



ФОТОГРАФИИ КИПЕНИЯ ВОДЫ

Какой разнообразной бывает окружающая нас вода! Это и лужи, и сугробы, и лёд, и туман, и даже пар из чайника! Вода таит много удивительного. Но, конечно, самое удивительное мы знаем с детства из сказок – вода бывает «живой» и «мёртвой»! Всем известно, что при правильном употреблении живой и мёртвой воды хорошие люди молодеют, хорошеют и даже иногда оживают. Отрицательные или непослушные герои сказок, наоборот, при неправильном употреблении воды могут превратиться в неопрятных животных или даже умереть! Когда-то я считал, что «живая» вода – кипячёная, а «мёртвая» – сырая.

Действительно, сырая вода часто опасна для здоровья, а из кипячёной никакой заразы не подцепить. Но когда я подрос и стал ухаживать за рыбками, я узнал, что кипячёная вода смертельна для них, даже охлаждённая до комфортной температуры (почему, мы ско-

ро поймём). А моя собака не любит пить кипячёную воду, предпочитая воду из канав и луж. Эти обстоятельства не так удивительны, ведь физиология рыб, собак и людей во многом различна. Но описанный в 1834 году П. П. Ершовым криминальный необычный случай со всем известным Иванушкой (обаятельным и привлекательным молодым человеком) и злым, жадным и завистливым царём совершенно необъясним! «Хороший» Иванушка выскакивает из кипящего котла живым и похорошевшим (согласно показаниям П. П. Ершова), в то время как купание «плохого» царя для него плохо кончилось!

Попробуем разобраться в происшедшем. Налъём воду в кастрюлю или чайник и поставим её нагреваться. Снимем крышку и будем подслушивать и подсматривать за закипанием воды. Чтобы события были лучше видны, мы взяли прозрачный стакан из химического стекла, налили в него воду и по-



ставили на газовую конфорку, вооружившись фотоаппаратом (фото 1).

Вот какие события нам удалось выделить в процессе разогрева воды.

Стенки стакана покрываются пузырьками, их число и размер увеличиваются. Скоро они заполняют всё дно и стенки стакана. Пузырьки похожи на

воздушные шарики на ветру, привязанные к поверхности стекла (фото 2).

Пузырьки подрастают, отрываются от стекла и всплывают на поверхность. Стенки и дно очищаются (фото 3).

При дальнейшем нагреве из нескольких точек дна стакана появляются гирлянды всплывающих пузырьков



Фото 1



Фото 2



Фото 3



ков. Пузырьки в гирлянде сначала увеличиваются по мере всплывания, а затем, начиная с некоторой высоты, уменьшаются и разбиваются на много совсем мелких и даже исчезают, так и не долетев до поверхности воды. На этой стадии стакан с водой издает громкое шуршание (фото 4).



Фото 4

И вот появляется громкое бульканье, которое становится все громче, постепенно заглушая шуршание (фото 5). Гирлянды пузырьков видны, как и прежде. Теперь они непрерывно растут по мере всплывания и вырываются из воды на воздух, поверхность воды бурлит и клокочет. Хозяйки, за-



Фото 5



метив такое поведение воды, говорят, что это «крутой» кипяток.

Конечно, мы не смогли описать всего, что увидели. Например, на фотографиях не получилось зафиксировать видимое глазом движение потоков горячей и холодной воды. Не видно пара, слетающего с поверхности воды, а всплывающие пузыри можно рассмотреть только в общих чертах. Поэтому мы советуем читателям посмотреть это захватывающее зрелище и описать стадии кипения самостоятельно.

Вот как поэтично описывает процесс кипения воды китайский знаток чая, философ и литератор Лу Юй, живший в VIII веке:

«Когда вода кипит, она должна выглядеть как рыбы глаза и испускать тихий звук. Когда в краях [котла] она журчит как кипящий [пузырящийся] родник и напоминает нанизанный неисчислимый жемчуг,

она достигла второй степени [стадии кипения]. Когда она бьётся как величавый прибой и звучит как вздымающаяся волна, она достигла вершины [кипения]. Больше воду уже кипятить нельзя, и она не должна использоваться».

Чайный эксперт считает, что крутой кипяток (третья стадия кипения) непригоден для заварки чая.

Что же такое кипение? Вспомним школьные уроки физики? Кипение – это переход жидкости в пар, происходящий с образованием в объёме жидкости пузырьков. Мы видели, что при повышении температуры воды пузырьки в объёме образуются при двух разных температурах. Термометр показывает, что первый раз они образуются при нагревании до $40-60^{\circ}\text{C}$, а второй – при температуре около 100°C .

Появление пузырьков при $40-60^{\circ}\text{C}$ связано с наличием в воде растворён-



ных газов (кислорода и азота), из которых состоит воздух. Количество воздуха в воде уменьшается с ростом температуры. Холодная вода из родника или из-под крана насыщена воздухом. Тёплая вода может растворить меньше воздуха, поэтому при нагревании холодной воды избыток воздуха выделяется в виде пузырьков. Нагревание продолжается, и пузырьки подрастают благодаря дальнейшему выделению воздуха, а также за счёт воды, испаряющейся внутрь этих пузырьков. Выталкивающая сила становится достаточной, чтобы оторвать их от стенки и унести на поверхность воды. Стакан с водой снова становится прозрачным. Первая фаза процесса образования пузырьков (при сравнительно низкой температуре!) заканчивается.

Чтобы убедиться в правильности такого объяснения, остудите вскипевшую воду и начните кипятить её снова. В этом случае пузырьки при низкой температуре («первое кипение»)

не наблюдаются! Это связано с тем, что практически весь растворённый воздух при первом интенсивном кипении вышел из воды. Конечно, при охлаждении воздух снова начинает растворяться в воде, однако этот процесс очень долгий. Именно поэтому аквариумные рыбки так не любят кипячёную воду: в ней нечем дышать.

Итак, вот наша версия события, описанного П. П. Ершовым. Мы считаем, что Иванушка купался в воде, находящейся в фазе «первого кипения» при низкой температуре, а пострадавший (царь) из-за своей нерасторопности и нерешительности – в крутом кипятке. Полагаем также, что сообщник Иванушки Конёк-Горбунок для осуществления своего хитрого плана заполнил котёл для обсуждаемых процедур водой, насыщенной углекислым газом (так называемой газировкой).¹

¹ Только не пытайтесь повторить эксперимент Ершова и не опускайте никакие части тела в кипящую воду, даже в первой фазе. Это очень опасно!



Растворимость углекислого газа в воде почти в 50 раз больше, чем у воздуха, а значит, и интенсивность образования пузырьков в низкотемпературной фазе будет гораздо выше. Контрольный эксперимент с нагреванием газировки пока не проводился.

После того, как мы изложили нашу версию событий 200-летней давности, в учёном сообществе возникла дискуссия, можно ли придумать такой хитрый котёл, чтобы часть воды кипела «ключом», а вода в другой части котла была бы комфортна для купальщиков. Также возник вопрос, как вскипятить воду при комнатной температуре и опасно ли для здоровья купаться в такой воде. Мы планируем обсудить эти вопросы в следующих выпусках «Квантика».

Задача. На фото 6 а и 6 б бокала с газированным напитком видны гирлянды пузырьков, похожих на гирлянды в закипающей воде. Пузырьки растут по мере всплывания. Почему?



а)



б)

Фото 6 а, б. Газировка в бокале