октября 2000 года. Работа проводилась на базе Алтайского регионального института экологии с участием сотрудников Института геологии СО РАН (г. Новосибирск) и Горно-Алтайского госуниверситета (г. Горно-Алтайск). Наблюдения вариаций геомагнитного поля осуществлялось на контрольном пункте "Майма", локализованном вблизи участка большой положительной магнитной аномалии.

В рамках поисковой программы геомагнитный мониторинг нацеливался на обнаружение специфических вариаций магнитного поля, которые могли возникнуть за характерные времена релаксации турбулентности ионосферы в послепусковой период РН. Для регистрации вариаций магнитного поля применялись стандартные геофизические магнитометры типа: ММП-303; ММП-203 (квантовый принцип регистрации напряженности) М-27М (оптико-механическая система). Магнитометр ММП-303 применялся для регистрации полного вектора напряженности магнитного поля в автоматическом режиме с временным шагом записи в 1 минуту. На магнитометрах ММП-203 и М-27М количественные отметки Та и ΔZ снимались оператором 0,5-1 час (соответственно). Абсолютная погрешность измерений во всех случаях не превышала 1-2 нТл. Время слежения за напряженностью магнитного поля колебалось в пределах 36-72 часа. Начало мониторинга производилось за 6-12 часов до реального пуска РН Протон. Завершение замеров магнитного поля проводилось по истечению 24-36 часов после пускового периода. Регистрационные данные подвергались анализу и строились графики Та и ΔZ, часть из которых приведена на рис. 1.

Проведенными наблюдениями после большинства вышеотмеченных пусков РН (через 8-18 часов) установлено закономерное проявление аномального понижения напряженности магнитного поля (полного вектора и Z-составляющей). Интенсивность максимального понижения ГМП варьировало в пределах от 20 нТл при пуске 02.10.2000 г. до 200 нТл при пуске 22.10.2000 г. Градиент понижения изменялся в пределах 7-28 нТл/час. Время полной релаксации ГМП также варьировало в широких пределах - от 8 часов при пуске 24.01.2001 г. до суток и более (рис.1, табл.2).

Таблица 2

Характеристики локального снижения Z компоненты в постпусковой период РН Протона

Дата запуска	Время от старта, часы	Max. Z-значений, нТл	Данные Кр	Число пятен, W	Примечания
02.10.2000	9	-20	278	211	
17.10.2000	12	-82	321	130	
22.10.2000	15	-200	001	17	
16.11.2000	13	-90	110	142	Min Кр [*]
24.01.2001	14	-36	193	128	
26.02.2001	15	-40	220	99	
07.04.2001	12	-19	443	153	Max Кр [*]
28.04.2001	15	-23	153	173	

*) Примечание: Отметим, что min значению Кр соответствует максимальное снижение Z-компоненты и max Кр соответствует минимальное отклонение Z-компоненты.

В большинстве случаев время пусков пришлось на относительно спокойную геомагнитную обстановку и только пуск 26.02.2001 г. проходил

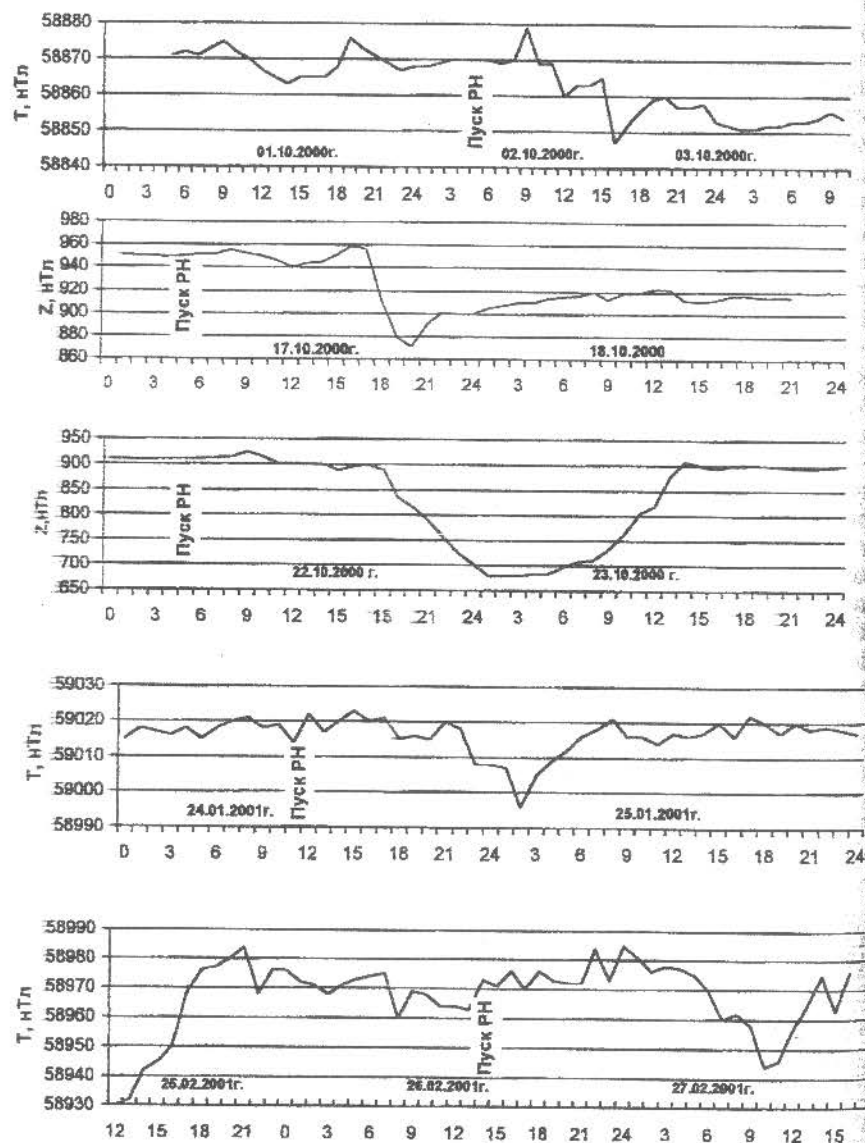


Рис. 1. Вариации магнитного поля в районе г. Горно-Алтайска при пусках ракет-носителей 02.10., 17.10. и 22.10.2000г., 24.01. и 27.02.2001г. (КП "Майма", время местное)

в период сильной геомагнитной бури, закончившейся 25.02.2001 г. Представляют интерес и последние регистрации за 7 и 28 апреля 2001 г. Эти пуски сопровождались минимальными значениями снижения напряженности Z -составляющей. Но впервые было отмечено, что в последующие сутки дневной минимум ГМП был на 10–12 нТл ниже, чем в предыдущий день. Возможно, что эффект "магнитной вязкости" проявился и на вторые сутки ростом контрастности дневного минимума напряженности поля. Кроме того, в послепусковой день правая ветвь минимума более крутая, чем в обычные дни, т.е. можно высказать предположение о том, что ГМП гелиочувствительных зон Горного Алтая "помнит" воздействие РН Протон и отзывается сильными и слабыми геомагнитными откликами. Физическая природа этого явления предположительно заключается в развитии крупномасштабных геофизических турбулентных процессов в ионосфере, связанных с пусками РН.

Отметим, что при решении численных задач по влиянию плазменных инъекций в ионосферу выявлено раздвижение магнитного поля Земли магнитным полем плазменного сгустка. В процессах релаксации инжектированной плазмы, напряженности магнитного поля Земли и плазменной инъекции суммируются, что отмечается ростом напряженности магнитного поля Земли. Давно известен факт гашения ионосферной плазмы и возникновения термических неравновесий при крупнотоннажных ракетных пусках. Поэтому снижение концентрации ионов, за счет гашения плазмы в канале пролета и в зависимости от геомагнитного состояния на данное время, может вызвать локальное снижение Z -составляющей магнитного поля Земли.

Проверка и обсуждение результатов экспериментального обнаружения снижения напряженности Z -компоненты на территории Горного Алтая в послепусковой период РП Протон, сводится к двум пунктам: 1) обнаружение полезного сигнала на территории Новосибирской области и 2) проверка на глобальность реагирования ГМП на ракетные пуски.

1). В связи с тем, что имеющиеся случаи геомагнитного реагирования весьма малочисленны, была предпринята попытка обнаружения магнитного сигнала глобального характера. Эту попытку по нашей просьбе любезно осуществили начальник Комплексной геофизической станции С.Ю. Хомутов и магнитолог О.И. Федотова (станция "Ключи", г. Новосибирск, СО РАН). Задача решалась в следующей постановке – "Выделить во временной последовательности данных (например, модуля магнитного поля F) вариации, возникающие после запуска РН Протон". Из-за предельно малой выборки событий возникает большая трудность в оценке статистического критерия для оценки достоверности взаимосвязи исследуемых явлений. При этом следует иметь в виду, что в данных временного ряда имеется множество регулярных (суточные) и нерегулярных (магнитные бури) разноамплитудных вариаций, что в свою очередь усложняет обнаружение сигнала снижения ГМП в послепусковой период. Кроме того, отсутствует физическая модель процесса снижения напряженности магнитного поля.

Анализ магнитных данных показал, что запуск РН Протон на КП "Майма" не приводит к заметным возмущениям магнитного поля в Новосибирске в послепусковой период за первые 10–15 часов (расстояние – более 400 км севернее). Аналогичные утверждения справедливы и для других компонент магнитного поля: модуль вектора, склонение D . Полученный вывод о том, что геомагнитный отклик не глобальный, не исключает возможности обнаружения аномальных изменений ГМП с характерными временами единицы–десятки минут, которые не выявляются для Новосибирска (дискретность 1 час).

2). Проверка на обнаружение снижения Z -компоненты ГМП в глобальном масштабе проведена анализом составляющих магнитного поля в сутки запуска РН. Были учтены данные станций: Какиока (Япония – ш.36.233; д.140.483) по компонентам X, Y, Z (дискретность 1 мин); Иркутск (ш.52.17; д.104.45) по компонентам H, D, Z, F (дискретность 1 мин); Новосибирск (ш.55.03; д. 82.90) по компонентам H, D, Z, F (дискретность 60 мин); Бельск (Польша, ш.51.837; д. 20.792) по компонентам X, Y, Z (дискретность 1 мин). Согласно количественным данным этих станций по времени возможного возникновения отклика ГМП, обнаружить сигнал снижения Z -компоненты не удалось. Что указывает на локальность реагирования ГМП на запуск РН.

Сформулируем некоторые выводы.

1. Впервые обнаружен эффект снижения напряженности Z составляющей через 10–15 часов после запуска РН Протона на территории Горного Алтая, наподобие локального возмущения ГМП при высотных ядерных взрывах.
2. Дополнительной возможностью исследования обнаруженного эффекта является учет других геофизических данных, косвенно связанных с геомагнитными. Например, результаты вертикального зондирования ионосферы каждого и анализ общего числа пусков РН
3. Часть из вышеотмеченных техногенных (обусловленных пусками РН) возмущений ГМП достигают величин, близких к "солнечным" магнитным бурям, в связи с чем могут рассматриваться как слабо-, так и умеренно интенсивные техногенные магнитные бури, предположительно влияющие на состояние здоровья населения
4. Возмущения полей после пусков РН, как фактор значимого воздействия на здоровье населения, должны быть объектом эколого-гигиенического мониторинга последствий ракетно-космической деятельности в Республике Алтай.

С возрастанием интенсивности и скорости изменения климата необходимость изучения электромагнитных откликов магнитного и электрического полей на старты РН становится все более настоятельным.

Литература

1. Власов М.Н., Крический С.В. Экологическая опасность космической деятельности: Аналитический обзор. – М.: Наука, 1999. – 2400 с.

2. Действие ядерного оружия М.: Воениздат, 1974. – 683 с.
3. Дмитриев А.Н. Техногенное воздействие на геокосмос. – Новосибирск: Изд-во НГУ, – 1993. – 68 с.
4. Дмитриев А.Н. Геолого-геофизические признаки скоростных энергоемких процессов на территории Горного Алтая // Минерально-сырьевая база Республики Алтай. Горно-Алтайск, ГАГУ, РИО "Универ-Принт", 1998., – с.115-118
5. Дмитриев А.Н. Природные самосветящиеся образования. Новосибирск: Изд-во Ин-та Математики, 1998. – 243 с. (Серия "Проблемы неоднородного физического вакуума").
6. Дмитриев А.Н., Белоусов А.Ф. Изучение глубинных особенностей Горного Алтая // Природные ресурсы Горного Алтая. ГАГУ, РИО "Универ-Принт", 1997- С.59-83.
7. Дмитриев А.Н., Дятлов В.Л. Модель неоднородного физического вакуума и природные самосветящиеся образования // Новосибирск, – Вестник МИКА, вып.3, – 1996, – с.55-67.
8. Дмитриев А.Н., Журавлев В.К. Тунгусский феномен 1908 года - вид солнечно-земных взаимосвязей. – Новосибирск: ИГиГ СОАН СССР, – 1984, – 143 с.
9. Дмитриев А.Н., Шитов А.В. Энергоактивные процессы на территории Горного Алтая // Особо охраняемые природные территории и объекты Республики Алтай и горных систем центра Евразии. Горно-Алтайск: ГАГУ РИО "Универ-Принт", – 1998. – С.36–37.
10. Дмитриев А.Н., Шитов А.В. Природные самосветящиеся образования на территории Горного Алтая // Итоги и перспективы геологического изучения Горного Алтая. Горно-Алтайск: Горно-Алтайское книжное изд-во. 2000 – С.134–143.
11. Кондратьев К.Я. Итоги науки и техники. М.: Том 16, АН СССР, – 1986. – 349 с.
12. Робинсон Дж. П. Воздействие различных видов оружия на экосистемы. М.: ВИНТИ. – 1984. – 84 с.
13. Хесс В. Радиационный пояс и магнитосфера Земли. М.: Атомиздат, 1973. – 423 с.
14. Экологическая безопасность России. Вып.1. Материалы межведомст. Комиссия по эколог. Безопасности (октябрь 1993 г. – июль 1994 г.). М.: Юрид. лит. 1995. – 224 с.
15. Ядерный взрыв в космосе, на земле и под землей. (Электромагнитный импульс ядерного взрыва). М.: Воениздат. 1974. – 234 с.
16. Daly P.W., Whlen B.A. Thermal fon results from experiment to produce artificially an ionospheric hole: Lagopedo UNO// J. Geophys. Res. 1979. V.84, № 11. P.6581.

17. Holmozen G., Bostrom R., Kelley M.C. et al. Trigger an active releas experiment that atimulated auroral particle, precipitation and wave emissions // J. Geophys. Res. 1980. V.85, №10. P.5043.
18. Kikuchi H. Owerview of power-Line radiation and its coupling to ionosphere and magnetosphere // Space Scien. Rev/ 1983, №1. P.34-41/

ВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ ХАРАКТЕРИСТИК F-РАССЕЯНИЯ СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ

Выборнов Ф.И., Крупеня Н.Д., Митякова Э.Е., Рахлин А.В.

*Научно-исследовательский радиофизический институт
603950, Нижний Новгород, Б. Печерская ул., 25/14, НИРФИ*

Представлены результаты анализа данных вертикального зондирования ионосферы на станции Зименки (г. Нижний Новгород). По материалам январских и июльских ионограмм построены графики зависимости среднего индекса F-рассеяния от времени суток для интервала лет с 1964 по 1992 год. Отмечается наличие тренда и двух-шестилетних периодов во временных рядах исследуемого явления.

В настоящее время обнаружены существенные климатические изменения во всей толще земной атмосферы вплоть до 300 км и выше. Эти изменения включают в себя вариации не только метеорологических характеристик, но и химического состава средней и верхней атмосферы (см., например, [1,2]). В ионосфере, как части верхней атмосферы, так же обнаружены изменения некоторых характеристик. Например, в работе [3], приводятся данные по изменению критических частот F-слоя ионосферы за последние десятилетия, и отмечается наличие положительного тренда. В работе [4] приведены данные об изменении коэффициента поглощения радиоволн средневолнового диапазона на высотах D-слоя ионосферы, который зависит от содержания углекислого газа на этих высотах. Изменение параметров ионосферы несомненно сказывается на качестве и надежности радиосвязи. Прогнозирование каналов радиосвязи и условий распространения радиоволн должно проводиться с учетом долговременных изменений параметров ионосферы.

Одним из видов возмущения ионосферы является F-рассеяние или F-spread – явление, наблюдаемое на всей сети ионосферных станций и проявляющееся в диффузности, расплывании трека высотно-частотного отражения на ионограммах станций импульсного вертикального зондирования. При этом затруднено определение критических частот и высот отражения F-слоя. Отраженный от ионосферы высокочастотный

импульс в условиях F-рассеяния имеет значительно большую длительность, чем зондирующий. Данное явление однозначно отождествляется с присутствием неоднородностей электронной концентрации в области отражения электромагнитной волны в ионосфере [6].

Количественной характеристикой F-рассеяния являются вероятность появления и степень (интенсивность) рассеяния. Вероятность появления P определяется как отношение числа случаев наблюдаемого рассеяния к общему числу наблюдений или отношение продолжительности рассеяния к общему времени наблюдений. Степень рассеяния определяется по 4-х бальной шкале Бриттса [7] и учитывает широтные особенности проявлений F-рассеяния.

Для осуществления долгосрочного прогноза появляемости F-рассеяния и выявления периодичности и тренда был проведен анализ ионограмм среднеширотной станции импульсного вертикального зондирования Зименки (НИРФИ, г. Нижний Новгород) за 1964 – 1992 гг. Параметры аппаратуры и антенно-фидерных систем за этот интервал не менялись, поэтому ряд ионосферных данных можно считать однородным.

Получены временные зависимости вероятности появляемости и степени F-рассеяния для разных сезонов указанного периода.

Подтверждается (см., например, [6]) наличие 11-летнего цикла и соответствие более высокого индекса F-рассеяния и вероятности его появляемости в годы низкой солнечной активности.

Обнаружено возрастание средней степени F-рассеяния в периоды наибольших изменений во временном ходе солнечной активности (1969, 1972 и 1982 гг.).

Общей особенностью построенных рядов является заметное повышение среднего индекса F-рассеяния и вероятности появляемости от

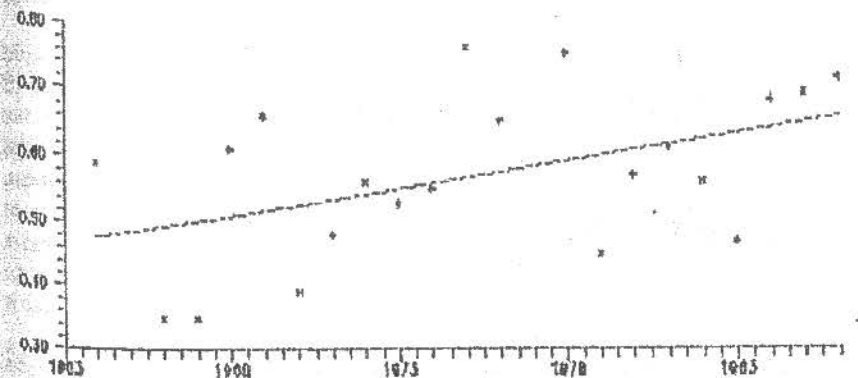


Рис. 1