

Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
European Researcher
Has been issued since 2010.
ISSN 2219-8229
E-ISSN 2224-0136
Vol. 76, No. 6-1, pp. 1038-1045, 2014

DOI: 10.13187/issn.2219-8229
www.erjournal.ru



Chemical Sciences

Химические науки

UDC 54

The Connection between Macroscopic and Microscopic Properties in Chemical Transformations

¹ Bolysbek Utelbaev
² Esen Suleimenov
³ Akmaral Utelbaeva

¹ Kazakh-British Technical University, Kazakhstan
Dr (Chemistry), Professor
E-mail: b.utelbayev@mail.ru

² Kazakh-British Technical University, Kazakhstan
Dr (Engineering)
E-mail: metallaim@mail.ru

³ South Kazakhstan State University M.Auezova, Kazakhstan
Dr (Chemistry)
E-mail: mako_01-777@mail.ru

Abstract. This article examines the chemical interaction of substances and their polymorphic transformations inclusive of their microscopic and macroscopic properties. This process involves the rearrangement of the elementary particles and electronic structures of “chemical individuums” at microscopic level and the release (absorption) of heat and formation of massive aggregates at macroscopic level, which form this work’s subject of discussion.

Keywords: chemical transformation; connection; micro- and macrolevels; polymorphism; chemical individuuum.

Введение. Стехиометрические уравнения, с помощью которых обычно выражаются химические реакции, отражают лишь материальный баланс процесса, а также эквивалентный характер реагирующих химических соединений и не дают информацию о реальном пути перехода исходных веществ в продукты. Кроме того, при изучении химических свойств обычно используются количества веществ, которые включают огромные числа идентичных по своей природе элементарных составляющих. Эти элементарные составляющие связанные между собой определенными химическими, кристаллохимическими межмолекулярными и другими видами связей, при химических превращениях изменяют свои расположение от исходной структуры вещества к структуре продуктов. Происходит разрыв исходных и образование новых связей на конкретных

участках реагирующих веществ, которые носят локальный характер на микроскопическом уровне. Взвешивания определенного количества вещества, измельчения их, изменение агрегатного состояния, нагревания системы до температуры реакций, все эти действия реализуется на макроскопическом уровне. При этом, физические, структурно-механические характеристики макросистем, являются функциями внутреннего строения веществ включающий огромный набор микрочастиц взаимосвязанных друг с другом. Целью настоящей работы является установление связи между микро- и макроскопическими характеристиками веществ при химических превращениях.

Обсуждение. Общеизвестно, статистическая термодинамика, исходя из микроскопических свойств частиц, определяет суммы по состояниям и находит макроскопические характеристики в виде термодинамических функций. Однако, описание микросостояний частиц названным методом является приближенным, а функции макросостояния обязательно должны приближаться к условиям термодинамического равновесия. В целом классическая термодинамика не рассматривает изменения реагирующей системы в процессе, а в реальных системах оно происходит в пространстве и во времени [1-3].

Теория химической кинетики, или динамика элементарного акта и феноменологическая, или формальная кинетика рассматривают реагирующие системы отдельно. В теории химической кинетике динамика взаимодействия индивидуальных атомов и молекул проводится на микроскопическом уровне с использованием данных о внутреннем строении реагирующих частиц. Конечной целью теории кинетики является теоретический расчет скоростей реакций при заданных квантовых состояниях. В то же время, непосредственно экспериментально измерять количество элементарных актов не существует. А в феноменологической кинетике решаются задачи макроскопического описания химических реакции и их развитие во времени и пространстве. При этом, процесс описывается алгебраическими или дифференциальными уравнениями представляющими математические модели, где реагенты полностью «обезличены» и скрыты за условными обозначениями – А, В, X и т.п. [4]

По общепринятым понятиям в химические реакции вступают атомы, молекулы и, следовательно, должен происходить предварительный разрыв или диссоциация химических, кристаллохимических, металлических или межмолекулярных связей веществ. Ван-дер-ваальсовы силы, которые в меньшей степени оказывают влияние на химические реакции, имеют электростатическую природу, и не приводят к существенной перестройке электронного строения взаимодействующих частиц. Однако, эти силы сохраняют значительную величину при сравнительно больших расстояниях между молекулами и отличаются аддитивностью для большого числа молекул. Кроме того, они приводят к возникновению притяжения между двумя твердыми объектами, разделенными малым зазором, что существенно для сцепления и устойчивости коллоидов. Наряду с этим, до сих пор существует определенное мнение о том, что ван-дер-ваальсовы силы определяют межслоевое взаимодействие в слоистых кристаллах, что противоречит экспериментальным данным: масштабу анизотропии температуры Дебая и, соответственно, масштабу анизотропии решёточного отражения. Исходя из данного ошибочного предположения построены многие двумерные модели, «описывающие» свойства, в частности графита и нитрида бора [5].

Поскольку во всех рассматриваемых случаях объектами изучения являются конкретные материальные образования, то следует подчеркнуть важную роль межмолекулярной, химической и других видов связей в переходах от макроуровня (вещество) к микроуровню (химические соединения, атомы и др. элементарные частицы) и наоборот. Для ясности, чтобы не путать химические соединения относящиеся к микроуровню, приводим понятийные выражение предлагаемые авторами этих строк в [6].

Вещество – это макроскопическое материальное образование обладающее собственной массой и физико-химическими свойствами, состоящее из **химических соединений**, связанных между собой в твердое тело, жидкость, газ или плазму.

Химическое соединение (молекула или элементарная ячейка кристалла) – микроскопическое материальное образование элементный состав которой выражен через **химическую формулу**. Например: O_2 ; P_4 ; HNO_3 ; $NaCl$ и др.

Атомы в химических соединениях называются *химическими элементами*, а химические соединения находящиеся в связи друг с другом в составе вещества называются «*химическими индивидами*».

Таким образом, **химический индивид** является микроскопическим элементарным звеном **вещества** на основе которой строятся их макроскопические характеристики. И при химических реакциях постоянно происходит разрыв межмолекулярной, координационной, кристаллохимической (металлической) и химической связей химических индивидов исходных веществ и образования новых химических индивидов – продуктов реакции. Например, при взаимодействии маленького кусочка металлического натрия с водой выделяется газообразный водород и образуется раствор щелочи. Протекание реакции разрешено как термодинамически, так и кинетически. Межмолекулярная связь химических индивидов воды и металлическая связь химического индивида натрия при их соприкосновении разрываются, идет перераспределение химических связей и элементарных частиц в системе с соответствующими химическими потенциалами. Химический элемент натрий из кристаллической решетки твердофазного химического индивида натрия переходит в жидкую фазу химических индивидов воды. Хотя перераспределение связей имеет локальный микроскопический характер, но по всей поверхности соприкосновения химических индивидов натрия и воды, составляющее огромное число элементарных звеньев, в целом, приводит к проявлению макроскопических свойств. Атомарный водород выделяемый из химического индивида воды, соединяются в химические индивиды водорода образуя вещество водород. Совокупность макро- и микрохарактеристик взаимодействия натрия с водой выражается через стехиометрическое уравнение: количество вещества (моли) показывает их макроуровень, а химические эквиваленты соответствуют микроуровню. Образующийся гидроксид натрия в объеме воды представляет собой химический индивид водного раствора щелочи. Образование химических индивидов водных растворов солей и их поведение рассмотрено в работах [7-10]

Аналогично, и при смешении растворов нитрата серебра с хлоридом натрия при $\alpha_{Ag^+} \cdot \alpha_{Cl^-} > K_s(AgCl)$ образуется осадок хлорида серебра (α_{Ag^+} и α_{Cl^-} - активности ионов серебра и хлорида, $K_s(AgCl)$ - константа растворимости хлорида серебра). До смешения каждый из них обладает свойствами химических индивидов растворов солей с присущими им химическими потенциалами (μ). Если исходные вещества принять за «А» и образующиеся продукты за «Б», то изменение энергий Гиббса (ΔG) и соответственно изменение химического потенциала для превращения А → Б можно выразить следующим уравнением:

$$\Delta G = -\Delta G_r + \Delta G_{AgCl} = N_B (\mu_B - \mu_A) + A_{AgCl} \cdot \sigma_{AgCl} = (V_B/v_B) (\mu_B - \mu_A) + A_{AgCl} \cdot \sigma_{AgCl}$$

где ΔG_r – алгебраическая сумма уменьшения потенциала Гиббса;

ΔG_{AgCl} – увеличение потенциала Гиббса за счет межфазовой поверхности раздела;

N_B – число молей образовавшихся продуктов, которое можно выразить как $N_B = (V_B/v_B)$;

V_B – суммарный объем фазы продуктов с мольным объемом v_B ;

μ_B и μ_A – стандартные химические потенциалы продуктов и исходных веществ;

σ_{AgCl} и A_{AgCl} – значения межфазового поверхностного натяжения и площади межфазной поверхности.

Поскольку реакция взаимодействия растворенных веществ термодинамически и кинетически возможна в рассматриваемом случае то образуемый хлорид серебра выделяется в виде твердой фазы. Следовательно, взаимодействия звеньев химических индивидов имеет локальный микроскопический характер, а набор их по всей системе отражает макроскопическое явление – образование массивного твердофазного хлорида серебра и раствора нитрата натрия. В свою очередь, существование сплошного структурированного каркаса хлорида серебра, обладающего упругостью позволяет отнести его к самоорганизующимся диссипативным системам.

По данным [1-2] динамическая самоорганизация структур может происходить как в открытых, так и в закрытых системах, в частности и в химических реакторах. И под

структурой принимается взаиморасположение и взаимосвязь составляющих элементов целостного, которые образуют определенные временно-пространственные конформации.

Основываясь на положениях неравновесной термодинамики, закономерности самоорганизаций образования динамических диссипативных структур рассматриваются синергетикой. В этом отношении, моделирование структуры, учитывающее форму молекул (атомов, ионов) и их взаимное расположение, удобно начать с кристаллов, периодическая структура которых отражает специфическое влияние вида межатомных связей и размеров составляющих их частиц или ионов [11]. Периодичность строения кристаллов определяют с помощью трансляций – симметричных преобразований при параллельном переносе элементов структуры. Наиболее общий вариант полного заполнения трехмерного пространства выпуклыми многогранниками выдвинуто Г.Ф. Вороной [12].

В [13] предлагается, что для выявления причины образования различных видов и форм алюмосиликатов на основе первичных структурных групп (ПСГ) требуется введения других подходов синергетики отличающихся от традиционной молекулярной химии. Из материалов следует, что на стадии формирования первичных структурных групп (ПСГ) доминируют химические факторы, определяя состав и структуру силиката. На дальнейшее развитие процесса влияют физико-химические факторы с постепенным усилением супрамолекулярных факторов. В работе Белова Н.В. [14] катионам отдается первостепенное значение в архитектуре всех известных кристаллических силикатов. Предпочтительная роль катионов в организации структуры силикатов рассмотрена также и в трудах [3, 11, 15-16]. На наш взгляд не только катионы играют важную роль в формировании структуры силикатов. По [17] структура в кристаллах определяется межмолекулярными взаимодействиями, эффектами упаковки которые рассматриваются в супрамолекулярной химии.

Супрамолекулярная химия – в высшей степени междисциплинарная область науки, включающая химические, физические, биологические аспекты рассмотрения более сложных, чем молекулы химических систем, связанных в единое целое посредством межмолекулярных взаимодействий, которое привело к осознанию молекулярного распознавания как новой области химических исследований. Здесь же отмечается, что способность к молекулярному распознаванию определяется энергией взаимодействия и информацией, считываемой при селективном связывании субстрата(ов) с данной молекулой-рецептором. Информация может быть закодирована в архитектуре рецептора, в его центрах связывания и в области лигандов, окружающих субстрат. Центры связывания характеризуется электронными свойствами, размерами, формой и пространственным расположением рецептора. По их данным информационные устройства представляют собой молекулярные и супрамолекулярные образования в которых акты молекулярного распознавания могут быть преобразованы в процессы и сигналы посредством соответствующих компонентов, отвечающих на внешние воздействия. При самораспознаваний выделяются три структурных фактора (1-особенности лигандов, 2-координационные геометрии ионов металлов; 3-стерические и конформационные эффекты) и два термодинамических фактора (1-энергетически соответствующей «максимальной занятости мест»; 2-энтропийный фактор).

Все эти рассуждения приложимы и к неорганическим соединениям, однако, выявление конкретной взаимосвязи между движущей силой самоорганизаций и упорядоченной структурой соединения затруднено. Кроме того, отсутствует подход к химическим процессам, в совокупности с сочетанием микро- макроскопических характеристик системы. Ведь свойства веществ определяется их природой и структурно-механическими характеристиками, которые в свою очередь являются функцией внутренней структуры данного соединения.

В этой связи, на основе реальных данных можно однозначно заключить, что образование продуктов в результате химической реакции происходит с разложением исходного массивного вещества, где в обоих случаях идет распад и образование связей между химическими индивидами.

При этом, химический индивид сохраняет и предопределяет при заданных условиях взаимное расположение химических элементов и частиц соответствующее данному веществу и формирует макроскопическое материальное образование. В зависимости от

структуры химического индивида образуются вещества с различными модификациями. В том случае, когда связь между звеньями химических индивидов разрываются образуется набор отдельных химических соединений данного вещества.

В [6] было отмечено о том, что каждое вещество или их полиморфные модификации состоят из соответствующих химических индивидов, хотя их составляющие элементы являются одинаковыми. По данным [18] энергия Si -O связи составляет приблизительно 470 кДж/моль, а величина угла Si - O - Si равна 140°. Изменения угла на 20° в сторону уменьшения, а также на 40° в сторону увеличения до 180° незначительно влияет на энергию связи, и в результате в природе встречаются многообразия их форм, где каждый из них представляет химический индивид данной модификаций. В [19] также показано, что из одного и того же алюмосиликатного раствора можно получить цеолиты типа А или фожазит, формирующиеся из одних и тех же предшественников. Авторы [20] считают, что фазовый переход графит – алмаз является типичной химической реакцией. Известно, что графит состоит из химических индивидов графита, а алмаз из химического индивида алмаза, которые представляют два разных вещества. Ведь при переходе графита (С в виде sp^2 гибридизации) к алмазу (С в виде sp^3 гибридизации) реализуется принципиальное изменение химической связи и перестройка молекулярной структуры в кристаллическую. В данном случае идет перестройка электронных структур химического индивида графита к химическому индивиду алмазу, которая реализуется при определенной энергии активаций [6]. Ведь основной вклад Аррениуса в развитие химической кинетики заключается во введении энергии активации, как потенциальном барьере, который должны преодолеть реагирующие вещества прежде, чем стать продуктами реакции.

Следует отметить, правомочность суждений автора [20], что каждая модификация образуемая при полиморфных превращениях является химическим индивидом индивидуальных веществ с присущими им физико-химическими свойствами. Величина энергии активаций для образования новой фазы определяется характером и степенью перестройки исходного химического индивида в новую модификацию, т.е. в новый химический индивид. Скорость и последовательность превращения химических индивидов в полиморфных изменениях, имеют большое практическое значение при технологических процессах и влияют на характер получаемых продуктов.

В [21], ссылаясь на работы И. Хедвала и Г. Таммана и их сотрудников, сформулированы принципиальные заключения о механизме и специфических закономерностях в кристаллических смесях, где реакции протекают за счет непосредственного взаимодействия между зернами этих тел. На наш взгляд, зерна этих тел представляют собой их химические индивиды. К механизмам реакций в смесях твердых веществ также относят элементарную стадию перестройки решетки реагирующих компонентов, вследствие полиморфных превращений, так что наши предположения хорошо подтверждаются заключениями известных ученых.

Особым случаем полиморфных превращений является **политипизм**, где модификации имеют одинаковые параметры элементарной ячейки по двум кристаллографическим направлениям и разные по третьему направлению, которое объясняется упаковкой атомных слоев. Например, у карборунда существует свыше 50 модификации отличающихся типом гексагональной упаковки в направлении оси «с», где каждая разновидность имеет свой **химический индивид**.

Следовательно, новые химические, межмолекулярные связи, перестройка электронных оболочек и элементарных частиц системы, в результате которой выделяется (поглощается) энергия в виде теплоты (света и др.) идет параллельно-последовательно с образованием связи между химическими индивидами массивного вещества.

Совокупное рассмотрение микроскопических и макроскопических характеристик реагирующей системы и определение природы химических индивидов вещества в перспективе откроет широкие возможности в технологии получения материалов с заданными свойствами.

Заключение. При химических превращениях веществ изменяются взаимные расположения составляющих его элементов и частиц относительно друг друга, которое существенно влияет на их физико-химические свойства. Структура и набор физико-

химических характеристик проявляемый веществом определяется природой его химического индивида и его состоянием. Если, атомы в химических соединениях называются химическими элементами, то химические соединения, связанные между собой представляют химический индивид – звенья макроскопического материального образования. Химический индивид дает возможность рассмотрения реагирующей системы в совокупности их микро- и макрохарактеристик, а также изучать зависимости свойств веществ от их строения.

Формирование конкретных форм веществ или модификационных видоизменений реализуется на базе их химических индивидов. Образование данной структуры, естественно, зависит от скорости химической реакции или скорости полиморфного превращения, где кинетический барьер – энергия активаций играет важную роль. Перестройка электронных оболочек, изменение природы химической связи и наличие значительной энергии активации позволяет отнести полиморфные превращения к химическим реакциям, т.е. переход одного вида химического индивида в другой является химической реакцией.

Следовательно, химические реакции протекают на микроскопическом уровне с химическими индивидами и его составляющими элементами (химических эквивалентов, радикалов, ионов и элементарных частиц). Перестройка элементарных частиц химических индивидов исходных веществ обуславливают перераспределение связей в химических индивидах и получение продуктов реакций. В процессе множественных локальных передвижений составляющих элементов химических индивидов вещества совершаются химические реакции с квантово-химическими изменениями, выделения (поглощения) тепла, света, электричества и др., характеризующихся одновременно проявлением макроскопических – и микроскопических свойств системы.

Примечания:

1. Бажин Н.М., Иваченко В.А., Пармон В.Н. Термодинамика для химиков. М.: Химия, 2004. 408 с.
2. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. М.: Мир, 2002.
3. Полинг Л. Общая химия. М.: Мир, 1974.
4. Романовский Б.В. Основы химической кинетики. М.: Издательство «Экзамен», 2006. 415 с.
5. Ordin S.V., Sharupin B.N. and Fedorov M. Normal lattice vibration and the crystal structure of an isotropic modifications of boronitride // J. Semiconductors (FTP), 32(9), 1998, P. 924–932
6. Utebayev V.T., Suleimenov E.N., Utebayeva A. and Zhanabai N., American Chemical Science Journal, 4 (2):166-173, 2014.
7. Suleimenov E. Utebayeva A. Utebayev V. Microstructure of electrolytes : The real look. 3rd International Conference on Science and Technology. London, 17-18 June, 2013, pp. 184-205.
8. Suleimenov E., Utebayev V. XII International Conference on Mineral Processing Technology (MPT-2011) October 20-22, 2011, Udaipur, India.
9. Hertz H.G. Electrochemistry. A reformulation of the Basic Principles. Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork. 1980.
10. Сулейменов Э.Н., Утебаев Б.Т. Формирование макроскопических неоднородностей в растворах и расплавах // Материалы IV Международной научно-практической конференции. М., 2012. С. 34-39.
11. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. М.: Наука, 1971.
12. Voronoi G.F.// J.Reine Andrew. Math. 1908. Vol. 134. p. 198-287.
13. Фенелонов В.Б. Пармон В.Н. Введение в физическую химию формирования текстуры гетерогенных катализаторов. Промышленный катализ в лекциях. Новосибирск, ИК им. Г.К. Борескова СО РАН. 2005. № 2. С. 7-78.
14. Белов Н.В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз. М.: Изд-во АН СССР, 1948; Кристаллохимия силикатов с крупными катионами. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
15. Breck D.W.//J. Chem. 1964. Vol.41. P. 678.
16. Баррер Р. Гидротермальная химия цеолитов. М.: Мир, 1985.

17. Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы / Ж.-М. Лен; Пер. с англ. Новосибирск: Наука Сибири, 1998. 334 с.
18. Kubicki J.D., Xiao Y., Lasaga A. C. // *Geochim. Acta.* 1993. Vol. 57. P. 3847.
19. Wakihara T., Okubo T. // *Chem J. Eng. Jpn.* 2004. Vol. 37. P. 669.
20. Пепекин В.И. Синтез сверхтвердых материалов в экстремальных условиях // *Хим. Физика*, 2001. Т.20. №1. С. 69-75.
21. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. *Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений.* М.: Высш. шк. 1988. 400 с.

References:

1. Bazhin N.M., Ivachenko V.A., Parmon V.N. *Termodinamika dlya khimikov.* М.: Khimiya, 2004. 408 s.
2. Prigozhin I., Kondepudi D. *Sovremennaya termodinamika. Ot teplovykh dvigatelei do dissipativnykh struktur.* М.: Mir, 2002.
3. Poling L. *Obshchaya khimiya.* М.: Mir, 1974.
4. Romanovskii B.V. *Osnovy khimicheskoi kinetiki.* М.: Izdatel'stvo «Ekzamen», 2006. 415 s.
5. Ordin S.V., Sharupin B.N. and Fedorov M. Normal lattice vibration and the crystal structure of an isotropic modifications of boronitride // *J. Semiconductors (FTP)*, 32(9), 1998, p. 924–932
6. Utebayev B.T., Suleimenov E.N., Utebayeva A. and Zhanabai N., *American Chemical Science Journal*, 4 (2):166-173, 2014.
7. Suleimenov E. Utebayeva A. Utebayev B. Microstructure of electrolytes : The real look. 3rd International Conference on Science and Technology. London, 17-18 June, 2013, pp. 184-205.
8. Suleimenov E., Utebayev B. *KhII International Conference on Mineral Processing Technology (MPT-2011) October 20-22, 2011, Udaipur, India.*
9. Hertz H.G. *Electrochemistry. A reformulation of the Basic Principles.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork. 1980.
10. Suleimenov E.N., Utebaev B.T. Formirovanie makroskopicheskikh neodnorodnostei v rastvorakh i rasplavakh // *Materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii.* М., 2012. S. 34-39.
11. Bokii G.B. *Kristallokhimiya.* М.: Nauka, 1971.
12. Voronoi G.F. // *J.Reine Andrew. Math.* 1908. Vol. 134. p. 198-287.
13. Fenelonov V.B. Parmon V.N. *Vvedenie v fizicheskuyu khimiyu formirovaniya tekstury geterogennykh katalizatorov. Promyshlennyi kataliz v lektsiyakh.* Novosibirsk, IK im. G.K. Borezkova SO RAN. 2005. № 2. S. 7-78.
14. Belov N.V. *Struktura ionnykh kristallov i metallicheskih faz.* М.: Izd-vo AN SSSR, 1948; *Kristallokhimiya silikatov s krupnymi kationami.* М.: Izd-vo AN SSSR, 1961.
15. Breck D.W. // *J. Chem.* 1964. Vol.41. P. 678.
16. Barrer R. *Gidrotermal'naya khimiya tseolitov.* М.: Mir, 1985.
17. *Supramolekulyarnaya khimiya: Kontseptsii i perspektivy / Zh.-M. Len; Per. s angl.* Novosibirsk: Nauka Sibiri, 1998. 334 s.
18. Kubicki J.D., Xiao Y., Lasaga A. C. // *Geochim. Acta.* 1993. Vol. 57. P. 3847.
19. Wakihara T., Okubo T. // *Chem J. Eng. Jpn.* 2004. Vol. 37. P. 669.
20. Pepekin V.I. *Sintez sverkhkhtverdykh materialov v ekstremal'nykh usloviyakh // Khim. Fizika*, 2001. Т.20. №1. S. 69-75.
21. Gorshkov V.S., Savel'ev V.G., Fedorov N.F. *Fizicheskaya khimiya silikatov i drugikh tugoplavkikh soedinenii.* М.: Vyssh. shk. 1988. 400 s.

УДК 54

Связь макроскопических и микроскопических свойств при химических превращениях

¹Большбек Утелбаев

²Эсен Сулейменов

³ Акмарал Утелбаева

¹ Казахстанско-Британский технический университет, Казахстан
Доктор химических наук, профессор
E-mail: b.utelbayev@mail.ru

² Казахстанско-Британский технический университет, Казахстан
Алматы 050000
Доктор технических наук
E-mail: metallaim@mail.ru

³ Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Казахстан
Шымкент 050004
Доктор химических наук
E-mail: mako_01-777@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается химическое взаимодействие веществ и их полиморфные превращения с учетом микроскопических и макроскопических свойств. Происходящая при этом перестройка элементарных частиц и электронных структур «химических индивидов» на микроскопическом уровне и выделение (поглощение) тепла, образование массивных агрегатов на макроскопическом уровне является предметом обсуждения настоящей работы.

Ключевые слова: химическое превращение; связь; микро- макроуровни; полиморфизм и химический индивид.