

УДК 551.594.21

А.Х. Аджиев, Г.В. Куповых, Д.Д. Кулиев, С.Т. Казакова, Л.М. Малкандуева**СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ НАПРЯЖЕННОСТИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ АТМОСФЕРЫ И ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ**

В настоящее время недостаточно исследовано влияние локальных (туманы, осадки, грозы и др.) и глобальных (циклонические процессы, солнечно-земные связи и др.) факторов на суточные и сезонные вариации напряженности электрического поля атмосферы. Проведены синхронные регистрации электрического поля и характеристик грозы для выявления роли грозových явлений в суточных вариациях напряженности электрического поля. С помощью разработанного аппаратно-программного комплекса получены данные по измерениям напряженности электрического поля атмосферы приборами EFM550 в дни с грозами и без гроз и данные о молниевых разрядах грозопеленгационной сетью LS8000. Проведен сравнительный анализ полученных данных хода напряженности электрического поля и количества разрядов облако-земля и облако-облако, который показал хорошее согласие данных грозопеленгационной сети с суточными вариациями напряженности электрического поля атмосферы, в особенности для молниевых разрядов типа облако-земля. Сделан вывод о необходимости продолжения исследований для территории большего радиуса и с учетом наличия осадков.

Грозопеленгационная сеть; грозопеленгатор LS8000; измеритель напряженности электрического поля атмосферы; EFM550; электрическое поле; метеорологические явления; молниевые разряды.

A.KH. Adzhiev, G.V. Kupovykh, D.D. Kuliev, S.T. Kazakova, L.D. Malkandueva**JOINT ANALYSIS OF INTENSITY MODULATION FOR ATMOSPHERIC
ELECTRIC FIELD AND THUNDERSTORM ELECTROMAGNETIC
ACTIVITY**

Now the effect of local (fogs, precipitations, thunder-storms, etc.) and global (cyclonic processes, solar-terrestrial relationships, etc.) factors on diurnal and seasonal variations of the intensity modulation for atmospheric electric field is not adequately investigated. The simultaneous acquisition of electric field and thunder-storm characteristics is recorded to define the storm consequence in diurnal variations of electric field intensity. Involving an engineered hardware and software complex atmospheric electric field intensity statistics is received using the EFM550 devices on thunder days and days without thunderstorm, as well as lightning stroke data is received using the LS8000 lightning direction finding network. The comparative data analysis of the electric field intensity and return strokes and cloud-to-cloud discharges is performed resulting in good agreement between the lightning direction finding network data and diurnal variations of atmospheric electric field intensity for return strokes in particular. It is concluded that an extension study of larger area based on precipitations is required.

Lightning direction finding network; LS8000 lightning direction finder; atmospheric electric field meter; EFM550; electric field; meteorological phenomena; lightning discharges.

Введение. В атмосфере всегда присутствует вертикальное электрическое поле. При ясной погоде это поле обычно направлено к поверхности земли и его напряженность (градиент потенциала) составляет порядка 100 В/м. Вариации ее значений в течение суток обусловлены как глобальными, так и локальными факторами. Интерес к исследованиям механизмов возникновения вариаций значений напряженности электрического поля атмосферы обусловлен тем фактом, что они отражают одновременно процессы электризации при локальных явлениях погоды, а также функционирование глобальной атмосферно-электрической цепи. В на-

стоящее время недостаточно изучен вклад того или иного локального явления (туманы, осадки, грозы и др.) и глобального фактора (циклонические процессы, солнечно-земные связи и др.) в суточных и сезонных изменениях значений напряженности электрического поля атмосферы.

Суточный ход значения напряженности электрического поля атмосферы служит объектом разделения глобальных и локальных факторов атмосферного электричества. Поэтому он наиболее изучен из всех закономерностей атмосферного электричества [1, 2]. Наиболее значительные искажения в естественный ход напряженности поля атмосферы вносят грозовые процессы, связанные с генерацией объемного заряда в облаках, туманах и зонах осадков.

В ряде работ [1–3] отмечается, что при грозовых процессах имеет место значительный рост значений напряженности электрического поля по сравнению со значениями в ясную погоду. С целью более детального пространственно-временного анализа изменений электрического поля атмосферы в данной работе проведены совместные исследования суточных вариаций напряженности электрического поля атмосферы при грозах и параметров разрядов молний в зоне репрезентативной регистрации датчиками электрического поля.

В настоящей работе представлены к обсуждению результаты измерений напряженности электрического поля атмосферы при разрядах молний различных типов полярностей.

Методика измерений и состав аппаратуры. Методика измерений и состав аппаратуры выбирались с учетом возможности их работы без обслуживания длительное время, что позволяет собрать за короткий период времени достаточное количество измерений.

Для измерения напряженности электрического поля атмосферы при грозовых процессах был разработан аппаратно-программный комплекс, включающий в себя:

- ◆ измерители электрического поля атмосферы EFM550 фирмы Vaisala;
- ◆ грозорегистратор LS8000, также фирмы Vaisala;
- ◆ программное обеспечение для решения задач измерения, передачи и визуализации значений напряженности электрического поля атмосферы и параметров молниевых разрядов.

Аппаратно-программный комплекс EFM550 производит измерение значения напряженности электрического поля атмосферы с частотой 2 Гц, т.е. каждые 0,5 секунды. Максимальные и минимальные значения напряженности, которые может измерить EFM550, составляют $\pm 10\,000$ В/м [4]. Измеренные значения сохраняются на жестком диске компьютера. По этим данным можно изучать суточные и сезонные вариации напряженности электрического поля атмосферы с помощью программного обеспечения аппаратно-программного комплекса EFM550. На рис. 1 приведен суточный ход напряженности электрического поля атмосферы за 26.05.2013.

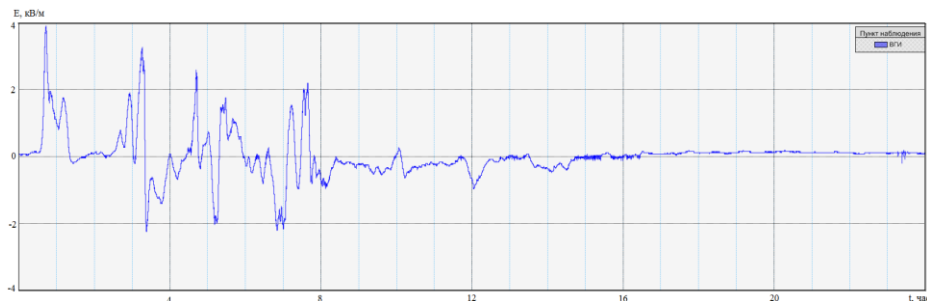


Рис. 1. Суточный ход напряженности электрического поля атмосферы за 26.05.2013

Для отслеживания вариации напряженности электрического поля атмосферы используется аппаратно-программный комплекс на основе измерителя напряженности электрического поля атмосферы EFM550 (Vaisala, Финляндия) [5], сенсор которого установлен на крыше здания ФГБУ «ВГИ» и имеет координаты: широта – $43,4694^\circ$, долгота – $43,5861^\circ$, высота над уровнем моря – 540 метров.

С целью выявления роли грозовых явлений в суточных вариациях напряженности поля атмосферы нами были проведены синхронные регистрации электрического поля и характеристик грозы.

Для определения местоположения и параметров молниевых разрядов в работе используется грозопеленгационная сеть LS8000, установленная на Северном Кавказе [3]. Она состоит из 4 грозопеленгаторов LS8000 и центрального пункта приема и обработки данных. Места нахождения грозопеленгаторов и центрального пункта приема и обработки данных представлены в табл. 1.

Таблица 1

Координаты грозопеленгаторов LS8000			
	Широта	Долгота	Высота, м
г. Черкесск	$44,2874^\circ$	$42,2404^\circ$	901
г. Зеленокумск	$44,4337^\circ$	$43,9036^\circ$	172
г. Ставрополь	$45,1136^\circ$	$42,1012^\circ$	483
пос. Кызбурун	$43,6787^\circ$	$43,4048^\circ$	747
Центральный пункт (ВГИ), г. Нальчик	$43,4694^\circ$	$43,5861^\circ$	540

Для совместного исследования данных грозопеленгатора LS8000 и измерителя напряженности электрического поля EFM550 был выбран участок территории радиусом 10 км, с центром в точке установки датчика EFM550 в г. Нальчик (на крыше здания ВГИ, широта $43,4694^\circ$, долгота $43,5861^\circ$) как показано на рис. 2.

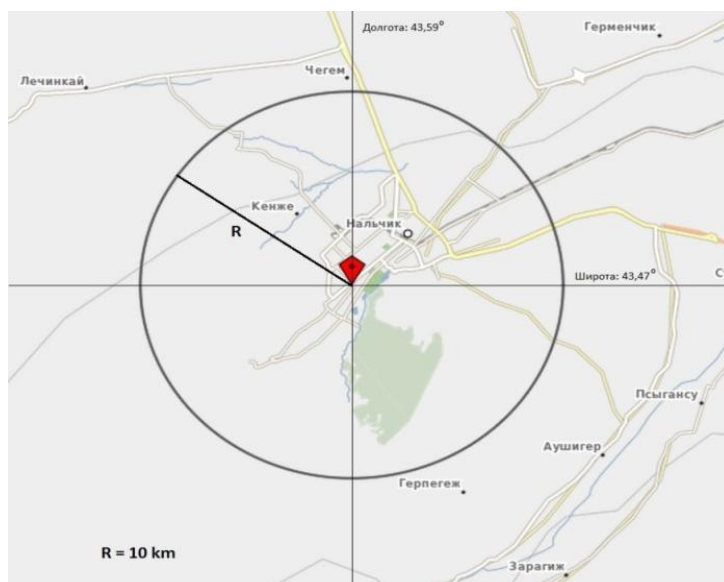


Рис. 2. Область совместного исследования данных LS8000 и EFM550

Результаты измерений и их анализ. Для анализа были выбраны дни как с грозами, так и без гроз, в заданной области по данным грозопеленгационной сети. Данные о молниевых разрядах для выбранных дней (за каждый час) приведены в табл. 2 («LF-» – молниевые разряды облако-земля, отрицательной полярности; «LF+» – молниевые разряды облако-земля, положительной полярности; «VHF» – молниевые разряды облако-облако).

С помощью системы измерителя электрического поля получен ход напряженности за эти дни и на них были наложены данные о количестве разрядов облако-земля и облако-облако, полученные при помощи грозопеленгатора LS8000 (табл. 2).

Таблица 2

Информация о количествах и типов разрядов молний в различные дни на территории регистрации электрического поля

Дата	06.05.2013			13.05.2013			16.05.2013			17.05.2013		
Время	LF-	LF+	VHF	LF-	LF+	VHF	LF-	LF+	VHF	LF-	LF+	VHF
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
00.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
03.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
04.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.00	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5
06.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
07.00	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4
08.00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	0	0	0	0	0	1	2	1	28	0	0	5
11.00	0	0	0	1	0	0	5	2	75	0	0	1
12.00	0	0	0	7	2	103	30	7	57	7	1	16
13.00	0	0	0	69	13	1373	0	0	0	1	0	0
14.00	2	0	5	0	0	39	0	0	0	0	0	3
15.00	16	4	291	0	0	7	0	0	0	10	1	436
16.00	12	4	107	0	0	0	0	0	0	18	11	55
17.00	0	0	252	0	0	0	0	0	0	5	1	31
18.00	0	0	9	0	0	0	0	0	0	8	0	1
19.00	0	0	20	0	0	0	0	0	0	39	13	496
20.00	0	0	11	0	0	0	0	0	0	22	4	141
21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
22.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего	30	8	700	77	15	1526	37	10	160	110	31	1224

На рис. 3–4 показаны совмещенные данные напряженности электрического поля атмосферы с данными количества молниевых разрядов для дней с грозами над выбранной территорией. На рисунках показаны графики значений напряженности электрического поля атмосферы (соответствующая ось с левой стороны). В виде гистограммных столбиков показано количество молниевых разрядов над выбранной территорией (соответствующая ось с правой стороны).

Всего за исследуемые дни (6, 13, 16 и 17 мая 2013 года) в зоне действия измерителя (территория ограничена окружностью радиусом 10 км в точке установки EFM 550) зарегистрировано около 3 928 разрядов. Из них «VHF» – 3610, «LF+» – 64, «LF-» – 254.

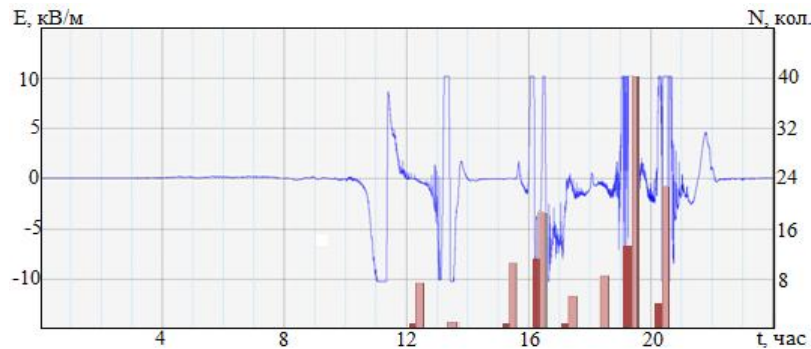


Рис. 3. Ход напряженности электрического поля и количество разрядов облако-земля от времени, за 17 мая 2013 года (— количество положительных разрядов, — количество отрицательных разрядов)

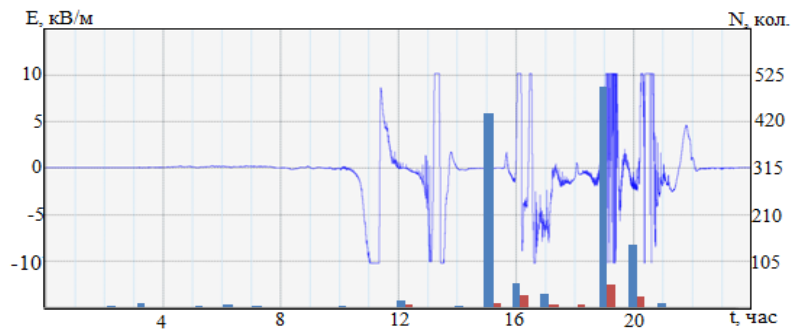


Рис. 4. Ход напряженности электрического поля и количество разрядов облако-облако и облако-земля (сумма положительных и отрицательных) от времени, за 17 мая 2013 года (— количество разрядов облако-облако, — количество разрядов облако-земля)

Реакцией напряженности поля на молниевые разряды являются резкие скачки от нормального значения $+130 \text{ В/м}$ до значений от -10 кВ/м до $+10 \text{ кВ/м}$ после каждого разряда. Из табл. 2 мы видим, что в момент резких скачков напряженности электрического поля атмосферы наблюдается грозовая активность.

Анализ полученных данных показывает:

1. Хорошее согласие данных грозопеленгационной сети LS8000 с данными измерителя напряженности электрического поля атмосферы EFM550, в особенности для молниевых разрядов облако-земля.
2. На рис. 4 можно заметить, что часть облачных молниевых разрядов EFM550 «не видит». Это можно объяснить двумя причинами:
 - ♦ облачный разряд настолько слабый и на таком расстоянии, что до EFM550 доходит слишком слабое возмущение электрического поля, ниже порога чувствительности датчика;
 - ♦ облачный разряд был направлен горизонтально, поэтому направление вектора напряженности электрического поля в облаке перед этим разрядом было горизонтальным. А измеритель поля EFM550 замеряет вертикальную составляющую напряженности электрического поля атмосферы.

3. На рис. 4 видно, что после грозы напряженность электрического поля продолжает меняться в большом диапазоне. Это тоже можно объяснить несколькими причинами:

- ◆ выпадением осадков в районе установки измерителя напряженности электрического поля атмосферы. Так как частицы осадков могут иметь различные заряды разных знаков, это может влиять на показания измерителя напряженности;
- ◆ для наблюдений нами была выбрана территория радиусом 10 км, а на напряженность поля могли оказывать влияние грозы, происходящие за пределами данной территории.

В заключение необходимо отметить, что исследования будут продолжены для увеличенного радиуса выбранной территории и с учетом наличия осадков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Имянитов И.М., Чубрина Е.В.* Электричество свободной атмосферы. – Л.: Гидрометиздат, 1965. – 240 с.
2. *Имянитов И.М., Шифрин Н.С.* Современное состояние исследований атмосферного электричества // Успехи физических наук. – 1962. – Т. LXXVI. – Вып. 4. – С. 593-642.
3. *Аджиев А.Х., Тапасханов В.О., Стасенко В.Н.* Система грозопеленгации на Северном Кавказе // Метеорология и гидрология. – 2013. – № 1. – С. 5-11.
4. Измеритель электрического поля EFM550 / Руководство пользователя <http://www.vaisala.com>.2004.
5. *Аджиев А.Х., Кулиев Д.Д., Абшаев А.М., Болгов Ю.В., Машиков Х.Х.* Программно-аппаратный комплекс мониторинга электрической напряженности приземного слоя атмосферы // Известия КБНЦ РАН. – 2013. – № 2 (52). – С. 49-56.

REFERENCES

1. *Imyanitov I.M., Chubrina E.V.* Elektrichestvo svobodnoy atmosfery [Electricity free atmosphere]. Leningrad: Gidrometizdat, 1965, 240 p.
2. *Imyanitov I.M., Shifrin N.S.* Sovremennoe sostoyanie issledovaniy atmosfernogo elektrichestva [Current status of studies of atmospheric electricity], *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Advances in physical Sciences], 1962, Vol. LXXVI, Issue 4, pp. 593-642.
3. *Adzhiev A.Kh., Tapaskhanov V.O., Stasenko V.N.* Sistema grozopelengatsii na Severnom Kavkaze [System Prosopalgia in the North Caucasus], *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], 2013, No. 1, pp. 5-11.
4. Izmeritel' elektricheskogo polya EFM550 [Meter EFM550 electric field], Rukovodstvo pol'zovatelya. Available at: <http://www.vaisala.com>.2004.
5. *Adzhiev A.Kh., Kuliev D.D., Abshaev A.M., Bolgov Yu.V., Mashukov Kh.Kh.* Programmo-apparatnyy kompleks monitoringa elektricheskoy napryazhennosti prizemnogo sloya atmosfery [Hardware-software complex monitoring of electrical tension of the surface layer of the atmosphere], *Izvestiya KBNTs RAN* [Journal Kabardino-Balkar Scientific Centre RAS], 2013, No. 2 (52), pp. 49-56.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Л.П. Милешко.

Аджиев Анатолий Хабасович – Высокогорный геофизический институт; e-mail: vgikbr@yandex.ru; 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 2; тел.: 88662471419, факс: 88662402484; д.ф.-м.н.; профессор; зав. отделом стихийных явлений.

Кулиев Далхат Даниялович – e-mail: vgikbr@yandex.ru; с.н.с. отдела стихийных явлений.

Казакова Саня Тахировна – e-mail: saniya_07@mail.ru; аспирантка.

Малкандуева Лианна Мухадиновна – e-mail: lmalkandu@mail.ru; соискатель.

Куповых Геннадий Владимирович – Южный федеральный университет; e-mail: kupovukh@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634271636; факс: 88634371705; кафедра высшей математики; зав. кафедрой; д.ф.-м.н.; профессор.

Adzhiev Anatoli Khabasovich – High-mountain Geophysical Institute; e-mail: vgikbr@yandex.ru; 2, Lenin's avenue, Nalchik, 360030, KBR; phone: +78662471419, fax: +78662402484; dr. of phys.-math. sc.; professor; the head of natural phenomena department.

Kuliev Dalkhat Daniyalovich – e-mail: vgikbr@yandex.ru; senior staff scientist of natural phenomena department.

Kazakova Saniya Takhirovna – e-mail: saniya_07@mail.ru; postgraduate student.

Malkandueva Lianna Muhadinovna – e-mail: lmalkandu@mail.ru; competitor.

Kupovykh Gennady Vladimirovich – Southern Federal University; e-mail: kupovykh@sfedu.ru; 44, Nekrasovsky street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634271636, fax: +78634371705; the department of higher mathematics; head of department; dr. of phys.-math. sc.; professor.

УДК 628:661

Е.А. Бухарова, Е.А. Татаринцева, Л.Н. Ольшанская

ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЕНТА ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для достижения цели обеспечения экологической безопасности необходимо решить задачи, среди которых предупреждение загрязнения водных ресурсов и сокращение объемов накопления отходов наиболее актуальны. Эффективные и доступные сорбенты можно изготавливать из вторичных полимеров, что позволит решить две задачи: очистку воды и утилизацию отходов. В связи с этим актуальной является задача создания новых дешевых сорбционных материалов на основе отходов пластмасс для защиты гидросферы. Целью работы является исследование сорбционных свойств материала из отходов полиэтилентерефталата, применение которого возможно на предприятиях для очистки сточных вод от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов. В результате проведенной работы изучены сорбционные свойства материала на основе вторичного полиэтилентерефталата. Установлено, что сорбент обладает высокой эффективностью очистки воды от нефтепродуктов (99 %) и ионов тяжелых металлов в сточных водах ($Cu^{2+} = 80\%$, $Pb^{2+} = 78\%$), что позволяет нам рекомендовать его в качестве сорбционного материала для очистки сточных вод.

Отходы термопластов; утилизация отходов; сорбция; сорбционные материалы; очистка вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов.

E.A. Bukharova, E.A. Tatarintseva, L.N. Olshanskaja

THE APPLICATION OF SORBENTS FROM THERMOPLASTIC WASTES TO PROVIDE ECOLOGICAL SAFETY OF WATER BODIES

It is necessary to solve the most actual problems for succeeding in ensuring of ecological safety, including the prevention of pollution of water resources and the volume reduce of waste accumulation. Efficient and low-cost sorbents can be produced from recyclable polymers. It can help to solve two problems: the water purification and the recycling of wastes. Because of it the most actual problem is to make new low-cost materials from recyclable plastics to protect the hydrosphere. The aim of the work is to study the sorption properties of the material from the PET wastes, which may be used on a factory of wastewater purification from oil products and heavy metal ions. As a result of the work the sorption properties of the material based on recycled PET were studied. It was found out that the sorbent has a high performance of water purification from oil products (99%) and heavy metal ions ($Cu^{2+} = 80\%$, $Pb^{2+} = 78\%$). So we can recommend it as a sorption material for wastewater purification.

Thermoplastic wastes; recycling, sorption; sorption materials; wastewater purification from oil products and heavy metals.