

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СТЕПЕНЬ КЛАСТЕРИЗАЦИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Павлов А.М., Подкорытова Е.А.

Восточно-Казахстанский государственный
университет им. С. Аманжолова,
Усть-Каменогорск, e-mail: ampravlov@mail.ru

Описаны опыты и обсуждены их результаты по воздействию электрического поля и ультрафиолетовых лучей на сухой и влажный воздух. Показано, что во влажном воздухе образуются комплексы молекул (кластеры), что ультрафиолетовые лучи способствуют их образованию, а электрическое поле разрушает. Показано возможность образования зародышей конденсации – кластеров под действием ультрафиолетовых лучей.

Состояние атмосферы и явлениям в ней происходящих до сих пор уделяется пристальное внимание. Остается спорным вопрос о появлении зародышей капли, т.е. зародышей конденсации. В [1] приводится мнение Ж. Вассай, что гидрофильные частицы возникают под действием ультрафиолетовых лучей Солнца на значительной высоте и образуют пересыщенные пары. Однако в [2] это мнение ставится под сомнение на том основании, что в осадках не обнаруживаются окислы азота. Почему то считается, что под действием ультрафиолета

обязательно должны образовываться окислы азота. В данной работе обосновывается образование зародышей физическим путем, а не химическим. Здесь описаны опыты, в которых исследовался результат воздействия ультрафиолетового излучения, электрического поля и влажности на степень кластеризации воздуха.

В первой серии опытов определялось действие электрического поля. Установка представляла собой пятилитровый прямоугольный сосуд с выводом для подсоединения U-образного манометра, к двум противоположным граням которого приклеены металлические пластины для подсоединения к источнику напряжения. В качестве источника напряжения использовался SERIES 205 B, High Voltage Power Supply. Подаваемое напряжение менялось от 2,5 до 20 кВ, что позволяло создать напряженность электрического поля от 1800 до 150 000 В/м, что превышает естественное поле в 100 и 1000 раз. Манометр не зафиксировал изменение давление в сосуде под действием электрического поля.

Во второй серии опытов в сосуд было напано 5 капель воды общей массой $m = 0,15$ г. После часовой выдержки начался отсчет температуры и разности давлений в сосуд и в атмосфере.

Результаты опытов представлены на следующей таблице.

Таблица 1

Изменение давления при повышении температуры

T, K	$\Delta h, mm$	P, Pa $P = \rho gh$	$P_{в.п}, Pa$	$P_{д.б}, Pa$	P^*, Pa $P^* = P_{атм} + P$	X $X = \frac{P_{д.б}}{P^*}$
1	2	3	4	5	6	7
296	6,4	67,72	2802	104127	101392,7	1,027
296,3	8,6	84,28	2858	104183	101409,28	1,0273
296,6	11,2	109,76	2914	104240	101434,76	1,0276
296,9	13,8	135,24	2971	104296	101460,24	1,0279
297,2	14,9	146,02	3027	104352	101471,02	1,0283
297,5	15,8	154,84	3084	104409	101479,84	1,0288
297,8	16,8	164,84	3140	104465	101489,64	1,029
298,1	19,6	192,08	3197	104522	101517,08	1,0296
298,4	20,4	200,0	3253	104578	101524,92	1,03
298,7	21,0	205,8	3310	104635	101530,81	1,0306

Если подсчитать по формуле Менделеева-Клапейрона парциальное давление водяных паров при данных условиях, то оно должно было бы быть 4101,5 Па. Следовательно, капли воды испарились не полностью и в сосуде находится насыщенный водяной пар. Поэтому к давлению атмосферы прибавлялось давление насыщенных водяных паров (5 столбец). Такое давление должно было бы быть. Однако опыт дает меньше давление (столбец 6).

На наш взгляд уменьшение давления можно объяснить следующим образом. Как известно, молекулы воды обладают дипольным моментом. В электрическом поле этой молекулы других газов (N_2 , O_2 , CO_2) поляризуются и притягиваются

к молекуле воды. Образуются комплексы или кластеры из молекул H_2O и других газов. По этой причине число структурных единиц будет несколько меньше, чем в смеси идеальных газов μ , следовательно, согласно формуле $P = n_0 k T$, будет меньше давление. Последний столбец табл. 1 показывает средний размер кластеров. Как видно из этой таблицы, при повышении температуры и увеличении количества водяного пара средний размер кластеров увеличивается.

В следующей серии опытов к сосуду, описанному выше, подключалось электрическое поле, то же самое, что и в первом опыте. Теперь давление в сосуде менялось под действи-

ем поля. Результаты этих опытов представлены в табл. 2.

Как видно из этой табл. 2 давление воздуха в сосуде, когда там находятся водяные пары, растет при увеличении напряжения. При отсутствии поля ($U = 0$) разность давлений в сосуде и в атмосфере составляла 39,2 Па (столбец 4,

первая строка). При подключении поля ΔP увеличилось, и чем больше было напряжение (или напряженность поля), тем больше давление в сосуде. В последней графе табл. 2 представлена разность давления P_U при наличии поля и P_0 – давление без поля. Эта разность почти линейно возрастает с увеличением напряжения.

Таблица 2

Изменение давления под действием электрического поля

U , кВ	Δh , см	T , К	P , Па $P = \rho gh$	ΔP , Па $\Delta P = P_U - P_0$
0	4	298	39,2	
2,5	5,8	298	56,84	17,64
5	8	298	78,4	39,2
7,5	9,8	298	96,04	56,84
10	12	298	117,6	78,4
12,5	13,8	298	135,24	96,04
15	15,6	298	152,9	113,68
17,5	17,6	298	172,48	133,28
20	19,6	298	192,08	152,9

Как можно объяснить увеличение давления в этом опыте? В атмосфере всегда имеется некоторое количество ионов. Под действием поля эти ионы разгоняются и разбивают кластеры, которые образовались вокруг молекул воды. Скорость, приобретаемая заряженными частицами под действием электрического поля равна

$$v = \frac{qE}{m\tau},$$

где q – заряд иона; E – напряженность электрического поля; m – масса частицы; τ – время свободного пробега.

Число столкновений пропорционально относительной скорости сталкивающихся частиц, т.е.

$$z = \pi(r_1 + r_2)^2 n_1 n_2 \cdot v_{12},$$

где n_1 и n_2 – число частиц первого и второго сорта в единице объема, т.е. ионов и нейтральных молекул; r_1 и r_2 – радиусы сталкивающихся частиц, v_{12} – относительная скорость движения иона по отношению к молекуле. Отсюда понятна линейная зависимость приращения давления от приложенного электрического поля. Так как скорость ионов возрастает линейно в зависимости от E , то число столкновений ионов с нейтральными молекулами тоже возрастает линейно. Следовательно, и число структурных единиц в единице объема будет увеличиваться линейно в зависимости от E .

Нами проводился еще один опыт: в сосуд капали те же 5 капель воды, а затем он облучался ультрафиолетовыми лучами (ртутная лампа). Результаты этих опытов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение температуры и давления воздуха с водяными парами под действием ультрафиолетового излучения

t , °С	Δh , мм рт ст	$\Delta P = \rho gh$, Па	$P_{н.в.п.}$, Па	Прирост P на опыте	Прирост $P_{нас.вод. пар}$
23,2	15	147	2846		
23,6	18	176,4	2918	29,4	72
24,0	21	205,8	2990	29,4	72
24,1	23	225,4	3008	19,6	18
24,2	26	254,8	3026	29,4	18
24,3	27	264,6	3044	9,8	18
24,4	28	274,4	3062	9,8	18
24,5	31	303,3	3080	28,9	18
24,6	35	343	3098	39,7	18
24,7	36	352,8	3116	9,8	18

Из табл. 3 видно, что прирост давления в эксперименте меньше, чем должен дать насыщенный пар. Лишь в четырех точках рост

давления на опыте превышал увеличению давления насыщенных водяных паров. Либо сказалась ошибка наблюдений, либо здесь скрыт

какой-то процесс. Если же взять начальную и конечную температуру, то изменение давления водяных паров составит 270 Па, изменение парциального давления воздуха равно 504 Па, а изменение давления на опыте равно всего 205,8 Па. Прирост давления должен был составить 774 Па; опыт же, как видим, дает на 568 Па меньше.

Объяснение может быть только одно. Ультрафиолетовое излучение возбуждает молекулы воздуха. Возбужденные молекулы взаимодействуют сильнее, чем невозбужденные (Резонансное взаимодействие), что приводит к увеличению кластеров. За счет процесса кластеризации уменьшается число структурных единиц и значит давление по сравнению с тем, которое должно было быть.

Выводы

1. В сухой атмосфере электрическое поле не оказывает влияние на процессы кластеризации и давления.

2. Водяные пары играют основную роль в образовании кластеров и в изменении атмосферного давления.

3. Во влажном воздухе атмосферное давление может изменяться как под действием электрического поля, так и ультрафиолетового излучения Солнца.

4. Энергии ультрафиолетовых фотонов ртутной лампы не хватает для ионизации воздуха. Поэтому это излучение не ионизирует воздух, а возбуждает его молекулы. По крайней мере процесс возбуждения молекул идет активнее процесса ионизации. Если бы это было не так, то изменение давления на опыте было бы больше, чем расчетное, а не меньше.

5. Из наших опытов следует: образование зародышей конденсации под действием ультрафиолетовых лучей Солнца возможно.

Список литературы

1. Френкель Я.И. Теория явлений атмосферного электричества. – 2-е изд. – М.: Ком. Книга 2007, – 160 с.
2. Шишкин Н.С. Облака, осадки и грозное электричество. – Л.: Гидромет, 1964 – 406 с.

Работа представлена на Международную научную конференцию «Современные проблемы науки и образования», Россия (Москва), 27-29 февраля 2012 г. Поступила в редакцию 16.05.2012.

Аннотация издания, представленного на XII Всероссийскую выставку-презентацию учебно-методических изданий из серии «Золотой фонд отечественной науки», Россия (Москва), 27-29 февраля 2012 г.

Педагогические науки

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ В ВОПРОСАХ И ЗАДАЧАХ (ТИПОВОЙ РАСЧЕТ) (учебное пособие)

Родионова А.Г., Новикова Е.В.

Удмуртский государственный университет,
Ижевск, e-mail: rodionov@uni.udm.ru

Материал учебно-методического пособия основан на курсе лекций и практических занятий, проводимых авторами в стенах УдГУ на нематематических факультетах. Пособие включает темы, вызывающие наибольшие затруднения у студентов и представляет собой обобщение многолетнего опыта преподавания функционального анализа и основ вариационного исчисления.

Цель учебного пособия – помочь студентам лучше усвоить лекционный материал, параллельно повторяя сведения, полученные ранее из курсов математического анализа и алгебры.

Данное пособие позволяет также облегчить работу преподавателей при объяснении тем, представленных в работе, и дает возможность подобрать индивидуальные задания для студентов.

Логика изложения материала способствует формированию общекультурных и профессио-

нальных компетенций, которые предполагают способность к общению, анализу информации, понимание концепций и абстракций, культуру владения математическим аппаратом.

Пособие состоит из четырех глав. Первые три главы касаются функционального анализа. Четвертая глава охватывает основные наиболее часто встречающиеся на практике задачи вариационного исчисления.

Каждая глава разделена на параграфы, снабженные кратким изложением заявленной темы. Последнее обстоятельство позволяет обучающимся лучше усвоить теоретический материал. После каждого параграфа приведены задания. Взвешенный подбор заданий позволяет студентам самостоятельно их выполнять, что особенно важно в свете перехода на двухуровневую систему образования. Большое количество примеров в заданиях дает возможность преподавателю проследить степень усвоения студентами пройденной темы, а так же выдать типовые расчеты для самостоятельной работы.

Учебное пособие рассчитано на студентов, изучающих функциональный анализ и вариационное исчисление, а также преподавателей при проведении занятий и для подготовки индивидуальных заданий студентам.