

Список публикаций:

- [1] James Galford, SPE, John Quirein, SPE, Scott Shannon, SPE, Jerome Truax, SPE, and James Witkowsky, SPE, Halliburton - Field Test Results of a New Neutron-Induced Gamma-Ray Spectroscopy Geochemical Logging Tool, SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in New Orleans, Louisiana, USA, 4-7 October 2009.
[2] Стогов Ю.В. Основы нейтронной физики: Учебное пособие. - М.: МИФИ, 2008. - 204 с.

Вертикальное распределение градиента электрического потенциала в приземной атмосфере в зависимости от значимых факторов: аэрозоли и влажность

Болдырева Виктория Александровна

Поповская Татьяна Сергеевна

Южный федеральный университет

Петрова Галина Григорьевна

georgpu@rambler.ru

В настоящее время в рамках общепринятой в атмосферном электричестве модели глобальной электрической цепи (ГЭЦ) вариации атмосферного электрического поля в любом пункте наблюдений определяются совокупным действием генераторов различного масштаба: глобального, мезомасштабного, локального. Для совершенствования модели ГЭЦ с целью интерпретации результатов измерений параметров электрического поля важен поиск генераторов объёмных зарядов в атмосфере.

Как показывают исследования, выявить процессы, способствующие разделению зарядов в приземном слое, и оценить роль факторов, определяющих формирование объёмных зарядов, помогает типизация вертикальных профилей градиента электрического потенциала вблизи земной поверхности. Целью данного исследования является обнаружение наиболее часто встречающихся типов профилей градиента электрического потенциала вблизи земной поверхности и установление роли различных факторов в формировании структуры электродного слоя.

В настоящей работе продолжены исследования, начатые ранее в условиях засушливых донских степей в рамках летних экспедиций, проводимых Южным федеральным университетом совместно с Институтом физики атмосферы им. А.М.Обухова (ИФА РАН) на Цимлянкой научной станции ИФА. В июле-августе 2018-2019 г.г. аналогичные экспедиции были проведены на Кисловодской высокогорной научной станции (КВНС) ИФА, расположенной на плато Шаджатмаз на высоте 2100 метров над уровнем моря. Это позволило осуществить прежний комплекс измерений в принципиально иных физико-географических условиях. В высокогорных экспедициях измерения проводились круглосуточно в течение 7 – 10 дней, исключая дождливую погоду, на обширном ровном поле со скошенным травостоем. При измерениях использовались традиционные для физики атмосферы методы и известные приборы. Градиент потенциала на уровне земли измерялся флюксметрами «Поле-2» системы ГГО им. А.И.Воейкова. Методом радиоактивного коллектора были получены данные о вертикальном распределении электрического потенциала в нижнем 4-метровом слое. Значения градиента потенциала для каждого слоя рассчитывались на основании разностей потенциалов между соответствующими уровнями и расстояний между ними.

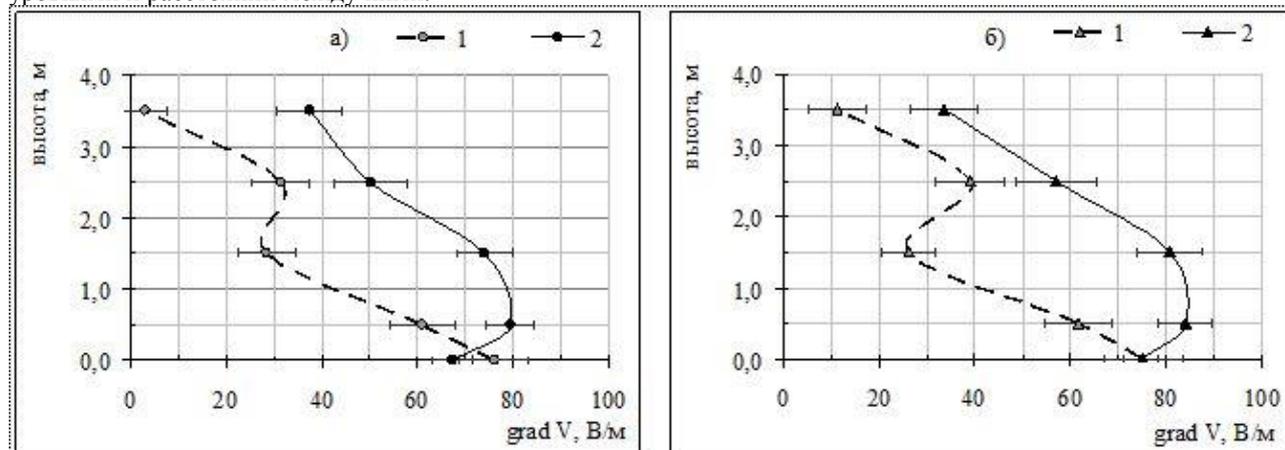


рис. 1. Вертикальные профили градиента потенциала атмосферы, полученные путём осреднения данных, сгруппированных для условий: а) различной влажности воздуха: 1 - более 80%; 2 - менее 65%; б) различного содержания аэрозолей в атмосфере ($d > 0,1$ мкм): 1 – более 500 см⁻³; 2 - менее 350 см⁻³; (август 2018, Кисловодская высокогорная научная станция ИФА им.А.М.Обухова РАН)

Измерение концентрации аэрозолей в размерных диапазонах 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,7; >0,7 мкм осуществлялось лазерным аэрозольным спектрометром ЛАС-П системы НИФХИ им. Л.Я.Карпова. Ежечасно проводились градиентные измерения метеорологических параметров атмосферы: температуры, влажности воздуха, скорости и направления ветра. Коэффициент турбулентности рассчитывался по методу Л.Р.Орленко. В почвенном газе и атмосферном воздухе измерялась объёмная активность ^{222}Rn , для чего использовался радон-монитор «AlphaGUARD PQ2000 PRO». Полярные удельные электропроводности измерялись приборами «Электропроводность-2» (ГГО им. А.И.Воейкова), а также датчиком Литвинова, сконструированным по методу Гердиена.

При анализе материала экспедиций 2018-2019 г.г. обнаружена закономерная суточная трансформация вертикального профиля градиента потенциала. Корреляционный анализ показал, что значимым фактором в данном случае является относительная влажность атмосферы. Поэтому для совокупности данных 2018 г. были сформированы две группы замеров с различной влажностью. Полученные при осреднении для каждой из групп профили градиента потенциала представлены на рис.1а. На рис.1б показаны вертикальные профили поля при различном содержании в атмосфере аэрозолей. Обращает на себя внимание тот факт, что вид профиля при повышенной влажности аналогичен таковому для высокой концентрации аэрозоля (кривая 1), а профиль при низкой влажности подобен профилю в условиях малой концентрации аэрозольных частиц (2).

Обнаруженная по экспериментальным данным тесная корреляция между концентрацией аэрозолей и влажностью атмосферы свидетельствует о преимущественно конденсационной природе аэрозолей на плато Шаджатмаз, для которого характерна высокая относительная влажность воздуха, частое прохождение через площадку наблюдений на уровне земной поверхности облачных элементов. Коэффициент корреляции с влажностью для аэрозолей всех диапазонов составляет по данным 2018 г. 0,68, а для аэрозолей с диаметром 0,3-0,4 мкм достигает 0,80. В свою очередь, обнаружена тесная регрессионная связь с аэрозолями градиента потенциала на уровне земной поверхности, полученная по сгруппированным данным: $G_0 = 49 + 0,05N$ при $R^2 = 0,93$ (размерность для G_0 В/м, для N - см⁻³). В соответствии с уравнением регрессии, имеет место увеличение градиента потенциала на уровне земли с ростом концентрации аэрозолей в атмосфере, что косвенно свидетельствует о положительном объёмном заряде, дислоцированном на аэрозольных частицах. Следует отметить, что рассчитанное по данным измерений в засушливых условиях Цимлянска в августе 2017 года уравнение регрессии $G_0 = 56 - 0,04N$ (диаметр частиц >0,1мкм) свидетельствует об отрицательном заряде аэрозолей, образованных в результате процессов диспергации (пыль, дым) [1].

При анализе графиков рис.1 можно заметить, что, в целом, для всего исследуемого слоя, наклон профиля поля для ситуации высокой влажности и значительной концентрации аэрозолей больше, чем в ином случае. В соответствии с уравнением Пуассона, этот наклон характеризует плотность объёмного заряда ρ в слое в случае горизонтально однородной атмосферы: $\rho = -\varepsilon_0 \frac{dG_z}{dz}$. Оценка плотности объёмного заряда в слое атмосферы 0-4 метра по вертикальному профилю градиента потенциала дает для пониженной и повышенной влажности соответственно значения 66 и 162 пКл/м³, для низкой и высокой концентрации аэрозолей соответственно 91 и 142 пКл/м³.

Смирнов [2] на основании экспериментальных данных, полученных в адиабатической камере, обнаружил, что на гигроскопических ядрах могут накапливаться объёмные заряды порядка и более 10^3 элементарных зарядов в см³. При этом знак заряда зависит от химического состава ядер: для нерастворимых ядер (типа пористых кремнезёмов и др.) характерны преимущественно отрицательные заряды (пыль в Цимлянске), для растворимых ядер – положительные (продукты конденсации влаги на высокогорном плато Шаджатмаз). Таким образом, можно предполагать, что фазовые переходы воды, зависящие от температуры, имеют влияние на формирование вариаций электрического поля атмосферы вблизи земной поверхности через аэрозольную компоненту, которая при обводнении частиц заряжена, главным образом, положительно.

Список публикаций:

- [1] Болдырева В.А., Поповская Т.С., Петрова Г.Г. Исследование роли аэрозолей в формировании вариаций электрического поля в приземном слое // Сборник тезисов, материалы Двадцать пятой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых (ВНКСФ-25, Крым): материалы конференции, тезисы докладов: Екатеринбург – Ростов-на-Дону – Крым: издательство АСФ России, 2019. С.338-339
- [2] Смирнов В.В. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2010. Т. 46. № 3. С. 321-331.