

14 - Геофизика: земная кора, океан, атмосфера

Болдырева Виктория Александровна, 2 курс
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический
Экспедиционные исследования характеристик ионизации приземной атмосферы в период летних экспедиций на Цимлянской научной станции ИФА
Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.
e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 332

Дергунов Александр Владимирович, 5 курс
Красноярск, Сибирский федеральный университет, институт информ. физики и радиоэлектроники
Особенности вариаций стратосферного озона в районах сильных землетрясений ($M > 7$) северного полушария
Кашкин Валентин Борисович, д.т.н.
e-mail: alexanderdergunov94@gmail.com стр. 333

Краснощекоев Константин Вячеславович, 1 курс
Красноярск, Сибирский федеральный университет, институт инженерной физики и радиоэлектроники
Вариации диоксида серы в тропосфере и озона в нижней стратосфере во время извержений вулканов весной 2012 года
Кашкин Валентин Борисович, д.т.н.
e-mail: krasped1994@gmail.com стр. 335

Критский Дмитрий Александрович, магистрант 1 года обучения
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический
Экспедиционные исследования тока механического переноса в приземной атмосфере
Панчишкина Ирина Николаевна, к.ф.-м.н.
e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 336

Купинская Анна Игоревна, 3 курс
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический
Особенности вертикального распределения электропроводности приземного слоя при различном содержании радона-222
Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.
e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 338

Овчинникова Евгения Александровна, 3 курс
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, Физический
Временные вариации плотности объёмного заряда вблизи земной поверхности по результатам летних измерений
Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.
e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 339

Шевченко Анастасия Викторовна, 2 курс
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, Физический
Применимость закона Ома к электрическим процессам в атмосфере
Панчишкина Ирина Николаевна, к.ф.-м.н.
e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 341

Экспедиционные исследования характеристик ионизации приземной атмосферы в период летних экспедиций на Цимлянской научной станции ИФА

Болдырева Виктория Александровна

Купинская Анна Игоревна

Южный федеральный университет

Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.

georgpu@rambler.ru

Электрические процессы в приземной атмосфере отличаются многофакторностью, что осложняет их исследование. Анализ экспериментальных данных позволяет выявить среди множества действующих факторов те, которые выступают в качестве основных в различных физико-географических условиях. Это способствует более глубокому пониманию атмосферно-электрических процессов и, в частности, помогает созданию их адекватных математических моделей.

Ионизационный режим приземной атмосферы определяется совокупным влиянием ионизаторов и факторов, способствующих пропаданию и старению атмосферных ионов. Пропадание ионов связано с взаимным уничтожением положительно и отрицательно заряженных частиц. Старение ионов – результат их эволюции. Молекулярный ион, образовавшийся в результате действия ионизатора, за время порядка 10^{-7} секунды, присоединяет к себе поляризованные молекулы газов, входящих в состав воздуха, особенно активно – молекулы водяного пара в силу их полярной природы. Вследствие этого образуется комплекс молекул, несущий один элементарный заряд, известный в физике атмосферы как комплексный, или лёгкий, ион. В дальнейшем на этой частице может конденсироваться вещество, что приводит к дальнейшему её укрупнению и снижению подвижности: формируется средний, или промежуточный ион. Наконец, адсорбция заряда лёгкого иона аэрозольной частицей приводит к исчезновению этого иона и возникновению тяжёлого иона с гораздо меньшей подвижностью, который является, по существу, заряженным аэрозолем. Для описанных процессов очень важным является присутствие в атмосфере примесей, газообразных и аэрозольных, а также естественных радиоактивных газов – изотопов радона.

Исследование влияния атмосферных примесей на электрическое состояние приземного слоя является одной из задач комплексных экспедиций лаборатории геофизических исследований Физического факультета Южного федерального университета (ЮФУ), которые в период августа 2014-2016 г.г. проводятся совместно с Институтом физики атмосферы им.А.М.Обухова (ИФА РАН) на Цимлянской научной станции (ЦНС) ИФА. Результаты этих летних экспедиций использованы в настоящей работе. Измерения в период экспедиций производились на обширном ровном поле на одной и той же площадке со скошенным травостоем непрерывно круглосуточно в течение 7-10 дней. При атмосферно-электрических и метеорологических измерениях использовались традиционные методы и широко известные в физике атмосферы приборы [1]. В почвенном газе и атмосфере измерялась объёмная активность ^{222}Rn , для чего использовался радон-монитор «AlphaGUARD RQ2000 PRO». Для измерения объёмной активности радона-222 в почвенном газе до глубины 1 метр применялись входящие в комплект «AlphaGUARD» внешние устройства: датчик почвенного газа «AlphaGUARD Soil GasUnit» и газовый электронный насос «AlphaPUMP». Полярные удельные электропроводности измерялись датчиком Литвинова, сконструированным по методу Гердиена. Для синхронизации измерений полярных электропроводностей и объёмной активности радона «AlphaGUARD» настраивался так, что осреднение объёмной активности радона по времени осуществляется датчиком для 10-минутных интервалов. Для этих же интервалов осреднялись значения полярных концентраций лёгких атмосферных ионов, которые регистрировались с помощью ионометра «Сапфир-3К», предназначенного для измерения концентраций ионов подвижности $k \geq 0,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{М}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$. В экспедициях 2014 и 2015 г.г. производилась

также регистрация концентрации аэрозолей счетчиком АЗ-10 в шести размерных диапазонах (мкм): 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-1,0; 1,0-2,0; 2,0-5,0; > 5,0. Для анализа использованы результаты измерений на высоте 1 метр.

Обнаружено, что для сравнительно низкого содержания радона в воздухе полярные электропроводности в пункте наблюдений, осреднённые для массива 10-минутных значений, который получен за 53 часа наблюдений в августе 2016 года, отнюдь не представляются низкими (см. таблицу). Средние значения полярных концентраций лёгких ионов типичны для удалённых от источников атмосферных загрязнений сельских местностей. Коэффициенты униполярности – отношение положительной электропроводности (или концентрации ионов) к отрицательной – несколько больше единицы, что обусловлено электродным эффектом земной поверхности. Одновременные измерения полярных удельных электропроводностей и концентраций ионов позволили оценить значения подвижности лёгких ионов, исходя из известного соотношения:

$$\lambda_{\pm} = n_{\pm} e k_{\pm} \quad (1)$$

Здесь и в таблице через λ обозначена удельная электропроводность, n - концентрация лёгких ионов, k - их подвижность, e - элементарный заряд.

	λ_-	λ_+	λ_+ / λ_-	n_-	n_+	n_+ / n_-	k_-	k_+	^{222}Rn Бк/м ³
	фСм/м			10^9 м^{-3}			$10^{-4} \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$		
Ср.значение	17,7	19,2	1,1	0,66	0,88	1,3	1,93	1,55	13
Ст.отклонение	4,1	4,6		0,27	0,35		0,66	8	9

Как видно, подвижность отрицательных ионов в целом выше, чем у положительных. Регрессионный анализ обнаруживает тенденцию к снижению подвижности лёгких ионов с ростом относительной влажности, более значительное для отрицательных ионов. Можно предположить, что первично образовавшиеся мономолекулярные положительные ионы имеют большое сродство к молекулам водяного пара, активно присоединяя их. Поэтому подвижность положительных лёгких ионов мало зависит от влажности, будучи более низкой в воздухе, содержащем влагу. Таким образом, очевидно, что значительные колебания влажности, характерные для приземной атмосферы, существенно влияют на её электрические характеристики.

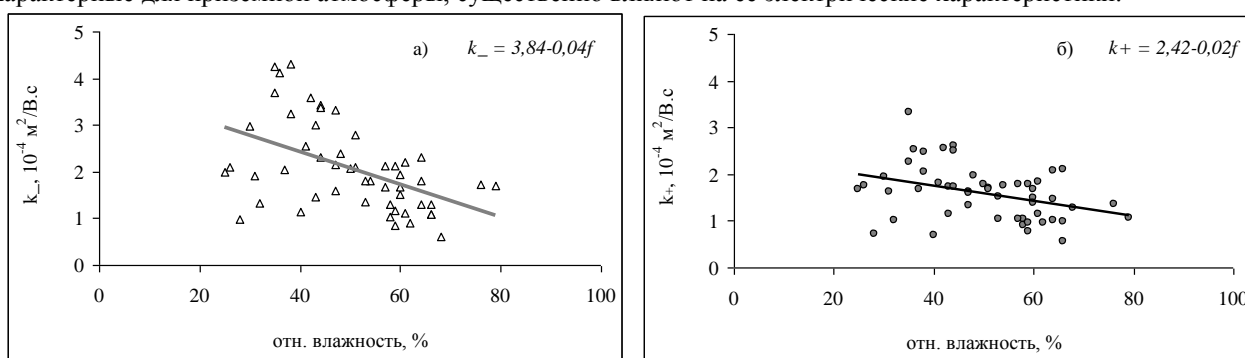


рис.1. Зависимость подвижности отрицательных (а) и положительных (б) лёгких ионов от влажности воздуха по данным экспедиционных измерений (август 2016, Цимлянская научная станция ИФА РАН)

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант 16-05-00930 А.

Список публикаций:

[1] Петров А.И., Петрова Г.Г., Панчишкина И.Н., Кудринская Т.В., Петров Н.А. // Известия высших учебных заведений, Сев.- Кав. рег., Естест. Науки. 2010. №3. Стр. 47-52.

Особенности вариаций стратосферного озона в районах сильных землетрясений ($M > 7$) северного полушария

Дергунов Александр Владимирович

Сибирский федеральный университет

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Кашкин Валентин Борисович, д.т.н.

alexanderdergunov94@gmail.com

Природными катастрофами, которые приводят к человеческим жертвам и приносят огромный экономический ущерб территориям, являются землетрясения. Причинами их возникновения являются эндогенные процессы: быстрое смещение литосферных плит во время разрядки упругой деформации напряжённых пород в очаге землетрясения и, как следствие, разрывы в земной коре. Согласно геофизической классификации, по магнитуде землетрясения бывают трех типов: сильные (до $M=9,0$), слабые (до $M=7,0$) и микроземлетрясения (до $M=3,0$). Для классификации в качестве параметра используется также глубина возникновения. Землетрясения подразделяются на нормальные (глубина до 33-70 км), промежуточные (до 300 км) и глубокофокусные (свыше 300 км). В данной работе рассматривались сейсмические события, произошедшие в северном полушарии 17 августа 1999 г. в Турции (г. Измит $40,760^\circ$ с.ш., $29,970^\circ$ в.д.) и 12 мая 2008 г. в Китайской провинции Сычуань ($31,002^\circ$ с.ш., $103,322^\circ$ в.д.) [1]. Эти землетрясения относятся к сильным ($M>7$) и к нормальным по глубине возникновения (13-19 км) от земной поверхности.

Во время сейсмических событий происходит выход литосферных газов в атмосферу, активизируются фотохимические процессы, которые приводят к дополнительному образованию молекул озона [2]. В данной работе вариации озона в очаговой области указанных землетрясений изучались на основе спутниковых данных TOMS/Earth Probe и OMI/Aura [3]. Измерения приборами TOMS и OMI проводились в спектральных диапазонах 320-380 нм и 270-500 нм, соответственно. Пространственное разрешение TOMS–50×50 км, OMI–13×24 км. Сбор информации об ОСО TOMS осуществлял в «ячейке» 1°×1.25°, а OMI– 1°×1°. Значения общего содержания озона (ОСО) представлены в базе NASA за каждый день в области от 89,5° с.ш.-89,5° ю.ш. и 179,5° з.д.-179,5° в.д.

Границы очаговых областей определялись на основе сейсмической информации, представленной в базе USGS (США). Пример вариаций средних значений ОСО в очаговой области землетрясения в Китае (размерами 7.5°×7°) показан на рисунке 1. Стрелкой обозначена дата землетрясения 12 мая 2008 г., которой соответствует максимальное ОСО равное 298 е.Д. (1е.Д. =10⁻⁵ м). Значение, близкое к данному (285 е.Д.), регистрировалось за 12 дней до сейсмического события. Как видно из рисунка 1, снижение общего содержания озона в очаговой области продолжалось на протяжении 8 дней и составило к 8 мая 264 е.Д. Увеличение ОСО в очаге происходило в течение последующих 4 дней. Над этим районом сформировалось «озоновое облако». Тенденция к уменьшению количества озона наблюдалась до 20 мая (рисунок 1). Возможно, это связано с продолжающейся сейсмической активностью в данном регионе, т.к. по данным USGS [1] за период с 12 по 20 мая здесь было зарегистрировано более 120 афтершоков с M=4,5.

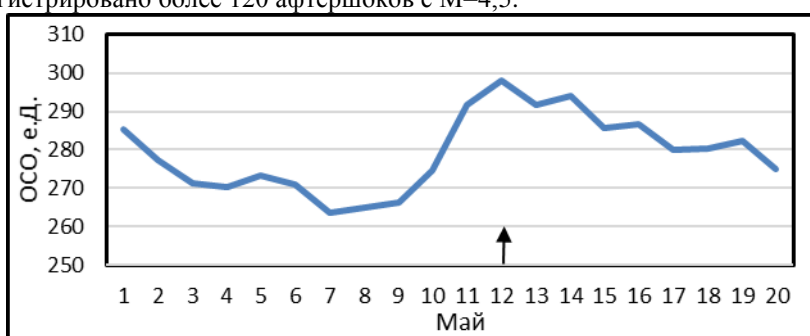


рис. 1. График изменчивости общего содержания озона над очаговой областью китайского землетрясения в мае 2008 г.

Построение и анализ карт ОСО над очаговой областью землетрясения в Китае проводилось с помощью пакета Surfer 8. Озон находится в постоянном движении, участвуя в атмосферных динамических процессах. На рисунке 2 показаны карты распределения ОСО над китайской провинцией Сычуань за 6, 8 и 12 мая 2008 года. На рисунке 2, а за 6 мая видны неоднородности пространственного распределения ОСО над восточной частью горного массива Тибетского плато (по широте от 28,585° с.ш. до 34,950° с.ш. и по долготе от 100,970° в.д. до 104,342° в.д), находящегося под влиянием давления с юга на север Индийской плиты на Евразийскую плиту со скоростью около 50 мм/год. Данный район характеризуется высокой сейсмичностью. В этом районе над горными хребтами регистрируются пониженные значения ОСО до 260 е.Д., а над предгорными районами – повышенные до 275 е.Д. Эта атмосферная ситуация характеризует «континентальный эффект» озона, описанный в [2]. На рисунке 2, б видно, как изменилось состояние озонового слоя за 4 дня до землетрясения. Наблюдаемое явление «континентального эффекта» сохранилось. Однако в очаговой области 8 мая произошло уменьшение ОСО над горными системами (до 250 е.Д.) и предгорными районами (до 264 е.Д.). На рисунке 2, в в день сейсмического события 12 мая наблюдается «озоновое облако» неоднородной структуры с повышенным содержанием ОСО, «накрывшее» очаговую область землетрясения. Время существования «озонового облака» 3 дня. 12 мая над горным массивом восточной части Тибета ОСО увеличилось до 278 е.Д., над предгорьем – до 298 е.Д.

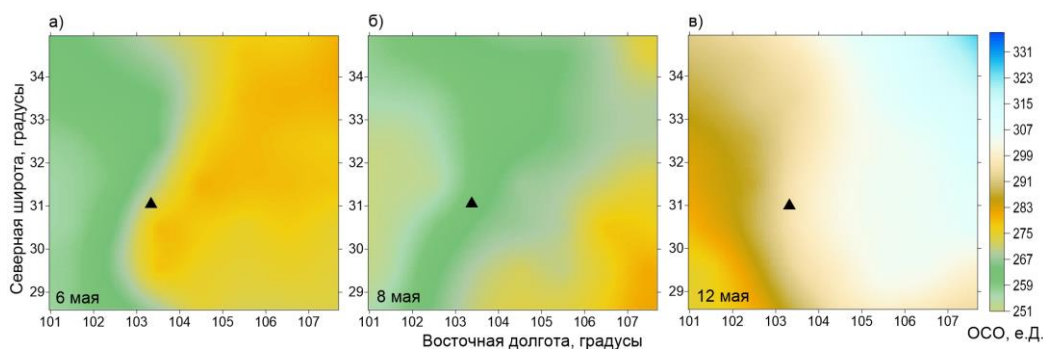


рис. 2. Карты распределения общего содержания озона над очаговой областью китайского землетрясения в 2008г., а) – за 6 мая, б) – за 8 мая, в) – за 12 мая, черным треугольником обозначен эпицентр землетрясения

Таким образом, по данным геофизической базы USGS была определена очаговая область землетрясений в Турции и Китае, в этих зонах изучены вариации ОСО за 10 дней до и после сейсмических событий. На основе анализа карт общего содержания озона обнаружено «озоновое облако» с повышенным ОСО. Над районом китайского землетрясения аномальный объект существовал с 12 по 14 мая, а над районом турецкого землетрясения – с 12 по 16 августа. Исследование состояния озонового слоя над сейсмоактивными зонами требует дальнейшего изучения.

Список публикаций:

[1] *The United States Geological Survey [Электронный ресурс]. URL: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000g650#executive> (Дата обращения: 11.01.2017)*

[2] *Кашкин В.Б. и др. Стратосферный озон: вид с космической орбиты. Красноярск: СФУ, 2015. 221 с.*

[3] *NASA [Электронный ресурс]. URL: <ftp://jwocky.gsfc.nasa.gov/> (Дата обращения 22.12.2016).*

Вариации диоксида серы в тропосфере и озона в нижней стратосфере во время извержений вулканов весной 2012 года

Краснощёков Константин Вячеславович

Сибирский федеральный университет

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Кашкин Валентин Борисович, д.т.н.

kraspeed1994@gmail.com

Одними из самых мощных геофизических факторов повлиявших на уменьшение озоносферы в XX в. считаются извержения вулканов Эль-Чичон в Мексике (1982г.) и Пинатубо на Филиппинах (1991г.). В результате извержения вулканов Эль-Чичон и Пинатубо в атмосфере было образовано примерно 6-7 Мт и 30 Мт сернистого аэрозоля, соответственно. Необходимо отметить, что из-за инъекции вулканических частиц в атмосферу увеличивается аэрозольная оптическая толщина, ослабляется прямая солнечная радиация на уровне подстилающей поверхности и уменьшается общее содержание озона на 5-10% [1]. Другое аномальное событие в озоновом слое Антарктическая озоновая дыра. Ряд авторов считают, что вулканом, оказывающим влияние на уменьшение озона в полярных широтах южного полушария, является вулкан Эребус (77°32' ю. ш. 167°17' в. д.) [2].

В данной работе изучались концентрации газовых примесей диоксида серы и озона, которые изменялись во время извержений вулканов Этна (37°45'18" с.ш. 14°59'43" в.д.; высота над уровнем моря 3329 м), Стромболи (38°48'14" с.ш. 15°13'24" в.д.; высота - 926м), Килауэа (19°25' с.ш. 155°17' з.д.; высота - 1247м), Попокатепетль (19°01'20" с.ш. 98°37'40" з.д.; высота - 5426м), по спутниковым данным спектрометра OMI (спутник Aura, USA) [3].

Для примера на *рис.1* показаны вариации диоксида серы в тропосфере (*а*) и озона в нижней стратосфере (*б*) над вулканом Этна (Сицилия) с 23 по 26 число в марте и апреле 2012 года. В марте в атмосфере над данной вулканоопасной территорией отсутствовал сернистый аэрозоль, т.е. атмосфера была невозмущенной. 25 апреля произошло извержение вулкана Этна, в тропосфере и нижней стратосфере зарегистрировано наличие продуктов инъекции. На *рис. 1(а, б)* вертикальная шкала характеризует значения общего содержания двуокиси серы и озона, представленные в единицах Добсона (е.Д., 1 е.Д.= 10^{-5} м=2,68*10²⁵ молекул/м³). На горизонтальной шкале *рис. 1(а, б)* показаны измерения газовых примесей за каждый день исследуемого периода. Неравномерность горизонтальной шкалы объясняется тем, что количество измерений общего содержания озона и двуокиси серы, представленное в базе данных [3] за каждый день, не совпадает. Цифрами I и II обозначены графики SO₂ в марте и апреле 2012 года, а III и IV – графики O₃. На *рис. 1* стрелкой отмечена активная фаза вулкана Этна.

Как показано на *рис.1(а)* с 23 по 26 число в марте средняя концентрация SO₂ менее 1 е.Д., и соответствует климатической норме для «спокойной» атмосферы данного региона. В апреле в этот же временной промежуток произошло увеличение содержания окиси серы в 6 раз (до 6 е.Д.). На *рис. 1(б)* видно, что значения ОСО в марте в исследуемый период варьировалось незначительно от 353 до 362 е.Д.. 26 апреля, когда происходили выбросы SO₂ в атмосферу, содержание озона существенно уменьшилось до 130 е.Д., что ниже климатической нормы равной 220 е.Д.. Над районом вулкана Этна образовалась аномалия с пониженным содержанием озона. Коэффициент корреляции между рядами SO₂ и O₃ на *рис. 1* равен -0,64.

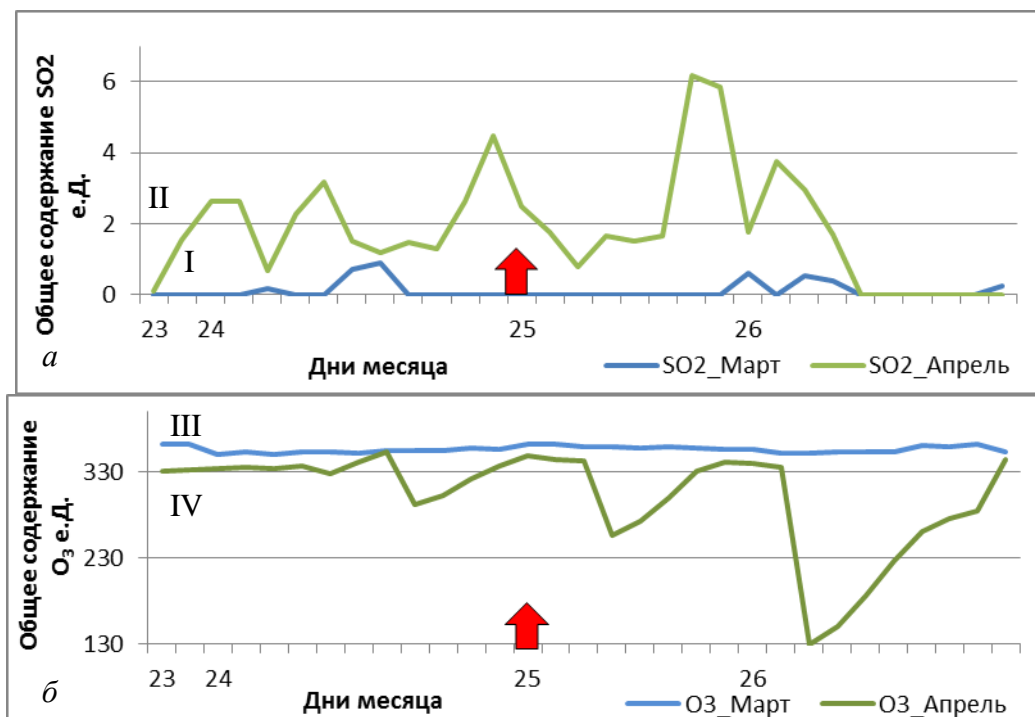


рис.1. Изменение общего содержания SO_2 и O_3 23 и 26 над вулканогенным районом Сицилии в марте и апреле

Анализ данных SO_2 и OCO над районом вулкана Стромболи показал, что во время активной фазы данного вулкана произошло увеличение SO_2 до 32,8 е.Д. и уменьшение OCO до 216 е.Д.. Над вулканом Килауэа концентрация двуокиси серы возросла с 1 е.Д. до 93 е.Д., а количество озона уменьшилось с 280 е.Д. до 160 е.Д.. В атмосфере над вулканом Попокатепетль наблюдается аналогичная ситуация. SO_2 увеличилась с 7 е.Д. до 100 е.Д., а OCO уменьшилось с 275 е.Д. до 144 е.Д. Таким образом, исследование возмущённой атмосферы над вулканогенными районами показало, что при существенном увеличении двуокиси серы во время извержений происходит истощение озоносферы, образуются озоновые аномалии в данном регионе.

Список публикаций:

- [1] Кашкин В.Б. и др. Стратосферный озон: вид с космической орбиты. Красноярск:СФУ, 2015. 221 с.
- [2] Савельева Е. С., Зуев В. В., Зуева Н. Е. //Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Т. 22. №. 541. С. 547.
- [3] NASA Goddard Space Flight Center [Электронный ресурс]. URL: <http://avdc.gsfc.nasa.gov/pub/data/satellite/Aura/OMI/V03/L2OVP/OMSO2/> (Дата обращения: 27.05.2016)

Экспедиционные исследования тока механического переноса в приземной атмосфере

Критский Дмитрий Александрович
Южный федеральный университет
Панчишкина Ирина Николаевна, к. ф. -м.н.
georgpu@rambler.ru

Долгое время в атмосферном электричестве вертикальный электрический ток в атмосфере и из атмосферы на землю считали током проводимости. Однако опыт исследований последних десятилетий показывает [1-3], что важную роль в балансе электрических токов из атмосферы на землю может играть механический перенос зарядов в атмосфере и на границе «атмосфера-земля».

Плотность тока механического переноса в атмосфере $j_{мн}$ состоит из двух компонент: конвективной j_k и диффузионной j_d . Ток конвекции в атмосфере создается перемещениями объемного заряда плотностью ρ конвективными потоками с вертикальной скоростью v , а ток турбулентной диффузии возникает при наличии турбулентного перемешивания неравномерно распределенного по высоте объемного заряда:

$$j_{мн} = j_d + j_k = -D \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho \cdot v, \quad (1)$$

где $\frac{\partial \rho}{\partial z}$ – вертикальная составляющая градиента плотности объемного заряда, а коэффициент диффузии $D = D_T + D_M$ равен сумме коэффициентов турбулентной D_T и молекулярной D_M диффузии.

Косвенная оценка значений плотности объемного заряда и градиента плотности объемного заряда применима к атмосфере, но на границе «атмосфера-земля» плотность объемного заряда претерпевает разрыв и такие расчеты невозможны. По мере приближения к земной поверхности вертикальная скорость движения воздуха снижается и на уровне земли становится равной нулю. Коэффициент турбулентной диффузии D_T на уровне земли обращается в ноль, и, таким образом, D определяется всецело коэффициентом молекулярной диффузии D_M . Изменение значений физических параметров скачком на границе «атмосфера – земля» является проблемой для выполнения модельных расчетов при описании электрических процессов в приземном слое.

Плотность тока механического переноса из атмосферы на земную поверхность $i_{мт}$ аналитически не определяется, вопрос о значении и характере вариаций $i_{мт}$ может быть решен путем непосредственных измерений. Результаты измерения плотности тока механического переноса, обсуждаемые в настоящей работе, получены при проведении многолетнего экспедиционного эксперимента в Ростовской области [4,5]. Одновременно с измерениями плотности тока контролировались метеорологические параметры, характеризующие состояние прилегающего к земле двухметрового слоя атмосферы: температура воздуха, скорость и направление ветра, скорость вертикальных потоков воздуха на разных уровнях. Для выяснения степени влияния метеопараметров на перенос зарядов под действием механических сил был применен метод дисперсионного анализа.

Пункты наблюдений	факторы	F_ϕ	F_{st}	h_x^2
Первомайское 1994 158 часовых серий	Δt	7,5	3,1	12%
	ΔU	9,9	3,1	15%
	D_T	3,7	2,6	7%
Михайловка 1995-1998 582 часовых серии	Δt	87,5	3,0	26%
	ΔU	20,1	3,0	6%
	D_T	35,1	2,6	19%
Платов 2003-2004 320 часовых серий	Δt	7,6	3,1	7%
	ΔU	16,0	3,0	13%
	D_T	16,4	2,6	16%

В качестве факторов, влияющих на вариации $i_{мт}$, были выбраны: интенсивность турбулентного перемешивания (значения коэффициента турбулентности D_T рассчитаны по методу Орленко), разность температуры воздуха Δt , разность скорости ветра ΔU :

$$\Delta t = t_{2,0} - t_{0,15} \text{ и } \Delta U = U_{2,0} - U_{0,5}, \quad (2)$$

где $t_{2,0}$ и $t_{0,15}$ температура воздуха на высоте 2,0 м и 0,15 м, $U_{2,0}$ и $U_{0,5}$ скорость ветра на высоте 2,0 м и 0,5 м соответственно. Расчет критерия Фишера F_ϕ при разложении статистического комплекса данных $i_{мт}$ на выборки, соответствующие разным градациям влияющего фактора, позволил оценить достоверность этого влияния. В таблице приводятся значения критерия Фишера F_ϕ и критерия Стьюдента F_{st} для соответствующих массивов данных, а также показатель силы влияния фактора h_x^2 , рассчитанный по методу Снедекора [6]. Оказалось, что для всех исследуемых факторов $F_\phi > F_{st}$, что позволяет считать достоверным их влияние на вариации плотности тока механического переноса с уровнем значимости не превышающем 0,03. Следовательно, с вероятностью более 97% обнаруживается влияние каждого фактора на исследуемый признак. В силу многофакторности процессов механического переноса заряда в атмосфере и из атмосферы на землю показатель силы влияния метеорологических факторов оказался в пределах от 6% до 26%.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00930 - А.

Список публикаций:

- [1] Petrov A. I., Petrova G. G., Panchishkina, I. N // Proc.10th Int. Conf. Atm. Electricity, Osaka, 1996, P.548-551.
- [2] Anisimov S. V., Galichenko S. V., Shikhova N. M // Atmos. Res. 2014. V. 135–136. P.244–254.
- [3] Смирнов С. Э // Геомагнетизм и аэрономия. 2013. Т. 53. № 4. С. 546–552.
- [4] Panchishkina I. N., Petrova G. G., Petrov A. I., Kudrinskaya T. V // Atmos. Res. 2009. V. 91. P.238–243.
- [5] Petrova G. G., Petrov A. I., Panchishkina I. N., Kudrinskaya T. V. // Proc.14th Int. Conf. Atm. Electricity. Rio-de-Janeiro, Brazil, 2011. P.181–185.
- [6] Лакин Г.Ф. // «Высшая школа», М., 1990, 350 с.

Особенности вертикального распределения электропроводности приземного слоя при различном содержании радона-222

Купинская Анна Игоревна
 Болдырева Виктория Александровна
 Южный федеральный университет
 Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.
georgpu@rambler.ru

Исследования ионизации и проводящих свойств приземной атмосферы необходимы для решения как фундаментальных задач атмосферного электричества, связанных с проблемами глобальной атмосферно-электрической цепи, так и для задач прикладного характера: к ним относятся проблемы проектирования и эксплуатации ЛЭП, качества радиосвязи; медицинские, биологические проблемы ионизации атмосферного воздуха и т.д. Актуальность исследования электропроводности приземной атмосферы связана также с проблемами сохранения окружающей среды, поскольку эта характеристика может служить индикатором загрязнения атмосферы, как аэрозолями, так и радионуклидами.

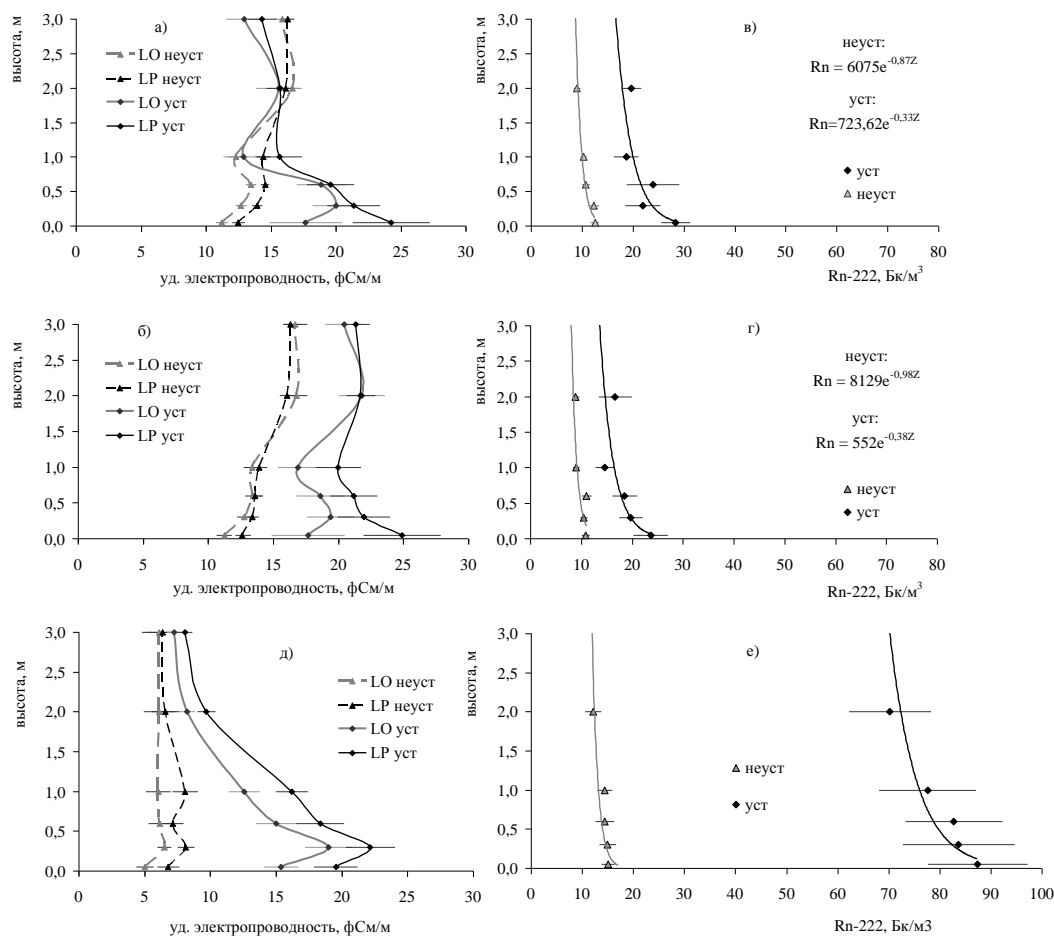


рис. 1. Вертикальное распределение отрицательной LO, положительной LP удельных электропроводностей атмосферы (а,б,д) и объёмной активности радона-222 в воздухе (в,г,е) при устойчивой и неустойчивой стратификации приземного слоя. Верхний и средний ряды графиков - август 2014 и соответственно 2015 на Цимлянкой научной станции ИФА РАН, нижний – август 1999, п.Орловский Ростовской обл. для сравнения. Планками показаны значения стандартной погрешности

В период совместных экспедиций лаборатории геофизических исследований Физического факультета Южного федерального университета с Институтом физики атмосферы им.А.М.Обухова РАН на Цимлянкой научной станции ИФА в августе 2014 и 2015 г.г. проводились одновременные измерения характеристик приземного слоя атмосферы. Площадка для атмосферно-электрических измерений со скошенной растительностью располагалась на большом ровном поле ЦНС ИФА севернее г.Цимлянск. Степная растительность вокруг площадки имела высоту в среднем около 30 см. Полярные удельные электропроводности атмосферы на разных высотах измерялись датчиком Гердиена. Прибор последовательно помещался на 6 уровнях измерительной мачты от 5 см до 3 м. Одновременно на этой же мачте на

соответствующих высотам последовательно располагался радон-монитор «AlphaGUARD PQ2000 PRO» для измерения объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе. Измерение обеих характеристик производилось в течение 10 минут на каждой высоте. Таким образом, за час производилось измерение одного профиля. Объёмная активность ^{222}Rn в почвенном газе на глубине 10, 60 и 90 см определялась с использованием внешних устройств: датчика почвенного газа «AlphaGUARD Soil GasUnit» и электронного насоса «AlphaPUMP». Метеорологические параметры измерялись ежечасно традиционными методами. Измерения производились в течение 10 дней круглосуточно с перерывами в несколько часов для профилактики. В данной работе использованы результаты измерений экспедиций на Цимлянкой научной станции в совокупности с результатами предыдущих экспедиций в пунктах наблюдений с разным содержанием радона в природных средах. Измерительный комплекс оставался главным образом неизменным и описан в статье [1].

При рассмотрении вертикальных профилей исследуемых характеристик, представленных на *рис.1*, очевидно, что в п.Орловский, где почва заметно эманурует, при устойчивой стратификации атмосферы, когда ослаблено её перемешивание, вблизи земной поверхности накапливается радон-222. Это приводит к формированию значительных градиентов полярных электропроводностей, обусловленных повышенной ионизацией самых нижних слоёв приземной атмосферы за счёт мощного α -излучения радона, который поступает в атмосферу из почвы. Как видно, на протяжении нижних 3 метров электропроводность при отсутствии перемешивания уменьшается вдвое. На высоте 3 метра полярные электропроводности, характеризующие устойчивую и неустойчивую атмосферу, практически одинаковы. Площадка Цимлянкой научной станции характеризуется слабым эманированием, содержание радона в атмосфере низкое даже в тех условиях, которые способствуют накоплению примесей вблизи земли: в ночные часы при отсутствии заметной конвекции и ветра. В то же время при устойчивой стратификации проводимости на самых нижних уровнях несколько повышены, так как концентрация радона всё же повышается по мере приближения к земле. В дневные часы с конвекцией и ветром при неустойчивой стратификации в Цимлянске полярные электропроводности заметно снижаются вблизи земной поверхности из-за поглощения ею ионов из прилегающих объёмов воздуха. Как показывают исследования, этот эффект тем более заметен, чем выше скорость ветровых потоков и чем меньше поток радона из почвы, ионизирующее влияние которого компенсирует исчезновение ионов при контакте с твердотельной стенкой.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант 16-05-00930 А.

Список публикаций:

[1] Петров А.И., Петрова Г.Г., Панчишкина И.Н., Кудринская Т.В., Петров Н.А. // Известия высших учебных заведений, Сев.- Кав. рег., Естест. Науки. 2010. №3. Стр. 47-52.

Временные вариации плотности объёмного заряда вблизи земной поверхности по результатам летних измерений
Овчинникова Евгения Александровна
Южный федеральный университет
Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.
georgpu@rambler.ru

Результирующее поле вблизи земной поверхности в каждый момент времени есть суперпозиция полей глобальной системы зарядов и токов (глобальной электрической цепи) и локальных зарядов, образующихся в нижней атмосфере вследствие множества процессов электризации и разделения в пространстве зарядов разного знака. Выделение глобальной унитарной вариации электрического поля атмосферы предполагает, таким образом, учёт локальных источников объёмного заряда. Экспедиционные исследования электрических процессов в нижней атмосфере, проводимые лабораторией геофизических исследований физического факультета Южного федерального университета на протяжении ряда лет, направлены, в том числе, на выявление закономерностей разделения зарядов в приземном слое.

Процессы, обуславливающие образование объёмных зарядов, очень разнородны. Это и вертикальные токи проводимости, и процессы электризации аэрозолей, а также процессы механического переноса заряда. В докладе представлены результаты исследований плотности объёмного электрического заряда, полученные по единой методике в разные периоды на территории Кашарского района Ростовской области и на полигоне Цимлянкой научной станции Института физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН. Кашарский район - степной, сельский, всхолмленная равнина - расположен на севере области, удален от промышленных центров и связанных с ними источников загрязнений. Площадки наблюдений располагались неподалёку от степных речек в окружении сложного степного рельефа (холмы, балки).

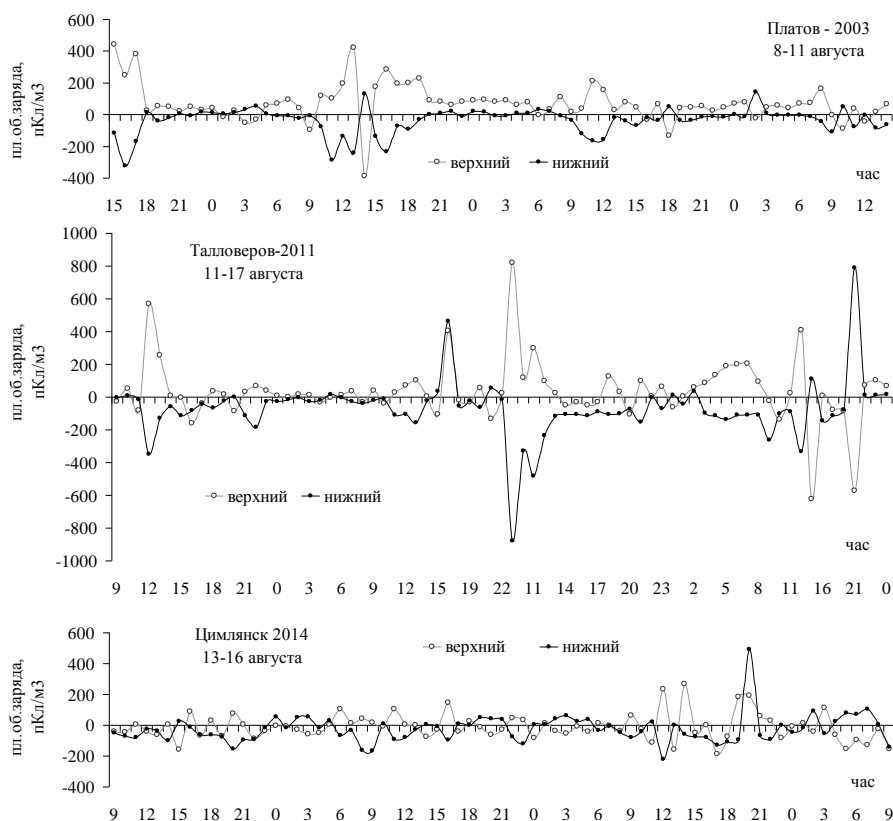


рис.1 Временные вариации плотности объёмного заряда в соседних слоях нижних трёх метров приземного слоя в Кашарском (Талловеров, Платов) и Цимлянском районах Ростовской области

Цимлянский полигон ИФА РАН находится на севере от Цимлянского водохранилища и г. Цимлянска и представляет собой обширное хорошо продуваемое целинное поле с низкой степной растительностью. Измерительный комплекс описан в работе [1]. Градиенты потенциала атмосферы вычислялись по результатам измерений потенциалов на уровнях 1,2,3 м методом радиоактивного коллектора, в качестве которого использовался иониевый излучатель. Измерение напряженности поля на уровне земли осуществлялось электростатическим флюксметром системы ГГО им. А.И.Воейкова “Поле-2” с последующей регистрацией сигнала флюксметра посредством персонального компьютера. Для дальнейшего анализа брались среднечасовые значения исследуемых величин. По данным о градиенте потенциала атмосферы G на разных уровнях h : верхнем ($в$) и нижнем ($н$), - исходя из уравнения Пуассона для одномерного случая (для эксперимента выбирается достаточно протяжённая ровная площадка), подсчитывалась средняя для слоя плотность объёмного заряда ионов всех групп подвижностей:

$$\rho = -\epsilon_0 \frac{G_в - G_н}{h_в - h_н} \quad (1)$$

На рисунке (рис.1) в качестве примера представлены типичные временные вариации плотности объёмного заряда в нижней и верхней половинах исследуемого приземного слоя в нескольких пунктах наблюдений. Как видно из графиков, в значительные периоды времени в соседних слоях наблюдаются заряды противоположного знака. При этом численные значения плотности зарядов одновременно нарастают и убывают. Это свидетельствует о пульсациях процессов разделения зарядов в приземном слое атмосферы. Обращает на себя внимание тот факт, что особенно велики эти пульсации в пунктах Кашарского района (Платов, Талловеров) с высоким содержанием радона-222 в атмосфере и заметно слабее они проявляются на Цимлянском полигоне ИФА, где радона в атмосфере значительно меньше. Для выявления процессов, обуславливающих наблюдаемые вариации плотности объёмного заряда в приземном слое, предстоит исследовать, в каких условиях процессы разделения зарядов особенно интенсивны.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант 16-05-00930 А.

Список публикаций:

[1] Петров А.И., Петрова Г.Г., Панчишкина И.Н., Кудринская Т.В., Петров Н.А. // Известия высших учебных заведений, Сев.- Кав. рег., Естест. Науки. 2010. №3. Стр. 47-52.

Применимость закона Ома к электрическим процессам в атмосфере

Шевченко Анастасия Викторовна
Южный федеральный университет
Панчишкина Ирина Николаевна, к.ф.-м.н.
georgpu@rambler.ru

Электрические токи в атмосфере можно рассматривать как частный случай токов в газах. Несамостоятельный разряд в атмосфере называют током проводимости, коронный разряд – током с острий, искровой – током молний. Кроме того, заряд на землю может попадать благодаря осадкам и механическому переносу. До сих пор остается открытым вопрос о балансе токов в системе «атмосфера–земля», обсуждение которого необходимо в рамках развития теории существования Глобальной электрической цепи. Особый научный интерес представляют экспериментальные исследования вертикальных атмосферно-электрических токов различной природы вблизи земной поверхности, поскольку теоретическое описание процессов переноса заряда осложняется тесной взаимосвязью физических параметров в этом слое атмосферы, а также близостью границы раздела двух сред «атмосфера–земля». Влияние земной поверхности, являющейся электродом, на процессы, происходящие в ионизированной среде, в том числе на пространственное распределение электрических характеристик, называют в атмосферном электричестве «электродным эффектом». При анализе электрических процессов в атмосфере следует иметь в виду, что при протекании тока проводимости вблизи земной поверхности можно обнаружить нелинейные эффекты, обусловленные близостью электрода.

В настоящей работе рассматривается зависимость плотности тока проводимости в атмосфере вблизи земной поверхности от напряженности электрического поля. Ток проводимости вблизи земли j_λ в ненарушенных условиях определяется движением положительных ионов $j_{\lambda+}$ вдоль поля к земной поверхности и отрицательных ионов $j_{\lambda-}$ в обратном направлении:

$$j_\lambda = j_{\lambda+} + j_{\lambda-} \quad (1)$$

Для анализа выбраны данные измерений, полученные в пунктах, в которых в период экспедиций наблюдались высокие значения напряженности электрического поля. Плотность составляющих тока проводимости рассчитана по значениям полярных удельных электропроводностей воздуха λ_+ и λ_- и напряженности электрического поля E на соответствующей высоте:

$$j_{\lambda+} = \lambda_+ \cdot E, \quad j_{\lambda-} = \lambda_- \cdot E \quad (2)$$

Обнаружено, что при усилении электрического поля, направленного в ненарушенных условиях к земной поверхности, поток положительных ионов увеличивается пропорционально напряженности электрического поля. Ток отрицательных ионов линейно растет лишь при сравнительно низких напряженностях поля, затем его рост прекращается (рис. 1).

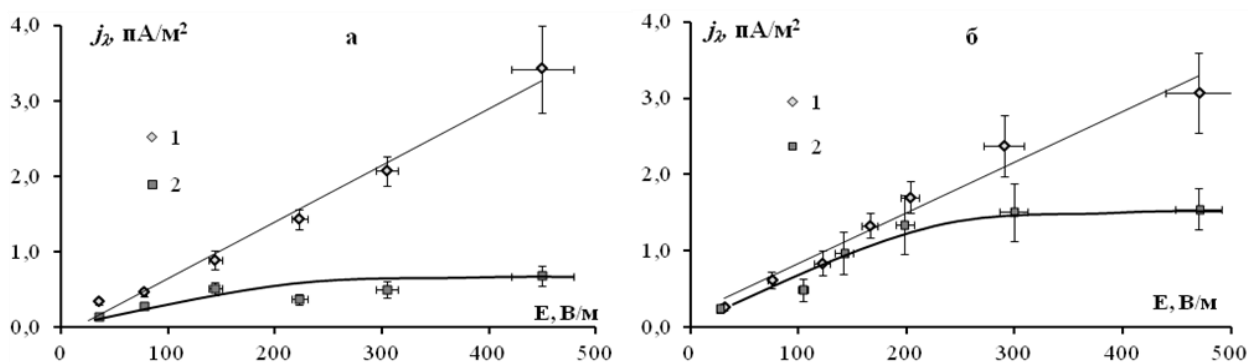


рис.1. Эмпирические ряды регрессии плотности полярных токов проводимости по напряженности электрического поля атмосферы на высоте 1,8 м (планками показана стандартная ошибка):

- а) Ростовская область (опытные поля ДЗНИИСХ, июль-август 1976 г., 147 часовых серий измерений),
б) г. Ростов-на-Дону (август 1981 г., 102 часовые серии измерений)

Это происходит в связи с тем, что положительные ионы, появляются вблизи земной поверхности не только за счет ионизации, они приносятся в этот слой из других более высоких слоев атмосферы. Количество отрицательных ионов, приносимых в этот слой из нижних слоев, ограничено. Возникает дефицит отрицательных ионов, их концентрация снижается, что приводит к уменьшению плотности тока ионов этой полярности. При изменении знака поля обнаруживается снижение концентрации положительных ионов.

На *рис. 2* представлены вариации напряженности электрического поля, положительной и отрицательной электропроводности вблизи земной поверхности в течение часа. Заметно, что отрицательная электропроводность при увеличении напряженности поля снижается, в то время как вариации положительной электропроводности не претерпевают сколько-нибудь заметных изменений.

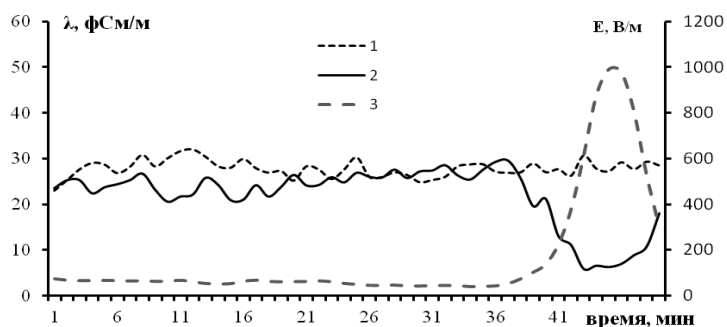


рис.2. Ряды динамики полярных электропроводностей и напряженности электрического поля атмосферы. пик Чегет, 11 августа 2010 г, 16 часов

1 – положительная электропроводность, 2 – отрицательная электропроводность, 3 – напряженность атмосферно-электрического поля,

Следует отметить, что в разных пунктах наблюдений (*рис. 1а,б*) различаются угол наклона омического участка и интервалы значений E , при которых перенос отрицательных ионов электрическим полем подчиняется закону Ома. Отличаются и значения плотности тока насыщения, что указывает на различия мощности ионизаторов воздуха в пунктах измерений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00930 - А.