

УДК: 536.7

DOI 10.21661/r-472803

*Г.Г. Хайдаров, А.Г. Хайдаров***ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУР ПЛАВЛЕНИЯ И КИПЕНИЯ ВЕЩЕСТВ  
ИЗ ГИПОТЕЗЫ РАСПАКОВКИ ВЕЩЕСТВА**

*Аннотация:* по данным свойств температур плавления и температур кипения элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева произведена проверка применения гипотезы распаковки вещества. В статье приводятся результаты проверки. В целом по данным для 98 веществ, взятым из интернет справочников получена сходимость результатов с погрешностью до 40% для 73 веществ. Найдено влияние периодичности на результат. Исключение из расчетных зависимостей получилось для десяти веществ: благородных газа и большинства галогенов. Большое расхождение теоретической формулы с справочными данными вызвали также 14 элементов средних групп.

*Ключевые слова:* физика, вещество, элемент, таблица, Менделеева, температура, плавление, кипение, распаковка, справочные, данные, связь, взаимосвязь, зависимость, формула.

*G.G. Haydarov, A.G. Haydarov***CORRELATION OF TEMPERATURES OF MELTING AND BOILING  
OF SUBSTANCES FROM THE HYPOTHESES  
OF UNPACKING THE SUBSTANCE**

*Abstract:* according to the properties of melting points and boiling points of the elements of the periodic table of D.I. Mendeleev the application of the unpacking hypothesis of the substance was verified. The article contains the results of the verification. In general, according to the data for 98 substances taken from the information in Internet, convergence of results with an error of up to 40% for 73 substances was obtained. The effect of periodicity on the result is found. An exception to the calculated dependences was obtained for ten substances: noble gas and most halogens. A large

*discrepancy between the theoretical formulas and the reference data was also caused by the 14 elements of the middle groups.*

**Keywords:** *physics, substance, element, table, Mendeleev, temperature, melting, boiling, unpacking, reference, data, correlation, interrelation, dependence, formula.*

#### *Анализ публикаций*

В 1983 году предложена единая концепция, объединяющая физические понятия испарения, внутренняя энергия, поверхностное натяжение [1]. Предложена виртуальную модель «запакованной» молекулы (по аналогии шара, запакованного внутри коробки). Чтобы «распаковать» такую молекулу, необходимо осуществить разрыв связей с другими молекулами по шести ортогональным направлениям. Из данной модели «распаковка» («отрезание») слоя молекул с одной стороны (по плоскости) приводит к физическому понятию поверхностного натяжения. А «распаковка» («отрезание») молекул со всех шести сторон (перпендикулярно осям X, Y, Z) от других молекулы приводит к физическому понятию внутренней энергии. Такая виртуальная модель позволила теоретически вывести формулу взаимосвязи энтальпии, внутренней энергии и поверхностного натяжения. Формула была проверена по данным их справочника [2] для 64 веществ в диапазоне температур от  $-253$  до  $200$  градусов Цельсия.

В 1985 году аналогичный взгляд на физическую природу поверхностного натяжения, как части внутренней энергии, при решении другой физической задачи был опубликован В. Вайскопфом (Victor Frederick Weisskopf) в США [3; 4]. Однако расчетной формулы в данных статьях приведено не было.

В популярном изложении данная гипотеза распаковки опубликована в 2010 году в статье [5], в википедии и викиучебнике на русском языке по теме «Поверхностное натяжение». Расширенное научное изложение гипотезы распаковки со следствиями было опубликовано в 2011 году [6; 7]. Следствия гипотезы объясняют некоторые вопросы удельной теплоемкости. А именно, теоретически объяснена эмпирическая взаимосвязь значений теплоемкостей для одно-, двух- и трехатомных газов. Выявлено влияние пространственного расположения

атомов на значение теплоемкости молекулы. Дальнейшее развитие гипотезы «распаковки» было применено для теоретического обоснования зависимости поверхностного натяжения от температуры в 2011 [8] и в 2012 [9] годах. Выведенная теоретическая формула хорошо согласуется с эмпирическими данными [10], а также с известной классической эмпирической зависимостью – правилом Лоранда Этвёша (Loránd Eötvös rule) [11]. Применение гипотезы упаковки (в отличие от эмпирических зависимостей) позволило: сформулировать допущения и области применения выведенной теоретической формулы, теоретически получить коэффициент пропорциональности и определить его физический смысл, дать ещё одно определение физического понятия давления как энергии, действующей на объём (мономолекулярного) поверхностного слоя.

Дальнейшее развитие понятия «распаковки» было применено для теоретического обоснования взаимосвязи температур плавления, кипения и критической температуры [12–14]. Для проверки такого использования гипотезы были использованы данные из справочников для 85 веществ, в пределах температур от 13 до 855 градусов Кельвина. Сравнение теоретических формул и экспериментальных данных проводилось по средним значениям. Для такой модели температура плавления составляет  $1/3$ , а температура кипения от  $1/2$  до  $2/3$  от критической температуры.

#### *Цель статьи.*

В данной работе ставится цель изучения взаимосвязей температуры плавления и температуры кипения для простых веществ периодической таблицы Д.И. Менделеева согласно концепции «распаковки».

#### *Изложение основного материала*

В работах [12–14] уже были изложены основные идеи применения виртуальных моделей «распаковки» к процессам плавления и кипения. В данной работе для проверки использовались справочные данные по температурам плавления и кипения из интернета [15; 16] для каждого химического элемента периодической системы Д.И. Менделеева с номерами от 1 до 98. В качестве расчетной формулы была выбрана зависимость из статьи [14], в которой температура

плавления принималась равной  $1/3$ , а температура кипения принималась равной температуре интенсивного кипения  $2/3$  от критической температуры. В этом случае теоретическое отношение температур (Отн. теоретическое) плавления к температуре кипения равно половине температуры кипения ( $1/3$  делим на  $2/3$ ). Погрешность справочных данных (отношения температур:  $T_{\text{плавления}} / T_{\text{кипения}}$ ) относительно теоретического значения ( $\text{Отн. теоретическое} = 0,5$ ) вычислялась в процентах, как:

$$\text{Погрешность} = (\text{Отн. теоретическое} - T_{\text{плавления}} / T_{\text{кипения}}) / \text{Отн. теоретическое} \times 100\% \quad (1)$$

где  $T_{\text{плавления}}$  – температуры плавления в градусах Кельвина,  $T_{\text{кипения}}$  – температура кипения в градусах Кельвина,  $\text{Отн. теоретическое} = 0,5$  – теоретическое значение отношения температур плавления и кипения модели «распаковки» при интенсивном кипении жидкости.

Таблица 1

Значений погрешности отношений температур между экспериментальными и теоретическими значениями

Атомный номер	Символ элемента	% Погрешность	Атомный номер	Символ элемента	% Погрешность
1	H	-36	50	Sn	60
2	He	-62	51	Sb	-9
3	Li	43	52	Te	-14
4	Be	-2	53	I	-70
5	B	-11	54	Xe	-95
6	C	-57	55	Cs	37
7	N	-63	56	Ba	-3
8	O	-21	57	La	36
9	F	-26	58	Ce	43
10	Ne	-81	59	Pr	29
11	Na	36	60	Nd	21
12	Mg	-34	61	Pm	12
13	Al	31	62	Sm	-24
14	Si	-14	63	Eu	-28
15	P	-15	64	Gd	3

16	S	-9	65	Tb	-6
17	Cl	-44	66	Dy	-17
18	Ar	-92	67	Ho	-21
19	K	35	68	Er	-12
20	Ca	-30	69	Tm	-82
21	Sc	-21	70	Yb	-29
22	Ti	-10	71	Lu	-7
23	V	-17	72	Hf	12
24	Cr	-46	73	Ta	-15
25	Mn	-25	74	W	-19
26	Fe	-11	75	Re	-12
27	Co	-11	76	Os	-13
28	Ni	-15	77	Ir	-17
29	Cu	5	78	Pt	15
30	Zn	-17	79	Au	18
31	Ga	76	80	Hg	25
32	Ge	22	81	Tl	33
33	As	-146	82	Pb	40
34	Se	-2	83	Bi	41
35	Br	-61	84	Po	15
36	Kr	-91	85	At	-75
37	Rb	35	86	Rn	-91
38	Sr	-26	87	Fr	37
39	Y	1	88	Ra	3
40	Zr	-10	89	Ac	24
41	Nb	-53	90	Th	2
42	Mo	1	91	Pa	2
43	Tc	-7	92	U	31
44	Ru	-7	93	Np	56
45	Rh	6	94	Pu	48
46	Pd	14	95	Am	-1
47	Ag	1	96	Cm	5
48	Cd	-14	97	Bk	13
49	In	62	98	Cf	-35

Периодичность больших погрешностей, полученных расчетным путем  
из гипотезы «распаковки»

Период периодической таблицы Д.И. Менделеева	Начальные группы – щелочные металлы (Значения погрешностей больше 35%)	Серединные группы (Значения погрешностей больше 40%)	Конечные группы – галогены и благородные газы (Значения погрешностей больше 40%)
1			He = -62
2	Li = 43	C = -57, N = -63	Ne = -81
3	Na = -36		Cl = -44, Ar = -92
4	K = 35	Cr = -46, Ga = -76, As = -146	Br = -61, Kr = -91
5	Rb = 35	Nb = -53, In = 62, Sn = 60	I = -70, Xe = -95
6	Cs = 37	Ce = 43, Tm = -82, Pb = 40, Bi = 41	At = -75, Rn = -91
7	Fr = 37	Np = 56, Pu = 48	

В результате анализа таблиц 1 и 2 из 98 рассмотренных элементов периодической системы Менделеева получаем выпадение из нашей теории для 25 элементов. Это 6 элементов первой группы – с погрешностью больше 35%, 10 элементов восьмой и частично седьмой групп (благородных газа и большинства галогенов) – с погрешностью более 40%, нескольких элементов средних групп с погрешностью более 40, в одном единственном случае для As (мышьяка) расчетная погрешность составляет 146%. Остальные элементы:  $98 - 25 = 73$  элементов укладываются в погрешность 40%.

*Выводы*

1. Для 73 из 98 рассмотренных нами в статье элементов периодической системы Д.И. Менделеева получена взаимосвязь температур плавления от температуры кипения. С погрешностью до 40% можно сказать, что гипотеза распаковки вещества описывает экспериментальные данные по взаимосвязи температур.

2. За основу теоретического расчета была взята модель интенсивного кипения вещества, в которую должны подставляться экспериментальные данные интенсивного кипения.

3. Если предположить, что для благородных газов и галогенов в методе измерения вычислялись температуры начала их кипения, а не температуры интенсивного кипения (1), тогда гипотеза распаковки могла бы быть применима и к этим элементам с погрешностью в диапазон от 2 до 20%.

### *Список литературы*

1. Хайдаров Г.Г. О связи поверхностного натяжения жидкости с теплотой парообразования // Журн. физ. химии. – 1983. – Т. 57. – №10. – С. 2528–2530.

2. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 720 с.

3. Weisskopf V.F. Search for Simplicity // American J. of Physics. – 1985. – Vol. 53. – №1. – P. 19–20.

4. Weisskopf V.F. Search for Simplicity: The size of molecules revisited // American J. of Physics. – 1985. – Vol. 53. – №7. – P. 618–619.

5. Хайдаров Г.Г. Физическая природа поверхностного натяжения жидкости // Диалоги о науке. – 2010. – №1. – С. 111–113.

6. Хайдаров Г.Г. Физическая природа поверхностного натяжения жидкости / Г.Г. Хайдаров, А.Г. Хайдаров, А.Ч. Машек // Вестн. С.-Петербур. унта. – 2011. – Вып. 1. – С. 3–8.

7. Khaidarov G.G. The physical nature of liquid surface tension / G.G. Khaidarov, A.G. Khaidarov // Intellectual Archive. – 2014. – Vol. 3. – №1. – P. 26–29.

8. Хайдаров Г.Г. Вывод теоретической зависимости поверхностного натяжения от температуры из теории «распаковки молекул» // Диалоги о науке. – 2011. – №2. – С. 33–38.

9. Хайдаров Г.Г. Влияние температуры на поверхностное натяжения / Г.Г. Хайдаров, А.Г. Хайдаров, А.Ч. Машек, Е.Е. Майоров // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2012. – Выпуск 1. – С. 24–28.

10. Lielmezs J. New Surface Tension Correlation for Liquids / J. Lielmezs, T.A. Herrick // The Chem. Eng. J. – 1986. – Vol. 32. – P. 165–169.

11. Eötvös rule [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Eötvös\\_rule](https://en.wikipedia.org/wiki/Eötvös_rule) (дата обращения 01.07.2018).

12. Хайдаров Г.Г. Взаимосвязь температур плавления, кипения и критической температуры / Г.Г. Хайдаров, А.Г. Хайдаров // Интерактивная наука. – 2016. – №3. – С. 113–116.

13. Khaidarov G.G. The Relationship Between Melting Point, Boiling Point and Critical Point / G.G. Khaidarov, A.G. Khaidarov // Intellectual Archive. – 2016. – Vol. 5. – №2. – P. 15–19.

14. Хайдаров Г.Г. Физическая модель взаимосвязи температур плавления, кипения и критической температуры // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2016. – №35 (61). – С. 10–13.

15. Periodic Table Of Elements. PROPERTIES OF THE ELEMENTS (TABLE 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.csun.edu/science/ref/spreadsheets/xls/elements.xls> (дата обращения 01.07.2018).

16. Периодическая система химических элементов. Свойства элемента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Периодическая\\_система\\_химических\\_элементов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Периодическая_система_химических_элементов) (дата обращения 01.07.2018).

### *References*

1. Khaidarov, G.G. (1983). O sviazi poverkhnostnogo natiazheniia zhidkosti s teplotoi paroobrazovaniia. Zhurn. fiz. khimii, 10, 2528–2530.

2. Vargaftik, N.B. (1972). Spravochnik po teplofizicheskim svoistvam gazov i zhidkosti., 720. M.: Nauka.

3. Weisskopf V.F. Search for Simplicity // American J. of Physics. – 1985. – Vol. 53. – №1. – P. 19–20.

4. Weisskopf V.F. Search for Simplicity: The size of molecules revisited // American J. of Physics. – 1985. – Vol. 53. – №7. – P. 618–619.



5. Khaidarov, G.G. (2010). Fizicheskaia priroda poverkhnostnogo natiazheniia zhidkosti. Dialogi o nauke, 1, 111–113.
6. Khaidarov, G.G., Khaidarov, A.G., & Mashek, A.Ch. (2011). Fizicheskaia priroda poverkhnostnogo natiazheniia zhidkosti. Vestn. S.-Peterb. un-ta, 3–8.
7. Khaidarov G.G. The physical nature of liquid surface tension / G.G. Khaidarov, A.G. Khaidarov // Intellectual Archive. – 2014. – Vol. 3. – №1. – P. 26–29.
8. Khaidarov, G.G. (2011). Vyvod teoreticheskoi zavisimosti poverkhnostnogo natiazheniia ot temperatury iz teorii "raspakovki molekul". Dialogi o nauke, 2, 33–38.
9. Khaidarov, G.G., Khaidarov, A.G., Mashek, A.Ch., & Maiorov, E.E. (2012). Vliianie temperatury na poverkhnostnoe natiazheniia. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta, 24–28.
10. Lielmezs J. New Surface Tension Correlation for Liquids / J. Lielmezs, T.A. Herrick // The Chem. Eng. J. – 1986. – Vol. 32. – P. 165–169.
11. Eötvös rule [Electronic resource]. – Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Eötvös\\_rule](https://en.wikipedia.org/wiki/Eötvös_rule) (date of access: 01.07.2018).
12. Khaidarov, G.G., & Khaidarov, A.G. (2016). Vzaimosviaz' temperatur plavleniia, kipeniia i kriticheskoi temperatury. Interaktivnaia nauka, 3, 113–116.
13. Khaidarov G.G. The Relationship Between Melting Point, Boiling Point and Critical Point / G.G. Khaidarov, A.G. Khaidarov // Intellectual Archive. – 2016. – Vol. 5. – №2. – P. 15–19.
14. Khaidarov, G.G. (2016). Fizicheskaia model' vzaimosviasi temperatur plavleniia, kipeniia i kriticheskoi temperatury. Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta).
15. Periodic Table Of Elements. PROPERTIES OF THE ELEMENTS (TABLE 1) [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.csun.edu/science/ref/spreadsheets/xls/elements.xls> (date of access: 01.07.2018).
16. Periodicheskaia sistema khimicheskikh elementov. Svoistva elementa.

**Хайдаров Геннадий Гасимович** – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Россия, Санкт-Петербург.

**Haydarov Gennadiy Gasimovich** – candidate of engineering sciences, associate professor at the St. Petersburg State Technological Institute (Technological University), Russia, St. Petersburg.

**Хайдаров Андрей Геннадьевич** – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Россия, Санкт-Петербург.

**Haydarov Andrey Gennadyevich** – candidate of engineering sciences, associate professor at the St. Petersburg State Technological Institute (Technological University), Russia, St. Petersburg.

---