

# Флотация

Выполнил:

Евланов Алексей Андреевич,

10 А класс

Научный руководитель:

Матюк Анатолий Эдуардович, учитель  
физики ГУО «СШ №1 г. Лиды»

## Оглавление

Введение .....	2
Основная часть .....	4
Заключение .....	10
Литература .....	10

### Введение

Если в стакан с газированной водой бросить небольшой кусочек шоколада, то он будет периодически всплывать и тонуть.

Плотность шоколада немного превышает плотность воды, поэтому при попадании в воду он пойдет на дно. Из-за того, что вода газированная, в ней интенсивно образуются пузырьки углекислого газа. Данные пузырьки образуются на различных неоднородностях, которые встречаются в стакане с водой.

Кусочек шоколада как раз является такой неоднородностью. Он плохо смачивается водой, поэтому достаточно быстро начинает обрастать пузырьками углекислого газа. При этом средняя плотность кусочка шоколада с пузырьками постепенно уменьшается. Когда средняя плотность кусочка шоколада с пузырьками станет меньше плотности газированной воды, выталкивающая сила Архимеда  $\vec{F}_A$  станет больше силы тяжести  $\vec{F}_T$ , действующей на кусочек шоколада, и последний начнет всплывать (рис. 1).

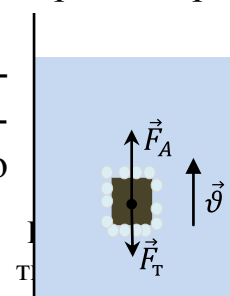


Рис. 1. Шоколада в газированной воде

Так работает метод пенной флотации – процесс разделения мелких твердых частиц (главным образом, минералов), основанный на различии их в смачиваемости водой. [2]

При попадании кусочка шоколада на поверхность воды, часть пузырьков оторвется от шоколада, выталкивающая сила уменьшится при неизменной силе тяжести, и шоколад начнет погружаться (рис. 2).

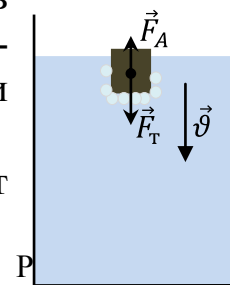


Рис. 2. Погружение кусочка шоколада в газированной воде

При погружении кусочек шоколада опять продолжит обрастать пузырьками газа, выталкивающая сила увеличится, и шоколад опять начнет всплывать. При этом, кусочек шоколада может успеть достичь дна стакана, а может и не успеть.

Таким образом, в данных условиях будут наблю-

даться колебания кусочка шоколада в стакане с газированной водой.

Определим, от чего будет зависеть период таких колебаний.

Чем быстрее образуются пузырьки газа, тем быстрее всплывет кусочек шоколада, тем меньше будет период колебаний.

Скорость образования пузырьков газа будет зависеть от следующих факторов: степени газированности воды (сильногазированная – более 0,40%, среднегазированная – 0,30-0,40%, и слабогазированная – 0,20-0,30%) [1]; времени (со временем количество растворенного газа в воде уменьшается); температуры (при увеличении температуры увеличивается скорость образования пузырьков); внешнего давления (при уменьшении внешнего давления увеличивается скорость образования пузырьков).

Таким образом, в сильногазированной воде период колебаний кусочка шоколада будет меньше, чем в слабогазированной. Та же зависимость получится и с изменением времени, так как со временем степень газированности воды уменьшается.

При увеличении температуры газированной воды период колебаний будет уменьшаться. Так же уменьшение периода колебаний произойдет при уменьшении атмосферного давления над поверхностью газированной воды, так как при понижении давления резко увеличивается интенсивность образования пузырьков газа.

Кроме вышеперечисленных факторов на период колебаний будет влиять размер кусочка шоколада, т.е. его объем.

Сила тяжести  $F_T$ , действующая на кусочек шоколада, прямо пропорционально объему  $V$ :

$$F_T = mg = \rho Vg, \quad (1)$$

где  $m$  – масса кусочка шоколада,  $\rho$  – плотность шоколада,  $g$  – ускорение свободного падения.

Объем кусочка шоколада  $V$  прямо пропорционален кубу его стороны  $a$  (если принять, что кусочек шоколада имеет форму куба):

$$V = a^3. \quad (2)$$

Сила Архимеда, действующая на кусочек шоколада, прямо пропорционально площади поверхности  $S$ , так как пузырьки газа налипают на поверхности шоколада. Площадь поверхности кусочка шоколада прямо пропорциональна квадрату его стороны:

$$S = 6a^2. \quad (3)$$

Из выражений (1) – (3) следует, что с увеличением размеров кусочка шоколада сила тяжести растет быстрее, чем сила Архимеда. Поэтому существуют минимальный и максимальный объемы кусочка шоколада, при которых будут происходить колебания.

Пределы данных объемов будут, в свою очередь, зависеть от плотности шоколада.

## Основная часть

Для проведения экспериментов были взяты кусочки шоколада различных размеров. Толщина шоколадной плитки составила 8 мм (измерения проводились с помощью штангенциркуля). Поэтому кусочки шоколада размером до 8 мм получились в виде кубиков со стороной от 1 мм до 8 мм, а свыше 8 мм – в виде параллелепипедов, у которых толщина равна 8 мм, а площадь основания от  $9 \times 9$  мм до  $15 \times 15$  мм (рис.3).



Рис. 3. Кусочки шоколада размером от 1 мм до 15 мм

Вода была взята сильногазированная.

Кусочки шоколада размером до 5 мм включительно колебания не совершали, так как, поднявшись один раз на поверхность воды, они оставались там длительное время за счет прицепившихся к ним пузырьков газа.

Кусочки шоколада размером больше 13 мм также колебания не совершали, так как силы Архимеда было недостаточно для преодоления силы тяжести. Такие кусочки оставались лежать на дне стакана с водой.

Кусочки шоколада размерами от 6 мм до 13 мм совершали колебательное движение. При этом с увеличением размеров шоколада увеличивался средний период колебаний.

Для нахождения зависимости периода колебаний от размеров кусочков шоколада и от времени колебаний были взяты три кусочка размерами 6 мм (объемом  $216 \text{ мм}^3$ ), 9 мм (объемом  $648 \text{ мм}^3$ ) и 12 мм (объемом  $1152 \text{ мм}^3$ ).

Колебания наблюдали в течение 30 мин. Измеряли высоту нахождения кусочка шоколада в зависимости от времени (рис. 4).

В результате получили графики колебаний кусочков шоколада.

На диаграмме 1 представлен график колебаний кусочка шоколада размером 9 мм.



Рис. 4. Кусочек шоколада размером 9 мм в газированной воде

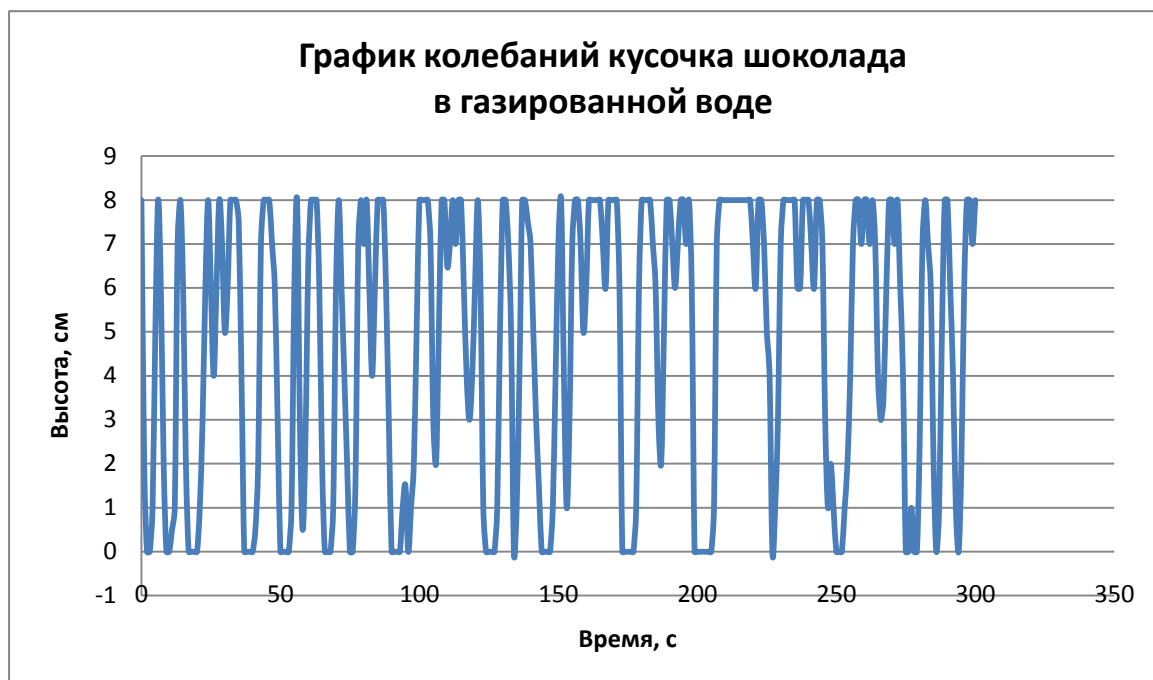


Диаграмма 1. Зависимость высоты нахождения кусочка шоколада размером 9 мм в газированной воде от времени (первые пять минут наблюдений)

Из графика видно, что кусочек шоколада совершает колебательные движения, при этом амплитуда колебаний и период изменяются.

Амплитуда колебаний изменяется из-за того, что кусочек шоколада не всегда успевает погрузиться на дно стакана и всплывает за счет вновь присоединившихся пузырьков газа.

Период колебаний изменяется, в первую очередь, из-за того, что кусочек шоколада часто задерживается на поверхности воды, не успевая освободиться от «лишних» пузырьков газа, которые его удерживают на поверхности.

Из графика также можно заметить, что средний период колебаний постепенно увеличивается со временем из-за уменьшения концентрации растворенного в воде газа.

Чтобы найти зависимость периода колебаний от времени, мы определяли средний период колебаний за каждую минуту наблюдений: от 1-й до 30-й. При вычислении периода мы не учитывали время задержки кусочка шоколада на поверхности воды.

Результаты исследований приведены ниже в таблице 1 и на диаграмме 2.

Таблица 1. Зависимость среднего периода колебаний от времени колебаний кусочков шоколада размерами 6 мм, 9 мм и 12 мм.

Размер кусочка шоколада, мм	Время колебаний, мин														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Средний период колебаний, с														
6	3,4	3,5	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	5	5,2	5,3	5,5
9	6,2	6,4	6,7	6,9	7,2	7,5	7,8	8,4	8,7	9,1	9,5	9,9	10,5	11,1	11,8
12	9,0	9,1	9,4	9,7	10,0	10,7	11,8	12,6	13,8	14,9	16,0	17,5	18,8	20,0	22,0

Размер кусочка шоколада, мм	Время колебаний, мин															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	Средний период колебаний, с															
6	5,7	5,8	6,1	6,4	6,8	7,3	7,9	8,6	9,5	10,5	12,7	14,6	17,0	20,5	24,8	
9	12,6	13,2	14,0	14,8	15,4	16,2	17,3	19,0	21,7	24,5	28,6	34,2	-	-	-	
12	23,7	25,3	28,0	30,5	33,0	35,4	41,3	48,2	-	-	-	-	-	-	-	

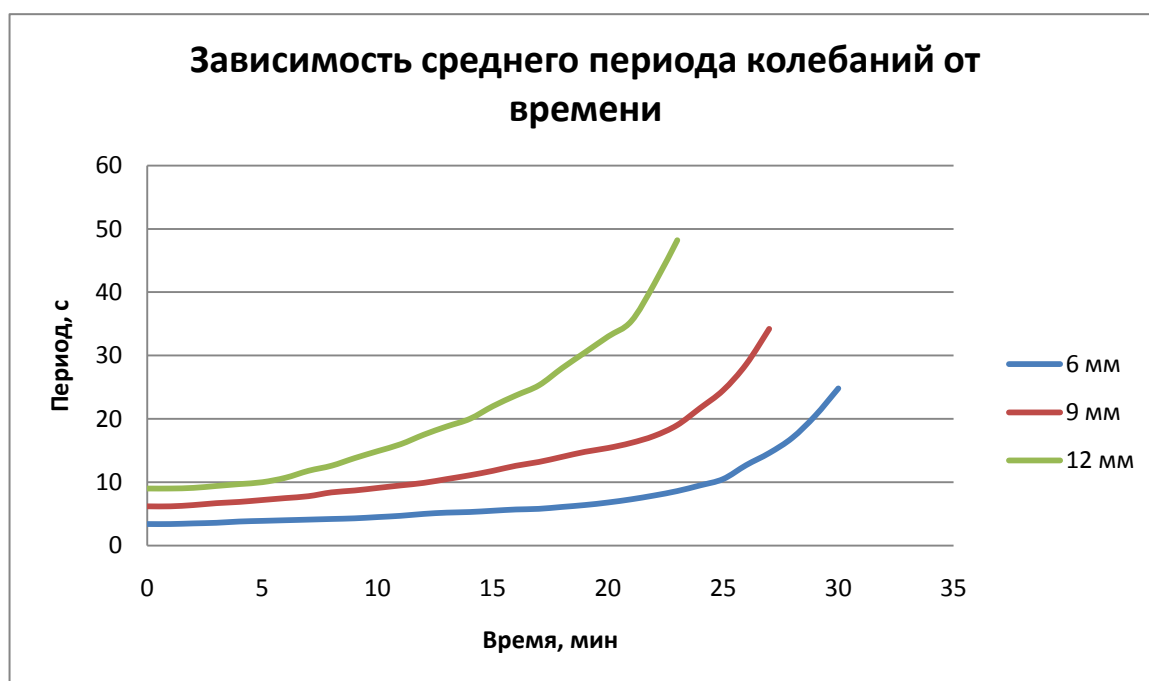


Диаграмма 2. Зависимость среднего периода колебаний от времени колебаний кусочков шоколада размерами 6 мм, 9 мм и 12 мм.

Из диаграммы видно, что средний период колебаний с течением времени увеличивается, и чем больше время, тем график идет круче

вверх. Это означает, что со временем количество растворенного газа уменьшается, и скорость оседания пузырьков на поверхности шоколада уменьшается.

Через некоторое время (для кусочка шоколада размером 6 мм это время порядка 30 мин) количество растворенного газа становится настолько малым, что колебания практически прекращаются. График зависимости периода колебаний от времени при этом идет вертикально вверх.

Далее мы исследовали зависимость периода колебаний от атмосферного давления. Для этого мы поместили стакан с газированной водой и кусочком шоколада размером 9 мм под колпак воздушного насоса. Затем откачали из-под колпака воздух до 0,5 атмосферы и наблюдали колебания кусочка шоколада в течение 25 мин (рис. 5).

Из-за пониженного атмосферного давления процесс образования пузырьков газа резко усилился, поэтому время всплытия кусочка шоколада уменьшилось, из-за чего уменьшился период колебаний. Однако, увеличилось также время пребывания кусочка шоколада на поверхности воды, так как пузырьки газа, идущие из воды вверх, поддерживали кусочек шоколада и не давали ему погружаться некоторое время.

При погружении кусочек шоколада часто не успевал достичь дна, быстро обрастал недостающими пузырьками газа и всплывал. Поэтому амплитуда колебаний часто была меньше высоты налитой в стакан воды.

Из-за интенсивного выделения газа его концентрация в воде уменьшалась со временем быстрее, чем при нормальном атмосферном давлении, поэтому средний период колебаний со временем возрастал быстрее, по сравнению с аналогичным периодом колебаний при нормальном атмосферном давлении.

На диаграмме 3 представлен график колебаний кусочка шоколада размером 9 мм при пониженном давлении.



Рис. 5. Кусочек шоколада размером 9 мм в газированной воде при пониженном атмосферном давлении

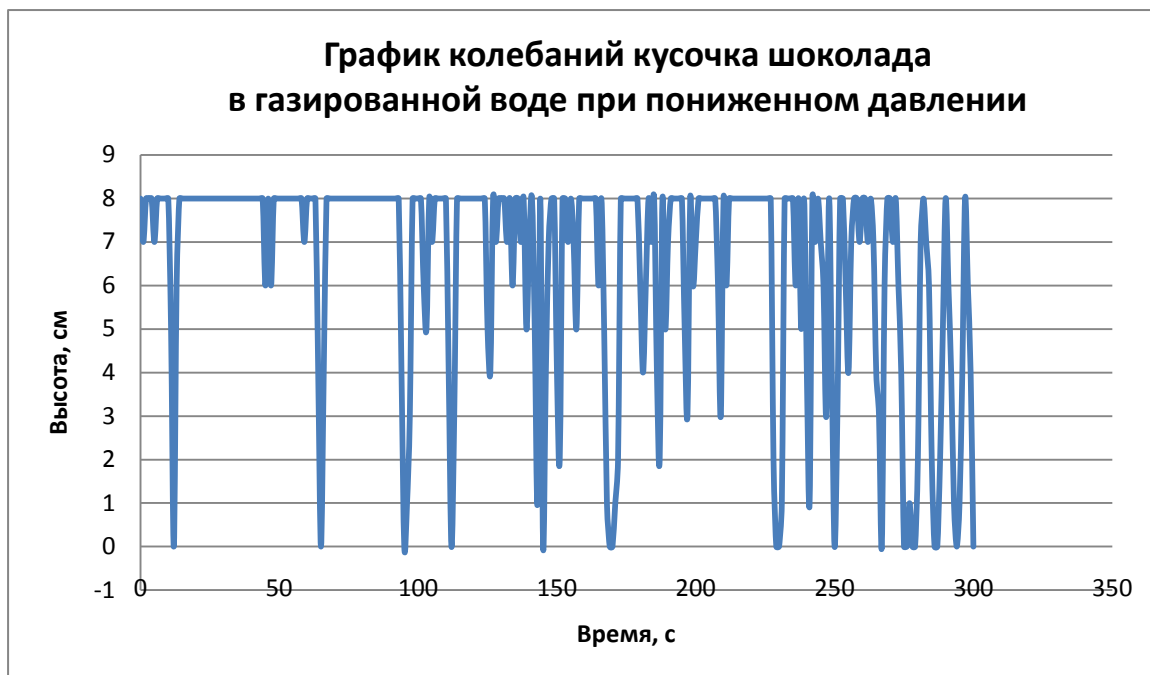


Диаграмма 3. Зависимость высоты нахождения кусочка шоколада размером 9 мм в газированной воде от времени при пониженном давлении (первые пять минут наблюдений)

На диаграмме 4 представлены графики зависимости среднего периода колебаний кусочка шоколада размером 9 мм при нормальном атмосферном давлении и пониженном давлении до 0,5 атм.



Диаграмма 4. Зависимость среднего периода колебаний от времени колебаний кусочка шоколада размером 9 мм при нормальном атмосферном давлении и пониженном давлении до 0,5 атм.



Из диаграммы видно, что средний период колебаний кусочка шоколада при пониженном атмосферном давлении меньше, чем при нормальном атмосферном давлении. Причина этому является резкое увеличение интенсивности выделения пузырьков газа.

Однако, по этой же причине концентрация растворенного газа в воде со временем уменьшается быстрее, чем при нормальном давлении. Поэтому и средний период колебаний увеличивается быстрее, и колебания прекращаются раньше.

Все предыдущие эксперименты мы проводили с газированной водой, взятой при комнатной температуре равной  $20^{\circ}\text{C}$ . Однако интенсивность образования пузырьков газа зависит также от температуры.

Для установления данной зависимости мы охладили газированную воду до  $10^{\circ}\text{C}$  и исследовали колебания кусочка шоколада размером 9 мм (рис. 6).

На диаграмме 5 представлены графики зависимости среднего периода колебаний кусочка шоколада размером 9 мм в газированной воде при комнатной температуре  $10^{\circ}\text{C}$  и при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ .



Рис. 6. Кусочек шоколада размером 9 мм в газированной воде при температуре  $10^{\circ}\text{C}$

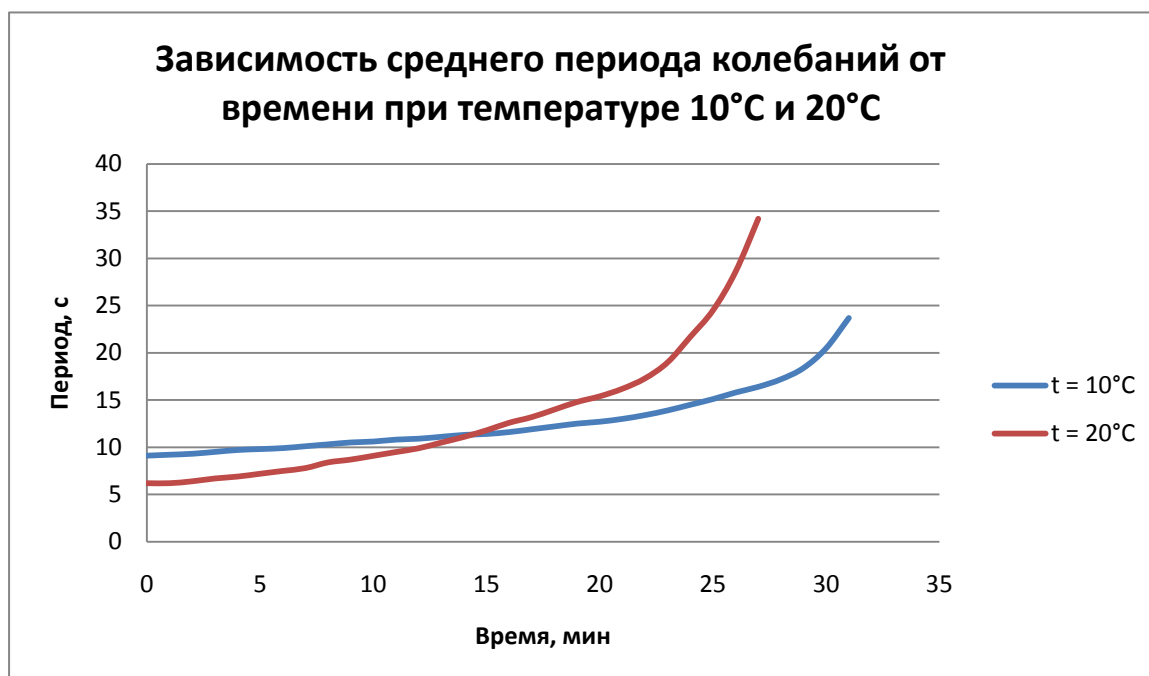


Диаграмма 5. Зависимость среднего периода колебаний от времени колебаний кусочка шоколада размером 9 мм при температуре  $10^{\circ}\text{C}$  и  $20^{\circ}\text{C}$ .

Из диаграммы видно, что средний период колебаний кусочка шоколада при температуре 10°C вначале больше, чем при 20°C. Это происходит из-за того, что при уменьшении температуры уменьшается количество пузырьков, образующихся на поверхности кусочка шоколада.

Однако, по этой же причине концентрация растворенного газа в воде со временем уменьшается медленнее. Поэтому и средний период колебаний увеличивается медленнее, и колебания прекращаются позже.

Мы не проводили опыты со средне- и слабогазированной водой, потому что результаты будут аналогичными с результатами зависимости периода колебаний от времени. Ведь с течением времени степень газированности воды уменьшается.

### **Заключение**

В результате проведенных нами экспериментов было показано, что при погружении кусочка шоколада в стакан с газированной водой кусочек шоколада периодически погружается и всплывает, т.е. совершает колебательное движение.

Период колебаний зависит от времени, так как со временем уменьшается степень газированности воды. Чем меньше газов растворено в воде, тем медленнее происходят колебания. Таким образом, с увеличением времени период колебаний увеличивается. Через некоторое время (порядка 30 мин) колебания прекращаются из-за недостатка растворенного в воде газа.

Кроме этого период колебаний зависит от размеров кусочка шоколада. При небольших размерах кусочек шоколада плавает на поверхности воды, а при больших – тонет и не всплывает. С увеличением размеров период колебаний увеличивается.

Период колебаний также зависит от температуры газированной воды и атмосферного давления. В зависимости от данных условий изменяется скорость образования пузырьков газа.

С уменьшением температуры скорость образования пузырьков уменьшается, поэтому период колебаний увеличивается. С уменьшением атмосферного давления скорость образования пузырьков увеличивается, поэтому период колебаний уменьшается.

### **Литература**

1. Газированная вода. – URL: [http://www.vodainfo.com/ru/about\\_water/soda\\_water.html](http://www.vodainfo.com/ru/about_water/soda_water.html). – Дата доступа: 06.10.2012.
2. Флотация. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D4%EB%EE%F2%E0%F6%E8%FF>. – Дата доступа: 05.10.2012.