



УДК 551.594

Пространственно-временные изменения электрического поля атмосферы вблизи побережья оз. Байкал

Ю. В. Шаманский (suv@home.isu.ru)

Аннотация. В течение года в районе пос. Листвянка проводилась регистрация напряжённости электрического поля атмосферы и ряда метеорологических характеристик. Регистрация проводилась синхронно в нескольких пунктах: на высоте 220 м над уровнем озера, в глубоко врезанной долине на расстоянии 2 км от первого пункта и на льду озера с удалением от берега 5 км. В летние месяцы суточные вариации электрического поля различаются в разных пунктах. Различия вариаций зависят от метеорологических условий. Суточный ход электрического поля связан со временем года и существенно изменяется после замерзания озера. После ледостава исчез вторичный максимум, характерный для континентальных условий и суточный ход стал более похожим на глобальную вариацию с максимумом в 19–20 ч гринвичского времени и минимумом в утренние часы.

Ключевые слова: электрическое поле атмосферы.

Введение

С момента начала исследований в области атмосферного электричества обозначилась одна из главных проблем – происхождение электрического поля атмосферы. Многие работы были направлены на изучение роли в формировании электрического поля глобальных и локальных факторов, которые были опубликованы в многочисленных статьях и монографиях (см., например, [1]). Наибольший интерес для исследований, на наш взгляд, представляет изучение вклада локальных факторов в электрическое поле атмосферы. Аргументом этого утверждения является их большое разнообразие и региональность. Некоторые аспекты этих работ имеют не только научное, но и практическое приложение, связанное с мониторингом загрязнения атмосферы [2, 3, 4].

Основной целью работы является изучение влияния таких факторов, как формы рельефа на вариации различного временного масштаба напряжённости электрического поля атмосферы в районе оз. Байкал в отсутствии источников загрязнения атмосферы. Эти исследования являются продолжением работ [2, 3].

Методика измерений

В течение 2005 г. в районе пос. Листвянка проводились измерения напряжённости электрического поля атмосферы и ряда метеорологических

характеристик, регистрируемых ультразвуковой метеостанцией (разработка ИАО СО РАН). Измерения проводилась синхронно в трёх пунктах. Первый основной пункт располагался на высоте 220 м над уровнем озера на территории Байкальской астрофизической обсерватории (БАО). Второй пункт располагался в долине на расстоянии 2 км от первого пункта и 200 м от уреза воды. Синхронные наблюдения проводились в течение сентября. Третий пункт был организован на льду озера с удалением от берега 5 км, где синхронно с первым пунктом наблюдения проводились в январе–марте 2006 г. Для исследования влияния подстилающей поверхности на вариации электрического поля в основном пункте были организованы измерения напряжённости электрического поля на высоте 26 м от поверхности земли (купол солнечного телескопа). В первом пункте у поверхности земли запись напряжённости электрического поля проводилась непрерывно с августа 2005 г. до августа 2006 г. Для регистрации применялись два однотипных электростатических флюксметра (конструкции ГГО) с фиксацией на цифровые регистраторы с интервалом 10 мин. Синхронно с электрическим полем записывались основные метеорологические величины и суммарная солнечная радиация. В период наблюдений периодически проводилась градуировка флюксметров и проверка нулевых показаний.

Анализ предварительных результатов наблюдений

Ход среднемесячных значений напряжённости электрического поля в первом пункте (рис. 1) указывает на обычный годовой ход для северного полушария – с максимумом в зимние месяцы [1]. Так, в декабре–феврале среднемесячные значения напряжённости поля соответственно составили: 197 ± 70 , 194 ± 68 и 187 ± 60 В/м. В осенние месяцы в среднем 160–170 В/м. В весенние месяцы 150–160 В/м. В настоящей работе мы не разделяем, как это было принято в ГГО им. А. И. Воейкова, на «нормальные» (т. е. ненарушенные метеорологическими явлениями) и «все» значения напряжённости поля, а используем все данные.

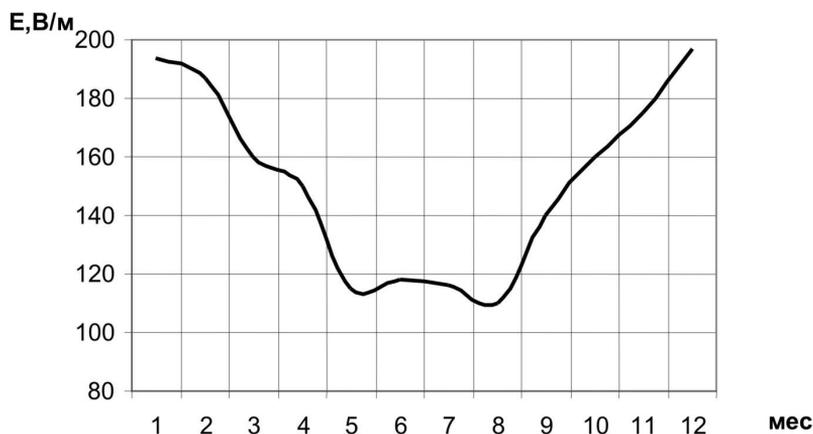


Рис. 1. Годовой ход напряжённости электрического поля

Осреднённые за весь период наблюдений суточные вариации электрического поля в первом пункте представлены на рис. 2 по гринвичскому времени. Суточные изменения напряжённости электрического поля в осенние и весенние месяцы очень похожи друг на друга и в целом являются типичными для континентальных условий [1]. Бимодальная кривая, у которой основной максимум совпадает с глобальной вариацией электрического поля, а второй максимум связан с местным временем. Максимум после полудня объясняется изменением проводимости воздуха в приземном слое и перемещением объёмного электрического заряда по высоте вследствие увеличивающегося турбулентного обмена. В зимние месяцы на кривой суточного хода вторичный максимум появляется в ранние утренние часы по местному времени. Замечено, что после замерзания озера вторичный максимум смещается к основному и кривая суточного хода более похожа на глобальную вариацию электрического поля (январь–март). Время наступления максимума приходится на 18–19 ч по гринвичскому времени и минимума – на утренние часы.

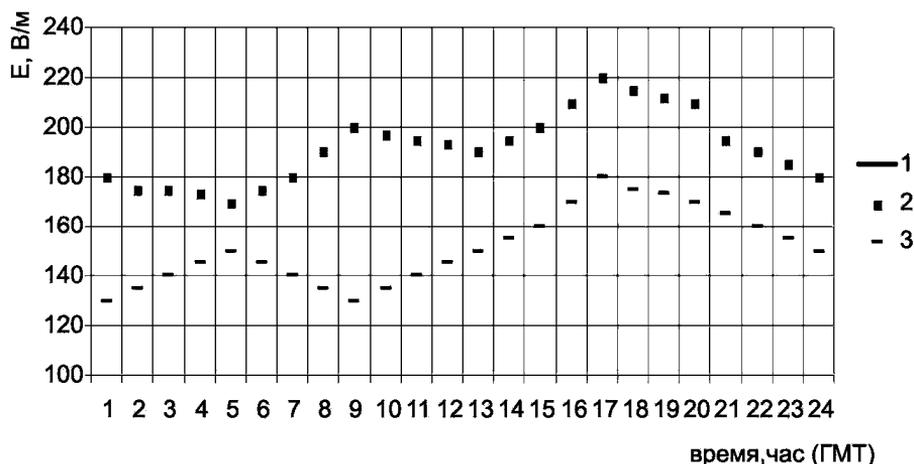


Рис. 2. Суточные вариации напряжённости электрического поля в различные сезоны года: 1 – осень; 2 – зима; 3 – весна

В течение сентября нами проводились синхронные измерения электрического поля в первом и во втором пунктах. На рис. 3 приведён фрагмент записи за 180 ч совместной регистрации в условиях устойчивой малооблачной погоды. Для сравнительного анализа значения напряжённости электрического поля нормированы на среднюю величину. Это позволяет в некоторой степени исключить влияние окружающих объектов, искажающих ход эквипотенциальных поверхностей, на абсолютные значения электрического поля. В данном случае пункт измерений располагался в глубоко врезанной долине. Как видно из рис. 3, связь между вариациями среднечасовых значений в условиях хорошей погоды достаточно низкая. Коэффициент корреляции составляет 0,4. Положительная и значимая кросскорреляционная функция достигает нулевых значений через 7 ч. В

периоды нарушенной погоды (низкая сплошная облачность и осадки) корреляция вариаций E в долине и БАО увеличивается, и моменты переходов в область отрицательных значений совпадают.

Осреднённый за месяц суточный ход E (табл. 1) во втором пункте достаточно простой и отличается от первого пункта. Максимум приходится на 15–16 ч местного времени (около 7 ч по Гринвичу) и минимумом около 10 ч местного времени. Амплитуда суточного хода достаточно большая – около 30 %. Такое различие в вариациях пока трудно объяснить.

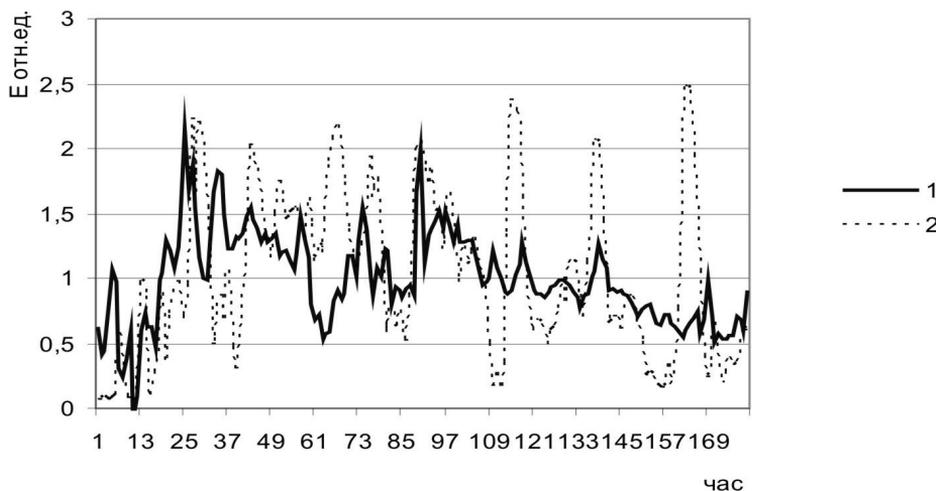


Рис. 3. Фрагмент записи E : 1 – на БАО, 2 – в долине

Интересно отметить, что в ясные дни рост электрического поля в утренние часы происходит по мере освещения дна долины солнцем. К вечерним часам солнце закрывается другим склоном и начинается быстрое падение напряжённости поля. Для объяснения требуются дополнительные исследования и измерения концентрации ионов.

Таблица 1

Суточный ход E в долине

Час, ГМТ	1–2	3–4	5–6	7–8	9–10	11–12	13–14	15–16	17–18	19–20	21–22	23–24
$E, \%$	48	45	38	39	44	51	64	73	69	52	50	56

В январе–марте синхронные наблюдения проводились на основном пункте и на льду оз. Байкал на расстоянии 5 км от берега. Осреднённый суточный ход на льду совпадает для этого периода с ходом на основном пункте и похож на глобальную вариацию с амплитудой суточного хода около 40 % (табл. 2.)

Таблица 2

Суточный ход E на льду озера

Час, ГМТ	1–2	3–4	5–6	7–8	9–10	11–12	13–14	15–16	17–18	19–20	21–22	23–24
E , %	85	82	80	97	108	93	100	105	126	128	110	90

Среднечасовые значения напряжённости поля в двух пунктах коррелируют с коэффициентом 0,5. Проявление глобальной вариации электрического поля на льду озера говорит об уменьшении влияния локальных факторов, во-первых, связанных с суточным ходом электрической проводимости воздуха. Известно [1], что в зимние месяцы из-за промерзания почвы и снежного покрова уменьшается выход ионизирующих газов, особенно на акватории озера. И, во-вторых, в зимние месяцы условия обмена (главным образом конвективного) в суточном ходе незначительны.

Анализ взаимосвязи напряжённости электрического поля и метеорологических величин в третьем пункте указывает на хотя и низкую, но значимую обратную связь среднечасовых значений напряжённости поля с парциальным давлением водяного пара и скоростью ветра (коэффициенты корреляции составляют $-0,3$). При ветрах северного и юго-восточного направления среднечасовые значения напряжённости поля возрастают приблизительно на 10 % по сравнению с направлениями других румбов. Зависимость E от направления ветра можно объяснить как изменением погодных условий, так и переносом антропогенных выбросов в атмосфере. С северными румбами перенос происходит от Иркутска. Связь E со скоростью ветра может быть обусловлена как процессами перемешивания воздуха, изменением проводимости и объёмных зарядов по высоте, так и процессами электризации при переносе снега.

В мае–июне в основном пункте был установлен дополнительный флюксметр на купол телескопа на высоте 26 м от поверхности земли. Основной целью этого эксперимента являлось исследование влияния подстилающей поверхности на электрическое поле атмосферы. В данном случае имеется в виду возможное влияние приземного объёмного электрического заряда. Анализ результатов совместной регистрации указывает на их существенное различие в короткопериодных вариациях. Для электрического поля, измеряемого на 26 м, характерны копьевидные выбросы в сторону возрастающих положительных значений. При осреднении до часовых и среднесуточных значений различия в вариациях сглаживаются. Так как телескоп оказывает влияние на ход изопотенциальных поверхностей (эффект острия), то сравнивались относительные величины. В данном случае сравнение напряжённости электрического поля в абсолютных величинах будет не корректно.

На рис. 4 приведён фрагмент записи среднечасовых значений в течение около 100 ч на высоте 26 м и поверхности земли. Коэффициент корреляции между значениями напряжённости электрического поля, измерен-

ными на этих высотах, равен 0,5. Изменчивость напряжённости поля, оцениваемая коэффициентами вариации, рассчитанными для средних значений за 10-минутные интервалы, соответственно равна 0,86 и 0,83. Это свидетельствует о том, что влияние турбулентного перемешивания, являющегося основной причиной колебаний напряжённости электрического поля такого временного масштаба, прослеживается, по крайней мере, до высот порядка 30 м. Для среднечасовых значений в результате сглаживания при осреднении коэффициенты вариации уменьшаются вдвое и соответственно составляют 0,38 и 0,45.

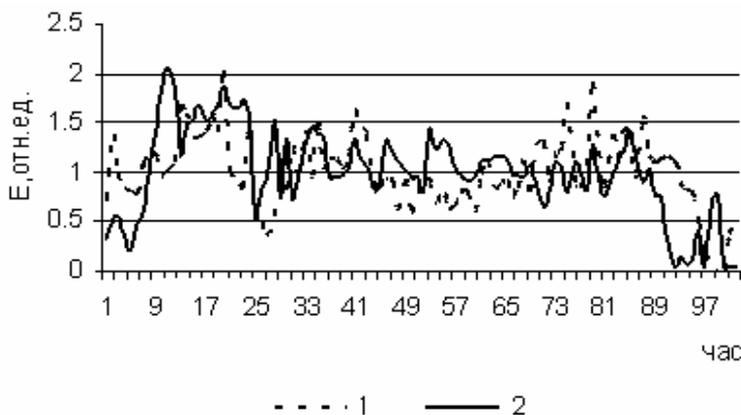


Рис. 4. Фрагмент записи напряжённости электрического поля:
1 – на поверхности земли и 2 – высоте 26 м

Проведенный спектральный и кроссспектральный анализы говорят о различии в плотности спектральных функций до 5 ч. С периодами больше 5 ч спектральные функции ведут себя идентично.

Осреднённые суточные вариации на уровне 26 м от поверхности земли и на поверхности земли практически совпадают. Максимум приходится на 19 ч, а минимум – на 9 ч гринвичского времени. Амплитуда суточного хода составляет 50 %.

Выводы

Предварительный анализ синхронных наблюдений напряжённости электрического поля атмосферы в пунктах с различным характером рельефа на малом удалении друг от друга указывает на существенный вклад локальных условий на вариации поля не только короткопериодных, но и суточных. На побережье и на акватории озера достаточно хорошо проявляется вклад глобальной компоненты напряжённости электрического поля по сравнению с материковыми районами. Особенно это заметно в зимние месяцы.

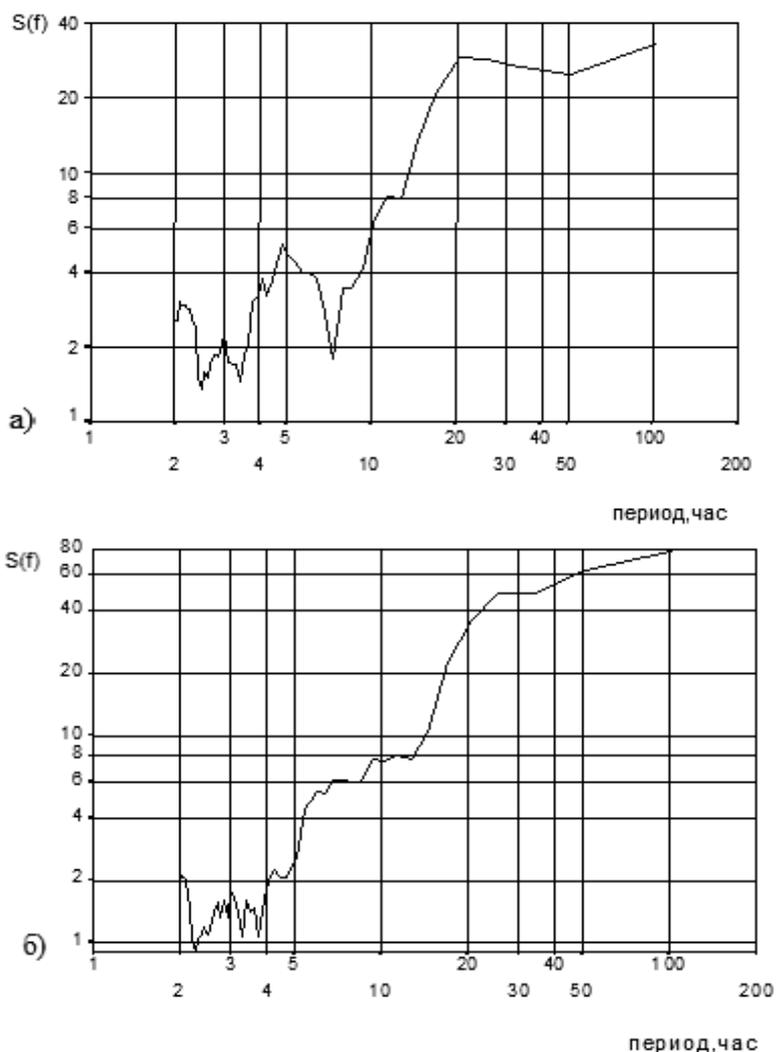


Рис. 5. Спектральные функции вариаций E :
а – 26 м; б – земля

Список литературы

1. Красногорская Н. В. Электричество нижних слоёв атмосферы и методы его измерения / Н. В. Красногорская. – Л. : Гидрометеоиздат, 1972. – 322 с.
2. Кречетов А. А. Градиент потенциала электрического поля в условиях промышленного загрязнения / А. А. Кречетов, А. Х. Филиппов, В. К. Татарников // Метеорология и гидрология. – 1982. – № 5. – С. 108–111.
3. Кречетов А. А. Градиент потенциала электрического поля атмосферы как индикатор загрязнения атмосферы / А. А. Кречетов, Ю. В. Шаманский // Оптика атмосферы и океана. – 2005. – Т. 18, № 1–2. – С. 139–141.
4. Электрооптические связи в атмосфере в условиях дымового смога / Ю. А. Пхлагов [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 19, № 10. – С. 861–863.

Spatial-temporary changes of an electrical field of an atmosphere near to coast Lake Baikal

Yu. V. Shamansky

Abstract. We carried out registration of intensity of an electrical field of an atmosphere and its meteorological characteristics near village Listvyanka within one year. We carried out registration synchronously in several items: at height of 220 meters above a level of lake, in a deep valley distance of 2 kilometers from the first item of supervision and on ice of lake on distance of 5 kilometers from coast. In the summer the daily variations of an electrical field are various in different items. The distinctions of variations depend on meteorological conditions.

Key words: electrical field of an atmosphere.

*Шаманский Юрий Васильевич
кандидат географических наук
664003, Иркутский государственный университет
Иркутск, ул. К. Маркса, 1
доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы*