

---

# ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА РАСПЛАВОВ

УДК 54:669.154

**А. М. Скребцов**

Приазовский государственный технический университет, Мариуполь

## **О СВЯЗИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ И ЯДЕРНЫХ СВОЙСТВ АТОМОВ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА**

*Химические и физические свойства элементов, как считают в науке, определяются строением внешних электронных оболочек атомов. Проанализирована обширная литература по этому вопросу и доказано, что электронные слои и ядра атомов в одинаковой степени влияют на свойства элементов (правило А. М. Скребцова). На некоторых примерах показано, что удельный заряд ядра атома можно использовать в науке о свойствах металлов.*

**Ключевые слова:** атом, электронные оболочки, протоны, нейтроны, удельный заряд ядра, свойства элементов, металлургические процессы.

*Хімічні і фізичні властивості елементів, як вважають в науці, визначаються будовою зовнішніх електронних оболонок атомів. Проаналізована обширна література з цього питання і доведено, що електронні шари і ядра атомів однаково впливають на властивості елементів (правило О. М. Скребцова). На деяких прикладах показано, що питомий заряд ядра атома можна використовувати в науці про властивості металів.*

**Ключові слова:** атом, електронні оболонки, протоны, нейтроны, питомий заряд ядра, властивості елементів, металургійні процеси.

*Chemical and physical properties of elements, as considered in science, are determined the structure of external electronic shells of atoms. Vast literature is analysed through this question and it is well-proven that electronic layers and kernels of atoms in an identical degree influence on properties of elements (Skrebcova A.M. governed). It is rotined on some examples, that the specific charge of kernel of atom can be utilized in science about properties of metals.*

**Keywords:** atom, electronic shells, protons, neutrons, specific charge of kernel, properties of elements, metallurgical processes.

### **Введение**

Статья посвящена вопросу детализации закономерностей взаимосвязи ядерных и периферических свойств атомов в периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Известно [1-3 и др.], что вещества состоят из атомов. Атом имеет электронные оболочки и ядро, состоящее из положительно заряженных частиц, – протонов  $P$  (их число равно атомному номеру  $Z$  таблицы Д. И. Менделеева) и незаряженных частиц, – нейтронов  $N$ . Сумма  $N + P$  примерно равна атомной массе элемента [3].

Со времени открытия Д. И. Менделеевым периодической системы элементов прошло более 140 лет. За это время в мировой науке сформировались определенные взгляды на эту систему, а также на строение электронных оболочек и ядер атомов.

Академик А. И. Бродский эти взгляды сформулировал следующим образом [3] «Свойства, изменяющиеся периодически, зависят от числа внешних (валентных) электронов и строения образованных ими слоев; поэтому их называют периферическими свойствами.... Наоборот, некоторые свойства, например, атомные веса, частота рентгеновских спектральных линий, радиоактивные свойства и т. д. монотонно изменяются с порядковым номером или не обнаруживают с ней явной связи». Последние свойства в литературе называют ядерными.

Таким образом, от момента открытия периодического закона элементов Д. И. Менделеева и до настоящего времени в литературе не опубликованы работы, четко отрицающие или подтверждающие наличие или отсутствие влияния характеристик ядра на обычные свойства химических элементов.

*Цель настоящей работы* – поиск взаимного влияния на физические и химические свойства веществ: а – внешних электронных оболочек (периферические свойства); б – строения ядра атома (ядерные свойства).

*Типичные публикации по строению ядра атома и его связи с природными явлениями.* В работе [4] обсуждается строение ядра элементов по классификации Гаркинса, который предложил характеризовать ядра по степени близости их атомных масс  $A$  к числам, кратным 4. Так, четные элементы имеют ядра типа  $4n$  и  $4n + 2$ , а нечетные –  $4n + 1$  и  $4n + 3$  (например: а – железо,  $A = 56$ , тип ядра  $4n$ ; б – скандий  $A = 21$ , тип ядра  $4n + 1$ ). Отмечается, что такая классификация атомных ядер позволила акад. А. Е. Ферсману и другим авторам объяснить распространенность различных элементов в земной коре [5].

В работе [6] изучали изменение отношения числа нейтронов ( $N$ ) к числу протонов ( $P$ ) в ядре в зависимости от атомного номера элемента  $Z$ . Нашли, что для четных элементов в интервале  $Z = 2-20$  это отношение равно единице, для нечетных – оно не устойчиво, для всех остальных элементов при изменении  $Z$  от 30 до 83 отношение увеличивается практически линейно от 1,3 до 1,6. Автор публикации [6] (также как и в предыдущей работе [4]) связывает величину отношения  $N/P$  с распространенностью элементов в земной коре.

В работах [7, 8] автор впервые ввел в науку понятие удельного заряда ядра атома  $Z/A$ , он также нашел определенную периодичность в строении ядер элементов. При этом в работе [8, с. 1023] отмечается: «Возможно, что структурные периоды ядер не являются зеркальным подобием химических периодов Д. И. Менделеева». Кроме этого в публикации [8, с. 1022, 1023] подчеркивается, что «общие закономерности периодической системы ядра тесно увязываются с известными закономерностями относительной распространенности элементов в природе» [5].

Следовательно, в публикациях [4-8], а также и в других подобных работах, особенности строения ядра атомов связываются лишь с распространенностью элементов в природе. В классических трудах по строению атомных ядер [9], в серьезных изложениях их свойств [10], в современных учебниках для вузов [11] вопрос влияния строения ядра на химические и физические свойства веществ обойден молчанием.

*Аргументы влияния различных свойства атомов на химические и физические свойства элементов.* На свойства веществ влияют разные характеристики атома. С одной стороны, это могут быть его электронные слои, суммарно определяемые порядковым номером  $Z$  в таблице Д. И. Менделеева и числом внешних электронов  $n$  в валентном слое атома [1, 2 и др.]. С другой стороны, это свойства ядра, характеризующиеся его удельным зарядом, то есть отношением  $Z/A$  [7, 8].

В работе [1, с. 39] для всех элементов приведена таблица чисел их внешних электронов  $n$  в валентном слое атома, характеризующих их способность участвовать в различных реакциях с окружающей средой. В дополнение к этому, из работы

## Получение и обработка расплавов

[8, с. 1025] для элементов заимствован вычисленный удельных заряд ядра  $Z/A$  для изотопов элементов наибольшего содержания.

Для каждого периода таблицы Д. И. Менделеева построили значения  $Z/A$  в зависимости от числа  $n$  – рис. 1, из которого видна четкая взаимосвязь между величинами  $Z/A$  и  $n$ . Во втором и третьем периодах значения  $Z/A$  увеличиваются, а в четвертом и шестом уменьшаются с ростом числа  $n$ . В пятом периоде значения  $Z/A$  в функции от  $n$  укладываются на кривую с максимумом.

Разный характер кривых рис. 1 по периодам таблицы Д. И. Менделеева можно объяснить тем, что в соответствии с работами [7, 8] структурные периоды ядер не совпадают с химическими периодами свойств. Однако, рис. 1 позволяет однозначно утверждать, что ядро атома как и внешние электронные оболочки формирует его так называемые периферические свойства.

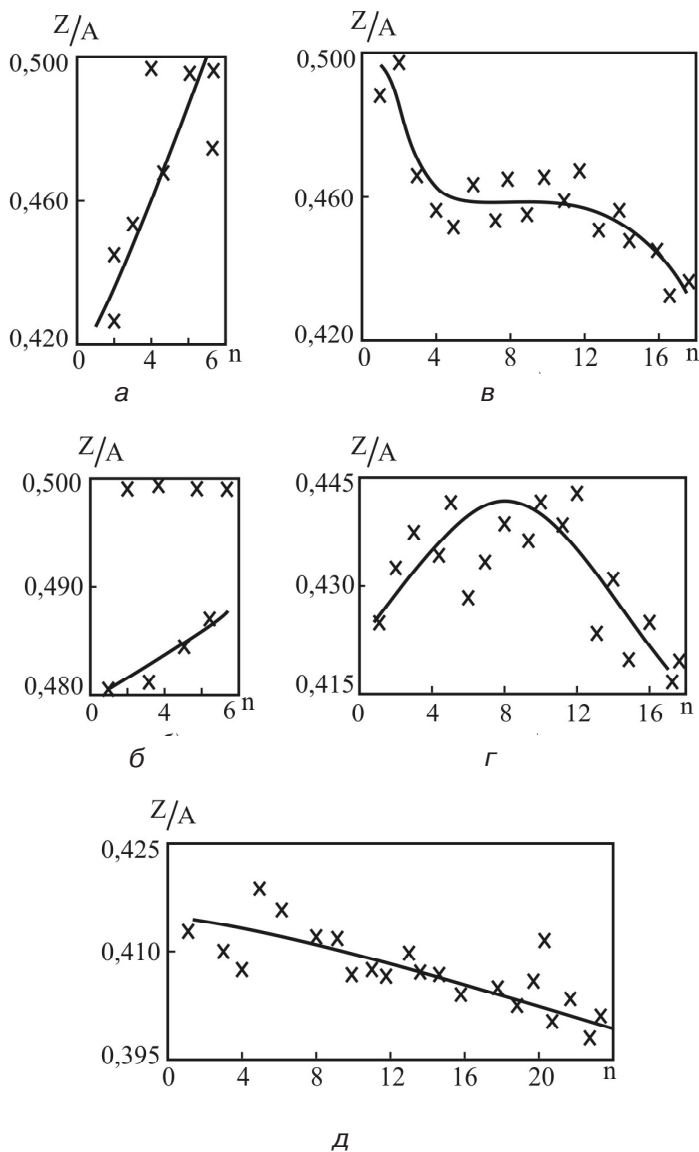


Рис. 1. Удельный заряд ядер атомов  $Z/A$  периодической системы элементов Д. И. Менделеева в зависимости от числа электронов  $n$  на внешней оболочке в разных периодах: а – 2-й период (№ 3-10); б – 3-й (№ 11-18); в – 4-й (№ 19-36); г – 5-й (№ 37-54); д – 6-й (№ 55-83)

### *О связи периферических и ядерных свойств атомов*

Чтобы убедиться во мнении, что раздельно существуют периферические и ядерные свойства атомов или, наоборот, все свойства атомов проявляются в едином комплексе, можно предложить разные способы. По нашему мнению, один из простейших способов следующий, его опробовали на таких характеристиках элементов  $\phi$ , как например, температуры ликвидуса  $T_l$  и его кипения  $T_k$ , энергия кристаллической решетки  $E_p$ , первый ионизационный потенциал атома  $J_1$ , электроотрицательность элементов  $j$ , плотность вещества  $\rho$ , радиус атома  $r$  и др. По этим элементам в литературе опубликованы числовые значения или кривые различных периодических свойств [1, 2, 12, 13 и др.].

Суть способа заключается в следующем. В зависимости от порядкового номера  $Z$  рассматривали и анализировали следующие свойства веществ:

– типичное ядерное свойство – удельный заряд ядра атома  $Z/A$  по А. П. Знойко [7, 8] для изотопов элементов наибольшего содержания (известно [1, 2 и др.], что у многих элементов наблюдается несколько стабильных изотопов);

– какое-либо одно химическое или физическое свойство  $\phi$  ( $T_l$ ,  $T_k$ ,  $E_p$ ,  $J$ ,  $j$  и т. д.);

– отношение этого свойства  $\phi$  к удельному заряду ядра атома  $Z/A$ , то есть  $\phi / (Z/A)$  или удельное свойство на единицу заряда ядра.

На примере одного из свойств, первого ионизационного потенциала атома  $J_1$  (работа отрыва электрона от атома), иллюстрировали и анализировали предлагаемый способ. Для удобства анализа типичных зависимостей рассматривали не все элементы таблицы Д. И. Менделеева, а только их типичную большую часть из 3 (№ 11-18), 4 (№ 19-36) и 5-го (№ 37-54) периодов (рис. 2). На рис. 3 представлены аналогичные зависимости для стабильных изотопов 6-го периода (№ 55-83).

Из рис. 2, а и 3, а видно, что удельный заряд ядер атомов  $Z/A$  изменяется не монотонно вдоль таблицы в зависимости от величины  $Z$ . С уменьшением  $Z$  от малых до больших значений величина  $Z/A$  уменьшается от 0,500 до 0,395. Подобную зависимость ранее построил А. П. Знойко [7, 8], при этом промежутки между точками элементов он изобразил ломаной линией (таким же образом поступили и в данной работе).

На рис. 2, б и 3, б изображены ломаные линии периодического изменения первого ионизационного потенциала атома  $J_1$  при различных значениях порядкового номера  $Z$ .

На рис. 2, в и 3, в представлены ломаные линии величин  $J_1 / (Z/A)$ , то есть удельного потенциала ионизации атома (ядерного свойства) на единицу заряда ядра. Из сравнения кривых рисунков 2, б и 3, б, с одной стороны, и рис. 2, в и 3, в, с другой, видно, что кривые свойства ( $J_1$ ) и удельного свойства на единицу заряда ядра ( $J_1 / (Z/A)$ ) по характеру изменения изображенных величин практически повторяют друг друга. Из рисунков видно, что свойства по периодам изменяются с номером элемента примерно по прямой линии с максимумом свойства в конце периода (№ 18, 36, 54, 80). В работе [14] отмечено, что периодичность элементов может проявляться и в виде других закономерностей – синусоидальных, тангенциальных и т. п. Промежуточные максимумы на восходящих ломаных линиях в разных периодах практически повторяют друг друга (номера элементов – 15, 30, 48, 58, 80), то же наблюдается для минимумов функций при номерах элементов – 13, 16, 31, 47, 49, 59, 72.

Подведем итоги рассмотренного выше материала. Величина  $J_1 = f(Z)$  – это общепринятое периферическое свойство атомов; величина  $J_1 / (Z/A)$  – это ядерное свойство атомов. Поскольку названные величины в зависимости от  $Z$  изменяются одинаково, то можно считать, что оба свойства имеют одну и ту же природу, то есть являются комплексными и характеризуются однозначно природой атома (его ядра и электронных слоев).

## Получение и обработка расплавов

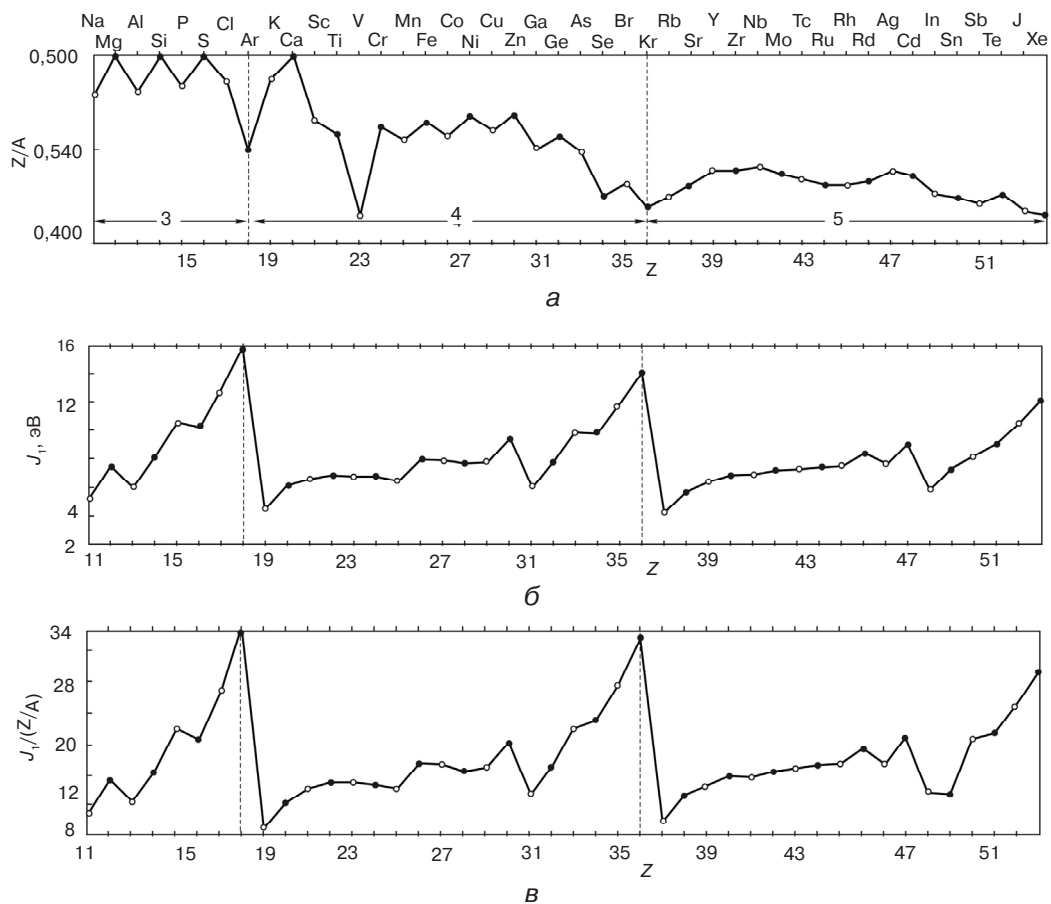


Рис. 2. Зависимости от порядковых номеров элемента  $Z$  в 3-м (№ 19-36), 4-м (№ 19-36) и 5-м (№ 37-54) периодах таблицы Д. И. Менделеева: а – удельного заряда ядра атома по А. П. Знойко [7, 8]; б – первого потенциала ионизации атома  $J_1$  [1]; в – отношения величин  $J_1/(Z/A)$ ; обозначения: сверху символы химических элементов:  $\circ$  – нечетные,  $\bullet$  – четные номера;  $|\left[ \leftarrow - \rightarrow \right]|$  пример обозначения периодов таблицы Д. И. Менделеева

Следовательно, на примере анализа подобных зависимостей (рис. 2 и 3) для первого потенциала ионизации атома  $J_1$  и других перечисленных выше свойств можно сделать следующий вывод: химические и физические свойства веществ одинаково (синхронно) зависят от строения внешних электронных оболочек атомов, которые характеризуются порядковым номером элемента  $Z$ , и от строения их ядер, характеризуемых удельным зарядом ядра  $Z/A$  (правило А. М. Скребцова).

### Удельный заряд ядра и свойства металлов

Приведенный ниже материал дан только для иллюстрации будущих возможностей использования в науке о металлах понятия удельного заряда ядра атома.

Б. Б. Гуляев в своей работе [14] для сплавов на основе 4-х металлов (железа, меди, алюминия и никеля) – отобрал легирующие комплексы, при выборе которых руководствовался характеристиками диаграмм состояния бинарных систем. Для анализа этого материала в данной работе использовали понятие относительного заряда ядра атома  $M_{отн}$ .

$$M_{отн} = \left[ \left| M_{мет} - M_{доб} \right| / M_{мет} \right] \times 100\%,$$

где  $M_{мет}$  – заряд ядра ( $Z/A$ ) основного металла;  $M_{доб}$  – заряд ядра ( $Z/A$ ) легирующего металла или вредной примеси (S, P, Se, As и другие для Fe; Ni, Co и другие – для Al; Bi, Pb, Te – для Cu; S, P, Pb – для Ni).

## Получение и обработка расплавов

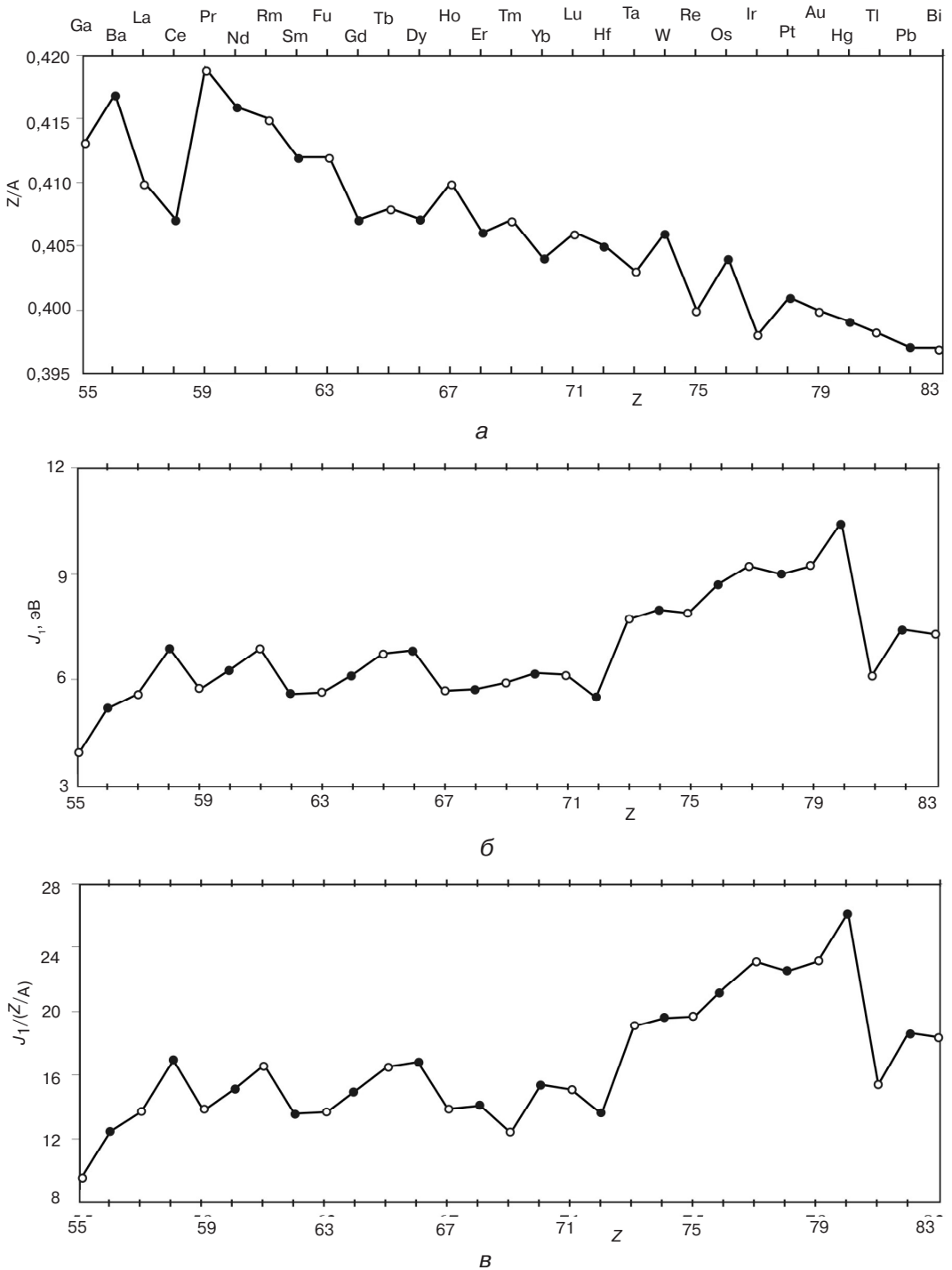


Рис. 3. Зависимости от порядковых номеров элементов  $Z$  в 6-м периоде таблицы Д. И. Менделеева (№ 55-83): а – удельного заряда ядра атома  $Z/A$  по А. П. Знойко [7, 8]; б – первого потенциала ионизации атома  $J_1$  [1]; в – отношение величин  $J_1/(Z/A)$ ; обозначения: сверху символы химических элементов:  $\circ$  – нечетные,  $\bullet$  – четные номера таблицы

Средние значения  $M_{\text{отн}}$  легирующих составили (в %): для Fe – 3,05 (12 элементов); Al – 4,20 (5 элементов); Cu – 4,41 (9 элементов); для Ni – 7,83 (8 элементов). Для вредных примесей тех же основ сплава значения  $M_{\text{отн}}$  составили соответственно (в %) 6,50; 4,19; 8,24 и 10,59. Как видно из приведенных цифр, в большинстве



случаев для вредных примесей  $M_{отн}$  заметно больше, чем у легирующих элементов. Последние цифры могут служить ориентирами при выборе легирующих комплексов различных металлов по значениям их относительного заряда ядра атомов.

По литературным данным [15] нашли энергию Гиббса окислов металлов 4-го периода таблицы Д. И. Менделеева при температуре их плавления и построили график ее зависимости от удельного заряда ядра атома металла (рис. 4). Из рисунка видна тенденция зависимости – чем больше величина  $Z/A$ , тем меньше прочность окисла металла.

А. Е. Ферсман, используя таблицу Д. И. Менделеева, разработал геохимическую таблицу элементов и с ее помощью объяснил распространенность элементов в земной коре [5]. По аналогии с последней таблицей И. И. Корнилов [16] создал металлохимическую таблицу элементов, в которой сгруппировал их по растворимости друг в друге. Например, элементы по растворимости в никеле автор расположил в следующий ряд: Ni → Co → Fe → Mn → Cr → V → Ti → Sc → Ca → K. Оказалось, что три элемента (Co, Fe, Mn) образуют с никелем непрерывные твердые, а Cr, V, Ti – ограниченные растворы; Ca и K совсем не взаимодействуют с никелем. Эти три группы элементов имеют соответственно значения  $M_{отн}$  равными 1,92; 2,38 и 5,5 %. Следовательно, чем больше значение  $M_{отн}$ , тем хуже растворяется добавочный элемент в основном металле.

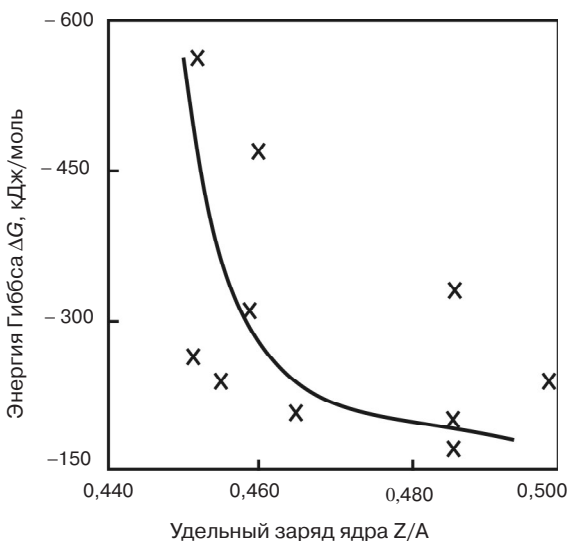


Рис. 4. Энергия Гиббса окислов металлов  $\Delta G$  при температуре их плавления в зависимости от удельного заряда ядра атома  $Z/A$

### Выводы

- Проанализировано состояние вопроса в литературе по влиянию электронных оболочек и ядра атома на химические и физические свойства элементов. Большинство авторов считает, что свойства элементов определяются строением их внешних электронных оболочек, а ядро на свойства практически не влияет.

- Впервые обнаружены взаимозависимости между числом электронов  $n$  во внешнем валентном слое атома и удельным зарядом его ядра  $Z/A$ . Это свидетельствует об их одинаковом влиянии на химические и физические свойства элементов.

- Между числом электронов в валентном слое атома и удельным зарядом его ядра обнаружены взаимозависимости для всех периодов таблицы элементов Д. И. Менделеева. Между ядерными и периферическими свойствами элементов найдена идентичность их изменения с порядковыми номерами элементов  $Z$ . Следовательно, химические и физические свойства веществ одинаково (синхронно) зависят от строения внешних электронных оболочек атомов, характеризующихся порядковым номером элемента  $Z$  и от строения их ядер, характеризующихся удельным зарядом ядра  $Z/A$  (правило А. М. Скребцова).

- На некоторых примерах показано, что удельный заряд ядра атомов  $Z/A$  можно использовать в науке о свойствах металлов. Работы в этом направлении желательны расширить.



Список литературы

1. Регель А. Р., Глазов В. М. Периодический закон и физические свойства электронных расплавов. – М.: Наука, 1978. – 308 с.
2. Григорович В. К. Периодический закон Менделеева и электронное строение металлов. – М.: Наука, 1966. – 288 с.
3. Бродский А. И. Физическая химия. – М.; Л.: ГХИ, 1973. – Т. 1. – 488 с.
4. Спицын В. И. О периодичности типов доминирующих изотопов элементов // Докл. АН СССР. – 1950. – № 6. – С. 1053-1055.
5. Ферсман А. Е. Занимательная геохимия. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 224 с.
6. Спицын В. И. К вопросу о соотношении числа нейтронов и протонов в атомных ядрах // Докл. АН СССР. – 1950. – Т. 72, № 1. – С. 41-44.
7. Знойко А. П. Периодический закон атомных ядер // Там же. – 1949. – Т. 68, № 5. – С. 837-841.
8. Знойко А. П. Периодический закон атомных ядер // Там же. – 1949, Т. 68, № 6. – С. 1021-1024.
9. Френкель Я. И. Принципы теории атомных ядер. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – 248 с.
10. Корсунский М. А. Атомное ядро. – М.: ГИИТЛ, 1956. – 430 с.
11. Кучерук І. Т. Загальний курс фізики. Оптика. Квантова фізика. – Київ: Техніка, 2006. – Т. 3. – 520 с.
12. Свидунович Н. А., Глыбин В. П., Свирко Л. К. Взаимодействие компонентов в сплавах. – М.: Metallurgy, 1989. – 158 с.
13. Физико-химические свойства элементов: Справочник / Под ред. Г. В. Самсонова. – Киев: Наук. думка, 1965. – 808 с.
14. Гуляев Б. Б. Физико-химические основы синтеза сплавов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. – 192 с.
15. Эллиот Д. Ф., Глейзер М., Рамакришна В. Термохимия сталеплавильных процессов: Пер. с англ. – М.: Metallurgy, 1969. – 252 с.
16. Корнилов Н. И. Металлохимическая таблица химических элементов // Докл. АН СССР. – 1957. – Т. 14, № 1. – С. 106-109.

Поступила 12.10.2011

\*\*\*\*\*

**Уважаемые подписчики!**

Подписаться на журнал «Процессы литья»  
через Интернет  
можно на сайте ГП «Пресса» [www.presa.ua](http://www.presa.ua)  
с помощью сервиса «Подписка On-line».

\*\*\*\*\*