

ТЕХНИЧЕСКИЕ
НАУКИ

УДК 532.6

РАСТЕКАНИЕ КАПЛИ ВОДЫ В СЛОЕ МАСЛА

© 2020 г. Ю. Д. Чашечкин^{1,*}, А. Ю. Ильиных^{1,**}

Представлено академиком РАН Д.М. Климовым 29.05.2019 г.

Поступило 30.05.2019 г.

После доработки 30.05.2019 г.

Принято к публикации 26.12.2019 г.

Методами высокоразрешающей видео- и фотографии впервые прослежена эволюция картины растекания упавшей капли воды по поверхности каверны и венца в глубоком слое масла. В стадии активного погружения капли наиболее быстрым компонентом течения оказывается двойной слой, образованный соприкасающимися поверхностями несмешивающихся жидкостей. С вершин зубцов на кромке венца вылетают капельки, содержащие обе жидкости. Вода, покрывающая внутреннюю поверхность каверны и венца, после погружения капли неравномерно стекает вниз. На поверхности венца формируются изолированные безводные участки — войды, разделенные узкими прослойками воды, которые со временем распадаются на отдельные капли. Основная масса воды неравномерно погружается на дно каверны и при ее смыкании остается в толще жидкости в виде отдельных фрагментов, постепенно стягивающихся в гладкие капельки. Прослежены закономерности изменения высоты всплеска и формы сечения каверны от времени.

Ключевые слова: капля, всплеск, брызги, перенос вещества, несмешивающиеся жидкости

DOI: 10.31857/S2686740020010101

Экспериментальные исследования быстропеременных течений, инициированных погружением свободно падающей капли в покоящуюся жидкость, которые начались в конце XIX века с появлением искровых источников света [1], в последние годы проводятся все более активно в силу логики развития механики жидкостей, роста числа и степени важности практических приложений. Повышению качества и полноты результатов способствует обновление инструментов — высокоскоростных фото-, кино- и видеорегистраторов [2], интенсивных короткодействующих источников света (ламп — вспышек, светодиодов, лазеров, управляемых оптоволоконных генераторов) различного спектрального состава — от расширенного оптического до рентгеновского [3], совершенствование компьютерных систем сбора и обработки данных [4]. Фундаментальный интерес представляет изучение динамики и структуры течений активно контактирующих жидкостей — и смешивающихся, включающих одинаковые среды (наиболее широко изучается падение капель воды в воду [5, 6]), и не смешивающихся — в част-

ности воды и углеводородов (нефти, нефтепродуктов, масел [7]) с учетом их физических свойств.

В случае не смешивающихся жидкостей картины течений при падении капель нефти или других углеводородов в воду (одного из основных источников загрязнения окружающей среды [8]) и капель воды в масло заметно отличаются. В зависимости от состояния поверхности принимающей жидкости (чистая, с масляной пленкой или запыленная) капли более легких несмешивающихся жидкостей (в частности различных видов органических и минеральных масел, нефти и продуктов ее переработки) на поверхности воды могут растекаться в тонкую пленку, сохраняться в форме компактного пятна или распадаться на отдельные фрагменты [9].

Однако капли воды, падающие на поверхность масла, как было замечено еще в первых опытах [7], преимущественно разбиваются на отдельные несвязанные фрагменты, которые постепенно погружаются в толщу принимающей жидкости и трансформируются в капельки различного размера. В силу фундаментальности задачи и разнообразия практических приложений динамика фрагментации несмешивающихся жидкостей продолжает активно изучаться и теоретически, и экспериментально [10], как и картина последующего всплытия капель нефти в воде и погружения капелек воды в слое углеводородов [11].

¹Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлinskого
Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: chakin@ipmnet.ru

**E-mail: ilynykh@ipmnet.ru

При нефтяных разливах, когда поверхность водоемов покрывается слоем нефти или других углеводородов, падение капель воды сопровождается вылетом мелких капелек воды и масла в атмосферу с образованием “масляного тумана”, влияющего на экологию и пожарную безопасность, а также частичным разрушением поверхностной пленки с образованием пены. Зависимости геометрии каверны, венца и всплеска, картины распределения облака капель воды в слое масла от размеров и скорости капель воды, падающих в двухслойную жидкость, изучена в [12]. Падающие в нагретое до высокой температуры масло капли также фрагментируются, погружаются, перегреваются и взрываются, выбрасывая в воздух водяной пар и мелкие капли масла [13]. Образующийся “масляный туман” легко вспыхивает и служит источником пожаров в промышленных и бытовых условиях.

В ходе биологических исследований были выделены специальные штаммы бактерий, развивающиеся на границе капель воды и нефти [14]. Изучение биологических процессов и их связи с динамикой фрагментации капель воды представляет интерес для решения задач сохранения качества окружающей среды, технологий хранения и переработки больших объемов нефти. Динамика и геометрия таких процессов зависят от характера первичного распределения материала капли по поверхности несмешивающейся жидкости, частично визуализированного на примере растекания капли воды в силиконовом масле [15].

Сравнение данных [7, 9, 10, 15] показывает, что геометрия и динамика картины растекания капель воды в слое масла или нефти, которая существенно зависит от всех параметров задачи: вида жидкостей, температуры принимающей среды, размеров и скорости капель в момент контакта, изучена недостаточно полно, особенно на начальной стадии растекания.

В данной работе методами высокоразрешающей фото- и видеорегистрации впервые визуализирована картина течения, образующегося в результате погружения свободно падающей капли воды в подсолнечное масло. Параметры опытов соответствуют режиму образования выраженного всплеска (кумулятивной струи) в случае падения капли воды в воду и слой маловязких углеводородов.

Опыты выполнены на Стенде регистрации тонкоструктурных быстропотекающих процессов (ТБП УИУ “ГФК ИПМех РАН”), состоящем из рабочего бассейна с принимающей жидкостью, дозатора, устройства регистрации прохождения капли, регистрирующей фото- или видеоаппаратуры, осветителей, системы управления экспериментом, который входит в комплекс уникальных установок УИУ “ГФК ИПМех РАН” [16]. В качестве рабочих бассейнов использовались прозрачные квадратные емкости ($30 \times 30 \times 5$ см,

$10 \times 10 \times 7$ см, $12 \times 12 \times 1.5$ см), которые в каждом опыте заполнялись новой порцией подсолнечного или касторового масла. Анализ полученных фото- и видеоматериалов (всего выполнено более 230 опытов) показал, что картина течения с высокой степенью подробностей воспроизводится в различных бассейнах, глубина и площадь сечения которых много больше размеров каверны, порождаемой погружающейся каплей.

Капли воды и водных растворов ализариновых чернил (с высокой степенью разбавления), создаваемые специальным дозатором, свободно падали в принимающую жидкость (глубина слоя в данных опытах $h_l = 2$ см) с высоты $H = 40$ и 60 см (плотности рабочих жидкостей — воды и масла — равны соответственно $\rho_{d,t} = 0.998$ и 0.87 г/см³). В процессе движения капля пересекала луч устройства регистрации и с регулируемой задержкой запускала видеокамеру или фотоаппарат. Для масштабирования изображения перед каждым опытом проводилась регистрация масштабной маски.

Рабочий объем освещался светодиодными источниками Optronis MultiLED, расположение которых определялось требованием максимальной контрастности оптического изображения. Регистрация картины течения проводилась видеокамерой Optronis CR 300x2 (частота съемки 3000 кадров/с, выдержка $1/8000$ с) и фотоаппаратом Canon EOS 350D с объективами Canon EFS 18-55мм и EF 50 мм (выдержка $1/4000$ с). Вносимые в оптический тракт дополнительные кольца позволяли расширить диапазон регулировки размер поля наблюдения и пространственного разрешения (в данных опытах составляло от 20 до 60 мкм). Угол линии визирования составлял 0° и 75° к горизонту.

В фазе активного погружения капли диаметром $D = 0.5$ см окрашенная жидкость покрывает всю поверхность каверны и значительную часть венца (см. рис. 1, $t = 6$ мс). В данных опытах для наглядности был использован раствор ализариновых чернил, разбавленных в концентрации $1 : 50$, ($\rho_d = 1$ г/см³, $\mu_d = 0.01$ г/см · с, $\sigma_d^a = 73$ г/с²) в слой подсолнечного масла глубиной $h_l = 2$ см ($\rho_l = 0.87$ г/см³, $\mu_l = 0.55$ г/см · с, $\sigma_l^a = 35$ г/с²). Капли свободно падали с высоты $H = 60$ см (скорость в момент контакта с принимающей жидкостью $U_d = 3.2$ м/с). В фазе погружения капли наиболее быстрым компонентом течения является двойной слой, внутренняя часть которого состоит из тонкого слоя воды и внешняя — масла. Капли, вылетающие с вершин редких зубцов, также состоят из водяного ядра и масляной оболочки.

Наблюдения с большим увеличением показывают, что в нижней части каверны оптическая плотность окраски, отражающей распределение вещества краски, распределена неравномерна. В фазе

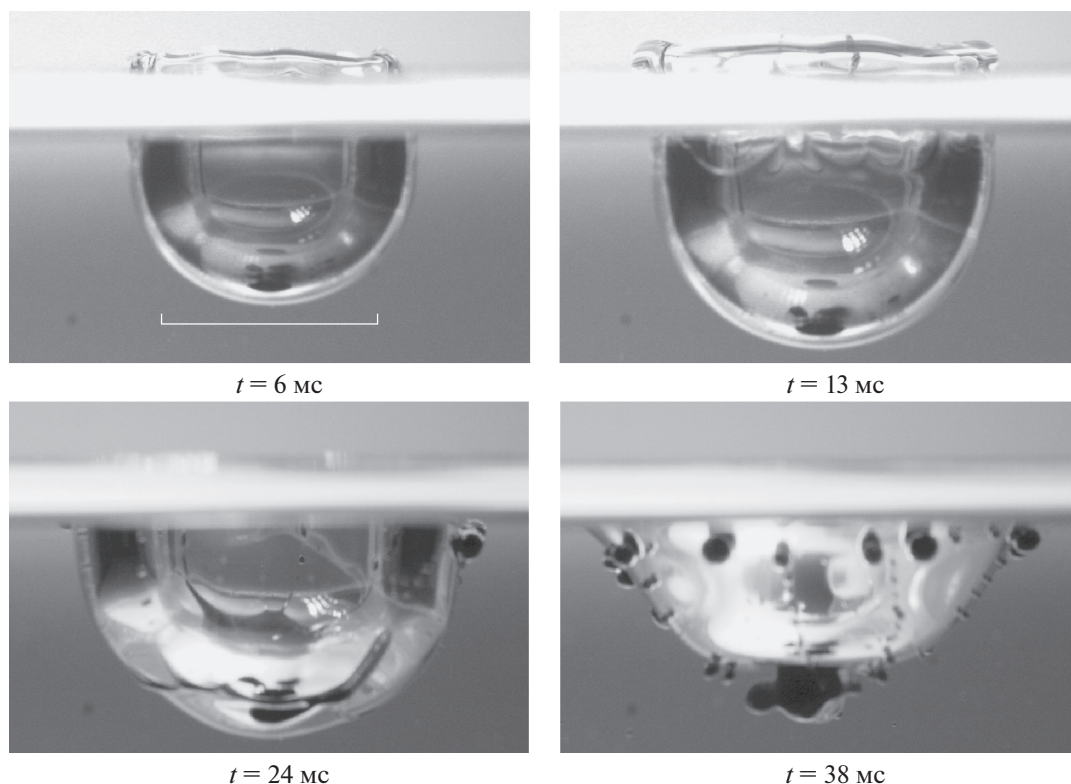


Рис. 1. Стеkanie раствора чернил по внутренней поверхности венца и каверны. Появление разрывов на пленке капельной жидкости, формирование изолированных фрагментов (вид сбоку, длина штриха при $t = 6$ мс — 1 см, масштаб одинаковый на всех изображениях). Светлая поперечная полоса — след виньетирования поля зрения капиллярным поднятием смачивающей жидкости на стенках бассейна ($h_l = 2$ см, $D = 0.5$ см, $H = 60$ см, $U = 3.2$ м/с).

максимальной глубины на участках вблизи нижнего полюса каверны, и в окрестности радиусов, повернутых на один час вправо или на два часа влево, наблюдаются оптически более плотные пятна. На дне каверны располагаются три фрагмента размерами 0.09; 0.12 и 0.2 см; пятно слева имеет длину 0.17 см, а справа — 0.19 см. Их появление свидетельствует о протекании быстрых процессов неравномерного перераспределения вещества капли по дну каверны. Постепенно теряется и однородность окраски выступающей над поверхностью кромки венца, где появляются свободные от воды пятна.

По мере дальнейшего углубления каверны увеличиваются и различия в плотности окраски, указывающие изменчивость толщины слоя окрашенной жидкости на поверхности каверны (рис. 1, $t = 13$ мс). В левой нижней части каверны просматривается слабо окрашенный участок, под которым формируются отдельные фрагменты повышенной оптической плотности, повторяющие локальную геометрию пятен на рис. 1, $t = 6$ мс, размеры которых составляют 0.18 и 0.2 см. В центральной части они начинают стягиваться в капли диаметром 0.1; 0.16 и 0.22 см. Верхняя кромка

раствора стекает по внутренней поверхности каверны с образованием пологих впадин (шириной от 0.08 до 0.52 см и глубиной от 0.07 до 0.19 см), разделенных заостренными гребнями.

По мере продолжения роста размеров происходит освобождение участков поверхности каверны от разбавленного раствора чернил (на рис. 1, $t = 24$ мс, общий фон фронтального изображения — светлый). В картине просматриваются отдельные фрагменты нерегулярной формы в центре, от вершин углов в которых в направлении к кромке венца располагаются несколько капельных линий (четок), состоящих из капелек диаметром от 0.032 до 0.043 см, расположенных на расстоянии от 0.08 до 0.016 см. Контур окрашенной линии в нижней части каверны с пологими впадинами повторяет форму кромки пелены на рис. 1, $t = 13$ мс. В левой нижней части рисунка часть поверхности каверны становится вогнутой. Отрицательный радиус кривизны в зоне контакта кольцевой окрашенной линии составляет 6.4 см.

Здесь большая часть окрашенной жидкости собралась у дна каверны. Большинство окрашенных фрагментов находятся на внутренней по-

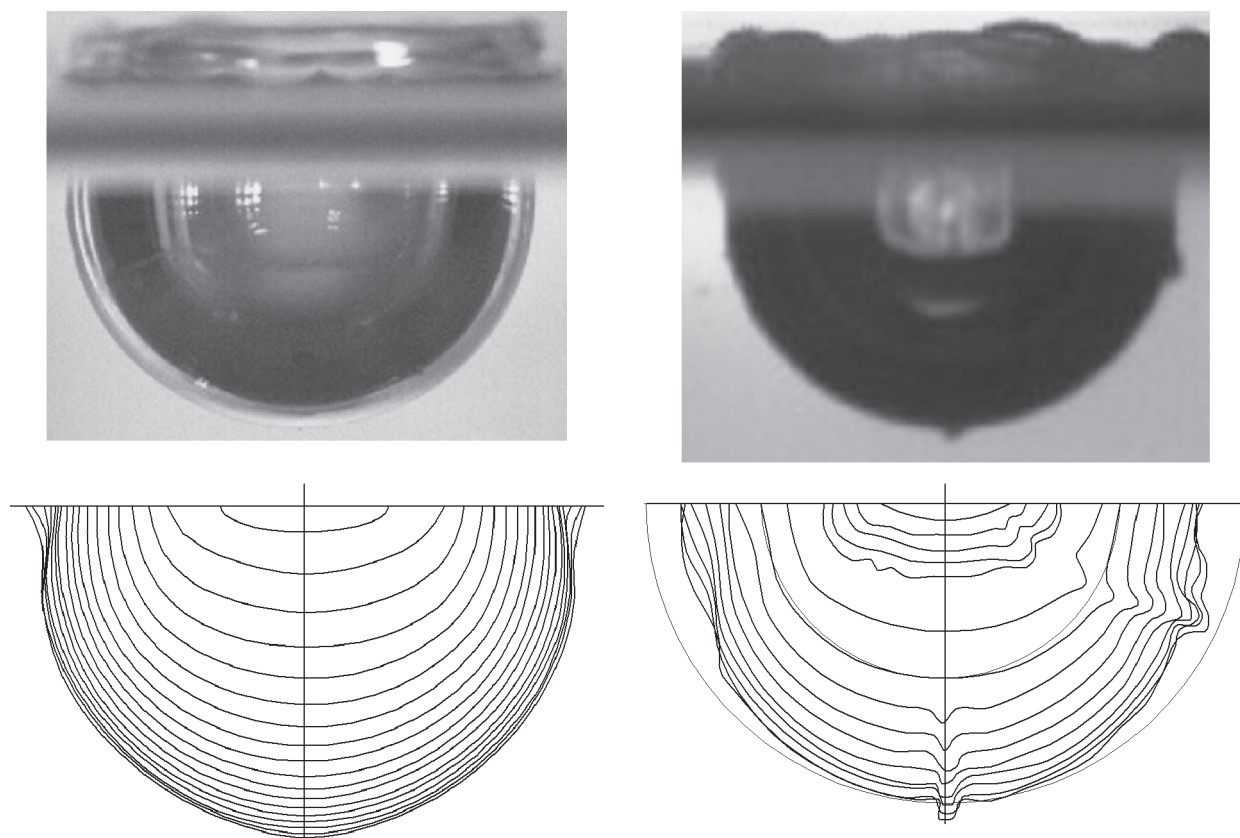


Рис. 2. Последовательность форм вертикального сечения каверны, образующейся при погружении капли разбавленного водного раствора чернил ($h_f = 2$ см, $D = 0.5$ см, $H = 40$ см, $U = 2.7$ м/с) в глубокую жидкость (левая колонка — вода в масле, правая колонка — вода в воду).

верхности каверны, за исключением группы капель в правом верхнем углу.

Со временем все фрагменты окрашенной жидкости группируются в сферические и деформированные капли различного размера (рис. 1, $t = 38$ мс), число которых максимально у дна каверны (диаметр от 0.07 до 0.1 см) и на приповерхностном кольце — на расстоянии 0.2 см от верхнего края изображения (диаметры капель: 0.11; 0.13; 0.09; 0.1; 0.13; 0.04; 0.04 и 0.1 см).

Фрагменты жидкости на левой боковой поверхности образуют характерные Т-образные элементы, состоящие из вихревой вершины диаметром 0.1 см и короткой ножки длиной 0.07 см. Две меридиональных структуры в центре картины, образованные отдельными каплями существенно меньшего размера, — остатки водяных прослоек между пятнами масла. Наличие кольцевых оптических неоднородностей в центре каверны свидетельствует о сильной деформированности стенки каверны. При $t = 38$ мс каверна начинает схлопываться, ее границы пересекают окрашенную жидкость. В масле остаются отдельные фрагменты

водного раствора чернил различного размера, как крупные 0.2, там и мелкие 0.05 мм справа и слева.

Более детально эволюция формы каверны при падении капли раствора чернил в масло и в воду прослеживается на рис. 2, где представлены фотографии каверны в боковой проекции в фазе максимального развития.

В нижней части рисунка приведены последовательности контуров центрального сечения каверн с шагом в 1/600 с для масла и 1/900 для воды (1/4500 для первых пяти контуров). Сравнение форм каверн для двух капель при близких условиях опытов (диаметр $D = 0.5$ мм, высота падения $H = 40$ см, скорость во время контакта $U = 2.7$ м/с, суммы кинетической и поверхностной потенциальной энергии капель составляют $E_{\Sigma} = E_k + E_s = 1.25 \times 10^{-4}$ Дж) позволяет выделить ряд отличий при общем внешнем сходстве. Главными из них являются: сложности кромки венца и наличие локальных выступов на дне и боковых сторонах каверны вода—вода и гладкость границы воды и масла.

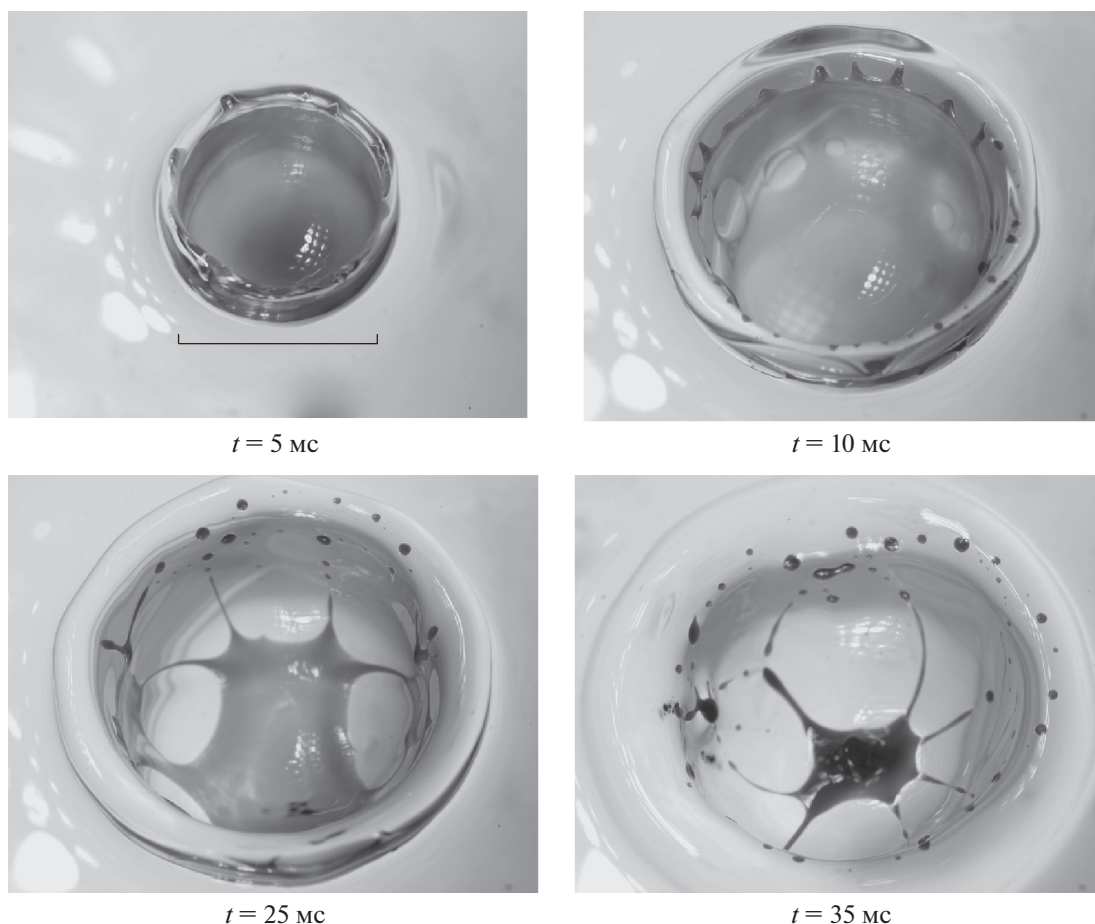


Рис. 3. Картина растекания капли разбавленного раствора чернил (в концентрации 1 : 50), по поверхности подсолнечного масла в фазе формирования каверны и венца (вид сверху, длина штриха при $t = 5$ мс — 1 см, масштаб одинаковый на всех изображениях. $h_f = 2$ см, $D = 0.5$ см, $H = 60$ см, $U = 3.2$ м/с).

В начальной фазе каверны имеют эллиптическую форму, которая затем уплощается на границе вода—вода и, наоборот, скругляется при контакте воды и масла. Радиус кривизны дна каверны капли воды в масле в фазе роста быстро увеличивается с 0.7 до 1 см за время $\Delta t = 1/300$ с, а затем медленно периодически осциллирует около этого значения.

Каверна в воде имеет более сложную форму. По мере развития дно ее уплощается вплоть до времени $t_b = 1.6$ мс, затем дно скругляется и аппроксимируется окружностью, радиус которой близок к 0.5 см. На боковой поверхности каверны (справа) развивается выступ. Пространственное положение выступа меняется со временем и аппроксимируется функцией $h_c = -0.2\sqrt{R_c} - 0.52$ см. Верхняя часть каверны имеет коническую форму. Наклон боковой стороны каверны к горизонтالي на ранней стадии погружения быстро увеличивается, при $t_b = 1.1$ мс достигает угла 90° и далее находится в диапазоне 80° – 90° . Глубина и ширина каверны аппроксимируются степенными функ-

циями и на временном участке до 16 мс от момента касания имеют одинаковый характер роста. Далее глубина каверны монотонно уменьшается, а ширина линейно растет.

Последовательность фотографий, приведенная на рис. 3 иллюстрирует выраженную изменчивость картины распределения водного раствора чернил на поверхности каверны и венца. В начальной стадии активного роста вещество капли однородно распределено по всей каверне в азимутальном направлении, однако более плотная окраска в центре изображения свидетельствует о большей толщине слоя на дне каверны.

Внешняя граница окрашенной жидкости проходит по кромке венца. Раствор чернил попадает во все зубцы, как и в случае смешивающихся жидкостей [9]. Однако под действием силы тяжести и градиента поверхностного давления на контактной поверхности несмешивающихся сред и окрашенная жидкость начинает частично покидать вершину венца, где появляются войды — участки

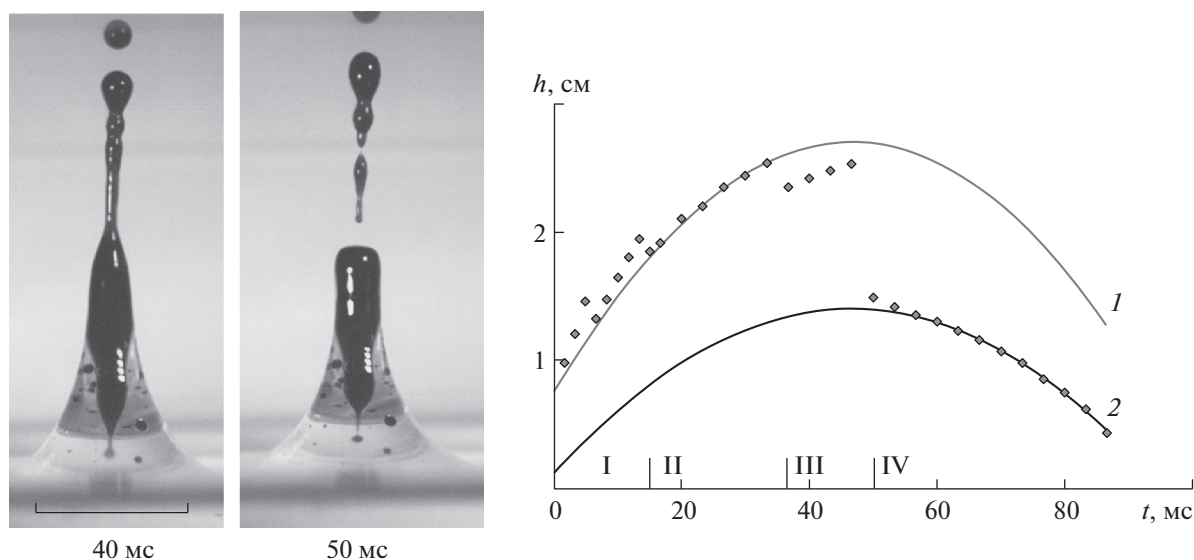


Рис. 4. Геометрия всплеска, следующего за погружением капли водного раствора чернил ($h_f = 2$ см, $D = 0.5$ см, $H = 40$ см, $U = 2.7$ м/с) в глубокий слой подсолнечного масла.

оголившейся масляной поверхности (выражены в левой части кромки венца на рис. 3, $t = 5$ мс).

Со временем зубцы на кромке венца сглаживаются, вся кромка оказывается покрытой маслом. Окрашенная жидкость стекает по внутренней поверхности венца, оставляя последовательность зубцов на верхней кромке, разделяющих пологие впадины (рис. 3, $t = 10$ мс).

Одновременно на боковых поверхностях венца появляются войды — округлые области, свободные от водного раствора чернил, разделенные протяженными водяными перемычками различной толщины. Их размеры достаточно произвольны: справа на 9 и 10 часов расположены войды диаметром 0.3 и 0.23 см, сверху — 0.11 и 0.05 см, а справа на 3 часа — 0.15 и 0.12 см. Встречаются как односвязные войды, так и состоящие из нескольких соседних областей, разделенных тонкими перемычками.

В нижней и верхней части изображения видны два участка окрашенной жидкости, которые в дальнейшем образуют изолированные фрагменты. В нижней части кромки венца можно видеть вершины отдельных языков, в правой части — округлые капли. В нижней части венца видны протяженные фрагменты плотно окрашенной жидкости.

По мере эволюции течения все большая часть венца и дна каверны освобождается от окрашенной жидкости (рис. 3, $t = 25$ мс), которая остается в виде капель, расположенных в зоне распадающихся границ, часть которых сохранилась (на данном рисунке ориентированы на 3 и 9 часов). Неравномерность окраски дна каверны указывает на существенное различие толщин фрагментов, на которые продолжает распадаться пятно окрашенной жидкости.

В фазе начала формирования всплеска (кумулятивной струи) основная часть жидкости собирается в центре течения, что повышает оптическую плотность окраски изображения. На боковой поверхности и остатке кромки венца располагается семейство окрашенных капель, погруженных в принимающую жидкость. Боковая поверхность венца и каверны неровная, включает отдельные впадины и гребни. Оголовок растущей струйки в центре изображения неровный и образован семейством округлых фрагментов.

Характер распределения жидкости капли в толще масла иллюстрирует фотография, приведенная на рис. 4, свидетельствующая об активной микродинамике жидкости на вершине струйки и у основания. На вершине происходит отрыв последовательности капель: первая из них начала покидать область течения, связи между вторичными постепенно разрываются. Внутри струйки можно видеть движущиеся капельки и отрывающуюся сравнительно крупную каплю в центре струи синхронно с выбросом верхней группы. За время 10 мс между кадрами верхняя капля продвинулась на расстояние 0.12 см, вторичная — на 0.07 см, а капелька в центре струи сплюснулась и оторвалась от перемычки.

В изображении всплеска при данном способе визуализации выделяются четыре участка. Первый участок — собственно вершина, преимущественно заполненная веществом капли, второй — от области резкого сужения капли изображение темное, а ниже — третий — конический слой, отделенный горизонтальной границей от затемненного слоя золотистого цвета, к нему примыкает белесая деформированная поверхность капли. На внешней

поверхности всплеска на границе слоев располагаются кольцевые неоднородности с поперечным масштабом 0.06 см. Окраска — эффект чисто оптический, при другой освещенности и после спадания кумулятивной струи масло с погруженными в него изолированными фрагментами первичной капли оказывается окрашенным равномерно.

В изменении высоты всплеска со временем коэффициенты генеральной функции, аппроксимированной двумя участками квадратичной параболы $h(t) = a_H(t - 46.7)^2 + b_H$ см, резко меняются в момент вылета вторичных капелек, которые отмечены штрихами ($a_{H1} = -0.0009$, $a_{H2} = -0.0006$, $b_{H1} = 2.7$, $b_{H1} = 2.7$, $b_{H2} = 1.4$). При вылете первой капель рост струйки продолжается, а высота скачком уменьшается на 0.14; 0.1 и 0.19 см (на графике метки I–III). Наибольшая потеря высоты всплеска (на 1 см) наблюдается при $t = 47$ мс, когда выбрасывается целая группа фрагментов, нижняя пара которых практически распалась на приводимой фотографии, а следующая пара верхних капель разделится через $\Delta t = 5$ мс.

Дальнейшее изучение динамики и структуры картины переноса вещества при погружении капель воды и водных растворов в глубокий слой углеводородов позволит разработать практические рекомендации по профилактике мероприятий по снижению пожарной опасности, совершенствованию технологий биогидромеханики с учетом эволюции тонкой структуры на всех стадиях развития индуцированных течений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Эксперименты проведены на стенде ТБП Гидрофизического комплекса для моделирования гидродинамических процессов (УИУ “ГФК ИПМех РАН”).

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 19–19–00598 “Гидродинамика и энергетика капли и капельных струй: формирование, движение, распад, взаимодействие с контактной поверхностью”).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Worthington A.M., Cole R.S.* Impact with a Liquid Surface, Studied By the Aid of Instantaneous Photography // *Philos. Trans. R. Soc. London. 1897. Ser. A 189. P. 137–148.*
2. *Thoroddsen S.T., Etoh T.G., Takehara K.* High-speed Imaging of Drops and Bubbles // *Ann. Rev. Fluid Mech. 2008. V. 40. P. 257–285.*
<https://doi.org/10.1146/annurev.fluid.40.111406.102215>
3. *Zhang L.V., Toole J., Fezzaa K., Deegan R.D.* Evolution of the Ejecta Sheet from the Impact of a Drop with a Deep Pool // *J. Fluid Mech. 2012. V. 690. P. 5–15.*
<https://doi.org/10.1017/jfm.2011.396>
4. *Чашечкин Ю.Д., Прохоров В.Е.* Структура первичного звукового сигнала при столкновении свободно падающей капли с поверхностью воды // *ЖЭТФ. 2016. Т. 149. № 4. С. 864–875.*
<https://doi.org/10.1134/S1063776116020175>
5. *Prosperetti A., Oguz H.N.* The Impact of Drops on Liquid Surfaces and the Underwater Noise of Rain // *Ann. Rev. Fluid Mech. 1993. V. 25. P. 577–602.*
6. *Чашечкин Ю.Д., Прохоров В.Е.* Гидродинамика удара капли: короткие волны на поверхности венца // *ДАН. 2013. Т. 451. № 1. С. 41–45.*
<https://doi.org/10.1134/S1028335813070021>
7. *Sahay B.K.* Rupture of Water Drops Over Liquid Surfaces // *Ind. J. Phys. 1944. V. 18. P. 306–310.*
8. *Murphy D.W., Li C., d'Albignac V., Morra D., Katz J.* Splash Behaviour and Oily Marine Aerosol Production By Raindrops Impacting Oil Slicks // *J. Fluid Mech. 2015. V. 780. P. 536–577.*
<https://doi.org/10.1017/jfm.2015.431>
9. *Чашечкин Ю.Д., Ильиных А.Ю.* Погружение свободно падающей капли и последующий всплеск: тонкие структуры течений // *Проблемы эволюции открытых систем. 2016. Т. 19. Вып. 2. С. 2–30.*
10. *Lhuissier H., Sun C., Prosperetti A., Lohse D.* Drop Fragmentation at Impact Onto a Bath of an Immiscible Liquid // *Phys. Rev. Letters. 2013. V. 110. P. 264503–264503.*
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.110.264503>
11. *Peters F., Nüllig M., Miletic D.* Rise of Oil Drops in Water and Fall of Water Drops In Oil // *Forschung Im Ingenieurwesen. 2014. V. 78 (3–4). P. 87–91.*
<https://doi.org/10.1007/s10010-014-0176-8>
12. *Wang W., Ji C., Lin F., Wei X., Zou J.* Formation of Water in Oil in Water Particles By Drop Impact on an Oil Layer // *Phys. Fluids. 2019. V. 31. 037107.*
<https://doi.org/10.1063/1.5089001>
13. *Manzello S.L., Yang J.C., Cleary T.G.* On the Interaction of a Liquid Droplet with a Pool of Hot Cooking Oil // *Fire Safety J. 2003. V. 38. P. 651–659.*
[https://doi.org/10.1016/S0379-7112\(03\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S0379-7112(03)00048-1)
14. *Meckenstock R.U., von Netzer F., Stump C., Lueders T., Himmelberg A.M., Hertkorn, et al.* Water Droplets in Oil are Microhabitats for Microbial Life // *Science. 2014. V. 345. № 6197. P. 673–676.*
<https://doi.org/10.1126/science.1252215>
15. *Fujimatsu T., Fujita H., Hirota M., Okada O.* Interfacial Deformation Between an Impacting Water Drop and a Silicone-oil Surface // *J. Colloid Interface Sci. 2003. V. 264. P. 212–220.*
[https://doi.org/10.1016/S0021-9797\(03\)00402-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9797(03)00402-8)
16. Гидрофизический комплекс для моделирования гидродинамических процессов (УСУ “ГФК ИПМех РАН”). Официальный сайт ИПМех им. А.Ю. Ишлинского РАН.
<http://www.ipmnet.ru/uniquequip/gfk/#access>.

SPREADING OF A WATER DROP IN AN OIL LAYER**Yu. D. Chashechkin¹ and A. Yu. Ilinykh¹***¹A. Yu. Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation*

Presented by Academician of the RAS D.F. Klimov May 29, 2019

Received May 30, 2019

For the first time, the evolution of the spreading pattern of a fallen water drop over the surface of a cavern and a wreath in a deep layer of oil has been traced by high-resolution video and photography. In the stage of active drop submerging, the double layer formed by the contacting surfaces of immiscible liquids is the most rapid component of the flow. Droplets, containing both liquids, fly out from the tops of the flanges on the edge of the crown. The water covering the inner surface of the cavity and the crown, after submerging of the drop, flows unevenly downwards. Isolated anhydrous areas form on the surface of the crown – voids separated by narrow layers of water, which eventually break up into separate drops. The bulk of the water unevenly submerges to the bottom of the cavity, and at closing, it remains in the bulk of the liquid in the form of individual fragments, gradually tightening into smooth droplets. The regularities of the change in the height of the splash and the shape of the cavity section over time are traced.

Keywords: drop, splash, spray, transport of matter, immiscible fluids