УДК 541.18:666.9.015.7
DOI: 10.17223/24135542/13/3

Ю.С. Саркисов, Н.П. Горленко

Томский государственный архитектурно-строительный университет (г. Томск, Россия)

Зависимость прочности твердения оксидных систем от порядкового номера элемента в таблице Д.И. Менделеева

На протяжении многих десятилетий на кафедре химии Томского государственного архитектурно-строительного университета под руководством профессора, доктора химических наук Д.И. Чемоданова проводились исследования вяжущих свойств в системах ЭО–$Э_xO_y$–H_2O, где ЭО – оксид, обладающий основными свойствами, а $Э_xO_y$ – оксид, обладающий амфотерными или кислотными свойствами. В этих работах впервые было установлено, что характер изменения прочности структур твердения отражает периодическую зависимость свойств атомов и их соединений от порядкового номера элемента в таблице Д.И. Менделеева. В настоящей статье представлены экспериментальные данные, подтверждающие корреляционную взаимосвязь изменения прочности и изменения фундаментальных характеристик атомов с возрастанием заряда ядра. Проведенный анализ может служить основой для прогнозирования прочностных свойств еще не изученных оксидных систем и имеет как теоретическое, так и практическое значение для развития строительного материаловедения и химии вяжущих веществ.

Ключевые слова: *Периодическая система Д.И. Менделеева, порядковый номер элемента, потенциал ионизации, электроотрицательность, сродство к электрону, энергия кристаллической решетки, структуры твердения, оксиды, прочность.*

Введение

1 марта 2019 г. исполняется 150 лет со дня открытия Периодического закона и Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Многие выдающиеся ученые того времени (А.Э. Шанкуртуа, Д.А. Ньюлендс, Ю.Л. Майер и др. [1]) были очень близки к пониманию и формулировке явления периодичности, но только Д.И. Менделеев сформулировал периодический закон, оказавшийся не только основой научной систематики химических элементов и их соединений, но и ключом к познанию тайн атомов [2, 3]. Знания принципов периодичности открывает совершенно новые перспективы во всех областях человеческой деятельности: от создания уникальных материалов до понимания процессов организации живых структур, и находят все более широкое применение, как в органической, так и неорганической химии и химической технологии.

Однако до сих пор применению периодического закона в строительном материаловедении и в строительных технологиях не уделялось достаточного внимания. Это существенно ограничивало возможности экспериментаторов в выборе методов создания строительных и композиционных материалов с заданными свойствами и прогнозировании эксплуатационных характеристик изделий на их основе.

К настоящему времени накопилось достаточно много теоретических и экспериментальных данных о закономерностях проявления вяжущих свойств в силикатных и оксидсодержащих системах различного технического назначения. Так, в работах школы Д.И. Чемоданова [2–9] показана возможность получения высокопрочных материалов в двух-, трех- и многокомпонентных композициях, а также в системах типа ЭО–вода, $Э_xO_y$–вода, где ЭО – оксид, обладающий основными или амфотерными свойствами, а $Э_xO_y$ – кислотными или амфотерными свойствами. Все изученные зависимости носят периодический характер, причем в полном соответствии с гипотезой Ньюлендса через каждые 7 или 17 элементов максимумы (экстремумы прочности) периодически повторяются. Этот факт, очевидно, может служить основой для прогнозирования максимальной прочности исследуемых систем, что имеет важное значение в строительном материаловедении и способно стать основой для создания эффективных строительных материалов и композиций новых поколений с повышенными прочностными характеристиками.

Методика эксперимента

Твердотельные структуры на основе оксидов элементов различных групп Периодической системы Д.И. Менделеева готовили путем смешивания соответствующих оксидов марки ЧДА с дистиллированной водой в оптимальных соотношениях оксид–вода, перемешивания смеси в течение 2 мин и ее последующего прессования при нагрузке 45 МПа. Полученные образцы – цилиндры диаметром $1{,}5 \times 10^{-2}$ м и высотой $1{,}5 \times 10^{-2}$ м выдерживали в воздушно-влажных условиях в эксикаторе в течение 28 сут. По истечении срока твердения образцы испытывали на прочность при сжатии.

Результаты и их обсуждение

На основании проведенных исследований построены зависимости прочности структур твердения от порядкового номера оксидобразующего элемента и в сравнении с фундаментальными параметрами атомов, таких как потенциал ионизации, сродство к электрону, электротрицательность, радиусы атомов и ионов, энергии кристаллических решеток оксидов, стандартные значения термодинамических величин и др. Отдельные данные представлены на рис. 1–7.

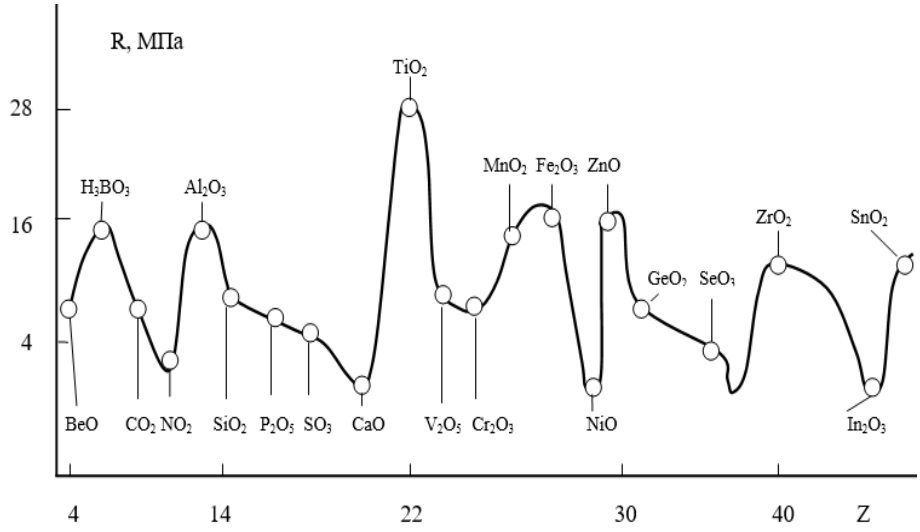


Рис. 1. Зависимость прочности структур твердения в системе $Ca(OH)_2$–$Э_xO_y$–H_2O от порядкового номера элементов (Э) в периодической системе Д.И. Менделеева [4]

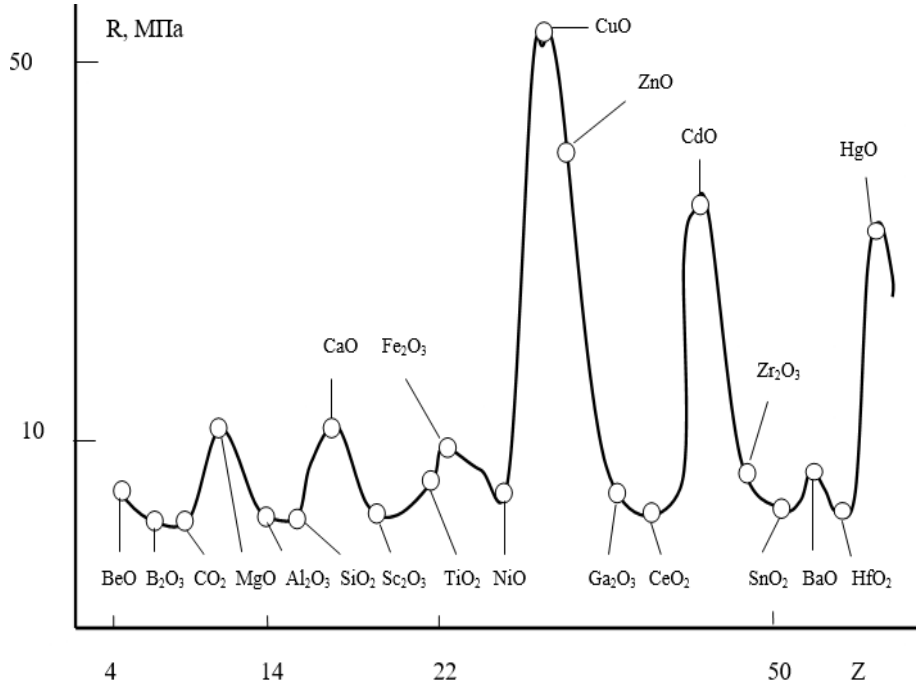


Рис. 2. Зависимость прочности структур твердения систем $Э_xO_y$–V_2O_5–H_2O от положения элементов (Э) оксидов в периодической системе Д.И. Менделеева [5]

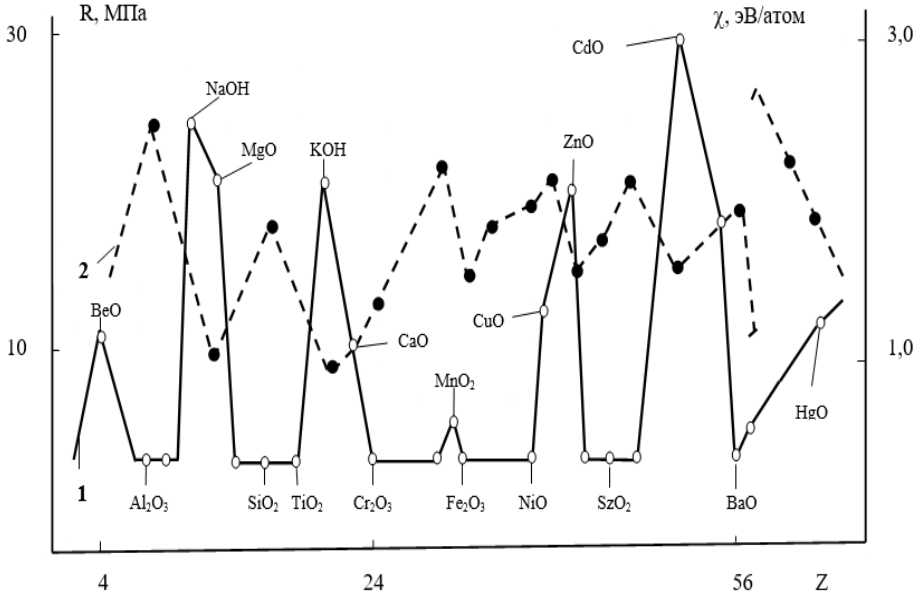


Рис. 3. Зависимость прочности структур твердения систем $Э_xO_y–WO_3–H_2O$ (*1*) и электроотрицательности элементов (*2*) от порядковых номеров элементов в периодической системе Д.И. Менделеева [6]

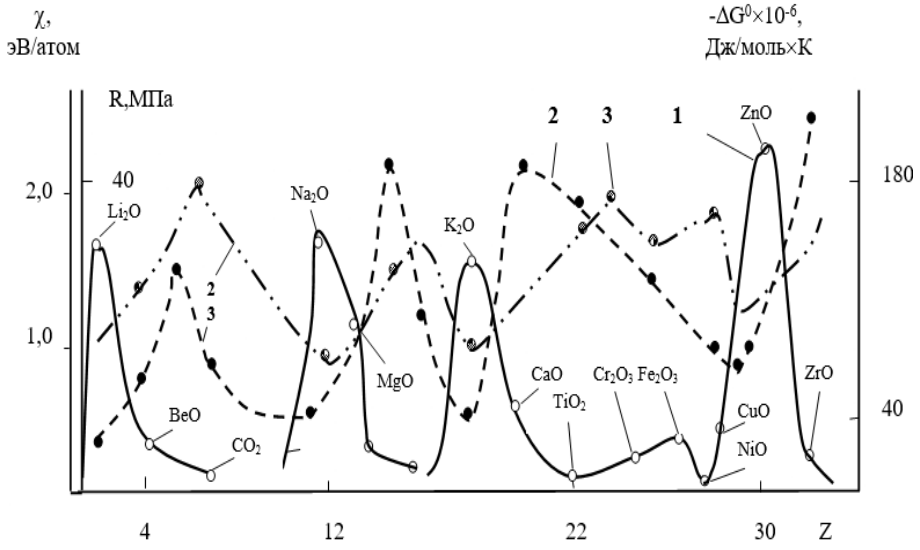


Рис. 4. Зависимость прочности структур твердения систем $Э_xO_y–MoO_3–H_2O$ (*1*), энергия Гиббса оксидов состава $Э_xO_y$ (*2*) и электроотрицательности элементов (*3*) от порядкового номера элементов в периодической системе Д.И. Менделеева [7]

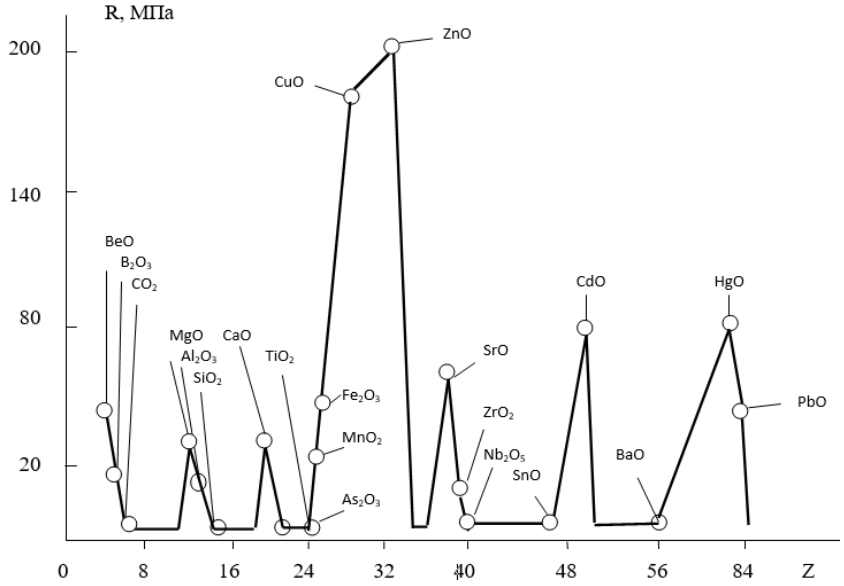


Рис. 5. Зависимость прочности структур твердения в системах типа $Э_xO_y$–CrO_3–H_2O от положения элемента в таблице Д.И. Менделеева [2]

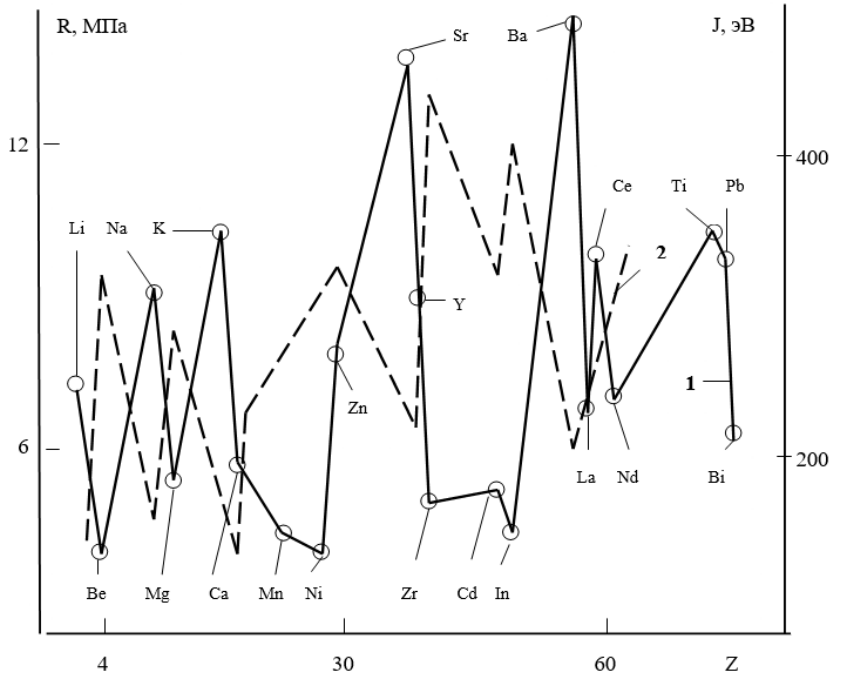


Рис. 6. Зависимость прочности структур твердения (*1*) и первых потенциалов ионизации (*2*) в системе карбонат–H_3BO_3–H_2O от положения элементов в периодической системе Д.И. Менделеева [8]

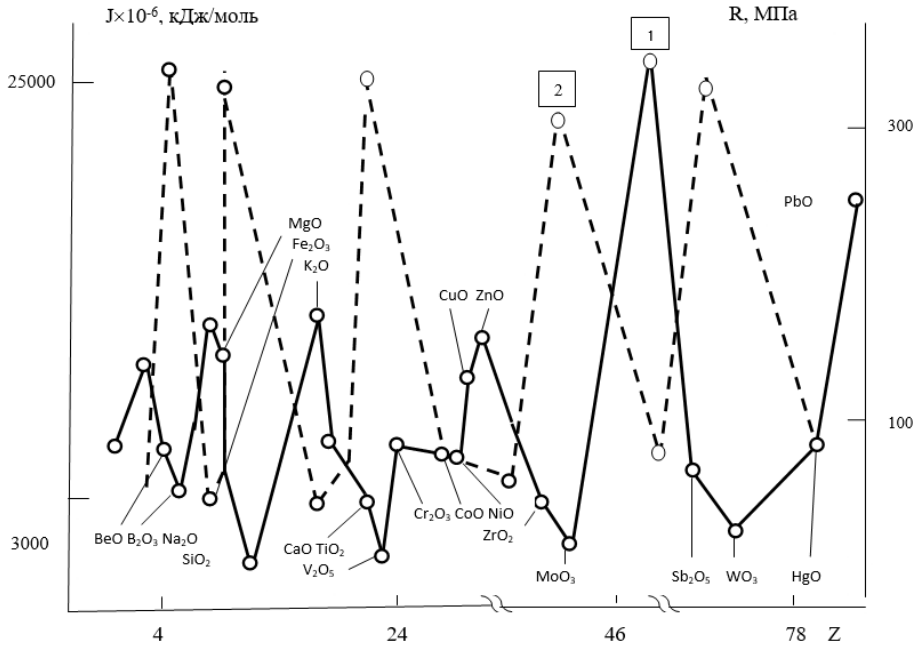


Рис. 7. Зависимость прочности при сжатии (*R*) структур твердения в системе $Э_xO_y$–PbO_2–H_2O (1) и энергией кристаллических решеток оксидов состава $Э_xO_y$ (2) от порядковых номеров в периодической системе Д.И. Менделеева [9]

Как видно из приведенных рисунков, такой макропараметр элемента, как прочность, также подчиняется периодической зависимости с возрастанием заряда ядра атома. Эти закономерности носят не случайный, а фундаментальный характер. Прочность является отражением периодических зависимостей, установленных ранее как отечественными, так и зарубежными учеными, основных характеристик атомов, молекул, кластеров и разнообразных структур, таких как потенциалы ионизации, значения сродства к электрону, электроотрицательности, радиусов атомов и ионов, а также термодинамических, электрохимических и других свойств их простых и сложных соединений, в том числе оксидов.

Заключение

Представляет значительный интерес, на наш взгляд, то, что в сложных двух-, трех- и многокомпонентных композициях проявляется периодичность экстремумов их прочностных свойств материалов и изделий на их основе. Это имеет существенное значение в техническом материаловедении, так как позволяет не только прогнозировать прочность (да и другие эксплуатационные характеристики материалов), но и осуществить выбор наиболее оптимальных методов обработки и модифицирования минерального оксидсодержащего сырья и строительных и композиционных материалов различного технического назначения.

Литература

1. Папулов Ю.Г., Левин В.П., Виноградова М.Г. Строение вещества в естественнонаучной картине мира: молекулярные аспекты. Тверь : Твер. гос. ун-т, 2006. Ч. 1–3. 84 с.
2. Чемоданов Д.И., Круглицкий Н.Н., Саркисов Ю.С. Физико-химическая механика оксидных систем. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1974. 230 с.
3. Саркисов Ю.С. Исследование процессов структурообразования при гидратации оксидов элементов второй группы периодической системы Д.И. Менделеева : дис. … канд. хим. наук. Минск, 1984. 240 с.
4. Чиковани Н.С. Физико-химические исследования процессов автоклавного твердения в системе типа $CaO–ЭO_2–H_2O$: дис. … канд. хим. наук. Томск, 1967. 232 с.
5. Чучелина Г.Я. Исследование вяжущих веществ ванадатного твердения : дис. … канд. хим. наук. Томск, 1974. 180 с.
6. Полозова Л.К. Исследование вяжущих веществ формирующих структуры твердения на основе реакций образования вольфраматов : дис. … канд. хим. наук. Томск, 1974. 173 с.
7. Романюк Т.Ф. Исследование вяжущих веществ на основе реакций образования молибдатов : дис. … канд. хим. наук. Томск, 1975. 187 с.
8. Дезендорф Т.Г. Магнезиальные боросодержащие вяжущие и композиционные материалы на их основе : дис. … канд. хим. наук. М., 1988. 160 с.
9. Сосновская Р.И. Исследование химических основ и процессов структурообразования в системах $Э_xO_y–PbO_2–H_2O$: дис. … канд. хим. наук. Томск, 1981. 145 с.

Информация об авторах:
Саркисов Юрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры физики, химии и теоретической механики Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: sarkisov@tsuab.ru
Горленко Николай Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры физики, химии и теоретической механики Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: gorlen52@mail.ru

Tomsk State University Journal of Chemistry, 2019, 13, 20–27. DOI: 10.17223/24135542/13/3

Yu.S. Sarkisov, N.P. Gorlenko

Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russia)

The dependence of the strength of hardening of oxide systems on the serial number of the element in D. I. Mendeleev's table

On March 1, 2019 150 years from the date of opening of the periodic law and the periodic system of D.I. Mendeleyev are executed. Since then and till present the closest attention as it finds reflection in the most various fields of science and technology is paid to studying of the phenomenon of frequency. Knowledge of the principles of frequency offers not only absolutely new prospects in all areas of human activity, but also allows to predict property of atoms and their connections and also materials on their basis.

However still application of the periodic law in construction materials science and construction technologies did not gain due development. Perhaps, for the first time about frequency of durability of structures of curing it was specified in works of the Doctor of Chemistry, professor D.I. Chemodanov with employees. For many decades they conducted researches of the knitting properties in systems in the EO–

E_xO_y–H_2O, where EO – the oxide having the main properties, and E_xO_y – the oxide having amphoteric or acid properties. In these works it was for the first time established that the nature of change of durability of structures of curing reflects periodic dependence of properties of atoms and their connections on serial number of an element in D.I. Mendeleyev's table. The experimental data confirming interrelation of change of durability with change of fundamental characteristics of atoms with increase of a charge of a kernel are provided in the present article. The carried-out analysis can form a basis for forecasting of strength properties of yet not studied oxidic systems and has both theoretical, and practical value for development of construction materials science and chemistry of the knitting substances.

Key words: *The periodic system of D.I. Mendeleyev, serial number of an element, ionization potential, electronegativity, affinity to an electron, energy of a crystal lattice, structure of curing, oxides, durability.*

References

1. Papulov Yu.G., Levin V.P., Vinogradova M.G. The structure of matter in the natural science picture of the world: molecular aspects. Part 1-3. Tver: Tver. state Univ., 2006, 84 p.
2. Chemodanov D.I., Kruglitsky N.N., Sarkisov Yu.S. Physico-chemical mechanics of oxide systems. Tomsk: Publishing House Tom. state University, 1974, 230 p.
3. Sarkisov Yu.S. Investigation of the processes of structure formation during hydration of oxides of elements of the second group of the periodic system Mendeleev. Diss. ... cand. chem. sciences. Minsk, 1984, 240 p.
4. Chikovani N.S. Physico-chemical studies of autoclave hardening processes in a system of the type CaO - EO_2 - H_2O. Diss. ... cand. chem. sciences. Tomsk, 1967, 232 p.
5. Chuchelina G.Ya. Study of binders hardening vanadate. Diss. ... cand. chem. sciences. Tomsk, 1974, 180 p.
6. Polozova L.K. Study of binders forming hardening structures based on tungstate formation reactions. Diss. ... cand. chem. sciences. Tomsk, 1974, 173 p.
7. Romaniuk T.F. Study of binders based on molybdate formation reactions. Diss. ... cand. chem. sciences. Tomsk, 1975,187 p.
8. Desendorf T.G. Magnesian boron-containing binders and composite materials based on them. Diss. ... cand. chem. sciences. M.: Moscow Art Theater, 1988,160 p.
9. Sosnovskaya R.I. Investigation of the chemical fundamentals and processes of structure formation in echo - PbO_2 - H_2O systems. Diss. ... cand. chem. sciences. Tomsk, 1981, 145 p.

Information about the authors:
Sarkisov Yuri, PhD, Professor of the Department of physics, chemistry and theoretical mechanics of Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russia). E-mail**:** sarkisov@tsuab.ru
Gorlenko Nikolai, PhD, Professor of the Department of physics, chemistry and theoretical mechanics of Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russia). E-mail: gorlen52@mail.ru