



УДК 551.594

Влияние близости берегов на электрические характеристики атмосферы над океанами

Ю. В. Шаманский (suv@home.isu.ru)

Аннотация. Анализируются результаты регистрации напряженности электрического поля атмосферы и электрической проводимости воздуха, полученные автором в период двух морских экспедиций на судне, с целью влияния берегов на электрические характеристики атмосферы. Показано, что электрическое поле и электропроводность воздуха существенно различны в открытых частях океанов и у берегов. У берегов за счет аэрозольного загрязнения электропроводность заметно снижается, напряженность электрического поля возрастает.

Ключевые слова: электрическое поле атмосферы, электрическая проводимость воздуха.

Введение

Первые данные по измерениям напряженности электрического поля на океанах были получены институтом Карнеги в 20-х гг. прошлого столетия. При этом было обнаружено, что на всех океанах электрическое поле изменяется синхронно в суточном ходе: максимум приходится на 19–20, а минимум на 4–6 ч гринвичского времени. Затем в 1959 г. проводилась 4-месячная экспедиция Мюлейзенем в Атлантическом океане [4]. На океанах влияние локальных факторов на ход атмосферно-электрических характеристик менее значимо, чем на континенте. Вариации атмосферного электричества тесно связаны с метеорологическими элементами, загрязнением атмосферы и являются отражением глобальных процессов.

Атмосферно-электрические характеристики очень «чувствительны» к некоторым метеорологическим явлениям и аэрозольному загрязнению атмосферы. Это влияние обусловлено изменением проводимости воздуха и тем, что многие выбросы в атмосферу, представляют объёмный электрический заряд. Электропроводность воздуха определяется действием ионизаторов и скоростью диссипации ионов. К аэрозольным частицам присоединяются лёгкие ионы, образуя тяжёлые малоподвижные комплексы, и проводимость при этом снижается. Известно: над океанами число частиц размером до 0,2 мкм составляет $(3-5)10^{-3} \text{ м}^{-3}$, а в городах достигает $(1-10)10 \text{ м}^{-3}$ [1]. Перенос пыли с континента в районе пустынь может снизить видимость за сотни километров от пыльных бурь. Так, например, в марте 2009 г. аэропорт Гонконга был закрыт из-за плохой видимости от пыльной бури в Китае. Электропроводность воздуха на сети станций снизилась в

последние десятилетия из-за антропогенного загрязнения. В годы испытаний ядерного оружия на некоторых станциях, даже расположенных далеко от мест проведения взрывов, электрическая проводимость воздуха возрастала, а напряжённость электрического поля снижалась.

Методика измерений и обработки

Регистрация напряжённости электрического поля E проводилась в период экспедиционных рейсов на НИС «Изумруд» в 1974 и 1979 г. Первая экспедиция проходила из Севастополя через Средиземное море, Атлантический океан и Индийский океан до Сингапура и обратно. Вторая экспедиция проходила через Суэцкий канал в Индийский океан и обратно. Регистрация E на судне осуществлялась при помощи электростатического флюксметра, установленного на высоте 11 м на ходовом мостике. Там же был установлен аспирационный конденсатор. Искажения электрического поля оснасткой судна и возвышением над уровнем моря учитывались введением редуцирующего множителя. Регистрация E велась непрерывно самописцем в течение 186 суток каждого рейса. Регистрация электропроводности λ проводилась в течение 186 суток второго рейса. Установка приборов на ходовом мостике судна исключала многие помехи, в том числе не происходило забрызгивание приборов при штормах. Порог чувствительности прибора для измерения E составлял 5 В м^{-1} . Инерционность вместе с самописцем – 0,2 с. Аспирационный конденсатор имел внешнюю собирающую обкладку и внутреннюю потенциальную. Такая конструкция сводила к минимуму аэрозольное загрязнение, уменьшался краевой эффект и легче защищались изоляторы от брызг и солевых аэрозолей, так как исследуемый воздух входит в полость конденсатора после изолятора. Предельная подвижность улавливаемых прибором ионов составляла $0,55 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$. Регистрация тока в конденсаторе велась при помощи электрометрического усилителя. Чередование смены знаков улавливаемых ионов проводилась через сутки. Обработка записей на самописце велась по значениям электрического тока в конденсаторе с последующим пересчётом в значения проводимости. Приборы постоянно калибровались и проверялась устойчивость нулевых показаний.

Наряду с регистрацией электрических характеристик проводилась регистрация всех основных метеорологических величин: температура воды и воздуха, относительная влажность, скорость и направление кажущегося ветра, облачность и суммарная солнечная радиация. Регистрация кажущегося ветра позволяла исключать случаи, когда дым выхлопных газов двигателей был направлен в сторону приборов. При движении судна и на якорных стоянках выхлопные газы, представляющие положительный объёмный заряд, не попадали в место установки приборов. Морская вода в период волнений создаёт аэрозоли, но в тропической части океанов, где проходили маршруты экспедиций, поступление аэрозолей в атмосферу незначительно из-за слабых ветров по сравнению с высокоширотными районами.

Обработка записей напряжённости электрического поля E , электрической проводимости воздуха λ и метеорологических данных двух экспедиций в Атлантическом и Индийском океанах состояла в определении среднечасовых и среднесуточных значений всех величин. Из результатов обработки были выделены значения, относящиеся к открытой части океанов и стоянок в портах, у островов и проходах в проливах. Ежечасные значения E и λ с указанием координат судна и метеорологических условий опубликованы в Международном центре данных по атмосферному электричеству [3].

Обсуждение результатов регистрации электропроводности воздуха

Электропроводность воздуха над Индийским океаном составляет в среднем величину, равную 28 фСм м^{-1} ($28 \cdot 10^{-15} \text{ См м}^{-1}$), что достаточно удовлетворительно согласуется с теоретическими значениями, приводимыми, например, в монографии Дж. Чалмерса [4]. Среднее значение положительной электропроводности в 1,2 раза больше, чем отрицательной, то есть отношение λ_+ / λ_- имеет примерно то же значение, что и на континентальных станциях. Электропроводность воздуха в зоне Индийского океана меняется в широких пределах. Ее наименьшие значения наблюдались у о. Шри-Ланка – $11,8 \text{ фСм м}^{-1}$; Сингапура – $14,7$; Момбасы – $14,0$; в Красном море – 15 фСм м^{-1} . Наибольших значений она достигала в открытых частях океана с координатами:

2–3° ю. ш., 49–40° в. д. – $35,3 \text{ фСм м}^{-1}$

5–19° ю. ш., 40–56° в. д. – $48,0 \text{ фСм м}^{-1}$

18–10° ю. ш., 54–61° в. д. – $39,6 \text{ фСм м}^{-1}$

6–4° с. ш., 98–91° в. д. – $37,0 \text{ фСм м}^{-1}$

Из приведенных результатов видно, что электропроводность воздуха в среднем в 2–3 раза выше в открытом океане, чем вблизи берегов. Возможно, это обусловлено антропогенными источниками, базирующимися на суше или у берегов.

На рисунке приведены распределения среднесуточных значений λ без разделения на положительную и отрицательную проводимость. Средние значения выборки для открытого океана и берегов соответственно равны: $28,2$ и $18,6 \text{ фСм м}^{-1}$, а среднеквадратические отклонения $11,0$ и $9,2 \text{ фСм м}^{-1}$.

В работе [5] приводятся данные по электропроводности λ для Красного моря – 18 фСм м^{-1} . Согласно нашим измерениям $\lambda = 15 \text{ фСм м}^{-1}$, т. е. результаты близки между собой.

Обсуждение результатов регистрации напряжённости электрического поля

Электрическое поле атмосферы более изменчиво по сравнению с проводимостью воздуха: имеет более ярко выраженные суточный, годовой и широтный ход, а также в большей мере зависит от метеорологических ус-

ловий и действия глобальных факторов. Ранее нами были опубликованы основные результаты измерений электрического поля [2]. Там же показаны некоторые связи между E и метеорологическими элементами. На океанах суточный ход метеорологических величин почти отсутствует. Междусуточные изменения в тропической части океанов также малы, однако электрическое поле довольно значительно изменяется как в короткопериодных, так и междусуточных значениях. В некоторые дни напряженность поля без видимых причин может значительно изменяться. На континентальных станциях такие изменения объясняют локальными метеоусловиями, которые влияют на изменения электрической проводимости и электрических зарядов в атмосфере.

Проведён корреляционный и кросскорреляционный анализы среднесуточных значений E с метеорологическими величинами (разность температуры воды и воздуха, упругостью водяного пара, скоростью и направлением ветра и облачностью), а также с глобальным индексом циркуляции атмосферы Блиновой для высоте 500 гПа. Наиболее тесная корреляционная связь среднесуточных значений E отмечается с числом грозových разрядов, регистрируемых счетчиками молний большого радиуса обнаружения ($r = 0,7$). Физически объяснить зависимость можно тем, что грозové облака поляризованы, и силовые линии верхнего положительного заряда замыкаются на поверхности океана на большем расстоянии от облака, тем самым увеличивая напряженность E электрического поля в точке наблюдения. Зависимость между E и разностью температуры воды и воздуха проявляется в уменьшении средних значений E с увеличением разности температур, что объясняется усилением конвекции, способствующей очищению нижних слоев воздуха, а следовательно, увеличению электропроводности, и в соответствии с законом Ома уменьшению E . Корреляция E и упругости водяного пара отрицательна ($-0,5$) и объясняется уменьшением электрической проводимости воздуха. Электрическая проводимость воздуха, как известно, во влажном воздухе снижается из-за уменьшения концентрации лёгких, подвижных ионов, определяющих λ . Усиление ветра приводит к снижению E . Одной из проблем атмосферного электричества является поступление электрических зарядов при испарении воды. Лабораторные исследования противоречивы. Экспедиционные наблюдения дают корреляционную связь ($-0,5$) E со скоростью испарения, рассчитанной по формуле Шулейкина, куда входят модуль скорости ветра, влажность воздуха и разность температур поверхности воды и воздуха. Физическое объяснение этой зависимости затруднено. Возможно, это связано с комплексом величин, входящих в формулу Шулейкина. Считая, что электрическое поле, измеренное над океанами, отражает глобальные метеорологические процессы, была проведена корреляция E со среднесуточным индексом циркуляции атмосферы для высоты 500 гПа она составляет 0,4.

Представляется, что электрические поля могут изменяться вблизи материков вследствие выноса частиц пыли с твердой поверхности земли, либо под действием антропогенных выбросов. При портовых стоянках воз-

можно поступление объемных зарядов от промышленных объектов и двигателей судов. Однако при нахождении судна у материков и у островов отмечались как повышенные, так и пониженные по сравнению со средним значения E . Отчасти различие можно объяснить тем, что у берегов развитие конвективной облачности и гроз более вероятно, чем в открытом океане.

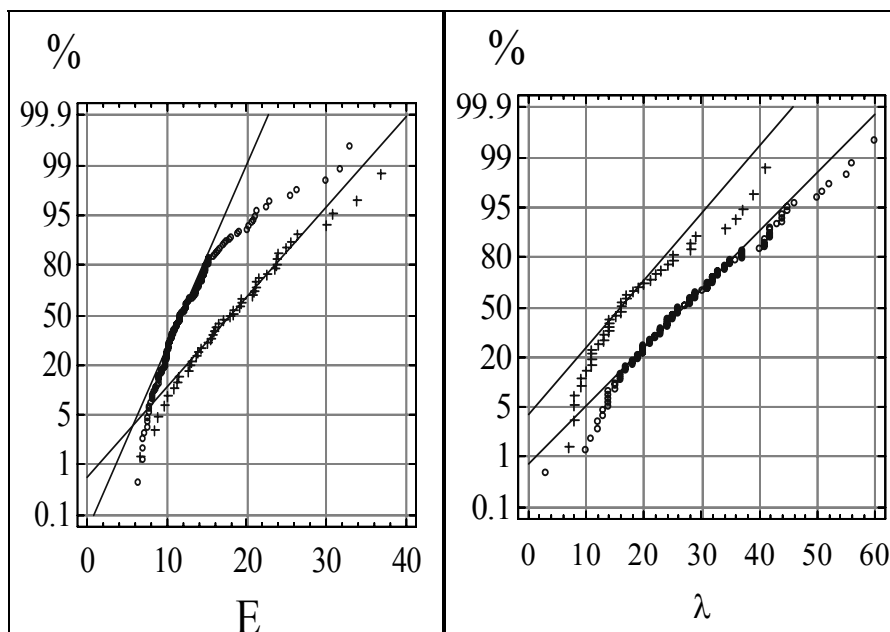


Рис. Распределения среднесуточных значений E и λ
(\circ – океан, $+$ – вблизи побережий. Ось λ , фСм m^{-1} ; E , дВ m^{-1})

В 1974 г. повышенные значения E наблюдались: в Средиземном море, в Северной Атлантике (вдоль побережья Северной Африки), в Мозамбикском проливе, в Индийском океане (у берегов Африки), на стоянках в порту Сингапура, у о. Маврикий, в порту Лас-Пальмас; в 1979 г. в Средиземном море, в Суэцком канале, у о. Маврикий, вблизи о. Мадагаскар, у о. Шри-Ланка, о. Пинанг (Малаккский пролив), на стоянке в порту Сингапур.

В 1974 г. пониженные значения электрического поля наблюдались: на стоянке в Момбасе (Кения), у о. Сокотра, в Бомбее; в 1979 г. на стоянке в Момбасе, у Сейшельских островов, в Мадрасе.

В открытых частях Индийского океана, удалённых от материков на значительные расстояния, напряжённость электрического поля колебалась от 10 до 15 дВ m^{-1} и в среднем составляла значение 12 дВ m^{-1} .

Распределение всех среднесуточных значений E для открытого океана и вблизи берегов представлено на рисунке. Распределения существенно различаются. Различаются и параметры распределения. Средние значения для океана и берегов соответственно равны: 13 и 18,4 дВ m^{-1} , а среднеквадратические отклонения 4,8 и 6,8. Распределение для океана более асимметрично. Коэффициенты асимметрии соответственно: 1,7 и 0,6.

Заключение

Средние значения E и λ , как и другие статистические характеристики распределения среднесуточных значений, в открытой части океанов отличаются от прибрежных, указывая на то, что λ увеличивается с удалением от побережий, а E уменьшается. Эта зависимость может указывать на большее поступление аэрозольных частиц от прибрежных районов. Метеорологические факторы, такие как температура воды и воздуха, ветер и упругость водяного пара, измеряемые на судне и оказывающие влияние на E и λ , по нашим наблюдениям, в тропической зоне не зависят от близости к берегам. Исключение составляет облачность. Над берегом балл облачности больше из-за более развитой конвекции.

Список литературы

1. Атмосфера : справочник. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 509 с.
2. Колоколов В. П. Электричество хорошей погоды над океанами / В. П. Колоколов, Ю. В. Шаманский // Тр. ГГО. – 1977. – Вып. 350. – С. 121–125.
3. Результаты наземных наблюдений за атмосферным электричеством. Мировая сеть. Ноябрь 1978 г. – Л. : ГГО, 1980. – С. 30–39.
4. Чалмерс Дж. Атмосферное электричество / Дж. Чалмерс. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 421 с.
5. Cobb W. E. The electrical conductivity of oceanic air and its correlation to global atmospheric pollution / W. E. Cobb, H. J. Wells // J. Atm. Sci. – 1970. – Vol. 27, N 5. – P. 814–819.

Influence of affinity of coast on the electrical characteristics of an atmosphere above oceans

U. V. Shamansky

Abstract. The results of registration of intensity of an electrical field of an atmosphere and electrical conductivity of air received by the author the period of two sea expeditions on a vessel are analyzed, with the purpose of influence of coast on the electrical characteristics of the atmosphere. It is shown, that an electrical field and atmosphere of air are much various in open parts of oceans and at coast. At coast at the expense of aerosol pollution electro conductivity is appreciably reduced, atmospheric electric field potential of an electrical field grows.

Key words: electrical field and electrical conductivity

*Шаманский Юрий Васильевич
кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-94*