



УДК 551.594

## Газовые примеси и вариации электрического поля атмосферы в приводном слое оз. Байкал

В. Л. Макухин, В. А. Оболкин, В. Л. Потёмкин,  
Ю. В. Шаманский ([suv@home.isu.ru](mailto:suv@home.isu.ru))

**Аннотация.** Во время экспедиционного рейса по оз. Байкал на НИС «Академик Коптюг» в мае–июне 2007 г. проводилась регистрация концентрации озона, сернистого ангидрида, окиси и двуокиси азота, напряжённости электрического поля атмосферы и ряда метеорологических величин. Используемая методика и аппаратура стандартная. Отбор воздуха осуществлялся на высоте 4 м от поверхности. Напряжённость электрического поля измерялась на верхней палубе судна электростатическим флюксометром. Регистрация велась на компьютер с периодом осреднения 10 мин. Для анализа результатов наблюдений исключались случаи, когда направление кажущегося ветра от трубы выхлопа судна распространялось на приборы. Проведённый анализ пространственно-временных изменений указывает на достаточно хорошо выраженный суточный ход газовых примесей с максимумом в послеполуденные часы. Суточный ход электрического поля над Байкалом из-за малого влияния локальных факторов и их изменений в суточном ходе более похож на глобальную вариацию, чем на суточный ход с двойной волной на суше. То есть с максимумом в вечерние и минимумом в утренние часы по гринвичскому времени.

**Ключевые слова:** электрическое поле атмосферы, газовые примеси, оз. Байкал.

Электрическое поле атмосферы является одной из важных характеристик воздушной среды и тесно связано не только со многими метеорологическими процессами, но и вещественными составляющими – аэрозолями, газовыми компонентами, в том числе и так называемыми малыми и радионуклидами. Зависимость электрического поля атмосферы с аэрозольным составом обсуждалась ранее [1–3]. Нам представляется, что газовые примеси и электрическое поле атмосферы могут быть связаны. Во-первых, это общие метеорологические процессы, способствующие переносу и трансформации примесей и электрических зарядов в атмосфере. Во-вторых, газовые примеси, как и все молекулы воздуха, ионизируются естественной радиоактивностью и космическими лучами, и все процессы рекомбинации и перемещения происходят в электрическом поле атмосферы. В-третьих, многие примеси представляют собой свободные радикалы, влияющие на электрическое поле. И, наконец, в электрическом поле происходит поляризация нейтральных частиц, которая приводит к созданию конгломератов. Представляя сложность происходящих процессов, были поставлены задачи: провести синхронные наблюдения и провести анализ

пространственно-временных характеристик электрического поля атмосферы и газовых примесей на акватории оз. Байкал. Известно, что над озером нет значительных средних суточных изменений метеорологических величин, влияющих как на электрические характеристики, так и на рассеяние и перенос примесей в атмосфере. Незначительное влияние локальных факторов в суточном ходе на электрическое поле ранее нами было отмечено при измерениях на льду озера. Суточный ход электрического поля отличался от типичного для суши и был похож на глобальную (унитарную) вариацию с максимумом в вечерние и минимумом в ранние утренние часы по гринвичскому времени.

Во время экспедиционного рейса по оз. Байкал на НИС «Академик Коптюг» с 29 мая по 12 июня 2007 г. проводилась непрерывная регистрация концентрации озона, сернистого ангидрида, окиси и двуокиси азота, напряжённости электрического поля атмосферы и ряда метеорологических величин. Рейс проходил по акватории всего озера. Используемая методика и аппаратура стандартная. Для регистрации  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{SO}_2$  применялись сертифицированные и поверенные хемолюминесцентные приборы А-310с и А-310р. Регистрация  $\text{O}_3$  проводилась фотометрическим озонометром Dylec Model 1007-АНJ (Япония). Отбор воздуха осуществлялся на высоте 4 м от водной поверхности. Напряжённость электрического поля измерялась на верхней палубе судна электростатическим флюксометром. Регистрация велась на компьютер с периодом осреднения 10 мин. Измерения на судне осложнены тем, что выхлопные газы двигателей мешают регистрации. Обычно при движении судна и при дрейфах кажущееся направление ветра (направление и скорость ветра относительно курса и скорости судна) не приводит к попаданию выхлопных газов в место отбора воздуха. На швартовочных стоянках результаты измерений часто оказываются искажёнными. Поэтому для анализа результатов наблюдений исключались случаи, когда направление кажущегося ветра от выхлопной трубы судна распространялось на приборы. Достаточно надёжным способом определения моментов попадания выхлопных газов на воздухозаборные трубки являются данные регистрации  $\text{NO}$ , которые обычно близки к нулевым, а при попадании выхлопных газов резко возрастают.

В течение рейса неоднократно отмечалось, что выхлопы дизельного двигателя судна способны вызвать незначительное понижение напряжённости электрического поля атмосферы и концентрации озона. Понижение электрического поля связано, по-видимому, с аэрозольными примесями в выхлопах, а понижение озона – с расходом его на окисление  $\text{NO}$  в  $\text{NO}_2$ . При этом процесс окисления занимает около 2 ч – минимум  $\text{O}_3$ . Такая особенность наиболее заметна при стоянках судна. Для подтверждения этой закономерности проведен кросскорреляционный анализ и метод наложенных эпох между переменными ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_3$ ), который подтвердил такую закономерность.

Общая численность измерений для анализа составила более 4000 десятиминутных данных по каждому параметру. Выбровка данных по газовым примесям (по NO) сократила численность до 900.

Для оценки состояния погоды над акваторией оз. Байкал использовались приземные синоптические карты и спутниковые снимки облачности. За период экспедиционных наблюдений над акваторией оз. Байкал преобладала малооблачная погода (облака верхнего и среднего яруса). Скорость ветра не превышала 1–2 м/с. В течение рейса преобладали ветры Ю и ЮЗ направлений.

Электрическое поле атмосферы, характеризуемое напряжённостью электрического поля  $E$  (В/м), имеет глобальную и локальную составляющие. Локальная – тесно связана с рядом метеорологических характеристик, с процессами образования и диссипацией аэроионов, которые, в свою очередь, зависят от аэрозольного состояния атмосферы. Во-первых, газовые примеси в атмосфере могут быть связаны с  $E$  через общие метеорологические процессы. Во-вторых, концентрация ионизированных газов может зависеть от напряжённости электрического поля. Ранее нами была обнаружена достаточно тесная связь в суточном ходе между  $E$  и концентрацией приземного озона при измерениях на высокогорной станции. Эта зависимость объяснялась общими причинами образования аэроионов и приземного озона от почвенных эманаций радона. Над акваторией Байкала суточные вариации ионизирующих факторов, таких, например, как выход радона, должны отсутствовать. Ионизационное состояние атмосферы, по видимому, поддерживается естественным  $\gamma$  фоном. Сопоставление результатов совместной регистрации газовых примесей и  $E$  указывает, что фазы изменений всех величин между собой связаны.

В таблице приведены среднечасовые значения измеряемых величин для всей акватории и при условиях, исключающих влияние местных выбросов (в скобках приведено стандартное отклонение). В целом в средней, самой широкой части Байкала, средние значения несколько ниже, чем в северной и южных частях. Возможно, в этом проявляется поступление выбросов от населённых пунктов. В южных и северных районах увеличение концентрации примесей может быть связано с большим антропогенным воздействием. Уменьшение значений  $E$  в средней части может свидетельствовать о меньшем аэрозольном загрязнении атмосферы.

*Таблица*

Средние значения измеряемых величин.

$E$ (В/м)	SO <sub>2</sub> (мкг/м <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (мкг/м <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (мкг/м <sup>3</sup> )	Район Байкала
350 (250)	0,64 (0,58)	3,6 (1,9)	60 (18,4)	Весь Байкал
419 (300)	0,42 (0,73)	4,06 (1,31)	64 (20)	Южная часть
246 (208)	0,62 (0,37)	3,0 (1,74)	52 (13)	Средняя часть
383 (187)	0,86 (0,46)	3,62 (2,66)	62,8 (20,4)	Северная часть

На рис. 1 приведены сглаженные суточные вариации в относительных единицах по местному времени ( $E$ ) и примесей для случаев  $NO = 0$ . Наибольшая амплитуда суточного хода отмечается у сернистого ангидрида и напряжённости электрического поля (около 100 и 60 % соответственно). Изменчивость суточного хода озона и двуокиси азота около 20 %.

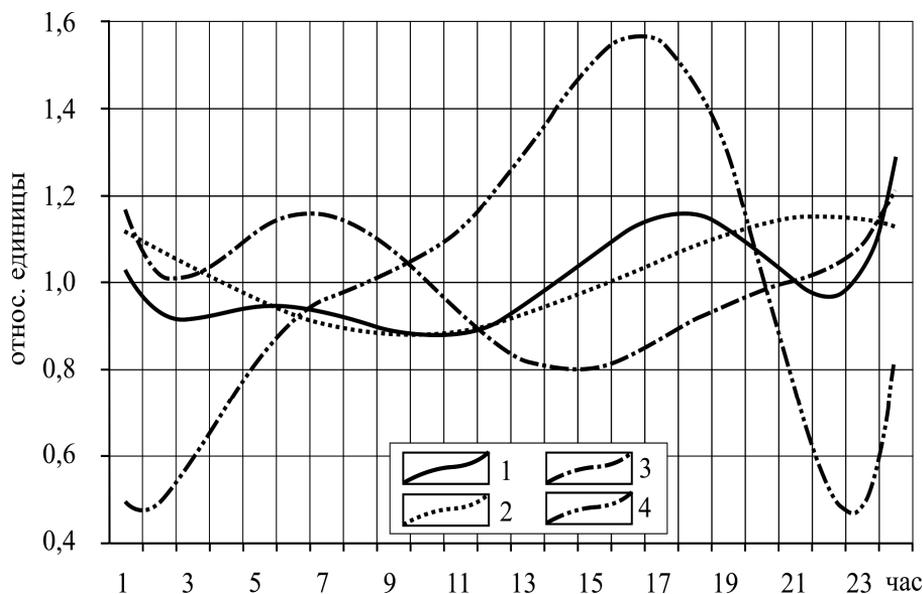


Рис. 1. Суточные вариации  $E$  и газовых примесей.

1 — NO<sub>2</sub>; 2 — O<sub>3</sub>; 3 —  $E$ ; 4 — SO<sub>2</sub>

Интересно отметить, что суточный ход  $E$  над акваторией озера больше походит на глобальные вариации, т. е. максимум в вечерние часы по гринвичскому времени и минимум в ранние утренние часы. Впервые унитарная вариация была обнаружена институтом Карнеги на океанах и впоследствии наблюдалась в Атлантическом и Индийском океанах [4]. На рис. 2 приведены суточные вариации  $E$  по гринвичскому времени, полученные на Байкале и океанах. Проявление унитарной вариации на Байкале можно объяснить малым вкладом локальной компоненты поля из-за незначительного суточного хода метеорологических величин и условий конвективного обмена в приводном слое атмосферы. Суточные изменения концентрации газовых примесей довольно простые: с максимумом в вечерние и минимумом в утренние часы местного времени. Такой суточный ход, по-видимому, связан с переносом примесей на акваторию озера от антропогенных источников.

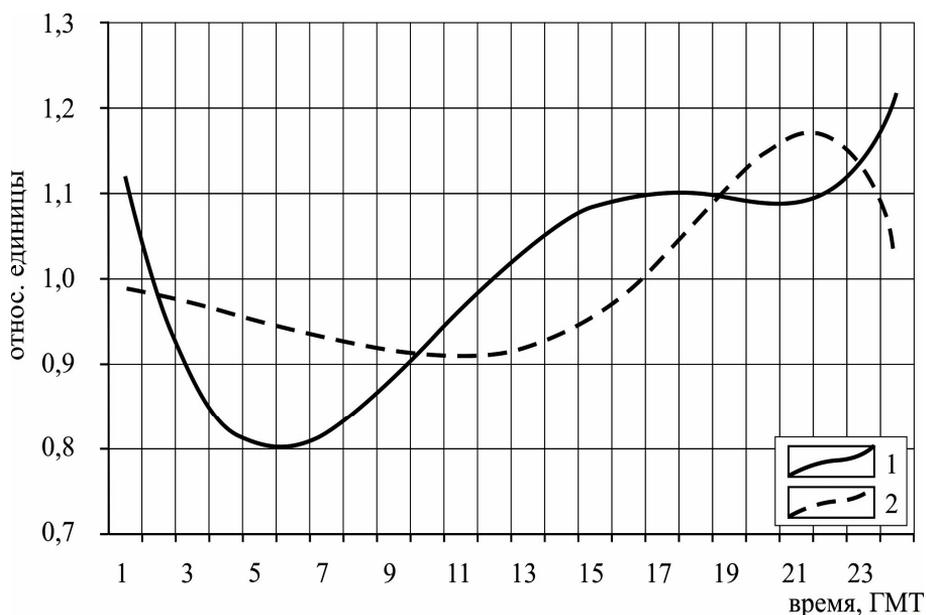


Рис. 2. Суточные вариации  $E$  на Байкале и океанах:

1 – Байкал; 2 – океаны

### Выводы

Анализ пространственно-временных изменений указывает на достаточно хорошо выраженный суточный ход газовых примесей с максимумом в послеполуденные часы. Суточный ход электрического поля над Байкалом из-за малого влияния локальных факторов и их изменений в течение суток достаточно простой: максимум в вечерние и минимум в утренние часы по гринвичскому времени. Средние значения концентрации газовых примесей по наблюдениям в средней части озера ниже по сравнению с северной и южными частями озера.

*Работа выполнена при поддержке грантом РФФИ 05-05-97232р.*

### Список литературы

1. Шаманский Ю. В. Зависимость напряженности электрического поля атмосферы в Иркутске от аэрозольного загрязнения // Оптика атмосферы и океана. – 2003. – Т. 16, № 7. – С. 648–651.
2. Кречетов А. А. Градиент потенциала электрического поля как индикатор загрязнения атмосферы / А. А. Кречетов, Ю. В. Шаманский // Оптика атмосферы и океана. – 2005. – Т. 18, № 1–2. – С. 139–141.
3. Некоторые результаты совместных наблюдений за изменчивостью электрического поля атмосферы и концентрации аэрозоля на юге Байкала / А. А. Кречетов [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 20, № 3. – С. 243–246.
4. Колоколов В. П. Электрическое поле хорошей погоды над океанами / В. П. Колоколов, Ю. В. Шаманский // Тр. / ГГО, 1977. – Вып. 350. – С. 121–125.

## Gas impurity and variations of an electrical field of atmosphere on Lake Baikal

W. L. Makuchin, W. A. Obolkin, W. L. Potemkin, U. V. Shamansky

**Abstract.** During the expedition cruise of research vessel «Academician Koptug» at Lake Baikal in May–June 2007 the registration of ozone, sulfur dioxide, nitrogen oxide and dioxide concentrations as well as the tension of electric field of the atmosphere was conducted together with measurement of meteorological parameters. Automatic gas analyzers were used for measurement of gaseous admixtures, air sampling was organized at the height about 4 m. Electric field of the atmosphere had been measured by electrostatic fluxmeter installed at the upper desk. The registration of measurements was organized at computer with 10 minutes averaging. During data analyses cases with possible influence of engine exhaust were excluded. The analyses of spatial and temporal variations of characteristics investigated shows on well defined daily changes of gas admixtures with the maximum in afternoon. Daily variation of electric field because of weak influence of local coastal factors has good coincidence with global variation of electric field: maximum in evening hours and minimum in the morning of the Greenwich time.

**Key words:** electric field, gaseous admixtures, Lake Baikal.

*Макухин Владимир Леонидович*  
кандидат технических наук  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
старший научный сотрудник

*Оболкин Владимир Аркадьевич*  
кандидат географических наук  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
старший научный сотрудник  
тел.: 49-01-19

*Потёмкин Владимир Леонидович*  
кандидат географических наук  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
старший научный сотрудник

*Шаманский Юрий Васильевич*  
кандидат географических наук  
Иркутский государственный университет  
Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
доцент кафедры метеорологии и охраны  
атмосферы  
тел.: 42-67-20