

26
778
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Труды, выпуск 14

ОБЛАКА, ОСАДКИ И ВОПРОСЫ АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

175263

БИБЛИОТЕКА
ЛЕНИНГРАДСКОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

ЛЕНИНГРАД
1963

Н. П. ТВЕРСКАЯ

СЛИЯНИЕ КАПЕЛЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Образование осадков из водяных облаков является достаточно сложным вопросом, который до настоящего времени окончательно не решен. В частности, недостаточность наших сведений о процессах, приводящих к укрупнению облачных капель, требует всесторонних исследований в области фазовых переходов воды, а также взаимодействия между облачными элементами. Подобные исследования целесообразно проводить не только в естественной обстановке внутри самих облаков, но и в лаборатории, изучая отдельные стороны процессов.

В предлагаемой работе приводятся экспериментальные данные по исследованию слияния капель различных водных растворов, которые представляют интерес с точки зрения физики образования осадков.

Изучение процесса слияния капель растворов проводилось на установке, использовавшейся в предыдущих исследованиях [1]. Основной частью установки являлись два подвижных капельника, с помощью которых создавались капли. Верхний капельник во время опытов был всегда заземлен, а на нижний мог подаваться потенциал относительно земли ΔU . Наблюдения за слиянием капель всегда начинались при заземленных капельниках. При этом верхний капельник смещался в горизонтальном направлении до тех пор, пока верхняя капля при своем падении касалась нижней, но с ней не сливалась, т.е. соударение было неэффективным. Затем на нижний капельник подавался потенциал ΔU , который постепенно увеличивали до тех пор, пока все соударения становились эффективными. Это значение потенциала принималось за критическое ΔU_k . Таким образом, в результате измерений было получено отношение числа слившихся m^1 капель к числу столкнувшихся m^2 , т.е. $\eta = \frac{m^1}{m^2}$. Выражая η в процентах, получим, что при $\Delta U = \Delta U_k$ $\eta = 100\%$. Величина η определялась всегда для 100 соударений.

После окончания измерений с водой, не меняя положения капельников, верхняя бюретка заполнялась водным раствором исследуемого вещества и опыты проводились в том же порядке. При этом находилось новое значение $\Delta U_{кр}$ для раствора. Это значение в зависимости от химических свойств растворенного вещества могло быть $\Delta U_{кр} \geq \Delta U_k$. Изменение величины критической разности потенциалов в сторону уменьшения свидетельствует об увеличении эффективности соударений. Увеличение $\Delta U_{кр}$ в сравнении с величиной ΔU_k для воды, наоборот, дает основания полагать, что эффективность соударений уменьшается. Таким образом, сравнение значений величины $\Delta U_{кр}$ для исследуемых веществ с этой же величиной для воды ΔU_k давало возможность судить об увеличении или уменьшении эффективности соударений. Естественно, что, если для капель водных растворов соударения становятся менее эффективными, то для превращения их в эффективные необходимо увеличить ΔU -разность потенциалов между каплями, а следовательно, и ΔU_k [2].

В качестве исследуемых веществ были взяты растворы неорганических и органических соединений, эфирное масло и молоко. Концентрация растворов составляла 1 г на литр воды. В результате измерений было обнаружено, что растворы неорганических соединений: $NaHCO_3$, KCl , $BaCl_2$, $AgNO_3$, $Mn(NO_3)_2$, $Ba(OH)_2$, $KMnO_4$, K_2CO_3 и другие, существенного влияния на изменение эффективности соударений не оказывают. Исключением явился раствор K_2SO_4 , который дал пониженное значение $\Delta U_{кр}$ в сравнении с водой, т.е. некоторое повышение эффективности соударений капель. Растворы NaH_2BO_3 , $Fe(Mn)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ обнаружили слабое увеличение $\Delta U_{кр}$, т.е. уменьшение эффективности соударений.

Все исследованные органические соединения оказали заметное влияние на эффективность соударений. При этом растворы органических кислот: щавелевой, лимонной, уксусной, заметно снижают $\Delta U_{кр}$, в то время как растворы солей этих же кислот (C_2O_2HNa и CH_3COONa) повышают значение $\Delta U_{кр}$. Особенно сильное повышение $\Delta U_{кр}$ наблюдается для $C_{15}H_{31}COONa$, а также $C_{12}H_{22}O_{11}$. В качестве примеров на рисунках 1 и 2 приведены значения отношения числа слившихся капель к числу столкнувшихся, выраженное в процентах, η в зависимости от ΔU для $C_{15}H_{31}COONa$ и $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Наибольший интерес представляют результаты исследования растворов молока [5] и эфирного масла. Растворы этих веществ настолько сильно снижают величину $\Delta U_{кр}$, что практически при $\Delta U = 0$ все соударения превращаются в эффективные. Этот результат, возможно, может иметь определенный практический интерес для опытов по увеличению эффекта коагуляции капель воды.

Представляется, что столь заметное увеличение эффекта слияния, обнаруженное для раствора молока и эфирного масла, может быть связано с изменением поверхностного натяжения капель растворов под влиянием присутствующих в растворе жиров. Вероятно, что нали-

ние на поверхности капли жиров приводит к нарушению однородности поверхности и сильно ослабляет ее внешнюю оболочку. Таким образом, на поверхности капли образуются места, не зата-

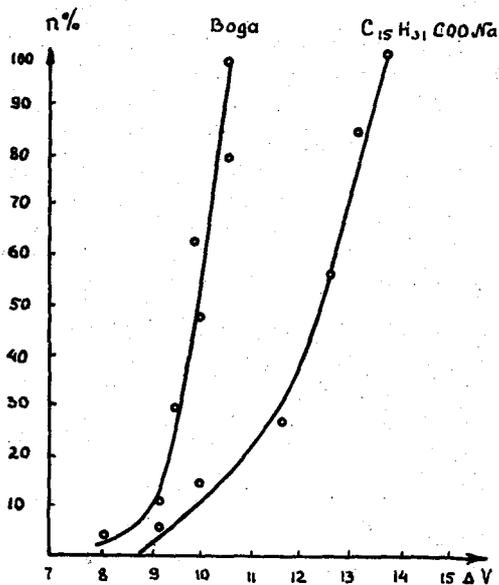


Рис. 1.

нутые водной пленкой, в результате чего взаимодействие между соударяющимися каплями облегчается, о чем и свидетельствует резкое уменьшение величины $\Delta U_{кр}$. Слияние капель указанных растворов происходит даже при отсутствии заметной разности потенциалов между каплями.

Заметное влияние на эффект слияния оказали растворы исследованных органических веществ. Влияние примесей этих веществ на слияние может быть связано с их поверхностной активностью. Известно, что органические вещества являются типичными поверхностно-активными. Эти вещества обладают свойством образовывать на поверхности раздела вода-воздух адсорбционные слои ориентированных молекул. При достаточно полной ориентации молекул и переплетении углеводородных цепей наблюдается большая механическая прочность адсорбционного слоя. Значительное увеличение $\Delta U_{кр}$ для $C_{15}H_{31}COONa$ связано с сильным увеличением поверхностного натяжения и образованием механически прочного поверхностного слоя.

Поскольку поверхностная активность зависит от числа полярных групп и длины углеводородной связи, увеличиваясь с увеличением длины цепи и с увеличением ее асимметрии, то обнаруженное увеличение $\Delta U_{кр}$ для декстрина и $C_{12}H_{22}O_{11}$ может быть свя-

зано со свойствами их поверхностных слоев. Вещества, подобные рассмотренным, затрудняют слияние и в этом отношении могут быть названы "отрицательно-активными".

Основная же часть исследованных нами поверхностно-активных веществ обладала слабо выраженными механическими свойствами поверхностных слоев. Ориентация же адсорбирующихся молекул поверхностно-активного вещества в пограничном слое сопровождается понижением избытка поверхностной энергии слоя. Поскольку поверхностное натяжение для органических кислот меньше, чем для воды, то их добавление к воде приводит к уменьшению поверхностного натяжения раствора, способствующему слиянию капель и уменьшению $\Delta U_{кр}$.

Для растворов органических солей увеличение $\Delta U_{кр}$ и определенное затруднение слияния в сравнении с водой связано с обратным эффектом увеличения поверхностного натяжения. К сожалению, мы не имеем данных о поверхностном натяжении исследуемых растворов, так как это определение является сложной специальной задачей.

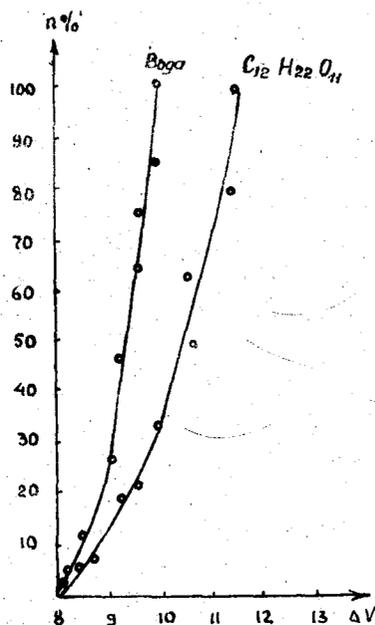


Рис. 2.

На основании изложенного следует, что добавление к воде веществ, способных значительно уменьшить поверхностное натяжение или нарушить однородность строения поверхности, способствует увеличению эффекта слияния.

В начальный момент образования зародышевых капель последние представляют собой достаточно концентрированные растворы. химическая природа раствора определяется химическим свойством ядра,

на котором образовалась капля. При этом в зависимости от кислотных или щелочных свойств раствора зародышевой капли последняя приобретает положительный или отрицательный электрический заряд. Таким образом, увеличение эффекта слияния мелких облачных капель может быть связано с образованием зарядов на каплях в зависимости от кислотных или щелочных свойств раствора зародышевой капли. В зависимости от величины pH , характеризующей кислотные или щелочные свойства раствора, на границе вода-воздух возникает электрокинетический потенциал. Для ядер конденсации, обладающих свойством образовывать щелочной раствор ($pH < 7$), имеет место повышенная концентрация ионов OH^- на поверхности капли, что, возможно, способствует преимущественному захвату отрицательных ионов воздуха и приобретению каплей отрицательного заряда. Для растворов кислотных на поверхности образуется повышенная концентрация ионов H^+ и, возможно, преимущественный захват положительных ионов воздуха. Капля при этом приобретает положительный заряд. Наличие зарядов на облачных каплях с $\tau < 30$ мк также может приводить к усилению эффекта слияния для столкнувшихся частиц. Различие в величинах зарядов столкнувшихся более крупных капель приводит к превращению неэффективных соударений в эффективные [2]. Большие значения, полученные для зарядов облачных капель [3], несомненно связаны с коагуляцией заряженных капель.

Л и т е р а т у р а

1. Т в е р с к а я Н.П. Опытное изучение соударения и слияния заряженных капель. Труды ГГО, вып. 73, 1956.
2. Т в е р с к а я Н.П. Коагуляции заряженных капель. Труды ЛГМИ, вып. 9, 1960.
3. К р а с н о г о р с к а я Н.В. Исследование процессов электризации частиц облаков и осадков. Изв. АН СССР, сер. геофиз., 1, 1960.
4. Р е ш е т о в В.Д. Проблема атмосферного электричества и аэрозоль. Труды ЦАО, вып. 30, 1959.
5. А г а н и н М.А. Влияние примесей на слияние капель. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., № 3, 1940.