

УДК:53

## Иондошуу потенциалдары жана альтернирленген типтеги сандык ырааттуулук

Р.О. Касымова<sup>1</sup>, М.Р. Ажиматова<sup>1</sup>, А.О. Железняк<sup>2</sup>, М.Ж. Кудаярова<sup>1</sup><sup>1</sup> Б. Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университети, Бишкек, Кыргыз Республикасы<sup>2</sup> Коомдук саламаттык сактоо улуттук институту, Бишкек, Кыргыз Республикасы

**Корутунду.** Иондошуу потенциалдары - тышкы жана ички орбиталдардан электронду чыгаруу энергиясын жана жалпы молекулалык системанын туруктуулугун мүнөздөгөн заттардын мүнөздөмөсү. Иондошуу потенциалдарынын негизинде заттын түзүлүшү, иондошуу учурунда пайда болуучу жана атомдордун (осцилляторлордун) дүүлүктүрүүчү энергиясынан көз каранды болгон анын мүмкүн болгон кайра түзүлүшү изилденет (осцилляторлор). Иондордун, радикалдардын, ион-радикалдардын, кластерлердин жана башка кошулмалардын пайда болушуна алып келүүчү кайра түзүлүүлөр ушундай. Ошондой эле иондоштуруу потенциалдары молекулалардын туруктуулугун, алардын кычкылдануу-калыбына келтирүү жана фотохимиялык жөндөмдүүлүгүн, биологиялык активдүүлүгүн аныктайт. Ошентип, атомдордун жана алардын кошулмаларынын биологиялык активдүүлүгү (уулуулугу) алардын валенттүүлүгү менен корреляцияланат. Адамдардын жана калктын ооруларын аныктоочу уулуу кошулмалардын таралышы жана алардын тышкы чөйрөдө туруктуулугу да маанилүү, мисалы микроэлементтер жана башкалар. Ошондой эле иондошуу потенциалын билүү, берилген биологиялык активдүүлүгү жана башка параметрлери менен болгон заттарды синтездөөгө мүмкүндүк берет. Иондошуу потенциалдары кванттык-химиялык ыкмалар, ошондой эле молекулярдык спектроскопиянын маалыматтары боюнча эсептелинет. Иондошуу потенциалдарынын жүрүшүнүн мыйзам ченемдүүлүгү жалпы химия курстарында жана «Заттын түзүлүшү» бөлүмүндө изилденет. Алар ошондой эле сурап-билүү маалыматтарында жана ушул тема боюнча ар кандай ба-сылмаларда чагылдырылган. *Изилдөөнүн максаты* - бул эмгекте кээ бир атомдордун жана молекулалардын биринчи иондошуу потенциалдарына карата эсептөөдө иондошуу потенциалын эсептөө ыкмасынын кванттык-химиялык ыкмаларына караганда сандык-теориялык ыкмага негизделген жана жөнөкөй жана жеткиликтүү болгон ыкманы колдонуу мүмкүнчүлүгүн каралган. *Материалдар жана ыкмалары.* Иште иондошуу потенциалдарын эсептөөгө карата комбинатордук (сандык-теориялык) ыкмасы колдонулган, биздин оюбузча, бул ыкма атомдор менен молекулалардын валенттүүлүгүнүн өтө жогорку даражаларын прогноздоо үчүн шарттуу түрдө эң маанилүү маалыматты бере алат, алар боюнча адабияттарда сурап-билүү маалыматтар жок. Маалыматтык адабиятта келтирилген иондошуу потенциалы жөнүндөгү маалыматтар изилдөө жана салыштыруу материалдары болуп кызмат кылган. *Натыйжалар.* Кээ бир органикалык заттардын кычкылдануу-калыбына келтирүү процесстерин изилдөө үчүн сандык-теориялык ырааттуулукту колдонуунун айрым мисалдары, ошондой эле кээ бир атомдордун иондошуу потенциалдарынын (ИП) эсептелген биринчи маалыматтары келтирилген.

*Жыйынтыгы.* Сунушталган ыкма Мезгилдик системадагы атомдордун ИП эсептөө үчүн колдонуу мүмкүнчүлүгүн көрсөткөн, ушуну менен бирге эсептелинген жана эксперименталдык маалыматтардын айырмачылыгы 5-8% чегинде болгон.

**Негизги сөздөр:** иондошуу потенциалы, мезгилдүүлүк, рекурренттик ырааттуулук, Пизано альтернативдик ырааттуулук мезгили, мисалдар.

**Адрес для переписки:**

Касымова Рано Оморовна, 720000,  
Кыргызская Республика, Бишкек, ул. Киевская 44,  
КРСУ им. Б.Н. Ельцина  
Тел.: + 996 707535353  
E-mail: docha02@bk.ru

**Contacts:**

Kasymova Rano Omorovna, 720000,  
44 Kievskaya str., Bishkek, Kyrgyz Republic  
B.N. Yeltsin KRSU  
Phone: + 996 707535353  
E-mail: docha02@bk.ru

**Для цитирования:**

Касымова Р.О., Ажиматова М.Р., Железняк А.О., Кудаярова М.Ж. Потенциалы ионизации и числовые последовательности альтернированного типа. Здравоохранение Кыргызстана 2023, №1, с.14-20. doi.10.51350/zdravkg2023.1.2.1.14.20

**Citation:**

Kasymova R.O., Azhimatova M.R., Zheleznyak A.O., Kudayarova M.Zh. Ionization potentials and numerical sequences of alternated type. Health care of Kyrgyzstan 2023, No.1, pp.12-18. doi.10.51350/zdravkg2023.1.2.1.14.20

## Потенциалы ионизации и числовые последовательности альтернированного типа

Р.О. Касымова <sup>1</sup>, М.Р. Ажиматова <sup>1</sup>, А.О. Железняк <sup>2</sup>, М.Ж. Кудаярова <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кыргызско-Российский Славянский университет имени Б. Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup> Национальный институт общественного здоровья, Бишкек, Кыргызская Республика

**Резюме. Введение.** Потенциалы ионизации являются характеристикой веществ, характеризующей энергию удаления электрона с внешней и внутренней орбиталей и устойчивости молекулярной системы, в целом. На основе потенциалов ионизации изучается структура вещества, его возможная перестройка, происходящая при ионизации и зависящая от энергии возбуждения атомов (осцилляторов). Таковы перестройки, приводящие к появлению ионов, радикалов, ион-радикалов, кластерам и др. соединениям. А также потенциалы ионизации определяют устойчивость молекул, их окислительно-восстановительную и фотохимическую способность, биологическую активность. Так, биологическая активность (токсичность) атомов и их соединений, коррелирует с их валентностью. Немаловажное значение имеет распространенность токсических соединений и их устойчивость во внешней среде, определяющая заболеваемость человека и население, т. н. микроэлементозами и др. Знание потенциалов ионизации позволяет также произвести синтез веществ с заданной биологической активностью и др. параметрами. Потенциалы ионизации рассчитывают квантово-химическими методами, а также из данных молекулярной спектроскопии. Закономерности в поведении потенциалов ионизации изучаются в курсах общей химии и в разделе «Строение вещества». Они отражены также в справочниках и в различных публикациях на данную тему. *Цель исследования-* В данной работе рассмотрена возможность привлечения метода, основанного на теоретико-числовом подходе к расчету первых потенциалов ионизации некоторых атомов и молекул, являющегося более простым и доступным, чем квантово-химические способы расчета потенциалов ионизации. *Материалы и методы.* В работе применен комбинаторный (теоретико-числовой) подход к расчету потенциалов ионизации, который, по нашему мнению может дать важнейшую информацию, для прогнозирования более высоких степеней валентности атомов и молекул, справочные данные о которых в литературе отсутствуют. В качестве материала исследования и сравнения с имеющимися данными, послужили данные о потенциалах ионизации, приведенные в справочной литературе. *Результаты.* Приведены некоторые примеры использования теоретико-числовых последовательностей для изучения окислительно-восстановительных процессов некоторых органических веществ, а также расчетные данные первых потенциалов ионизации (ПИ) некоторых атомов.

*Заключение.* Показано, что предлагаемый нами подход может быть использован для расчета ПИ атомов Периодической системы, при этом расхождение расчетных и опытных данных составляет, в пределах 5-8%.

**Ключевые слова:** потенциалы ионизации, периодичность, рекуррентные последовательности, периоды Пизано, альтернативные последовательности, примеры.

## Ionization potentials and numerical sequences of alternated type

R.O. Kasymova <sup>1</sup>, M.R. Azhimatova<sup>1</sup>, A.O. Zheleznyak <sup>2</sup>, M.Zh. Kudayarova <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kyrgyz-Russian Slavic University named after B. N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup> National Institute of Public Health, Bishkek, Kyrgyz Republic

**Abstract. Introduction.** Ionization potentials are a characteristic of substances that characterize the energy of removing an electron from the outer and inner orbitals and the stability of the molecular system as a whole. On the basis of ionization potentials, the structure of a substance, its possible rearrangement occurring during ionization and depending on the excitation energy of atoms (oscillators) is studied. These are rearrangements that lead to the appearance of ions, radicals, ion-radicals, clusters, and other compounds. Also ionization potentials determine the stability of molecules, their redox and photochemical ability, biological activity. Thus, the biological activity (toxicity) of atoms and their compounds correlates with their valency. Equally important is the spread of toxic compounds and their stability in the external environment, which determines morbidity of humans and the population, the so-called microelementoses, etc. Knowledge of ionization potentials also makes it possible to synthesize substances with a given biological activity and other parameters. Ionization potentials are calculated by quantum chemical methods, as well as from molecular spectroscopy data. Regularities in the behavior of ionization potentials are studied in the courses of general chemistry and in the division "Matter structure". They are also reflected in reference books and in various publications on the subject.

*The aim of the study* - In this paper, we consider the possibility of using a method based on the theoretical-numerical approach to the calculation of the first ionization potentials of some atoms and molecules which is also simpler and more accessible than quantum-chemical methods for calculating ionization potentials. *Materials and methods*. A combination (theoretical-numerical) approach was used in our study, which in our opinion can provide the most important information, tentatively, for predicting higher degrees of valency of atoms and molecules, for which there are no reference data in the literature. The data on ionization potentials given in the reference literature served as the material for the study and comparison with the available data. *Results*. Some examples of the use of theoretical-numerical sequences for studying the redox processes of some organic substances are given as well as estimated data of the first ionization potentials for some atoms. *Conclusion*. It is shown that the approach we propose can be used to calculate the ionization potentials of atoms of the Periodic System, while the discrepancy between calculated and experimental data is within 5-8%.

**Keywords:** *ionization potentials, periodicity, recurrent sequences, Pisano periods, alternative sequences, examples.*

## Введение

Потенциалы ионизации являются важнейшей характеристикой вещества, его биологической активности, способности к окислению и восстановлению, способности к изомеризации [1,2,3]. Сюда, относятся, например, антиоксидантная активность фенолов, гуминовых веществ, применяемых в бальнеологии, либо, при ремедиации почв в районе хвостохранилищ и др. [4,5]. Фотохимические свойства и потенциалы ионизации веществ позволяют предвидеть окраску, вновь синтезируемых соединений, активность наноматериалов, необходимых для солнечных батарей [6]. Немаловажным также является связь загрязнения окружающей среды химическими веществами, с потенциалами их ионизации, повышенной устойчивостью. К примеру, загрязнение окружающей среды наночастицами и наноматериалами, тяжелыми металлами и их соединениями, радионуклидами и кластерами, образующимися при воздействии радионуклидов на частицы атмосферного воздуха, [7]. В том числе, из числа тяжелых металлов, важно отметить загрязнение окружающей среды ртутью (легко летучее вещество 1 класса опасности) и ее соединениями, первые потенциалы ионизации которой, составляют величины, в э. в.: 10, 4376, 18,756, 34,2. Ртуть также образует залежи, геохимические аномалии, как естественного, так и антропогенного характера. Для расчетов потенциалов ионизации сложных веществ, в основном, применяются спектральные и квантово-химические методы. К перспективным направлениям при очистке природных и сточных вод от фенолов, др. веществ, является фотоокисление.

Попытки использования рекуррентных последовательностей к анализу структуры периодической системы Д.И. Менделеева, достаточно полно отражены в Интернете, на соответствующих сайтах. В работе Таштановой Т. М. с соавт., отмечено появление модулей, свойственных некоторым теоретико-числовым последовательностям. Согласно выводам, сделанным в этой статье, это последовательность вида  $2p_2$  [8]. Вообще говоря, модулярные последователь-

ности рекуррентного типа часто применяются при кодировании информации и анализе сложных систем, в том числе, конечных автоматов и линейных последовательных машин. Последовательности чисел, в частности, чисел Фибоначчи, Люка, трибоначчи и др., играют важную роль в науке, технике и экономике [9-13]. Модулярный характер и связь с «золотым сечением» отмечены для циклов солнечной активности, влияющих на многие социальные явления и здоровье населения [14]. Возможно, такое поведение солнечной активности связано с своеобразным квантованием, наличием фрактальности, в рассматриваемом процессе.

Числа Фибоначчи, выявленные в природных явлениях, получаются из линейной рекуррентной последовательности, приведенной в формуле 1:

$$F_{n+1} = F_n + F_{n-1} \quad (\text{формула 1})$$

Последовательности модулей для чисел Фибоначчи обладают некоторой периодичностью, а их длина носит название периода Пизано (Период Пизано – Википедия) [15]. Свойства периодов Пизано в настоящее время хорошо изучены и их закономерности отражены в публикациях Интернет-ресурса, с тем же самым названием.

На основе линейных рекуррентных последовательностей, далее, можно сконструировать, т. н., альтернированные последовательности рекуррентного типа, путем включения в формулу 1, дополнительного множителя - знака альтерниации вида  $(-1)^{n+1}$ . При таком способе получают выражения (формула 2), показывающие такой же колебательный характер, что и формула 1, что и может быть использовано при исследовании различных колебательных явлений, в спектре которых наблюдаются циклы.

$$F_{n+1} = F_n + \lambda^{*}(-1)^{n+1} * F_{n-1}, \text{ формула 2}$$

где  $\lambda$  – некоторый числовой параметр, \* - знак умножения.

*Целью данной работы является изучение возможности моделирования потенциалов ионизации*

**Таблица 1. Пример расчета числовой последовательности  $F_n$  для марганца.**Table 1. An example of calculating numerical sequence  $F_n$  for manganese.

| $n$ | $n^2$ | $\text{res}^{n^2} (\text{mod } 7)$ | $\lambda$ | $(-1)^{n+1}$ | $F_{n-1}$ | $F_n$  |
|-----|-------|------------------------------------|-----------|--------------|-----------|--------|
| 1   | 1     | -                                  | 0,2       | 1            | -         | 7,432  |
| 2   | 4     | 0                                  | 0,2       | -1           | 7,432     | 7,432  |
| 3   | 9     | 2                                  | 0,2       | 1            | 7,432     | 10,40  |
| 4   | 16    | 2                                  | 0,2       | -1           | 10,40     | 7,432  |
| 5   | 25    | 4                                  | 0,2       | 1            | 7,432     | 15,76* |
| 6   | 36    | 1                                  | 0,2       | -1           | 15,76     | 14,27  |
| 7   | 40    | 0                                  | 0,2       | 1            | 14,27     | 14,27  |
| 8   | 64    | 1                                  | 0,2       | -1           | 14,27     | 11,42  |
| 9   | 81    | 4                                  | 0,2       | 1            | 11,42     | 22,84  |

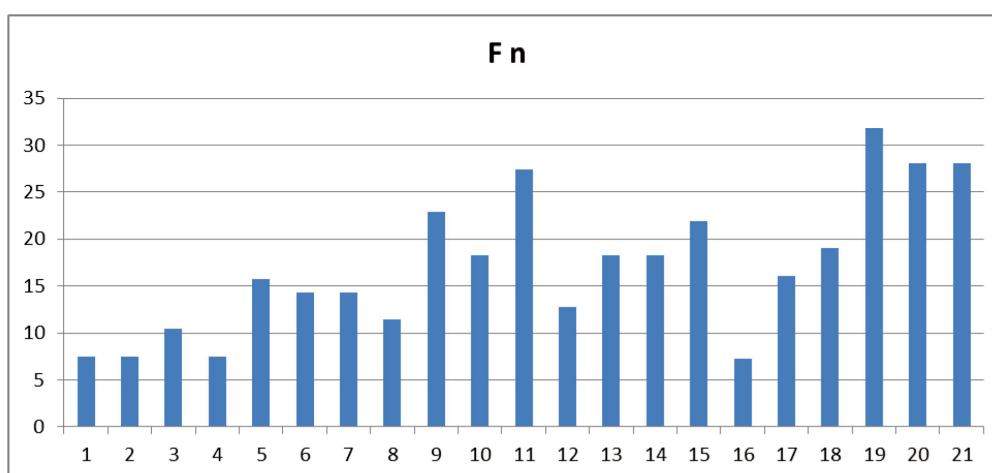
**Рисунок 1. Модельный пример расчета потенциалов ионизации, для марганца, при  $F_0 = F_1 = 7,432$ ,  $\lambda = 0,2$ .**  
Figure 1. Model example of calculation of ionization potentials, for manganese, at  $F_0 = F_1 = 7.432$ ,  $\lambda = 0.2$ .**Таблица 2. Значения энергий отрыва электронов от некоторых атомов (первые потенциалы ионизации), э. в.**

Table 2. The values of the energies of the separation of electrons from some atoms (the first potentials of ionization), eV

| Элемент и потенциалы ионизации – расчетные и экспериментальные значения | Значения параметра $\lambda$ , ср. | Потенциалы ионизации, в среднем, э. в.  |   |   |
|---|------------------------------------|---|---|---|
|   |                                    | Первый потенциал ионизации, ПИ 1, э. в. | Второй потенциал ионизации, ПИ 2, э. в. | Третий потенциал ионизации, ПИ 3, э. в. |
| Кислород  | 0,215                              | 13,614                                  | 30,36                                   | 55,26                                   |
| Эксперимент   | -                                  | 13,614                                  | 35,108                                  | 54,886                                  |
| Углерод   | 0,225                              | 11,256                                  | 25,52                                   | 47,18                                   |
| Эксперимент   | -                                  | 11,256                                  | 24,376                                  | 47,871                                  |
| Азот  | 0,185                              | 14,53                                   | 29,26                                   | 48,59                                   |
| Эксперимент   | -                                  | 14,53                                   | 29,593                                  | 47,426                                  |
| Фосфор  | 0,175                              | 10,49                                   | 20,4                                    | 32,86                                   |
| Эксперимент   | -                                  | 10,484                                  | 19,72                                   | 30,156                                  |
| Сера*   | 0,20                               | 10,36                                   | 20,17                                   | 32,46                                   |
| Эксперимент   | -                                  | 10,357                                  | 23,4                                    | 34,55                                   |



на основе теоретико-числового подхода, с применением рекуррентных последовательностей, их свойств и модулей.

Так, нами были изучены переходы молекул некоторых органических веществ в окси-производные, а также возможности применения теоретико-числового подхода к расчетам первых потенциалов ионизации. Ниже даются примеры расчетов по формуле 2.

**Пример 1.** Переход метана (ПИ = 13,04 э.в.), путем окисления в метанол (ПИ = 10,85 э.в.).

Соответствующее превращение, рассчитанное по формуле 2, удовлетворяется при  $F1 = 13,04$ ,  $\lambda = 1,309$ ,  $F0 = 1,618$ , всего за один шаг итерации. И мы получаем:  $F2 = 13,04 - 1,309 * 1,618 = 10,92$  (э.в.), что близко к практическому значению (Пи = 10,85 э. в.). Выборка значений для органических веществ потенциалов ионизации приведена из справочников [16,17].

Здесь число  $\lambda = 1,309$  («золотой вурф»), это производное от числа «золотого сечения» - 1,618. Роль этих чисел весьма велика при анализе симметрии ряда объектов. «Золотой вурф» является, своего рода, «каноном» красоты.

**Пример 2.** Переход бензола (ПИ = 9,24 э.в.) в фенол (ПИ = 8,49 э.в.). Расчет ПИ по формуле 2, с  $\lambda = 0,1$ ,  $F0 = 1,618$ ,  $F1 = 9,24$ , дает на 10 шагу итерации значение 8,46, что также близко к практическому результату. А при  $\lambda = 0,3$ , минимальное значение 8,48, считая из начального числа - 9,24, рассчитанное по формуле 2, можно получить, всего за один шаг итерации.

Возможно, параметр  $\lambda$  может быть интерпретирован как скорость вычислительного процесса.

**Пример 3.** Процесс ионизации атомов и первые потенциалы ионизации. Здесь, наиболее подходящей является формула 2, но, с включением в нее, последовательно, еще значений вычетов из чисел, подобранных соответствующим образом и некоторого параметра  $\lambda$ , учитывающего структурные особенности рассматриваемой системы (формула 3):

$$F_{n+1} = F_n + \lambda * (-1)^{n+1} * s_n * F_{n-1} \quad (\text{формула 3})$$

Здесь параметр  $\lambda$  подбирается эмпирически,  $s_n$  – вычет, или остаток от деления чисел в числовых последовательностях, к примеру,  $p^{**2}$ , на некоторое число  $L$ ,  $-*$ -знак умножения.

Так, мы рассмотрели некоторые примеры действия модулей квадратов чисел натурального ряда, последовательности  $p^{**2}$ , при расчетах последующих значений рекуррентной последовательности (формула 3). В качестве модуля – вычета мы выбрали число 7, т. е.  $L = 7$ , число, достаточно хорошо отражающее поведение первых потенциалов ионизации. Расчеты показывают, что в данном случае, последовательность вычетов (модулей)  $s_n = p^{**2} \pmod{7}$  имеет вид 0, 2, 2, 4, 1, 2, 0 (первый

цикл), 1, 4, 2, 2, 4, 1, 0 (второй цикл), 1, 4, 2, 2, 4, 1, 0 (третий цикл) и т. д. Период Пизано здесь составляет величину, равную 7. Данная последовательность модулей периодична. Соответственно, можно ожидать появления периодичности и в порядке возрастания чисел  $F_n$ , в рекуррентной последовательности, определяемой по формуле 3. В таблице 1 приведен расчет нескольких членов рекуррентной последовательности.

На рис. 1, также приведены, более расширенные, значения рекуррентной последовательности (спектр), для атома марганца, до  $n = 21$ . Здесь максимумы значений, имеющиеся в спектре, соответствуют первым потенциалам ионизации атома марганца. Имеющиеся в справочной литературе значения для потенциалов ионизации атома марганца, в э. в., следующие: ПИ1 = 7,432, ПИ2 = 15,636, ПИ3 = 33,69. /13/. А вычисленные, по формуле 3, значения потенциалов ионизации составляют величины, в э. в., равные: ПИ = 7,432, ПИ = 15,76, ПИ = 33,76.

Замечено, что при значениях параметра  $\lambda = 0,16 - 0,24$ , возможно получить приближенные значения, характерные для переходов от первого потенциала ионизации ко второму, третьему и т. д. Отмечена также связь выборочных значений потенциалов ионизации, с первого по третий уровни, взятых из справочника В. М. Латимера [18], с рассчитанными нами значениями. В таблице 2 приведена небольшая часть расчетов.

Средняя ошибка расчетов, для теоретически вычисленных потенциалов ионизации, в сравнении с литературными значениями, составляет величину, равную, около 7,3% - для второго потенциала ионизации, и 5,4% - для третьего.

Интересным также оказывается тот факт, что, при увеличении параметра  $\lambda$ , появляются еще некоторые максимумы, возможно, связанные с потенциалами ионизации четвертого, и далее, уровня. Важно также отметить, что усредненные значения потенциалов ионизации (ПИ), оказываются связанными между собой соотношениями, близкими к следующим значениям: ПИ1 = ПИ2/1,309<sup>\*\*3</sup>, ПИ1 = ПИ3/1,309<sup>\*\*5</sup>, где число 1,309 – это, т. н. «золотой вурф», о котором говорилось выше.

На наш взгляд, предлагаемый алгоритм расчета потенциалов ионизации разного уровня, определяющих валентность атомов и их активность, может быть использован, ориентировочно, для прогнозирования состояния атомов более глубокой степени окисления (четвертых и далее).

Полученные данные также могут быть использованы при составлении рабочих программ, конспектов лекций, написании методических разработок к лабораторным занятиям для студентов ВУ Зов по направлениям «Химия», «Физическая химия», «Информатика», «Физика атомов и молекул».

**Выводы**

1. Потенциалы ионизации, по данным источников, приведенных в литературе, являются важнейшим средством изучения структуры вещества (атомов, молекул, наночастиц и кластеров), прогнозирования их свойств.
2. Расчет потенциалов ионизации возможен, приближенно, с привлечением теоретико-числовых последовательностей альтернативного типа и использованием их модулей. При этом, ошибка для рассчитанных значений потенциалов ионизации, в сравнении с экспериментальными значениями, составляет, в среднем, величину, около 5-8 %.

довательностей альтернативного типа и использованием их модулей. При этом, ошибка для рассчитанных значений потенциалов ионизации, в сравнении с экспериментальными значениями, составляет, в среднем, величину, около 5-8 %.

**Жазуучулар ар кандай кызыкчылыктардын чыр жоктугун жарыялайт.**  
**Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.**  
**The authors declare no conflicts of interest.**

**Список литературы:**

1. Потенциалы ионизации. - Режим доступа: <http://buzani.ru/zadachi/khimiya-glinka/1098-valentnye-elektronnye-sloi-atomov-zadachi-188-194>.
2. Пюльман Б., Пюльман А. Квантовая биохимия: Учебное пособие. - М.: Мир, 1965. - 654 с.
3. Справочник химика, т. 21 (химия и химическая технология). - Режим доступа: <http://chem21.info/info/37708/>.
4. Сент-Дьерди А. Биоэлектроника: Учебное пособие. - М.: Мир, 1971 - С. 13
5. Теренин А. Н. Фотохимия красителей и родственных органических соединений. - М.: Изд.-во АН СССР, 1947. - 357 с.
6. Шарова Е. И. Антиоксиданты растений: Учебное пособие - СПб. - 2016. - Гл. 9. - Режим доступа: <https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/2303/1/B0.pdf>.
7. Трифонова, Т. А., Ширкин Л. А. Экологическая безопасность наночастиц, наноматериалов и нанотехнологий: Учебное пособие - Владимир: Владим. ун-та, 2009. - 64 с. - Режим доступа: <https://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/1404/3/00941.pdf>
8. Таштанова Т. М., Джанузакв К. Ч. Периодические процессы и периодический закон химических элементов Дмитрия // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. -2022. - № 1 - С. 215-220
9. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение. - М.: Мир, 1988. - 240 с.
10. Бусленко В. Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем: - М.: Наука, 1977 - С. 61-64.
11. Петухов С. В. Биомеханика, бионика и симметрия: Монография. - Л.: Наука, 1981. - С. 11-13, 44-47, 50.
12. Урманцев Ю. А. Симметрия природы и природа. - М.: Мысль, 1974. - 229 с.
13. Стахов А. П., Слученкова А., Шчербаков Н. Код да Винчи и ряды Фибоначчи: монография. - Изд.-во Питер, 2006. - 320 с.
14. Энергии разрыва химических связей. Потенциалы ионизации и средства к электрону: Справочник. / Под ред. Л. В. Гурвича. - М., Наука, 1974.
15. Латимер В. М. Окислительные состояния элементов и их потенциалы в водных растворах: Справочник. - М.: Изд.-во: Ин. - лит., 1954. - 212 с.

**References**

1. The potentials of ionization. Tasks 195-200. - Available at: <http://buzani.ru/zadachi/khimiya-glinka/1098-valentnye-elektronnye-sloi-atomov-zadachi-188-194>.
2. Pyulman B., Pyulman A. Quantum Biochemistry: Textbook. - M.: Mir, 1965. - 654 p.
3. Handbook of a chemist, vol. 21 (chemistry and chemical technology). - Available at: <http://chem21.info/info/37708/>.
4. Saint-Derdy A. Bioelectronics: Textbook. - M.: Mir, 1971 - S. 13
5. Terenin A. N. Photochemistry of dyes and related organic compounds: monograph. -M.: Pred. Reprinted: RIPOL - Classic, 2013.
6. Sharova E. I. Antioxidants of Plants: Textbook. - St. Petersburg: SPb University. - 2016. - Ch. 9. - Available at: <https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/2303/1/B0.pdf>.
7. Trifonova, T.A., Shirkin L. A. Environmental safety of nanoparticles, nanomaterials and nanotechnologies: Textbook - Vladimir State. University, 2009.-64 p. - Available at: <https://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/1404/3/00941.pdf>
8. Tashtanova T.M., Dzhanzuzakov K. C. Periodic processes and the periodic law of the chemical elements of Dmitry // Nauka, no nye tehnologii i innovacii Kyrgyzstana. -2022. - No. 1- S. 215-220
9. Schuster G. determined chaos: Introduction. - M.: Mir, 1988. - 240 p.
10. Buslenko V.N. Automation of simulation modeling of complex systems: Monograph. - M.: Nauka, 1977 - S. 61 - 64.
11. Petukhov S.V. Biomechanics, Bionics and Symmetry: Monograph. -L.: Nauka, 1981.-p.11-13, 44-47, 50.
12. Urmantsev Yu. A. Symmetry of nature and nature. - M.: Mysl', 1974. - 229 p.
13. Stakhov A.P., Sluchenkova A., Shcherbakov N. Code da Vinci and ranks Fibonacci rows: monograph. -Publishing House Peter,2006. -320 p.
14. Energy for the rupture of chemical ties. The potentials of ionization and affinity to the electron: reference. / Ed. L.V. Gurvich. - M., Nauka, 1974.
15. Latimer V. M. Oxidative states of the elements and their potentials in aqueous solutions:reference. - M.:Pred. -Lit.,1954.-212 p.

---

**Авторы:**

**Касымова Рано Оморовна**, д.м.н., профессор кафедры гигиены Медицинского факультета Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызская Республика  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-1026-4723>

**Ажиматова Мерим Руслановна**, к.м.н., доцент кафедры гигиены Медицинского факультета Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызская Республика  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-9968-9028>

**Железняк Анатолий Ошерович**, с.н.с. Центра медицины окружающей среды и экологии человека НИОЗ, Бишкек, Кыргызская Республика

**Кудаярова Максат Жумабековна**, к.м.н., доцент кафедры гигиены Медицинского факультета Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызская Республика

**Authors:**

**Kasymova Rano Omorovna**, MD, professor Department of Hygiene of the Medical Faculty of the B.N. Yeltsin Kyrgyz -Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyz Republic  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-5718-1266>

**Azhimatova Merim Ruslanovna**, Ph.D., associate professor of the Department of Hygiene of the Medical Faculty of the B.N. Yeltsin Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyz Republic  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-9968-9028>

**Zheleznyak Anatoly Osherovich**, senior researcher, the Center for Environmental Medicine and Human Ecology of the NIPH, Bishkek, Kyrgyz Republic

**Kudayarova Maksat Zhumabekovna**, Ph.D., associate professor of the Department of Hygiene of the Medical Faculty of the B.N. Yeltsin Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyz Republic

---

Поступила в редакцию 09.01.2023  
Принята к печати 10.03.2023

Received 09.01.2023  
Accepted 10.03.2023