

12 - Геофизика: земная кора, океан, атмосфера

Веселова Елизавета Юрьевна, 3 курс

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический факультет

Вертикальные профили характеристик электрического поля вблизи земной поверхности по результатам экспедиционных исследований

Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.

e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 216

Гурбангелдиев Дидар Азадович, 5 курс

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический факультет

Результаты экспедиционных исследований концентрации радона-222 в приземном слое атмосферы

Панчишкина Ирина Николаевна, к.ф.-м.н.

e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 217

Егорова Виктория Михайловна, инженер

Москва, Институт водных проблем РАН

Моделирование топографических вихрей восточной части Средиземного моря в рамках трехслойной модели океана

Соколовский Михаил Абрамович, д.ф.-м.н.

e-mail: Vikchik96@yandex.ru стр. 219

Звалинская Анастасия Павловна, 2 курс

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический факультет

Закономерности вариаций электропроводности приземной атмосферы с учетом содержания радона-222 и субмикронных аэрозолей

Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.

e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 220

Кондратьева Элина Романовна, 3 курс

Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический факультет

Влияние метеоусловий и аэрозольного состояния приземной атмосферы на ток механического переноса из атмосферы на землю по данным наблюдений

Панчишкина Ирина Николаевна, к.ф.-м.н.

e-mail: georgpu@rambler.ru стр. 222

Шатохин Михаил Викторович, аспирант 2 года обучения

Москва, Институт водных проблем РАН

Численное моделирование динамики пятен пассивной примеси в окрестности гайота в океане

Соколовский Михаил Абрамович, д.ф.-м.н.

e-mail: usif-9694@mail.ru стр. 224

Вертикальные профили характеристик электрического поля вблизи земной поверхности по результатам экспедиционных исследований

Веселова Елизавета Юрьевна

Кондратьева Элина Романовна

Южный федеральный университет

Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.

georgpu@rambler.ru

Фундаментальной проблемой атмосферного электричества является недостаток информации о происхождении электрического поля Земли и причинах устойчивости его вариаций, поэтому на сегодняшний день актуальным остаётся дальнейшее совершенствование физико-математической модели электрических процессов вблизи земной поверхности. Основными факторами, определяющими электрическое состояние приземного слоя атмосферы, являются, прежде всего, радиоактивность почвы и атмосферы, содержание аэрозолей и турбулентное перемешивание. Исследование характеристик электрического поля является на данный момент актуальным в анализе данных, которые получены в научных экспедициях лаборатории геофизических исследований Физического факультета Южного федерального университета. Многолетние комплексные исследования электродного слоя атмосферы включают традиционные измерения атмосферно-электрических характеристик наряду с измерениями метеорологических и других значимых параметров.

В данной работе рассматриваются результаты измерений в августе 2023 года в летней экспедиции вблизи хутора Чернигово-Песчаный Кашарского района Ростовской области, расположенного в засушливой зоне донских степей. Измерения в период экспедиции производились непрерывно и круглосуточно на обширной ровной площадке со скошенным травостоем. Параметры атмосферы измерялись традиционными, известными и широко распространенными методами. Градиент электрического потенциала на уровне земли измерялся с помощью флюксметра «Поле-2» системы ГГО им. А.И.Воейкова. Методом радиоактивного коллектора измерялись потенциалы на высотах 1, 2, 3 и 4 метра. Регистрация концентрации аэрозолей осуществлялась лазерным аэрозольным спектрометром ЛАС-П системы НИФХИ им. Л.Я.Карпова в семи размерных диапазонах: 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,7; 0,7-1,0; >1,0 мкм. Для анализа в этой работе использовались результаты 10-минутных и среднечасовых осреднений всех величин.

На рис. 1 представлены вертикальные профили электрического потенциала (1), осредненные для устойчивой (а) и неустойчивой (б) стратификации нижнего слоя атмосферы, и восстановленные по ним профили градиента потенциала (2) и плотности объемного заряда (3). Планками на графиках показана стандартная погрешность. Вид полученных профилей, в целом, идентичен тем, что наблюдались ранее в аналогичных условиях [1].

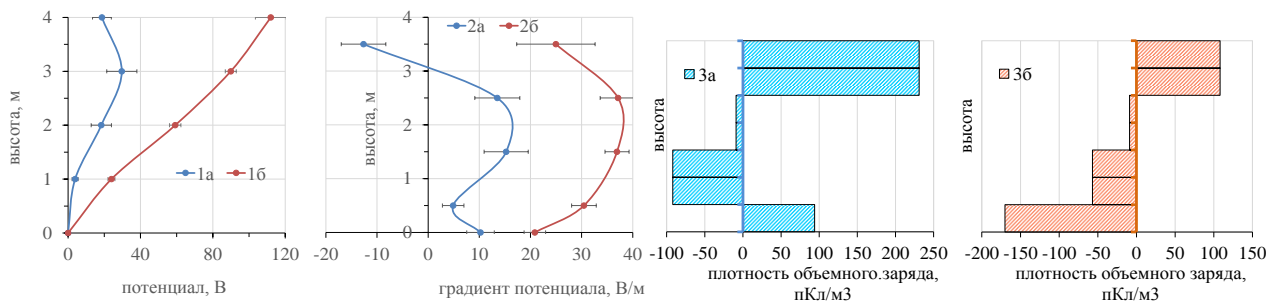


рис.1. Вертикальное распределение электрического потенциала (1), градиента потенциала (2), плотности объемного заряда (3) для устойчивой (а) и неустойчивой (б) стратификации приземного слоя (п. Чернигово-Песчаный Кашарского района Ростовской области, август 2023)

Результаты предыдущих исследований [2] обнаруживают, что вариации градиента потенциала вблизи земной поверхности в значительной степени коррелируют с содержанием в приземном слое аэрозольных частиц субмикронного размера. Объемный заряд, локализованный на этих частицах, в соответствии с уравнением Пуассона формирует пространственное распределение характеристик поля: в слоях с положительным объемным зарядом градиент потенциала претерпевает уменьшение с высотой, в отрицательно заряженных слоях – увеличивается по высоте. Заряды аэрозолей могут определяться адсорбцией ими зарядов легких ионов. Причиной возникновения слоев объемного заряда легких ионов являются: 1) дивергенция тока проводимости на границе атмосферы с земной поверхностью, вблизи которой формируется положительный объемный заряд электродного эффекта этой поверхности, и 2) прохождение через атмосферу тока проводимости в условиях градиента ее электропроводности. Градиент электропроводности может быть значительным при активном эманировании почвы и высокой концентрации радона-222 близ ее поверхности. Он будет иметь отрицательный знак, что обусловит появление отрицательного объемного заряда в слое.

Накоплению радона-222 вблизи поверхности земли способствует ослабление перемешивания в условиях устойчивой стратификации. В таблице приведены параметры атмосферы, характеризующие условия, в которых были получены вертикальные профили атмосферно-электрических величин.

Параметр		$t, ^\circ\text{C}$	$U, \text{м/с}$	$f, \%$	$K_{\text{турб.}} \text{ м}^2/\text{с}$	$Rn\text{-}222, \text{Бк/м}^3$	$N, \text{см}^{-3}$
Высота датчика		2 м	2 м	2 м	0-2 м	0,05 м	1 м
Устойчивая стратификация	средние	15,7	0,0	90	0,00	198	454
	ст.отклон.	2,2	0,0	6	0,00	244	57
	ст.погрешн.	0,8	0,0	2	0,00	92	22
Неустойчивая стратификация	средние	29,6	4,0	40	0,17	18	410
	ст.отклон.	1,0	0,5	7,4	0,03	9,1	122
	ст.погрешн.	0,4	0,2	2,6	0,01	4,1	43

Особенностью данного цикла измерений явились аномально высокие значения объемной активности радона-222, которые в условиях слабого турбулентного перемешивания при устойчивой стратификации приземного слоя превышали вблизи земной поверхности 700 Бк/м^3 . Это способствовало возникновению больших отрицательных градиентов электропроводности в слое 0,5-1,5 м и, как следствие, приводило к формированию отрицательного объемного заряда в этой области (рис.1, 3а), понижающего временами поле на уровне земной поверхности практически до нуля и до отрицательных значений. Рассчитанное по результатам всех измерений уравнение линейной регрессии градиента потенциала на уровне земли ($G_0, \text{В/м}$) по значениям объемной активности радона-222 ($Rn, \text{Бк/м}^3$) имеет вид $G_0 = 27 - 0,15 \cdot Rn$ ($R^2=0,47$). В условиях неустойчивой стратификации приземного слоя в дневные часы при интенсивном перемешивании атмосферы содержание радона вблизи земли невелико, а наблюдаемый в нижнем двухметровом слое отрицательный объемный заряд (рис.1, 3б) обусловлен, по-видимому, зарядом аэрозольных частиц, поступающих в атмосферу в результате ветрового подъема пыли с иссушенной земной поверхности в условиях знойного лета донских степей [2].

Список публикаций:

- [1] Петрова Г.Г., Петров А.И., Панчишкина И.Н. // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. Изд-во научно-исследовательского радиофизического института, Н.Новгород. Т.56, № 11-12. 2013. С.803-819.
<http://elibrary.ru/item.asp?id=21303258>
- [2] Веселова Е.Ю., Милованова А.А., Петрова Г.Г. // Сборник тезисов, материалы Двадцать седьмой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых: Екатеринбург: издательство АСФ России, 2023.с. 182-183
<http://asf.ural.ru/VNKSF/Tezis/v27/VNKSF-27-12.pdf>

Результаты экспедиционных исследований концентрации радона-222 в приземном слое атмосферы

Гурбангелдиев Дидар Азадович

Звалинская Анастасия Павловна

Южный федеральный университет

Панчишкина Ирина Николаевна, к.ф.-м.н.

georgpu@rambler.ru

Естественная радиоактивность является одной из природных составляющих окружающей среды, радиоактивные элементы существуют повсеместно, и радиация, связанная с ними, представляющих большой интерес с экологической точки зрения. Особенно велика роль в радиационном воздействии на человека радона-222 и продуктов его распада.

Радон образуется в почве и попадает в атмосферу в результате газообмена между почвой и атмосферой. Поступление радиоактивных газов из почвы в атмосферу определяется содержанием материнских радиоактивных элементов в почве, эманлирующей способностью подстилающих пород, концентрацией радона в почвенном газе и состоянием поверхности почвы. В атмосфере эманации распространяются до высот в несколько километров вследствие конвективных потоков и турбулентного перемешивания. Поток радона из почвы и его содержание в атмосферном воздухе существенно отличаются для различных регионов и характеризуется значительной пространственно-временной неоднородностью. Таким образом, формирование радоновой обстановки в приземной атмосфере происходит под влиянием большого количества факторов, что затрудняет точное математическое описание механизмов переноса радона.

В 2023 году в комплексной геофизической экспедиции кафедры общей физики Южного федерального университета в летний период в х.Чернигово-Песчаном Кашарского района Ростовской области проводились измерения плотности потока радона (ППР) из почвы в атмосферу и концентрации радона-222 в нижнем слое атмосферы. Для измерений концентрации радона-222 в атмосферном воздухе и плотности потока радона-222 использовался радон-монитор «AlphaGUARD», основной частью которого является ионизационная камера. Измерения концентрации радона в атмосфере проводились на пяти уровнях над земной поверхностью (0,05, 0,3, 0,6, 1 и 2 метра).

Измерения плотности потока радона-222 осуществлялось с помощью накопительной камеры, в которую поступал почвенный газ в течение времени экспозиции 20 минут. После этого проба воздуха из накопительной камеры с помощью насоса «AlphaPUMP» помещалась в ионизационную камеру радон-монитора для обработки. Полученное значение объемной активности (концентрации) радона A_{Rn} в исследуемом воздухе использовалась для расчёта ППР:

$$\text{ППР} = \frac{A_{Rn} \cdot V}{S \cdot t} \quad (1)$$

где $V=0,5$ л – объём пробы, $S=0,015$ м² – площадь накопительной камеры, $t=1200$ с – время экспозиции.

Для выделения однородных условий формирования профиля концентрации радона-222 в атмосфере был отобран массив среднечасовых значений концентрации радона-222 в атмосферном воздухе и плотности потока радона-222 при скорости ветра на высоте 2 м меньше 0,8 м/с. В результате корреляционного анализа установлена положительная связь концентрации радона-222 в атмосфере на всех высотах над поверхностью почвы с плотностью потока радона-222 (*табл.*) при средней скорости ветра 0,4 м/с. С увеличением высоты коэффициент корреляции закономерно убывает.

высота	0,05 м	0,3 м	0,6 м	1,0 м	2,0 м
коэффициент корреляции	0,37	0,35	0,34	0,32	0,27

По результатам измерений построен эмпирический ряд регрессии концентрации радона-222 в атмосферном воздухе по плотности потока радона-222 рассчитано уравнение линии регрессии. Обнаружено, что связь между концентрацией радона-222 в атмосфере на всех высотах над поверхностью почвы и плотностью потока радона-222 подчиняется линейному закону с высокой степенью достоверности аппроксимации.

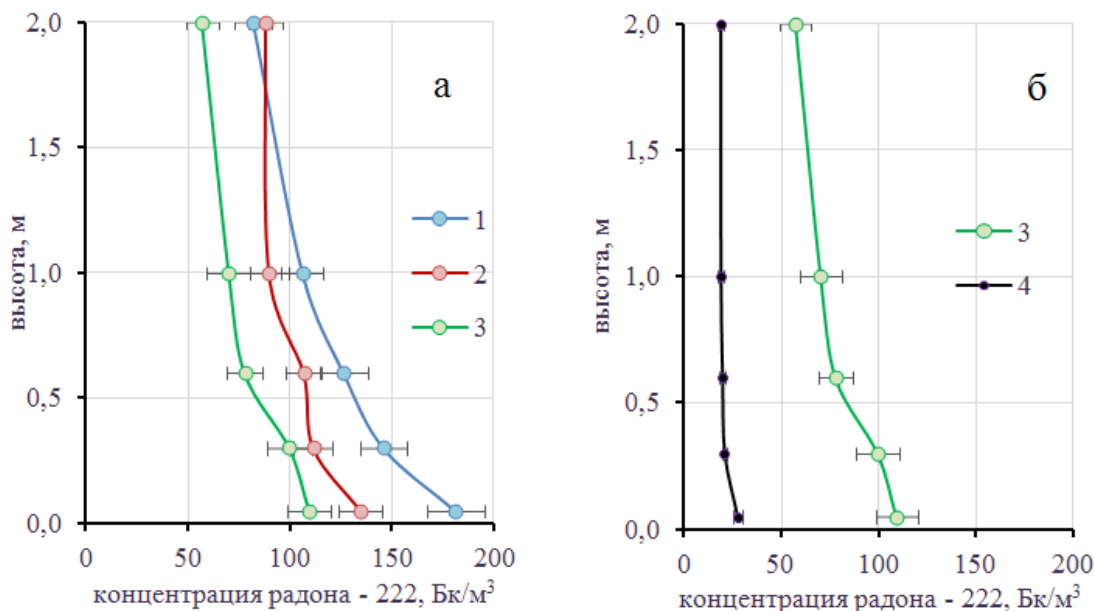


рис.1. Вертикальные профили концентрации радона-222 в х. Чернигово-Песчаном, август 2023 г.

а) при ограничении скорости ветра на высоте 2 м ($U_2 < 0,8$ м/с) и различных средних значениях плотности потока радона-222: 1 - 23,6 мБк/м²с; 2 - 18,9 мБк/м²с; 3 - 15,2 мБк/м²с;

б) одинаковой плотности потока радона-222 и различных значениях скорости ветра на высоте 2 м: 3 - $U_2 < 0,8$ м/с; 4 - $U_2 > 3,0$ м/с

В отсутствие значительного перемешивания атмосферы происходит накопление радона-222 в приземном слое атмосферы, что предполагает в таких условиях возрастание концентрации радона-222 в атмосферном воздухе при увеличении плотности потока радона-222 с земной поверхности. По наблюдениям на выход радона

из почвы при прочих равных условиях влияет распределение температуры почвы по глубине: чем теплее почва на глубине по сравнению с поверхностными слоями, тем больше радона в атмосфере у земной поверхности [1].

По данным экспедиционных измерений построены профили концентрации радона-222, осредненный для различных интервалов значений плотности потока радона-222 (рис.1а). Профиль 1 (голубая линия) получен при наиболее интенсивном поступлении эманации в атмосферу, плотность потока радона-222 в среднем для этого профиля составил 21,8 мБк/м²с. Профиль 2 (красная линия) и профиль 3 (зеленая линия) осреднены для периодов, которые характеризовались более низкими в среднем значениями плотности потока радона-222: 18,9 мБк/м²с и 15,2 мБк/м²с соответственно. Планками показаны значения стандартной погрешности

В то же время, при разной скорости ветра (рис.1б) и практически одинаковой интенсивности поступления в атмосферу радона-222 (ППР порядка 15 мБк/м²с для профилей 3 и 4), обнаруживается существенное различие как в средних значениях, так и в характере изменения концентрации радона-222 с высотой. При скорости ветра на высоте 2 м, превышающей значение 3 м/с, вертикальные градиенты концентрации радона-222 становятся незначительными (профиль 4, черная линия), а сами значения в 4–5 раз меньше, чем при ослабленном перемешивании атмосферы.

Список публикаций:

[1] Петрова Г.Г. и др.// Глобальная электрическая цепь: материалы пятой Всероссийской конференции 2021. С. 56.

Моделирование топографических вихрей восточной части Средиземного моря в рамках трехслойной модели океана

Егорова Виктория Михайловна

Институт водных проблем Российской академии наук

Соколовский Михаил Абрамович, д.ф.-м.н.

Vikchik96@yandex.ru

Общая циркуляция восточной части Средиземного моря, по натурным данным, представляет собой совокупность меандрирующих течений и крупномасштабных вихрей (например, круговорот Родоса) [1, 2]. К югу от острова Кипр располагается стационарный антициклонический Кипрский вихрь. Он фиксируется над обширной окрестностью подводной горы Эратосфена, расположенной в юго-восточной части глубокой впадины. Работы [2, 3, 4] описывают периодическое появление циклона северо-западнее Кипрского вихря.

В работах [5, 6] дается теоретическое обоснование природы формирования и сосуществования Кипрского вихря и циклона как топографической квазидипольной вихревой структуры, состоящей из антициклона над горой Эратосфена, и циклона над крупной впадиной. Обоснование основывается на применении теории топографических вихрей, адаптированной для решения задач с несимметричной формой неоднородности рельефа дна. В частности, моделирование вихрей проводится в рамках трехслойной модели океана с применением метода контурной динамики [7, 8]. Фоновый (преимущественно восточный) поток постоянной скорости набегаёт на неоднородность (типа «впадина-гора»), локализованную в нижнем слое трехслойной жидкости в центре модельной области на безразмерной плоскости XY.

В настоящей работе, помимо структуры «впадина-гора», учтено понижение дна западнее горы Эратосфена. В верхний слой добавлены два крупных контура небольшой завихренности (противоположных знаков), усиливающих фоновый поток и тем самым моделирующих поверхностные течения.

Получившиеся в верхнем слое фазовые портреты (например, рис. 1) (т.е. изолинии функции тока) для случая, учитывающего понижение среднего уровня морского дна западнее горы Эратосфена (панель А), показывают значительное увеличение циклона и его смещение на запад, по сравнению со случаями, не учитывающими такого понижения (панель Б). Этот результат мы можем связать с циклонической циркуляцией, наблюдаемой западнее горы Эратосфена [9]. Глубокая впадина оказывает влияние на фоновое течение, вносит вклад в развитие общей циклонической циркуляции восточной части Средиземного моря, предположительно являясь восточным продолжением круговорота Родоса.

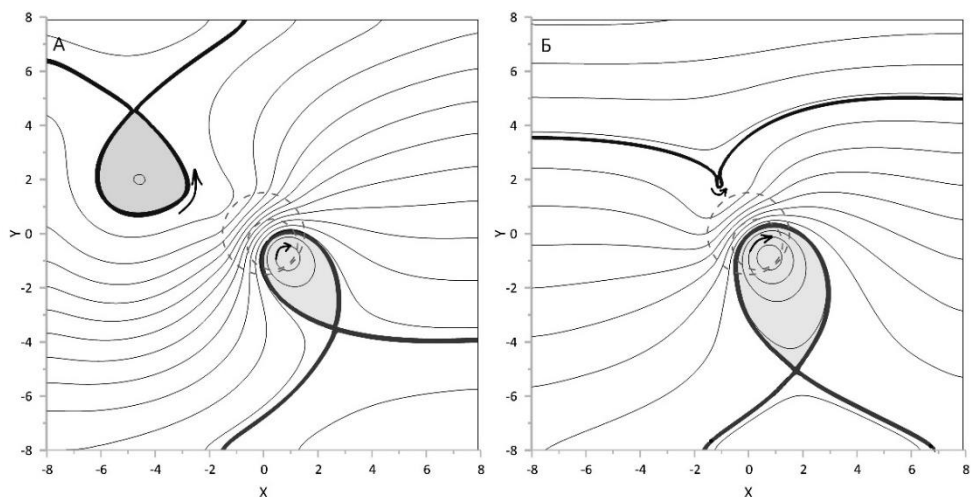


рис 1. Изолинии функции тока горизонтального движения в верхнем слое, штриховая линия обозначает границу топографии «впадина-гора», фоновый поток набегает на топографию слева направо (на восток), а внутренние части петель сепаратрис ассоциируются с захваченными топографическими вихрями: циклон (против часовой стрелки) и антициклонический Кипрский вихрь (по часовой стрелке). На панели А изображен случай, учитывающий понижение дна западнее горы Эратосфена (координаты центра цилиндрического понижения (0, -5), радиус $r = 4$); на панели Б – тот же случай, но без понижения.

Список публикаций:

- [1] Pinardi N., Arneri E., Crise A., Ravaioli M., Zavatarelli M. / The physical, sedimentary and ecological structure and variability of shelf areas in the Mediterranean Sea // *The Sea*. 2006. vol 14. P.1245-1331.
- [2] Zodiatis G., Gertman I., Poulain P.-M., Menna M. / The general circulation in the SE Levantine // *PERSEUS Conference Proceedings: Integrated Marine Research in the Mediterranean and Black Sea, Brussels*. 2015. P.231-232.
- [3] Brenner S. / Structure and evolution of warm core eddies in the eastern Mediterranean Levantine Basin // *J Geophys Res*. 1989. vol 94(C9). P.12.593-12.602.
- [4] Mauri E., Sitz L., Gerin R., Poulain P.-M., Hayes D., Gildor H. / On the variability of the circulation and water mass properties in the Eastern Levantine Sea between September 2016 - August 2017 // *Water*. 2019. vol 11(9). P.1741.
- [5] Egorova V.M., Zyryanov V.N., Sokolovskiy M.A. / The hydrodynamic theory of the Cyprus Eddy // *Ocean Dynamics*. 2022. Vol 72(1). P.1-20
- [6] Egorova V.M., Sokolovskiy M.A., Zodiatis G. / A Three-Layer Model of Hydrodynamic Processes in the Cyprus Eddy System // *Ocean Dynamics*. 2024. vol 74(1). P.19-36.
- [7] Козлов В.Ф. / Метод контурной динамики в модельных задачах о топографическом циклогенезе в океане // *Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана*. 1983. Т. 19. № 8. С.845-854.
- [8] Соколовский М.А. / Моделирование трехслойных вихревых движений в океане методом контурной динамики // *Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана*. 1991. Т. 27. № 5. С.550-562.
- [9] Simoncelli S., Fratanni C., Pinardi N., Grandi A., Drudi M., Oddo P. (2014) *Mediterranean Sea physical reanalysis (MEDREA 1987-2017) (Version 1) [Data set] (Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS))*.

Закономерности вариаций электропроводности приземной атмосферы с учетом содержания радона-222 и субмикронных аэрозолей

Звалинская Анастасия Павловна
Милованова Анжелика Александровна
Южный федеральный университет
Петрова Галина Григорьевна, к.ф.-м.н.
georgpu@rambler.ru

Электропроводность атмосферы вблизи земной поверхности, как показывают наблюдения, испытывает значительные изменения в зависимости от интенсивности ионизационно-рекомбинационных процессов. Исследования закономерностей этих вариаций и выявление значимых факторов, определяющих их, представляется важным для моделирования атмосферно-электрических процессов в приземной атмосфере. Накопленные в настоящее время данные позволяют заключить, что важнейшими факторами для этих процессов являются объемная активность радона-222 и концентрация субмикронных аэрозолей в атмосфере.

В работе обсуждаются результаты экспедиции 2023 года в пункте Чернигово-Песчаный Кашарского района Ростовской области в сравнении с данными предыдущих экспедиций, проводимых в летние месяцы

лабораторией геофизических исследований Физического факультета Южного федерального университета. Пункт наблюдений расположен в засушливой зоне донских степей. Датчики располагались на обширном ровном поле со скошенным травостоем. Полярные электропроводности измерялись гердиеновскими датчиками двух типов: прибор «Электропроводность-2» системы ГТО им.А.И.Воейкова и измеритель электропроводности атмосферы системы Литвинова. Объемная активность (ОА) радона-222 в атмосфере и почвенном газе регистрировалась радон-монитором «AlphaGUARD PQ2000 PRO». Для регистрации концентрации аэрозолей использовался лазерный аэрозольный спектрометр ЛАС-П системы НИФХИ им. Л.Я.Карпова в семи диапазонах размеров частиц: 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,7; 0,7-1,0; >1,0 мкм. Посредством метеостанции М-49 велась непрерывная регистрация метеорологических параметров. Раз в час производились градиентные измерения метеорологических характеристик, что позволяло рассчитывать значения коэффициента турбулентности (по методу Н.Р.Орленко) и оценивать температурную стратификацию нижнего слоя атмосферы. Комплексные наблюдения производились в августе на протяжении 8 дней, многочасовыми периодами, круглосуточно, с короткими перерывами на профилактику аппаратуры, по причине погодных условий и т.д. Для анализа использованы результаты 10-минутных и среднечасовых осреднений всех величин.

Важнейшим ионизатором приземной атмосферы является α – радиоактивный инертный газ радон-222. Анализ результатов экспедиции 2023 года показал, что для периода измерений характерно интенсивное эманирование почвы, на что указывают высокие значения потока радона-222 из почвы в атмосферу. При ослаблении перемешивания в условиях устойчивой температурной стратификации приземного слоя это обусловило накопление радона вблизи земной поверхности и, как следствие, его большую активность. В ночные часы без ветра значения объемной активности (ОА) радона порой превышали 500 Бк/м^3 , что в предыдущих экспедициях не регистрировалось. В итоге значения полярных удельных электропроводностей в ночные периоды превышали 100 фСм/м , что прежде не наблюдалось. Тем не менее, уравнения линейной регрессии значений положительной λ_+ и отрицательной λ_- удельных электропроводностей по объемной активности радона A_{Rn} для несгруппированных данных: $\lambda_- = 18 + 0,25A_{Rn}$ ($R^2=0,46$); $\lambda_+ = 18 + 0,22A_{Rn}$ ($R^2=0,42$), - аналогичны тем, что получены для степного Цимлянска в 2016: $\lambda_- = 15 + 0,2A_{Rn}$, $\lambda_+ = 16 + 0,2A_{Rn}$, где содержание радона в атмосфере не превышало 40 Бк/м^3 из-за ветрового режима. Коэффициенты корреляции полярных электропроводностей и ОА радона по 10-минутным осреднениям величин за период наблюдений для разных высот находятся в интервале 0,8-0,9.

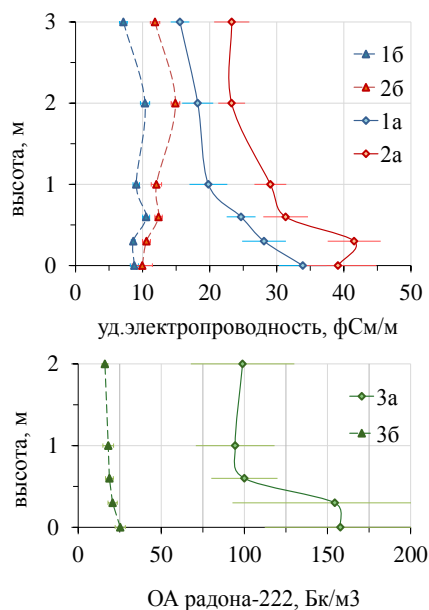


рис.1. Вертикальное распределение положительной (2) и отрицательной (1) удельных электропроводностей атмосферы и объемной активности радона-222 (3) при устойчивой (а) и неустойчивой (б) температурной стратификации приземного слоя (Ч.-Песчаный, август 2023)

На (рис.1) представлены вертикальные профили положительной (красный) и отрицательной (синий) удельных электропроводностей и объемной активности радона-222 (зеленый) в нижнем 3-метровом слое атмосферы для устойчивой (а) и неустойчивой (б) температурных стратификаций приземного слоя (планками на графиках показаны значения стандартной погрешности). Как видно на (рис.1, график 3а), в часы с устойчивой стратификацией (ночной период без ветра, с нулевым коэффициентом турбулентности) ОА радона в открытой атмосфере в 2-метровом слое в среднем принимает значения не менее 100 Бк/м^3 , что равно ПДК радона-222 для закрытых помещений. Наблюдаются значительные градиенты ОА радона в нижнем метре

атмосферы и, как следствие, значительное уменьшение с высотой ее полярных электропроводностей (рис.1, графики 1а,2а), что будет способствовать формированию слоя отрицательного объемного заряда при прохождении вертикального тока проводимости вблизи земной поверхности. При неустойчивой стратификации (дневные периоды с конвекцией и ветром) атмосфера активно перемешивается, радон переносится в более высокие слои, в результате чего его концентрация вблизи подстилающей поверхности уменьшается, стираются градиенты объемной активности, что можно видеть на (рис.1, 3б). В итоге невелики и мало меняются с высотой полярные электропроводности (рис.1, графики 1б,2б).

Неоднократно показано, что важным фактором для электропроводности атмосферы являются аэрозоли, способствующие ее снижению вследствие адсорбции аэрозольными частицами легких атмосферных ионов, являющихся носителями заряда в процессе тока проводимости в нижней атмосфере. Коэффициенты корреляции полярных электропроводностей с концентрацией аэрозольных частиц с диаметром менее 0,1 мкм достигают по данным ряда экспедиций последних лет 0,7-0,9. Начиная с 2017 года, экспедиции проводились в пунктах с низким содержанием радона-222 в приземном слое, как в степной, так и высокогорной зонах юга России, по причине особенностей ветрового режима в пунктах наблюдений. Поэтому влияние на вариации электропроводности такого мощного ионизатора, как радон-222, было ослаблено, и зависимость их от содержания аэрозолей превалировала. Она хорошо аппроксимировалась экспоненциальной функцией [1], и по результатам экспедиции в августе 2019 года на Кисловодской высокогорной научной станции Института физики атмосферы им.Обухова РАН (плато Шаджатмаз, 2100 м) были получены регрессионные зависимости: $\lambda_+ = 27e^{-0,08N}$ ($R^2=0,82$) $\lambda_- = 27e^{-0,12N}$ ($R^2=0,89$). Ранее на Цимлянской научной станции ИФА РАН по сгруппированным данным для 2017 года получены теми же приборами аналогичные зависимости: $\lambda_+ = 24e^{-0,16N}$ ($R^2=0,96$) и $\lambda_- = 18e^{-0,09N}$ ($R^2=0,92$). Расчет выполнен для полярных электропроводностей λ_+ и λ_- , измеряемых в фСм/м, и концентрации аэрозолей N в 10^8 м^{-3} . По результатам экспедиции 2023 в степном Чернигово-Песчаном удалось получить некоторую не очень выразительную регрессию полярных электропроводностей по концентрации аэрозолей всех измеряемых размеров только для массива данных, полученных в периоды, когда ОА радона не превышала 30 Бк/м³: $\lambda_+ = 18e^{-0,01N}$ ($R^2=0,24$) $\lambda_- = 20e^{-0,04N}$ ($R^2=0,36$). Более убедительно выглядит регрессия при таком же ограничении радона для самых мелких регистрируемых частиц с диаметром 0,1-0,2 мкм: $\lambda_+ = 23e^{-0,10N}$ ($R^2=0,72$) $\lambda_- = 25e^{-0,10N}$ ($R^2=0,70$). Таким образом, в ситуации многофакторных процессов для получения убедительной регрессионной зависимости между величинами необходимы выборки, ограничивающие колебания фактора, выступающего в роли параметра.

Список публикаций:

[1]Болдырева В.А., Купинская А.И. // Материалы XXIV Всероссийской научной конференции студентов-физиков (ВНКСФ24). г.Томск, 2018. - С.392-393

Влияние метеоусловий и аэрозольного состояния приземной атмосферы на ток механического переноса из атмосферы на землю по данным наблюдений

Кондратьева Элина Романовна

Веселова Елизавета Юрьевна

Южный федеральный университет

Панчишкина Ирина Николаевна, к.ф.-м.н.

georgpu@rambler.ru

Приземный слой атмосферы представляет собой участок Глобальной электрической цепи, который характеризуется значительной электродинамической вариабельностью. Влияние на электрические процессы в приземной атмосфере оказывают состояние подстилающей поверхности, температурная стратификация, динамический режим, наличие аэрозолей и т.д. В комплексных геофизических экспедициях кафедры общей физики Южного федерального университета в летний период проведены многолетние измерения плотности вертикального тока механического переноса в пунктах с различными физико-географическими условиями.

Перенос зарядов под действием механических сил возникает в атмосфере в результате конвективного перемещения заряженных объемов воздуха и турбулентного перемешивания слоев с вертикальной неоднородностью плотности объемного заряда. На границе атмосфера-земля отсутствует конвективная составляющая плотности вертикального тока механического переноса, так как становится равной нулю скорость вертикальных потоков. Таким образом, заряд на земную поверхность попадает в результате диффузионных процессов различного масштаба.

В настоящей работе обсуждаются результаты экспедиционных измерений в пунктах Ростовской области и на плато Шаджатмаз (высота над уровнем моря 2100 м). В летний период в Ростовской области наблюдается интенсивная турбулентность, а ночью преобладает устойчивая стратификация, препятствующая вертикальному движению воздушных масс. Метеорологические условия периода измерений на плато Шаджатмаз являются типичными для высокогорья: высокая относительная влажность при сравнительно низкой температуре воздуха, слабо выраженный средний суточный ход скорости ветра и коэффициента турбулентности.

Для регистрации плотности тока механического переноса $i_{мт}$ и метеорологических характеристик во всех пунктах использовался один и тот же комплекс измерений, он подробно описан в работе Петрова А.И. и др. [1]. С 2017 года производится регистрация концентрации аэрозолей субмикронного диапазона с помощью лазерного аэрозольного спектрометра ЛАС-П системы НИФХИ им. Л.Я. Карпова. Постоянство измерительного комплекса обеспечивает надежность результатов наблюдений с точки зрения сравнимости данных, полученных в разные годы и в разных пунктах наблюдений. Ниже (табл.) представлены средние значения плотности тока механического переноса и метеорологических характеристик, выбранных для периодов поступления на земную поверхность положительного и отрицательного заряда для пунктов Ростовской области

Пункт измерений	Знак заряда	Число серий измерений	Среднее значение $i_{мт}$, пА/м ²	Температура воздуха на высоте 2 м, °С	Скорость ветра на высоте 2 м, м/с	Коэффициент турбулентности, м ² /с
Михайловка 1995-1998	положительный	26%	0,25	15,4	0,7	0,023
	отрицательный	74%	-0,73	17,2	1,4	0,041
Первомайское 1992-1994	положительный	49%	0,51	21,8	2,1	0,058
	отрицательный	51%	-0,52	23,8	2,2	0,074
Платов 2003	положительный	15%	0,35	13,2	0,2	0,005
	отрицательный	85%	-1,03	17,5	1,0	0,025

На основе анализа экспериментальных данных установлено, что ток механического переноса на границе атмосфера-земля для всех пунктов Ростовской области, кроме Цимлянска, имеет в среднем за период измерений отрицательное значение. В среднем за период наблюдений ток механического переноса на плато Шаджатмаз сообщает земной поверхности положительный заряд. Физико-статистический анализ результатов измерений показывает, что распределения значений плотности тока механического переноса во всех пунктах, имеют отрицательную (левостороннюю) асимметрию [2]. При этом в большей части часовых серий измерений в пунктах Ростовской области значения плотности тока механического переноса принимают отрицательные значения (см. табл. выше). С целью выяснения наиболее существенных факторов, влияющих на знак заряда, поступающего на земную поверхность под действием механических сил, сгруппированы отдельно массивы положительных и отрицательных значений плотности тока механического переноса и соответствующие им выборки метеорологических величин, отвечающих за термодинамическое состояние нижней атмосферы.

Обнаружено, что среднее значение плотности тока механического переноса для периодов поступления на земную поверхность отрицательного заряда во всех пунктах по модулю больше, чем в тех случаях, когда плотность тока механического переноса в среднем имеет положительное значение. Следует отметить, что выборочным массивам отрицательных значений плотности тока механического переноса соответствует более высокая температура воздуха, большая скорость ветра и соответственно более интенсивное перемешивание атмосферы, характеризуемое коэффициентом турбулентности (см. табл.).

Известно, что заряд, поступающий на поверхность земли под действием механических сил в основном связан с аэрозолями субмикронного диапазона [3], и можно видеть (см. табл. ниже), что большим по модулю значениями плотности тока механического переноса на плато Шаджатмаз соответствуют более высокие концентрации аэрозолей чем в Цимлянске. В таблице ниже приведены средние значения плотности тока механического переноса, концентрации аэрозолей, метеорологических характеристик, выбранных для периодов поступления на земную поверхность положительного и отрицательного заряда в Цимлянске и на плато Шаджатмаз.

Пункт измерений	Знак заряда	Число серий измерений	Среднее значение $i_{мт}$, пА/м ²	Температура воздуха на высоте 2 м, °С	Скорость ветра на высоте 2 м, м/с	Концентрация аэрозолей, см-3	
						диаметр 0,1-0,3 мкм	диаметр 0,4-0,7 мкм
Цимлянск 2017	положительный	71%	0,70	25,7	4,2	269	2,3
	отрицательный	29%	-1,02	32,5	6,1	290	1,5
Шаджатмаз 2018	положительный	76%	2,41	11,8	2,9	391	15,4
	отрицательный	24%	-3,11	13,0	3,2	419	15,1

Таким образом, термодинамический режим приземного слоя и содержание аэрозолей в атмосферном воздухе во всех пунктах измерений оказывает существенное влияние на вариации плотности тока механического переноса и знак заряда, поступающего под действием механических сил на земную поверхность.

Список публикаций:

[1] Петров А.И. и др. // *Известия высших учебных заведений Сев.- Кав. рег., Естест.науки.* – 2010. – №3. – С. 47-52

[2] Панчишкина И.Н. и др. // *Материалы IX Всероссийской научной конференции по атмосферному электричеству – Санкт-Петербург: типография ВКА им. А.Ф.Можайского, 2023.* – с. 132-139.

[3] Петрова Г.Г. и др. // *IX Всероссийская научная конференция по атмосферному электричеству. Материалы конференции. Санкт-Петербург, 2023.* С. 140-147.

Численное моделирование динамики пятен пассивной примеси в окрестности гайота в рамках трехслойной модели океана

Шатохин Михаил Викторович

Институт водных проблем Российской академии наук

Соколовский Михаил Абрамович, д.ф.-м.н.

usif-9694@mail.ru

К настоящему времени человечество столкнулось с тем, что развитие цивилизации неизбежно связано с непрерывным загрязнением океанов. Океан во многом определяет погоду и климат на планете. Поэтому проблема изучения распространения загрязнения морской среды выдвигается в разряд первоочередных.

Следуя [1], в рамках трехслойной квазигеострофической модели в приближении f -плоскости проводим исследование воздействия изолированного гайота (используются параметры гайота Затонского массива Магеллановых гор в центральной части Восточно-Мариинской котловины Тихого океана [2]) в океане на движение поверхностных, подповерхностных и глубинных пятен пассивной примеси, переносимых вертикально однородным зональным течением.

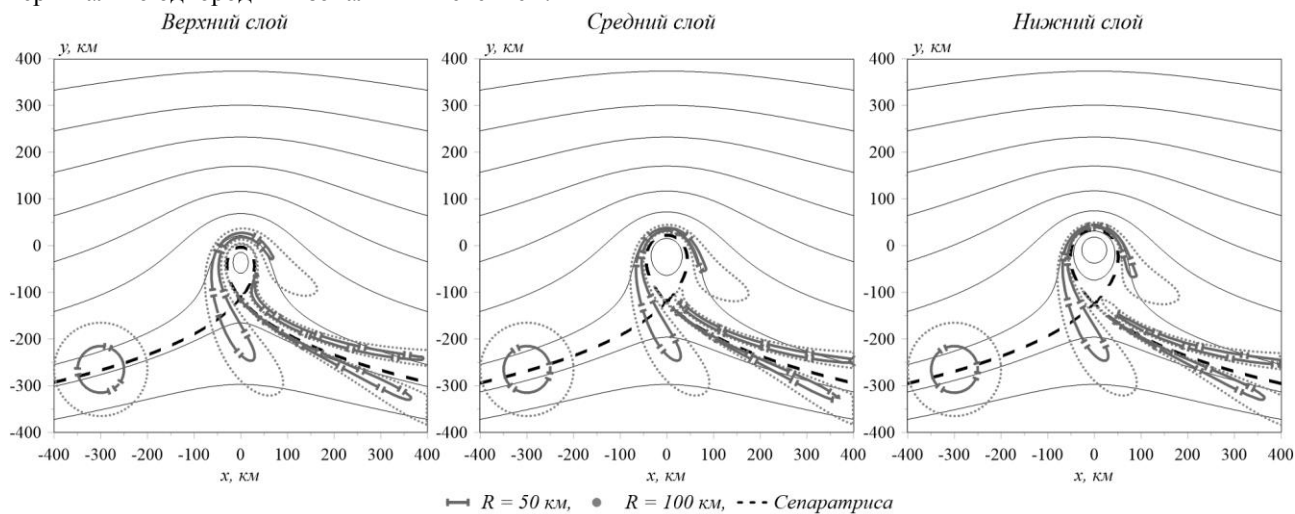


рис.1. Динамика пятен пассивной примеси в 3-х слоях

На рисунке 1 представлены результаты двух численных экспериментов в виде фазовых портретов, т.е. изолиний функций тока для верхнего, среднего и нижнего слоев (иначе, поверхностного, подповерхностного и глубинного слоев) с выделенными черным штрихом сепаратрисами и изображенными на их фоне мгновенных конфигураций контуров границ пятен пассивной примеси, когда центры первоначально круговых пятен расположены вблизи западного уса сепаратрисы на значительном расстоянии от возвышенности с центром в точке (0, 0), радиус пятен 50 км (первый эксперимент) и 100 км (второй эксперимент). Начальные положения центров поверхностного, подповерхностного и глубинного пятен находятся выше по потоку от возвышенности и несколько южнее сепаратрисы для верхнего, среднего и нижнего слоев в точке (-300, -275). При этом сепаратрисы делят пятна на неравные части: большая на юге и меньшая на севере, диспропорция для пятен меньшего размера больше. В обоих случаях пятна сносятся в восточном направлении и одновременно вытягиваются в продольном направлении таким образом, что большая/меньшая часть подвержена преимущественному воздействию течения ниже/выше сепаратрисы. При приближении к возвышенности вытягивание усиливается, далее верхняя часть пятна обходит петлю с севера, а нижняя с юга. Затем происходит окончательное разделение пятна на две части таким образом, что они обе продолжают продвигаться на восток

вдоль восточного уса сепаратрисы, прижимаясь к нему, но оставаясь по разные стороны от него. Численные расчеты (здесь не приведены) показывают, что воздействие топографии является максимальным в нижнем слое и минимальным в верхнем. Пятно меньшего размера гораздо сильнее подвергается влиянию топографии.

Описанные выше численные эксперименты демонстрируют, как изолированная возвышенность может влиять на распространение пятен примеси. Пятно пассивной примеси может быть интерпретировано, как любое скопление плавающих объектов, свободно дрейфующих в океане. К таким объектам, в частности, может относиться пластиковый мусор. Результаты работы могут быть использованы при объяснении особенностей распространения пластикового (и не только) мусора в окрестности подводной возвышенности.

Список публикаций:

[1] *Shatokhin M.V., Sokolovskiy M.A. Dynamics of Passive Admixture in Surface and Subsurface External Deformation Field above an Ocean Guyot. Moscow Univ. Phys. 78, 399-409 (2023)*

[2] <http://guyot.ocean.ru/baza-dannykh/gajot-zatonskogo.html>

