

**Kalakutsky Lev Ivanovich**

Samara State Aerospace University.

E-mail: bme@ssau.ru.

34, Moscow avenue, Samara, 443086, Russia, Phone: (846)2674549.

Professor, Doct. Eng. Sc.

**Акулов Сергей Анатольевич**

Самарский аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева.

E-mail: sakulov1981@mail.ru.

443034, г. Самара, пр-т Metallurgov, 56-59, тел.: (846)9316081.

Инженер, ассистент.

**Akulov Sergei Anatoljevich**

Samara State Aerospace University.

E-mail: sakulov1981@mail.ru.

56-59, Metallurgov avenue, Samara, 443034, Russia, Phone: (846)9316081.

Engineer, assistant.

УДК 551.594

**А.А. Редин, О.В. Новикова, Г.В. Куповых****КОМПЛЕКС АТМОСФЕРНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

*Рассмотрена проблема использования комплекса атмосферно-электрических наблюдений как элемента системы глобального экологического мониторинга.*

*Приземный слой; электропроводность; аэрозоль; ионизация; электрическое поле; измерительный комплекс.*

**A.A. Redin, O.V. Novikova, G.V. Kupovykh****THE COMPLEX OF ATMOSPHERIC ELECTRICITY OBSERVATIONS AS AN ELEMENT OF ECOLOGICAL MONITORING**

*The problem of using of atmospheric electricity monitoring complex as an element of the global ecological monitoring system is considered.*

*Surface layer; electroconductivity; aerosol; ionization; electric field; measuring complex.*

Осуществление глобального мониторинга атмосферы требует наличия репрезентативных рядов наблюдений за ее интегральными характеристиками в особо чистых районах. Атмосферно-электрические наблюдения могут выступать в качестве важного дополнительного элемента экологического мониторинга, как на глобальном, так и на региональном уровнях.

Регулярные наблюдения за атмосферным электричеством в приземном слое обычно включают в себя измерения следующих основных элементов: градиент потенциала (напряженность) электрического поля  $V'$ , удельные полярные проводимости воздуха  $\lambda_{\pm}$  и плотность вертикального электрического тока  $j_o$ , которые определяют дифференциальную форму закона Ома для атмосферы. При этом их совокупность несет в себе информацию о процессах глобального или локального характера, протекающих в приземном слое. В частности, электропроводность воздуха служит индикатором изменения содержания аэрозолей и радиоактивных суб-

станций в атмосфере, ток проводимости  $j_{np} = -V'(\lambda_+ + \lambda_-)$  служит показателем интенсивности действия генераторов объемного заряда, величина  $w = j V'$  определяет плотность энергии источника электрического поля.

Задачи, решаемые с помощью регулярных наблюдений, разделяют на специальные (исследования роли глобальных, региональных и локальных генераторов объемного заряда в формировании электрического поля атмосферы; установление взаимосвязей электрических и метеорологических величин, определение роли атмосферного электричества в биосфере) и общие (мониторинг электрического поля атмосферы, выявление тенденций его изменений).

Пункты наблюдений за основными элементами атмосферного электричества по характеру решаемых задач следует разделять на глобальные, региональные и локальные. Основным назначением глобальных станций является получение данных об электрическом состоянии атмосферы, в достаточной мере отражающих глобальные процессы. Региональные и локальные пункты должны поставлять данные, характерные для географического района или местности, где размещена станция.

Для решения как общих, так и специальных задач часто недостаточно информации об основных элементах атмосферного электричества, поэтому для физически правильной интерпретации получаемых данных регулярные наблюдения могут дополняться специализированными измерениями: плотности объемного заряда атмосферы, интенсивности ионообразования, концентраций аэрозольных частиц, спектральных характеристик ионного состава и т. п.

В связи с тем, что содержание аэрозольных частиц в атмосфере, радиоактивность воздуха, интенсивность ионизирующих излучений могут претерпевать значительные изменения, отражающиеся на атмосферно-электрических данных, для их интерпретации и обеспечения сравнимости результатов, полученных в разных местах и в разное время, к организации измерений электрических характеристик атмосферы должны быть предъявлены достаточно жесткие требования. Аппаратура для измерения  $V', \lambda, j$  должна размещаться таким образом, чтобы конвективный ток был заведомо мал. Критерием этого служит параметр Долезалека [1]:

$$\Omega = j_0 / j_{np}, \quad (1)$$

где  $j_{np}$  – расчетная плотность тока проводимости;  $j_0$  – измеренное значение плотности полного тока. В равнинных условиях значения  $\Omega$  должны не слишком отличаться от единицы. С точки зрения размещения аппаратуры, это означает, что первичные элементы датчиков ( $V', \lambda, j$ ) должны быть не очень удалены друг от друга, а высота забора воздуха в датчике  $\lambda$  и уровень измерения  $V'$  должны примерно совпадать, что оказывается оправданным при достаточной горизонтальной однородности в распределении измеряемых величин при невозмущенных метеоусловиях.

В сложных орографических условиях, в частности при измерениях на судах в океанах или в горной местности, значения  $\Omega$  могут существенно меняться. В этих случаях значения параметра Долезалека определяются индивидуально для конкретного пункта наблюдения и способа установки аппаратуры. Кроме того, как показано на рис. 1,2, даже в отсутствии радиоактивного и аэрозольного загрязнений значения параметра меняются вследствие влияния электродного эффекта [4].

Для интегральной оценки характеристик окружающей среды следует отметить полезность и важность измерений радиоактивности атмосферы и, как следствие, интенсивности ионообразования в комплексе с атмосферно-электрическими наблюдениями, являющимися составной частью глобального мониторинга атмосферы.

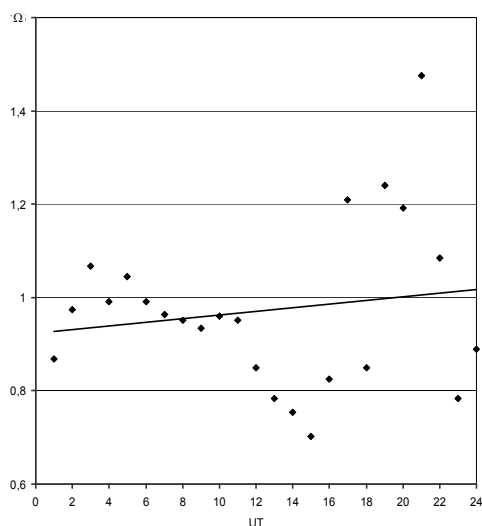


Рис. 1. Значения параметра Долезалека по данным станции Пик Терскол

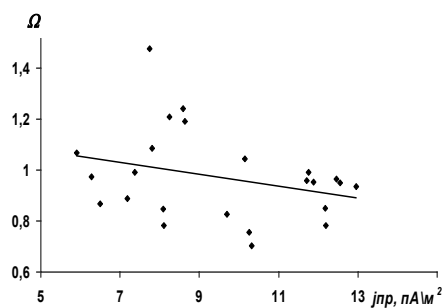


Рис. 2. Зависимость параметра Ω от значений  $j_{пр}$  на Пике Терскол

Полная ионизация воздуха в нижних слоях атмосферы обуславливается космическими лучами (20 %) и естественной радиоактивностью почвы и воздуха (35+45 %). Источниками  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучений являются радиоактивные вещества поверхностного слоя почвы, источниками  $\alpha$ -излучения являются радон и торон. Так как радон характеризуется достаточно большой продолжительностью жизни (период полураспада  $\approx 4$  дня), то радон и продукты его распада распространяются в слое перемешивания на несколько километров, и их концентрация медленно уменьшается с высотой, в то время как торон (период полураспада  $\approx 54$  с) исчезает уже вблизи Земли. В ходе исследований [11] установлено, что концентрация радона не остается постоянной в течение суток, а имеет выраженный суточный ход (рис. 3), который в значительной степени определяется процессами турбулентного перемешивания в атмосфере.

Рассмотрим вопрос о возможности выделения глобальных эффектов в атмосферном электричестве по данным наземных измерений его параметров. На этот счет существуют две крайние точки зрения. Первая утверждает, что локальные возмущения приземного слоя и аэрозоль в атмосфере обуславливают и большую изменчивость электрических данных, и появление особенностей в суточном и сезонном ходах, такие, что на их фоне невозможно выделение глобальных вариаций электрического поля [1]. Вторая предполагает, что при наличии длинных рядов наблюдений, используя специальные статистические методы и предъявляя жесткие требования к методике измерений, в особенности к размещению аппаратуры, подобная задача может быть решена [2, 3]. Реально дело обстоит так, что в некоторых местах влияние локальных факторов мало и глобальные эффекты на их фоне легко выделяются, а в других это сделать практически невозможно. Ярким примером первого случая является глобальная унитарная вариация градиента потенциала, хорошо проявляющаяся при наблюдениях в океане [1, 5]. Но на континентальных станциях решение этой задачи весьма затруднено [1]. Этот факт объясняется, прежде всего, большим загрязнением атмосферы аэрозольными частицами на континенте, чем в открытом океане.

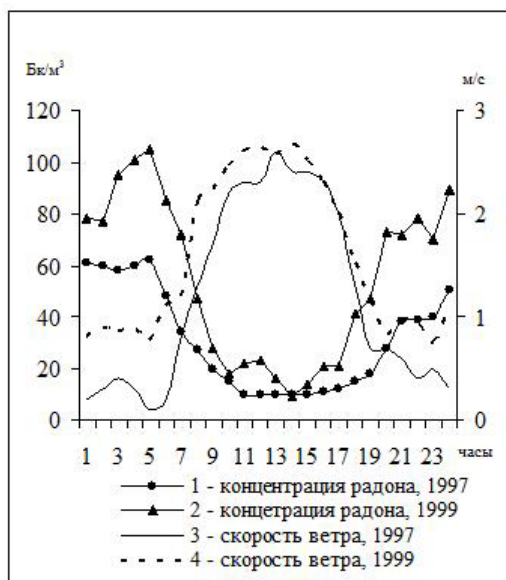


Рис. 3. Суточные вариации концентрации радона-222 в атмосфере на высоте 5 см и при скорости ветра 2 м/с (Ростовская область)

Можно предполагать, что континентальные станции при отсутствии на них значительных загрязнений могут быть глобально-репрезентативными в электрическом отношении. Примером этому могут служить пункты наблюдения, расположенные в высокогорных районах [6], где отсутствуют сильные источники ионизации и концентрации аэрозольных частиц малы.

Таким образом, отбрасывая влияние аэрозольных частиц в атмосфере, могущих при достаточно больших концентрациях влиять на ее электрическое состояние, остается рассмотреть вопрос об изменчивости электрических характеристик под влиянием электродного эффекта.

Как видно из анализа результатов теоретических исследований [4] электрического состояния приземного слоя, электродный эффект во всем электродном слое (отношение  $E_0/E_\infty$ ) мало зависит от значения внешнего электрического поля  $E_\infty$  и метеорологических факторов, однако электродный эффект на высоте нескольких метров ( $E(z)/E_\infty$ ) при этом заметно меняется. Влияние интенсивности ионообразования велико вблизи поверхности земли и может приводить к реверсу электродного эффекта и появлению отрицательного объемного заряда у земли.

Анализ результатов моделирования электрического состояния турбулентного приземного слоя показывает высокую изменчивость электрических характеристик вблизи поверхности земли под влиянием турбулентной диффузии, которая определяется метеорологическими факторами и подтверждает идею [7] о возможности создания турбулентного возмущения в приземном слое, сопоставимом с унитарной вариацией. Наряду с этим показано, что при сильных электрических полях ( $E_0 \sim 500 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$ ) влияние турбулентности ослабевает и распределение электрических характеристик становится похожим на классический электродный эффект.

Рассмотрим теперь вопрос о выделении на этом фоне глобальных эффектов в атмосферном электричестве. Для этого необходимо уточнить, как рассматривать турбулентную диффузию в приземном слое: как глобальный или как локальный

фактор. Тот факт, что турбулентное перемешивание в атмосфере происходит в любом месте земной поверхности и при этом имеет четко выраженный суточный ход, обусловленный разницей ночных и дневных температур, отражает глобальную сторону этого метеорологического процесса [8]. С другой стороны, суточные колебания, связанные с турбулентной диффузией, происходят по местному времени, тогда как, например, глобальная унитарная вариация градиента потенциала электрического поля атмосферы проявляется одновременно на всем земном шаре вне зависимости от месторасположения пункта наблюдений во временном поясе [5]. Поэтому выделение такого периодического сигнала на фоне локальных факторов достаточно просто решаемая задача, особенно при использовании данных по нескольким станциям [9]. Гораздо сложнее обстоит дело, когда глобальное возмущение является эпизодическим, например эффект влияния солнечной вспышки на электрическое поле. В этом случае необходимы детальный анализ возмущения, происходящего в электрическом поле, и определение, не связан ли он с локальными причинами, о которых говорилось выше.

В настоящее время для измерения параметров атмосферного электричества применяются автоматизированные комплексы [10], использование которых имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием отдельных измерительных приборов. В частности, обеспечение одновременности, высокой дискретности и информативности получаемых данных; возможности оперативного анализа получаемой информации и регистрации сопутствующей метеорологической информации.

Таким образом, для решения задач экологического мониторинга можно сделать следующие рекомендации для станций наземной сети:

1. Для решения задач фоновый мониторинг атмосферного электричества необходимо размещать пункты наблюдения в таких районах, где концентрации аэрозольных частиц в атмосфере не превышают в среднем  $109 \text{ м}^{-3}$ . Такими районами, расположенными на континентах, могут быть полярные или высокогорные области.

2. Дополнить состав измеряемых электрических параметров сопутствующей метеоинформацией, а также контролем радиоактивности воздуха.

3. Современную методику анализа электрических данных по условиям невозмущенной погоды следует детализировать, разбивая данные по типу и значениям параметров турбулентного перемешивания в приземном слое. В частности, успешным представляется сортировка электрических данных по значениям и направлениям скорости ветра. При этом необходимым остается условие о малых концентрациях аэрозольных частиц в атмосфере.

4. Унифицировать схему размещения датчиков: в одной плоскости и на максимально высокой (возможной, с конструктивной точки зрения) высоте, при этом необходимо, насколько возможно, уменьшить (конструктивным путем) влияние на измеренные параметры искажений, создаваемых самими датчиками.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чалмерс Дж. А. Атмосферное электричество. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 420 с.
2. Огуряева Л.В., Шварц Я.М. Анализ многолетнего хода величин атмосферного электричества в приземном слое по данным наблюдений // Метеорологические исследования. – 1982. – №27. – С. 43–48.
3. Огуряева Л.В., Шварц Я.М. Многолетний ход величин атмосферного электричества в приземном слое // Метеорология и гидрология. – 1987. – №7. – С. 59–64.
4. Кутовых Г.В., Морозов В.Н., Шварц Я.М. Теория электродного эффекта в атмосфере. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998. – 123 с.

#### Раздел IV. Приборы и системы клинко-лабораторного назначения

5. *Mauchly S.J.* Diurnal variation on the potential gradient of atmospheric // Terr.Magn. Atm.El. V. 28. 1923. P. 61-81.
6. *Аджиев А.Х., Куповых Г.В.* Атмосферно-электрические явления на Северном Кавказе. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 137 с.
7. *Куповых Г.В.* Электричество приземного слоя // Известия высших учебных заведений, Сев.-Кав. рег., Естест. Науки. – 1995. – №4. – С. 32–34.
8. *Орленко Л. Р.* Строение планетарного пограничного слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеопиздат, 1979. – 270 с.
9. *Ерохин В. Н., Канаев А. С., Куповых Г. В. и др.* Анализ результатов синхронных измерений E в Приэльбрусье и на Кольском полуострове // Результаты исследований по международным геофизическим проектам. Магнитосферные исследования. – М., 1990. – № 15. – С. 44-47.
10. *Алипатов М.В., Кудринская Т.В., Пестов Д.А., Попов И.Б.* Информационно-измерительный комплекс для мониторинга электрического состояния приземного слоя атмосферы // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 6 (95). – С. 249-254.
11. *Калинина М.В., Куповых Г.В., Петров А.И., Петрова Г.Г., Панчишкина И.Н.* Радиоактивность и ионизация воздуха в приземном слое атмосферы // Известия ТРТУ. – 2004. – № 5. – С. 175–179.

##### **Редин Александр Александрович**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: alexandr\_redin@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел.: (8634)321617.

Кафедра физики, аспирант, инженер.

##### **Redin Alexandr Alexandrovich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: alexandr\_redin@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia, Phone: (8634)321617.

Department of Physics, post-graduate student, engineer.

##### **Новикова Олеся Вадимовна**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: n55dms@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел.: (8634)321617.

Кафедра физики, студентка, лаборант.

##### **Novikova Olesya Vadimovna**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: n55dms@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia, Phone: (8634)321617.

Department of Physics, student, laboratorian.

##### **Куповых Геннадий Владимирович**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: kupovykh@users.tsure.ru.

347928, Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел.: (8634)371649.

Кафедра физики, зав. кафедрой, профессор, д.ф.-м.н.

**Kupovykh Gennady Vladimirovich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: n55dms@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia, Phone: (8634)371649.

Department of Physics, head, professor, Doctor of Physic and Mathematical Sciences,

УДК 534.883:577.4

**Г.В. Солдатов, С.П. Тарасов**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОЙ  
СРЕДЫ ОБИТАНИЯ МЕТОДОМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ  
ДИАГНОСТИКИ**

*Рассмотрена проблема экологического мониторинга мелководных водоемов. Представлен гидроакустический комплекс, в состав которого входит гидролокатор бокового обзора (правого и левого борта) и параметрический профилограф. Комплексное исследование структуры верхних слоев донных осадков и рельефа донной поверхности позволяет в значительной степени устранить неоднозначность в интерпретации акустического изображения морского дна.*

*Экологический мониторинг дна моря; гидроакустика; параметрический профилограф.*

**G.V. Soldatov, S.P. Tarasov**

**HYDROACOUSTIC METHOD FOR REMOTE ECOLOGICAL SEABED  
MONITORING**

*The paper is dealing with the problem of ecological monitoring. Complex system to obtain ecological parameters of large areas and to reduce time of investigation was proposed.*

*Ecological monitoring seabed; hydroacoustic; parametric chirp.*

Влияние человека на все сферы окружающей среды, в том числе на существование самого человека, и захватывает все большие площади суши, океана и моря. Непосредственное влияние на человека осуществляется через современные производства, химическое и радиоактивное заражение атмосферы, гидросферы, почв, заражение продуктов питания и питьевой воды. Современные тенденции изменения экологического состояния внутренних водоемов, а также морской водной среды с учетом непрерывного появления все более и более мощных загрязнителей без преувеличения можно назвать угрожающими, особенно в прибрежных мелководных районах. Необходимо непрерывно следить за процессом опасного загрязнения и своевременно реагировать на него. Одна из идей связана с использованием биоаккумуляции вредных веществ. Поскольку концентрация токсичных веществ в биоорганизмах иногда увеличивается во много раз, можно, произведя химический анализ, например, мидий, поглощающих токсичные вещества, следить за содержанием последних в воде. Другой подход предполагает контроль состава и характеристик донных осадков, существенно определяющих экологическое состояние водной среды, морей и внутренних водоемов. Этот подход требует разработки технических средств, одними из которых являются гидроакустические, и использования их наряду с другими инструментами экологических исследований.