

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля  
Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту  
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

РИМАР ТЕТЯНА ЕРНСТІВНА

УДК 691-405.8

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**РОЗРОБКА НАУКОВИХ ОСНОВ НВЧ-ТЕХНОЛОГІЇ  
КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ  
НА ОСНОВІ РІДИННОГО СКЛА**

Спеціальність 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Т.Е. Римар

Науковий консультант Суворін Олександр Вікторович, д-р техн. наук,  
професор, заслужений діяч науки і техніки України

Харків - 2021

## АНОТАЦІЯ

*Римар Т.Е.* Розробка наукових основ НВЧ-технології композиційних матеріалів для теплоізоляції на основі рідинного скла. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробы. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Сєверодонецьк, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, 2021.

Дисертацію присвячено створенню наукових основ НВЧ-технології композиційних матеріалів для теплоізоляції на основі рідинного скла, які базуються на встановлених закономірностях формування їх структури і властивостей в залежності від параметрів надвисокочастотного випромінювання, модифікаторів коагуляційно-кристалізаційних процесів, пороутворювачів і піностабілізаторів. Для обґрунтування актуальності проблеми проведено аналіз сучасних літературних даних щодо визначення перспектив використання у промисловості силікатних теплоізоляційних матеріалів, з метою їх використання для теплової ізоляції високотемпературного обладнання і трубопроводів. Відзначено переваги та недоліки, а також сучасні світові тенденції технології силікатних гранульованих і композиційних теплоізоляційних матеріалів та поліпшення їх властивостей. Розглянуто методи підвищення експлуатаційних характеристик гранульованих матеріалів на основі рідинного скла шляхом введення різних наповнювачів та хімічних добавок. Розглянуто технології композиційних матеріалів з природними зернистими заповнювачами. Показано, що найбільш високими міцнісними показниками та водостійкістю відрізняються алюмосилікатні лужні матеріали, які отримують за допомогою реакцій взаємодії алюмосилікатної сировини із сполуками лужних металів. Зазначено, що дані хімічні методи модифікації базуються на зміні структури речовини завдяки використанню спеціальних інгредієнтів, однак при цьому виникає необхідність у введенні часто великої кількості компонентів та

окремих технологічних операцій, що не завжди є виправданим. Показано, що одним з перспективних методів зміни фізичного стану речовин під дією електромагнітного поля є нетеплова обробка матеріалу надвисокочастотним випромінюванням. Наведені переваги використання НВЧ випромінювання в порівнянні із загально прийнятими методами модифікації матеріалів, які полягають у перетворенні їх структури без значних змін технологічного процесу і необхідності застосування додаткових компонентів. Завдяки об'ємному нагріву і механізму «нетеплової» дії НВЧ випромінювання на оброблювальні об'єкти значно знижується тривалість їх нагріву, а також поліпшуються експлуатаційні властивості виробів за рахунок модифікації структури рідинноскляної матриці під впливом її опромінення даним видом енергії. Було висунуто гіпотезу про можливість використання НВЧ випромінювання для виготовлення ефективних композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла при більш низьких температурах і впродовж значно меншого часу термобробки, в порівнянні з конвективним нагрівом, оскільки при мікрохвильовому впливі шар зразка прогрівається майже миттєво та досягає піропластичного стану рідинноскляна композиція за декілька секунд.

В роботі наводяться критерії вибору компонентного складу рідинноскляної композиції, який можна ефективно піддавати дії НВЧ випромінювання та отримувати якісні теплоізоляційні матеріали.

Встановлено закономірності та кількісні залежності впливу НВЧ випромінювання на процеси трансформації структури рідинноскляної композиції при її поризації та доведено, що завдяки об'ємному прогріву ступінь перебудови структури в порівнянні з конвективним нагрівом має вдвічі більше значення: для гранульованих матеріалів - за однакових температур, а для композиційних – навіть при вдвічі нижчій температурі процесу. Визначено, що частина енергії електромагнітного випромінювання перетворюється на теплоту, яка сприяє інтенсивній поризації з об'ємним розширенням рідинноскляної композиції, а інша – направлена на структурні

зміни в матеріалі, які призводять до поліпшення його властивостей, що пов'язано з ефектом «нетеплової» дії НВЧ випромінювання.

Виявлені особливості переходу суспензії на основі рідинного скла під дією мікрохвильового випромінювання в піропластичний стан в умовах протікання конкуруючих процесів дегідратації і поризації структури матеріалу. Встановлене невисоке значення уявної енергії активації у перший період поризації під дією НВЧ-випромінювання – 13,05 кДж/моль для гранульованих матеріалів і 27,64 кДж/моль – для композиційних, і у другий період – 136,07 кДж/моль і 116,98 кДж/моль відповідно, свідчить про велику здатність мікрохвильового випромінювання перетворювати при відносно низьких температурах воду в пар навіть в зв'язаному стані, на відміну від конвективного нагріву, де у перший період поризації гранульованих матеріалів енергія активації взагалі дорівнює нулю, а у другому періоді має високе значення (115,72 кДж/моль) через протікання конкурентних процесів поризації і дегідратації. При поризації композиційних матеріалів значення уявної енергії активації на обох етапах процесу близькі (9,18 і 24,75 кДж/моль відповідно), що говорить про повільне випаровування води в наслідок чого відбувається переважно сушіння матеріалу без поризації.

Визначена роль модифікаторів коагуляційно-кристалізаційних процесів в умовах мікрохвильового випромінювання. Показано, що добавка ZnO сприяє сповільненню процесів гелеутворення, що збільшує час досягнення рівноважного стану та забезпечує оптимальну в'язкість суспензії для подальшої її поризації. Встановлена каталітична функція модифікатору  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  в контактено-конденсаційному і колоїдно-коагуляційному механізмах твердіння рідинноскляних композицій, що забезпечує формування новоутворень ( $\text{CaSiO}_3$ ), які в свою чергу при дії НВЧ випромінювання сприяють утворенню гетерогенної структури теплоізоляційних матеріалів з підвищеними показниками міцності і водостійкості. Причому утворення  $\text{CaSiO}_3$  під дією НВЧ випромінювання за

температур 110-120 °С відбувається інтенсивніше ніж при традиційному конвективному нагріві, навіть за температури 600 °С.

Запропоновано механізм коагуляції рідинноскляної композиції та зазначено, що внаслідок агрегативної нестійкості рідинноскляної композиції і її тенденції до зменшення вільної енергії під впливом температури і модифікуючих добавок відбувається її коагуляція, тобто злипання частинок колоїдів при їхньому зіткненні в процесі теплового (броунівського) руху, перемішування або напрямленого переміщення в зовнішньому силовому полі. Здатність до коагуляції залежить від дифузії реагуючих речовин і температури. Під час гелеутворення зі зростанням температури спостерігається перехід від достатньо невеликих частинок до більших агломератів. Проте, формування зв'язків між частинками кремнезему під час гелеутворення не завжди обумовлено тільки введенням добавок та підвищенням температури, воно значно інтенсифікується під дією НВЧ випромінювання та сприяє помітному зростанню швидкості формування силосанових місточкових зв'язків між частинками. Взаємодія водорозчинних силікатів у розчині рідинного скла з модифікаторами коагуляційно-кристалізаційних процесів (оксид цинку, напівводний гіпс) здійснюється, вочевидь, за допомогою двох типів силанольних груп - воднево-зв'язаних і так званих "вільних" та призводить до зменшення загального потенціалу системи, і тим самим до прискорення процесу гелеутворення. На відміну від добавок пониженої активності, які утворюють коагуляційні структури шляхом зчеплення частинок слабкими ван-дер-ваальсовими силами через тонкі залишкові прошарки навколишнього (дисперсійного) середовища і відрізняються повною нестійкістю щодо води, присутність даних модифікаторів сприяє утворенню коагуляційної структури зі зменшенням рідких прошарків між частинками матеріалу, яка при повному видаленні із системи рідкої фази під дією НВЧ випромінювання, конденсується в міцний камінь, який не руйнується водою, оскільки в цьому випадку коагуляційна структура переходить в нову – контактно-

конденсаційну. Такі структури утворюються при дії зовнішніх фізичних факторів, наприклад при прикладенні зовнішнього тиску (пресування), для забезпечення більш міцних контактів між частками в'язучих речовин при їх конденсації. Процес твердіння в таких системах здійснюється миттєво в момент виникнення контактів між частками в'язучих. Таким зовнішнім фактором може слугувати і НВЧ випромінювання, яке буде сприяти виникненню більш міцних контактів між мікрочастками речовини аморфної або нестабільної кристалічної структури без зміни його хімічного складу в результаті фізичних поверхневих явищ, наприклад поляризації.

Доведена ефективність мікрохвильової обробки матеріалів при введенні у рідинноскляну композицію пороутворювача  $H_2O_2$ , швидкість розкладання якого порівнянна із швидкістю процесу гелеутворення композиції під дією НВЧ випромінювання, та поверхнево-активної речовини ОП-10, яка є термостабільною в умовах процесу, що дозволяє стабілізувати спучену масу та отримати механічно міцний матеріал з рівномірно розподіленою структурою.

Розроблена рецептура для отримання композиційних теплоізоляційних матеріалів з використанням модифікаторів коагуляційно-кристалізаційних процесів, пороутворювачів і піностабілізаторів та вивчені їх властивості. Показано, що таке модифікування під дією НВЧ випромінювання сприяє інтенсифікації процесів коагуляції та кристалізації, що призводить до переважання процесів ущільнення, за рахунок зменшення відкритої пористості, над процесами росту пор та дозволяє отримати матеріал закритопористої структури з низькою середньою густиною ( $220-240 \text{ кг/м}^3$ ) при збереженні на високому рівні міцнісних показників ( $0,6-0,7 \text{ МПа}$  на стиск і  $0,8-0,9 \text{ МПа}$  на згин).

Розроблена технологія гранульованих і композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла в умовах НВЧ випромінювання. Запропоновано отримання гранул шляхом розпилення рідинноскляної композиції за допомогою розпилювача для текстурованого

фарбування в отверджуючий розчин хлориду кальцію, що реалізується з використанням мобільної установки. Розроблена нова технологічна схема виробництва композиційних матеріалів у вигляді теплоізоляційних виробів різної конфігурації шляхом одночасної поризації з об'ємним розширенням гранул і зв'язуючого під дією НВЧ випромінювання. Визначені оптимальні технологічні параметри процесу: вихідна потужність установки – 650 Вт, атмосферний тиск, температура при цьому тримається на рівні 115-120 °С. Встановлено, що запропонована НВЧ-технологія дозволяє отримати матеріали з кращим комплексом експлуатаційних характеристик при більш низьких енергетичних витратах на їх виробництво в порівнянні з конвективним нагрівом.

Виконана технологічно-економічна оцінка та доведені переваги мікрохвильової технології спучення композиційних теплоізоляційних матеріалів порівняно з технологією виробництва алюмосилікатів і піноскла, які полягають у зменшенні тривалості і температури процесу та відсутності необхідності у введенні додаткових компонентів для модифікації властивостей матеріалу. Проведена техніко-економічна оцінка результатів досліджень показала, що ціна запропонованого композиційного теплоізоляційного матеріалу нижча за ціну найпоширенішого зараз піноскла в 1,25 рази та тримається на рівні вартості алюмосилікатів.

Дослідно-промисловими випробуваннями зразків теплоізоляційних матеріалів в умовах ТОВ «Хімекселен» і ТОВ «ДАЙМОНТХІМ» (м. Сєверодонецьк) та НТК «Інститут монокристалів» НАН України (м. Харків) показана доцільність їх використання як насипної та конструкційної теплоізоляції. Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи впроваджені в практику навчального процесу кафедри ХІЕ СНУ ім. В.Далія.

**Ключові слова:** рідинне скло, композиційні теплоізоляційні матеріали, рецептура, технологія, мінеральні наповнювачі, гранульований заповнювач, газоутворювачі, поверхнево-активні речовини, спучення, НВЧ

випромінювання, конвективний нагрів, фізико-механічні властивості, фазові характеристики, пориста структура, омонолічування.

## **ABSTRACT**

*Rymar T.E.* The development of a scientific foundation of microwave technology of manufacturing composite materials using liquid glass for thermal insulation - As the manuscript.

Thesis for the doctor of technical sciences in specialty 05.23.05 – Building materials and products. – Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk; Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, 2021.

The thesis presents the creation of a scientific foundation of microwave technology of manufacturing composite materials for thermal insulation using liquid glass. The technology is based on the established rules of formation of the structure and properties of materials depending on parameters of ultra-high-frequency radiation, modifiers of coagulation and crystallization, porogens, and foam stabilizers. To substantiate the topicality of the issue, the author has carried out an analysis of modern reference data concerning the prospects for using silicate insulation materials for thermal insulation of high-temperature equipment and pipelines in modern industry. The study points out advantages and disadvantages as well as modern world trends in the manufacturing technology of silicate granular and composite thermal insulation materials and the improvement of their properties. The work considers the methods for improving the performance of granular materials based on liquid glass by introducing various fillers and chemical additives, and the technology of composite materials with natural granular fillers. The paper shows that aluminosilicate alkaline materials have the highest strength and water resistance. These materials are obtained by the interaction of aluminosilicate raw materials with alkali metal compounds. These chemical modification methods are based on changing the structure of the substance using special ingredients. However, there is a frequent need to use many components and some technological operations, which are not always justified. The work shows



that one of the promising methods of changing the physical state of substances under the action of an electromagnetic field is non-thermal processing of the material with ultra-high-frequency radiation. The paper describes the advantages of using microwave radiation in comparison with the generally accepted methods of modification of materials by transforming their structure without significant changes in the technological process and the need for additional components. Due to volumetric heating and the mechanism of non-thermal action of microwave radiation on the objects being processed, the duration of their heating considerably decreases, and performance of products improve due to modification of the structure of the liquid glass matrix under its irradiation by this type of energy. The author hypothesizes that microwave radiation can be used to manufacture effective composite thermal insulation materials based on liquid glass at lower temperatures and during a much shorter heat treatment time compared to convective heating, since under microwave exposure the sample layer heats up almost instantly and the liquid glass composition gets into the pyroplastic state within a few seconds.

The paper presents the criteria for selecting the components of the liquid glass composition, which can be effectively exposed to microwave radiation, and provide high-quality insulation materials.

The author discovers the rules and quantitative dependences of the action of microwave radiation on the transformation of the liquid glass composition structure during its porization. The author also proves that due to the volumetric heating the degree of structural rearrangement is twice as important in comparison with convective heating, namely, at even temperatures for granular materials, and twice lower process temperature for composite materials. The paper establishes that the electromagnetic radiation is partially converted into heat, which contributes to intense porization with the volumetric expansion of the liquid glass composition, and is partially aimed at structural changes in the material that improve its properties due to the effect of non-thermal action of microwave radiation.

The study reveals the peculiarities of the transition of the suspension based on liquid glass under the action of microwave radiation in the pyroplastic state under conditions of competing processes of dehydration and porization of the material structure. The value of the apparent activation energy is 13.05 kJ/mol for granular materials and 27.64 kJ/mol for composite materials in the first period of porization under the action of microwave radiation, and these values are respectively 136.07 kJ/mol and 116, 98 kJ/mol in the second period. Such low values indicate a high ability of microwave radiation to convert water into steam at relatively low temperatures, even in the bound state. On the contrary, during convective heating, the activation energy is zero in the first period of porization of granular materials, and it has a high value (115.72 kJ/mol) in the second period due to competing processes of porization and dehydration. During porization of composite materials the values of the apparent activation energy are close (9.18 and 24.75 kJ/mol, respectively) at both stages of the process indicating slow evaporation of water resulting in mostly drying of the material without porization.

The study determines the role of modifiers of coagulation and crystallization under conditions of microwave radiation. It shows that the addition of ZnO helps to slow down gelation, thus requiring more time to reach equilibrium, and provides optimal viscosity of the suspension for further porization. The paper establishes the catalytic function of  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  modifier in the contact and condensation, and colloid and coagulation mechanisms of hardening of the liquid glass composition. This provides the formation of new structures ( $\text{CaSiO}_3$ ), which contribute to the formation of heterogeneous structure of thermal insulation materials with increased strength and water resistance under the action of microwave radiation. Moreover, the formation of  $\text{CaSiO}_3$  under the action of microwave radiation at temperatures of 110-120 °C is more intense than under traditional convective heating even at the temperature of 600 °C.

The author proposes the mechanism of coagulation of the liquid glass composition, and notes that its coagulation takes place due to its aggregative instability and its tendency to decrease free energy under the exposure of

temperature and modifying additives. That is, colloidal particles adhere when they collide during thermal (Brownian) motion, mixing or directional movement in the external force field. The ability to coagulate depends on the diffusion of reactants and temperature. During gelation with increasing temperature transition from small particles to larger agglomerates takes place. However, the formation of bonds between silica particles during gelation does not always depend on additives and temperature rise. It is largely intensified by microwave radiation and contributes to a significant increase in the rate of formation of siloxane bridging bonds between particles. The interaction of water-soluble silicates in the liquid glass solution with modifiers of coagulation and crystallization (zinc oxide, semi-aqueous gypsum) takes place by two types of silanol groups, namely hydrogen-bound and the so-called 'free', and reduces the overall system potential, thus accelerating gelation. Low-activity additives form coagulation structures by bounding particles with weak van der Waals forces through thin residual layers of the (dispersion) medium and are completely non-water resistant. Unlike these ones, the former modifiers contribute to the formation of coagulation structure with decreased liquid layers between the parts of the material. When completely removed from the liquid phase system under the action of microwave radiation, this structure condenses into a strong stone that is not destroyed by water, because in this case the coagulation structure becomes a new one, namely, contact and condensation. Such structures are formed under the action of external physical factors such as external pressure (compression) to ensure stronger contacts between the particles of binders during their condensation. The hardening in such systems is instantaneous at the time of contact between the binder particles. Microwave radiation may be such an external factor, which will contribute to stronger contacts between microparticles of amorphous or unstable crystalline structure without changing its chemical composition as a result of physical surface phenomena such as polarization.

The author proves the efficiency of microwave processing of materials when H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> porogen is added to the liquid glass composition. The decomposition rate of this porogen is comparable to the gelation rate of the composition under

microwave radiation. OP-10 surfactant, which is also added to the composition, is thermostable and enables stabilization of the swollen mass and obtaining of mechanically strong material with an evenly distributed structure.

The research presents the developed formula for obtaining composite thermal insulation materials using modifiers of coagulation and crystallization, porogens, foam stabilizers, and studies their properties. It shows that such modification under the action of microwave radiation intensifies coagulation and crystallization. It leads to the predominance of compaction over pore growth by reducing open porosity, which allows obtaining the material with a closed porous structure and low average density (220-240 kg/m<sup>3</sup>), while maintaining a high level of strength (0.6-0.7 MPa for compression and 0.8-0.9 MPa for bending).

The author has developed the technology of granular and composite thermal insulation materials based on liquid glass under conditions of microwave radiation. The paper proposes to obtain granules by spraying the liquid glass composition using a spray for textured painting in the hardening solution of calcium chloride using a mobile installation. The research develops a new process flow scheme for the manufacturing of composite materials in the form of thermal insulation products of various configurations by simultaneous porization with the volumetric expansion of granules and the binder under the action of microwave radiation. The work presents the optimal technological parameters of the process, namely, the output power of the installation is 650 W, atmospheric pressure, and the temperature is at the level of 115-120 °C. The proposed microwave technology allows obtaining materials with better performance at lower energy costs on their manufacturing compared to convective heating.

The author conducts the feasibility study and proves the advantages of microwave swelling of composite thermal insulation materials in comparison with the technology of manufacturing aluminosilicates and foam glass. These advantages include reducing the process duration and temperature, and the lack of need to introduce additional components to modify material properties. The feasibility study has shown that the price of the proposed composite thermal

insulation material is 1.25 times lower than the price of the most common foam glass and it is at the price level of aluminosilicates.

The experimental tests of samples of thermal insulation materials at LLC 'Himekselen' and LLC 'DAYMONTKHIM' (Severodonetsk), and SSI 'Institute of Single Crystals' of NAS of Ukraine (Kharkiv) have shown their applicability for loose and structural thermal insulation. Theoretical and practical results of the thesis have been implemented into the study process of the Department of Chemical Engineering and Ecology of V. Dahl EUNU.

**Ключові слова:** liquid glass, composite insulation materials, formulation, technology, modifiers of coagulation and crystallization, porogens, foam stabilizers, bloating, microwave radiation, convective heating, physical and mechanical properties, phase characteristics, porous structure.

## Список публикацій здобувача

### ***Публікації у наукових фахових виданнях України:***

1. Римар Т.Е., Кудюков Ю.П. Вплив спінуючих агентів на структуру і властивості піноматеріалів на основі рідкого скла. *Вісник СНУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк.* 2009. № 12 [142]. Ч. 2. С. 41-45. – *Особистий внесок здобувача – обґрунтування методики проведення експериментів з дослідження структури і властивостей піноматеріалів на основі рідкого скла, узагальнення даних.*

2. Римар Т.Е., Акименко К.В. Термостійкий матеріал для теплоізоляції на основі рідкого скла. *Вісник СНУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк.* 2010. № 7 [154]. Ч. 2. С. 51-54. – *Особистий внесок здобувача – планування експерименту з розробки технології отримання зернистого заповнювача на основі рідкого скла та блокового теплоізоляційного матеріалу на його основі, узагальнення отриманих результатів.*

3. Рымар Т.Э. Вспененные материалы на основе жидкого стекла. *Вісник СНУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк.* 2013. № 14 (203). С. 89-93.

4. Рымар Т.Э., Крючкова Е.Ю. Кинетика поризации гранулированного материала на основе жидкого стекла и минерального наполнителя. *Вісник СНУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк.* 2014. № 9 (216). С. 144-148. - *Особистий внесок здобувача – керівництво з проведення досліджень визначення кінетичних показників процесу поризації, узагальнення результатів.*

5. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Влияние наполнителей и газообразующих агентов на свойства блочных теплоизоляционных материалов на основе неорганического полимера – жидкого стекла. *Вісник СНУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк.* 2015. № 7 (224). С. 12-19. - *Особистий внесок здобувача – обґрунтування підбору рецептур зв'язуючого для отримання блокових матеріалів та методики проведення лабораторних досліджень з визначення їх фізико-механічних показників.*

*наукометричної бази Scopus:*

6. Rimar T.E., Kryuchkova E.Ju., Pinchukova N.A., Voloshko A.Y., Chebanov V.A. High-efficient microwave-assisted method for the preparation of energy-saving foamed liquid glass materials. *Functional materials*. Kharkov. 2016. Vol 23. № 3. P. . 478–483. – *Особистий внесок здобувача – керівництво проведенням досліджень з визначення технології спучення гранульованого матеріалу на основі рідинного скла, обґрунтування висновків за результатами досліджень.*

7. Rymar T. Determining the technological mode of foaming of blocked heat – insulating material based on liquid glass in microwave equipment. *Functional materials*. Kharkov. 2018. Vol 25. № 2. P. 376-380.

8. Rymar T.E. Vliyanie mineral'nyh dobavok na process formirovaniya poristoj struktury zhidkostekol'nyh zernistyh teploizolyacionnyh materialov. *Питання хімії та хімічної технології*. Дніпро. 2019. №2 (123). С. 112-120.

9. Rymar T., Suvorin O. Comparison of properties of thermal insulation materials based on liquid glass obtained by volume and contact grouting. *Питання хімії та хімічної технології*. Дніпро. 2020. № 1. С. 47-52. – *Особистий внесок здобувача – планування та проведення експериментів з дослідження властивостей теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла отриманих шляхом об'ємного і контактного омонолічування, узагальнення результатів випробувань.*

10. Rymar T., Suvorin O. The choice of the grouting method for liquid glass granulate while obtaining composite thermal insulation materials. *Functional materials*. Kharkov. 2020. Vol 27. № 3. P. 611 - 621. – *Особистий внесок здобувача – обґрунтування напрямку та проведення досліджень структури та властивостей теплоізоляційних матеріалів, а також кінетики їх поризації, узагальнення результатів досліджень.*

*наукометричної бази Index Copernicus:*

11. Римар Т.Е. Використання НВЧ випромінювання для спучування рідкоскляних теплоізоляційних матеріалів. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків. 2020. Вип. 193. С. 15-23.

12. Римар Т.Е. Іноваційна НВЧ технологія композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Науковий вісник будівництва*. Харків. 2020. Т. 102. № 4. С. 161-167.

13. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Исследование свойств гранулированного теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла и различных наполнителей. *Вісник НТУ «ХПИ»*. Харків. 2015. № 30 (1139). С. 59-65. - *Особистий внесок здобувача – керівництво проведенням експерименту, узагальнення результатів випробувань*.

14. Рымар Т.Э. Изучение влияния поверхностно-активных веществ на свойства жидкостекольных теплоизоляционных материалов. *Вісник НТУ «ХПИ»*. Харків. 2017. № 48 (1269). С. 62-67.

15. Римар Т.Е. Газоутворювачі для піноматеріалів на основі рідкого скла. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2017. № 6 (135). С. 9-13.

16. Римар Т.Е. Исследование структуры теплоизоляционных материалов на основе жидкого стекла в зависимости от количества газообразующего агента. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Київ. 2018. Серія: Технічні науки. Том 29 (68). № 6. С. 77-81.

17. Римар Т.Е. Дослідження структури рідкоскляного теплоізоляційного матеріалу з використанням гранульованого наповнювача. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2018. № 6 (141). С. 24-28.

18. Рымар Т.Э. Использование поверхностно-активных веществ в качестве пеностабилизаторов при получении жидкостеколонных



неорганических пеноматериалов холодной поризации. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. Сєвєродонецьк. 2019. № 8 (256). С. 70-73.

19. Римар Т.Е., Суворін О.В. Вплив термореактивних добавок на властивості гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХП». 2020. № 1 (3). С. 106-114. - *Особистий внесок здобувача – обґрунтування напрямку та проведення досліджень спучення гранульованих матеріалів, підготовка висновків за результатами*.

20. Римар Т.Е. Дослідження впливу наповнювачів на властивості композиційних теплоізоляційних матеріалів холодного спінювання на основі рідкого скла. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Київ. 2020. Серія: Технічні науки. Том 31 (70). № 2. С. 39-44.

21. Римар Т.Е. Дослідження структури композиційних теплоізоляційних матеріалів холодного спінювання. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2020. № 3 (150). С. 65-72.

22. Римар Т.Е., Суворін О.В. Дослідження процесів формування структури композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла, отриманих з застосуванням екологічно-безпечних НВЧ технологій. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: *Хімія, хімічна технологія та екологія*. – Харків: НТУ «ХП». 2021. № 1 (5). С. 3-10. - *Особистий внесок здобувача – планування та проведення досліджень та узагальнення отриманих результатів*.

#### ***Додаткові публікації:***

23. Римар Т.Е., Крючкова К.Ю. Теплоізоляційні матеріали на основі рідкого скла. Порівняння процесів їх отримання шляхом конвективного нагрівання та мікрохвильовим випромінюванням. *Хімічна промисловість України*. Київ. 2016. № 1 (132). С. 18-22. - *Особистий внесок здобувача – обґрунтування та проведення досліджень спучення композиційних*

*матеріалів в умовах конвективного та НВЧ нагріву, узагальнення результатів досліджень.*

24. Унковская В.В., Рымар Т.Э. Изучение свойств теплоизоляционных материалов холодной поризации на основе жидкостекольного гранулята. *Вісник НТУ «ХПИ»*. Харків. 2015. № 30 (1139). С. 112-118. - *Особистий внесок здобувача – керівництво проведенням експерименту, узагальнення результатів випробувань.*

25. Римар Т.Е. Дослідження впливу НВЧ випромінювання на властивості гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків. 2021. Вип. 196. С. 6-16.

26. Римар Т.Е. Дослідження впливу НВЧ випромінювання на властивості композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла. *Науковий вісник будівництва*. Харків. 2021. Т. 104. № 2. С. 284-291.

27. Римар Т.Е. Состав та спосіб отримання спученого зернистого матеріалу для теплоізоляції на основі рідкого скла: пат. Україна № 72198: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54. № 201201018, заявл. 31.01.2012; опубл. 10.08.2012, Бюл. №15.

28. Римар Т.Е. Композиція для отримання спученого зернистого матеріалу для теплоізоляції на основі рідкого скла: пат. Україна № 88460: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54. № 201313697, заявл. 25.11.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5.

29. Римар Т.Е. Спосіб отримання блокового теплоізоляційного матеріалу на основі грануляту з рідкого скла: пат. Україна № 88461: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54; № 201313697, заявл. 25.11.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5.

30. Пінчукова Н.О., Волошко О.Ю., Чебанов В.А., Римар Т.Е., Крючкова К.Ю. Спосіб отримання теплоізоляційного матеріалу на основі грануляту з рідкого скла: пат. Україна 105759: МПК С04В 28/26 С04J 9/16 В29С 44/54. № 2015 07238, заявл 20.07.2015; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7. –

*Особистий внесок здобувача – формулювання та обґрунтування формули винаходу.*

***Публікації апробаційного характеру у матеріалах конференцій:***

31. Акименко Е.В., Рымар Т.Э. Получение вспененного наполнителя для теплоизоляции. *Технологія-2010: матеріали XIII всеукр. наук.-практ. конф., м. Северодонецьк. 2010. Ч. 2. С.110-112. – Особистий внесок здобувача – планування експериментів з розробки технології зернистого заповнювача на основі рідинного скла та дослідження його властивостей, узагальнення результатів випробувань.*

32. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Оценка основных показателей гранулированного материала на основе жидкого стекла в зависимости от вида наполнителя. *Технологія-2014: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., м. Северодонецьк. 2014. Ч. 1. С. 181-183. – Особистий внесок здобувача – планування експериментів з визначення властивостей гранульованого матеріалу на основі рідинного скла, узагальнення результатів випробувань.*

33. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Фазовый состав блочного теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла. *Технологія-2016: матеріали міжн. наук.-техн. конф., м. Северодонецьк. 2016. Ч. 1. С. 20-22. – Особистий внесок здобувача – обґрунтування методики проведення дослідження, узагальнення отриманих результатів.*

34. Унковская В.В., Рымар Т.Э. Исследование свойств теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла и гранулированного наполнителя. *Развитие науки в XXI веке: материалы XXII межд. заоч. конф., г. Харьков. 2017. Ч. 1. С. 111-115. - Особистий внесок здобувача – керівництво з проведення експериментів щодо дослідження властивостей теплоізоляційного матеріалу на основі рідинного скла та гранульованого заповнювача, висновки за результатами.*

35. Рymar Т.Е., Суворін О.В. Дослідження структури і фазового складу композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла.

*10<sup>th</sup> Internatinal Scientific Conference: Sciance progress in European countries: new consepts and modern solutions.* Conference papers. Stuttgart, Gemany. October 25, 2019. С. 26-35. – *Особистий внесок здобувача – обргрунтування та проведення лабораторних досліджень з визначення фазового складу композиційних теплоізоляційних матеріалів, узагальнення отриманих даних.*

36. Римар Т.Е. Вибір технологічного режиму спучування гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Сучасні технології в освіті та науці: матеріали третьої міжн. наук.-практ. конф., м. Сєверодонецьк. 27-28 лютого 2020. Ч. 2. - С. 176-179.*

37. Римар Т.Е. Отримання пористих гранульованих матеріалів на основі рідкого скла під дією мікрохвильового випромінювання. *Енергоефективність на транспорті: матеріали міжн. наук-техн. конф., м. Харків 18-20 листопада 2020. С. 79-81.*

38. Римар Т.Е. Композиційні теплоізоляційні матеріали на основі рідкоскляного грануляту. *Теорія і методи будівельного матеріалознавства: матеріали VI міжн. наук-практ. конф., м. Харків 5-6 листопада 2020. Ч. С. 92-94.*

39. Римар Т.Е. Дослідження властивостей композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкоскляного грануляту одержаних шляхом об'ємного і контактного омонолічування. *Сучасні технології в освіті та науці: колективна монографія з матеріалами четвертої міжн. наук.-практ. конф., м. Сєверодонецьк. 22-23 квітня 2021. С. 13-18.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	26
1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ РІДИННОГО СКЛА: ОТРИМАННЯ І ВЛАСТИВОСТІ.....	35
1.1 <a href="#">Характеристика теплоізоляційних матеріалів .....</a>	<a href="#">35</a>
1.2 <a href="#">Теплоізоляція високотемпературного обладнання і трубопроводів.....</a>	<a href="#">39</a>
1.3 Види теплоізоляційних матеріалів на основі силітакної сировини .....	42
1.3.1 Теплоізоляційні матеріали холодного спучення.....	43
1.3.2 Теплоізоляційні матеріали гарячого спучення.....	45
1.3.3 Зернисті теплоізоляційні матеріали.....	46
1.3.4 <a href="#">Композиційні теплоізоляційні матеріали на основі зернистих пористих заповнювачів .....</a>	<a href="#">50</a>
1.4 Застосування електромагнітного випромінювання НВЧ діапазону у промисловості та його характеристика .....	54
1.5 <a href="#">Перспективність використання НВЧ випромінювання у будівництві ....</a>	<a href="#">68</a>
1.6 Постановка проблеми, обґрунтування напрямків досліджень та наукова гіпотеза .....	75
<a href="#">Висновки до розділу 1.....</a>	<a href="#">81</a>
2. ВИБІР КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ РІДИННОСКЛЯНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ ПРИ ЇХ СПУЧЕННІ .....	83
2.1 <a href="#">Вибір компонентного складу рідинноскляних композицій.....</a>	<a href="#">83</a>
2.2 <a href="#">Обґрунтування вибору компонентного складу РСК при виробництві композиційних ТІМ під дією НВЧ випромінювання .....</a>	<a href="#">112</a>
2.3 <a href="#">Фізико-хімічні процеси, які протікають у рідинноскляних композиціях при їх спученні .....</a>	<a href="#">117</a>
2.3.1 <a href="#">Методи отримання рідинноскляних гранул та фізико-хімічні процеси, які протікають при їх формуванні.....</a>	<a href="#">117</a>
2.3.2 <a href="#">Формування пористої структури гранул при спученні.....</a>	<a href="#">120</a>

2.4	<a href="#">Методи отримання рідинноскляних ТІМ .....</a>	125
2.4.1	<a href="#">Методика отримання гранульованих ТІМ.....</a>	125
2.4.2	<a href="#">Методика отримання композиційних ТІМ при температурі навколишнього середовища .....</a>	127
2.4.3	<a href="#">Методика отримання композиційних ТІМ під дією НВЧ випромінювання .....</a>	129
2.5	<a href="#">Опис лабораторної мікрохвильової установки.....</a>	133
2.6	<a href="#">Методи дослідження гранульованих та композиційних ТІМ.....</a>	134
	<a href="#">Висновки до розділу 2.....</a>	135
3	ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРАНУЛЬОВАНОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ РІДИННОГО СКЛА.....	139
3.1	Вивчення впливу мінеральних добавок на властивості гранульованого матеріалу.....	141
3.1.1	Вплив модифікуючих добавок на в'язкість рідинноскляної композиції .....	143
3.1.2	Вплив мінеральних добавок на кількість води, що видаляється при спученні .....	148
3.1.3	Вплив мінеральних добавок на основні фізико-механічні характеристики гранульованих матеріалів .....	152
3.2	Дослідження процесів формування структури дисперсних матеріалів в залежності від типу модифікуючої добавки .....	164
3.3	Дослідження впливу НВЧ випромінювання на властивості гранульованого матеріалу.....	174
3.4	Кінетика поризації рідинноскляних композицій при виготовленні гранульованих ТІМ.....	185
3.5	<a href="#">Визначення енергоспоживання і ККД сушильної і НВЧ-установок при отриманні гранульованих ТІМ .....</a>	195
	<a href="#">Висновки до розділу 3.....</a>	199
4	ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ	

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ РІДИННОСКЛЯНОГО ГРАНУЛЯТУ .....	202
4.1 <a href="#"><u>Композиційні матеріали отримані при температурі навколишнього середовища.....</u></a>	<a href="#"><u>205</u></a>
4.1.1 Вивчення впливу отверджувачів на властивості композиційних матеріалів .....	205
4.1.2 Вивчення впливу газоутворюючих агентів на властивості композиційних матеріалів .....	211
4.1.3 Вивчення впливу поверхнево-активних речовин на властивості композиційних матеріалів .....	216
4.1.4 Вивчення впливу гранульованого заповнювача на властивості композиційних матеріалів.....	220
4.1.5 Дослідження процесів формування структури композиційних матеріалів .....	225
4.1.6 Визначення об'ємних фазових характеристик композиційних матеріалів та кінетики процесу їх спучення .....	234
4.2 Композиційні матеріали отримані в умовах НВЧ випромінювання	244
4.2.1 Вивчення впливу отверджувачів на властивості композиційних матеріалів .....	245
4.2.2 Вивчення впливу газоутворюючих агентів на властивості композиційних матеріалів .....	251
4.2.3 Вивчення впливу ПАР на властивості композиційних матеріалів	257
4.2.4 <a href="#"><u>Оцінка основних фізико-механічних показників композиційного матеріалу залежно від співвідношення кількості гранульованого заповнювача до зв'язуючого.....</u></a>	<a href="#"><u>261</u></a>
4.2.5 Дослідження процесів формування структури композиційних матеріалів .....	265
4.2.6 Дослідження впливу НВЧ випромінювання на властивості композиційного теплоізоляційного матеріалу .....	281
4.2.7 Кінетика процесу поризації композиційного матеріалу .....	293
4.2.8 <a href="#"><u>Визначення енергоспоживання і ККД сушильної і НВЧ-установок при</u></a>	

<a href="#">отриманні композиційних ТІМ .....</a>	<a href="#">302</a>
4.2.9 <a href="#">Дослідження процесів структуроутворення у РСК.....</a>	<a href="#">304</a>
4.2.10 <a href="#">Термічний аналіз композиційних ТІМ.....</a>	<a href="#">312</a>
<a href="#">Висновки до розділу 4.....</a>	<a href="#">317</a>
5 ТЕХНОЛОГІЯ ГРАНУЛЬОВАНОГО І КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	324
5.1 Вибір технологічного режиму спучення гранульованого матеріалу під дією НВЧ-випромінювання .....	324
5.2 Вибір технологічного режиму спучення композиційних теплоізоляційних матеріалів під дією НВЧ-випромінювання.....	331
5.3 <a href="#">Математичне планування експерименту.....</a>	<a href="#">337</a>
5.4. Порівняння процесів отримання композиційних теплоізоляційних матеріалів шляхом об'ємного і контактного омонолічування з застосуванням НВЧ випромінювання .....	341
5.5 Технологія ТІМ на основі рідинного скла для промислового виробництва.....	357
5.5.1 Технологія гранульованих ТІМ.....	357
5.5.2 <a href="#">Технологія композиційних ТІМ отриманих при температурі навколишнього середовища.....</a>	<a href="#">358</a>
5.5.3 Технологія композиційних ТІМ отриманих в умовах НВЧ випромінювання .....	359
5.6 <a href="#">НВЧ установки промислового призначення .....</a>	<a href="#">362</a>
5.7 Порівняння отриманих композиційних ТІМ з найпоширенішими матеріалами, що випускаються промисловістю .....	364
5.8 <a href="#">Техніко-економічна оцінка проведених досліджень.....</a>	<a href="#">368</a>
<a href="#">Висновки до розділу 5.....</a>	<a href="#">371</a>
ВИСНОВКИ.....	373
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	377
ДОДАТКИ .....	415



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

РС	-	рідинне скло
РСК	-	рідинноскляна композиція
НВЧ	-	надвисокочастотний
ККА	-	кремнієкисневий аніон
МХ	-	мікрохвильовий
ПАР	-	поверхнево-активна речовина
ТІМ	-	теплоізоляційні матеріали
ЛСПМ	-	лужно-силікатні піноматеріали
ЯМР	-	ядерний магнітний резонанс
$x$	-	основність
$Q$	-	зв'язність
$n$	-	ступінь полімерізації
$K_m$	-	частка твердої фази
$K_p$	-	частка рідкої фази
$K_g$	-	частка газової фази
$\alpha_n$	-	ступінь перебудови структури
$n$	-	параметр структуроутворення
$k$	-	константа швидкості процесу поризації
$E_n$	-	уявна енергія активації процесу поризації РСК

## ВСТУП

**Актуальність теми.** З метою підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і сприяння досягненню енергетичної незалежності України у 1997 р. була прийнята постанова «Про Комплексну державну програму енергозбереження України», у 2015 р. схвалено розпорядження «Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року», який є одним з основних зобов'язань у рамках імплементації Директиви 2006/32/ЄС по енергетичній ефективності кінцевого використання енергії і енергетичних послуг. Імплементація цього документу передбачена Угодою про Асоціацію, у рамках реалізації Договору про устанovu Енергетичного Співтовариства.

Відповідно до «Комплексної державної програми енергозбереження України» одним з шляхів реалізації енергозбереження є теплова ізоляція промислового устаткування та трубопроводів. Значна частина традиційних теплоізоляційних матеріалів, які використовуються в теплоенергетиці, не може комплексно забезпечити норматив теплових втрат відповідно ДСТУ-Н Б А.3.1-29:2015 «Магістральні трубопроводи. Нанесення захисних покривів та улаштування теплової ізоляції. Настанова». Так, асбесто-вапняні кремнеземисті матеріали, які використовувались для теплової ізоляції енергетичного устаткування, не застосовуються у зв'язку із заборонаю МОЗ на використання асбесту. При експлуатації мінераловатних і базальтових утеплювачів відбувається вигорання фенольних сполучних при температурі 190-200 °С, що спричиняє за собою руйнування структури матеріалу і відповідно тепловтрати. Пінополіуретан працює при температурі до 120 °С, оскільки відбувається його деструкція. Ізоляція зі спіненого каучуку витримує температуру до 90-110 °С, високотемпературний каучук – до 175 °С. Матеріали на основі рідинного скла (РС) можуть експлуатуватися до температури 600 °С. Головна їх перевага - стабільність властивостей при високих температурах. Вони характеризуються високою екологічністю через

відсутність деполімеризації матеріалу і виділення токсичних речовин в атмосферу, негорючістю та біостійкістю при гарантованому терміні експлуатації – не менше 50 років.

На теперішній час теплоізоляційні матеріали (ТІМ) на основі РС випускають переважно у вигляді гранул. Крупномасштабне ж промислове виробництво композиційних ТІМ у вигляді плит та виробів іншої конфігурації, не налагоджено, що пов'язано зі складністю прогріву внутрішніх шарів рідинноскляної композиції (РСК) при використанні традиційного конвективного нагріву. Як альтернативне джерело термообробки при виробництві даних ТІМ можливо використовувати мікрохвильове (МХ) випромінювання, яке дозволить здійснити об'ємний прогрів всіх шарів РСК та отримати якісний ТІМ, який би задовольняв вимогам ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та ДСТУ-Н Б А.3.1-29:2015. Використання МХ випромінювання є перспективним з огляду на такі важливі характеристики, як високий ККД процесу, можливість автоматизації і висока якість отриманих продуктів. Однак технологічні параметри процесу виробництва таких ТІМ не досліджені, та невідомим є компонентний склад РСК, який можна ефективно піддавати дії НВЧ випромінювання та варіювати властивості отриманих ТІМ.

Таким чином, науково-практична проблема створення наукових основ технології теплоізоляційних матеріалів на основі РС під дією НВЧ випромінювання з комплексом необхідних експлуатаційних характеристик є актуальною та визначила основні напрямки дисертаційного дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі хімічної інженерії та екології Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля в рамках наступних тем: «Термостійкі теплоізоляційні матеріали на основі неорганічного полімеру – рідкого скла» (№ ДР 0114U005449), «Полімерні піноматеріали з використанням рідкоскляного грануляту» (№ ДР 0116U008701) і госпдоговірної науково-дослідної роботи "Отримання

спіненого полімерного наповнювача для теплоізоляції" (ТОВ «Хімекселен», м. Сєвєродонецьк, договір № 1 від 01.11.2009 р.), де здобувач була керівником робіт.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка наукових основ технології теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла в умовах НВЧ випромінювання.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні задачі:

- встановити закономірності формування структури і властивостей теплоізоляційних матеріалів в залежності від параметрів надвисокочастотного випромінювання, модифікаторів коагуляційно-кристалізаційних процесів, пороутворювачів і піностабілізаторів та розробити наукові основи НВЧ-технології їх виробництва;

- визначити закономірності впливу НВЧ випромінювання на процеси трансформації структури рідинноскляних композицій при їх спученні;

- дослідити кінетику процесу поризації рідинноскляних композицій при отриманні гранульованих і композиційних матеріалів, в умовах конвективного і НВЧ нагріву, та визначити особливості переходу суспензії на основі рідинного скла в піропластичний стан в умовах протікання конкуруючих процесів дегідратації і поризації;

- довести ефективність мікрохвильової обробки матеріалів при введенні у рідинноскляні композиції модифікуючих добавок, пороутворювачів і піностабілізаторів;

- розробити рецептури для гранульованих і композиційних теплоізоляційних матеріалів для забезпечення можливості отримання високопоризованих структур даних матеріалів в поєднанні з високими фізико-механічними характеристиками;

- розробити технологію і практичні рекомендації з керування процесами спучення гранульованих і композиційних матеріалів на основі рідинного скла під дією НВЧ випромінювання та оптимізувати технологічні параметри НВЧ нагріву;

- виконати порівняльну технологічно-економічну оцінку розроблених теплоізоляційних матеріалів з найбільш близькими за технічними характеристиками матеріалами, які випускаються промисловістю та повести їх апробацію.

**Об'єкт дослідження** - процеси спучення і формування структури гранульованого і композиційних матеріалів на основі рідинноскляних композицій та властивості спучених матеріалів із жорсткою комірчастою структурою.

**Предмет дослідження** - рідинноскляні композиції для гранульованого теплоізоляційного матеріалу і композиційних матеріалів на його основі та енергозберігаючі НВЧ-технології їх отримання.

**Методи досліджень.** Фізико-механічні характеристики композиційних ТІМ визначались згідно діючих ДСТУ та міжнародних стандартів ISO: ДСТУ ISO 5016: 2013, ДСТУ Б В.2.7-38-95, ДСТУ Б В.-2.7-105-2000, ДСТУ Б В.2.7-19-95, ДСТУ Б В.2.7-264:2011. Структура спучених матеріалів досліджувалась електронно-мікроскопічним шляхом за допомогою цифрового мікроскопу DELTA OPTICAL BIOLIGHT 200 40x-400x. Визначення середніх розмірів осередків ТІМ і об'ємного вмісту закритих пор проводилося відповідно до технічних умов СТБ 1338, 2002 - "Пенопласты жесткие полиуретановые и полиизоциануратные". Процеси формування структури ТІМ досліджувались за допомогою відомих методик визначення об'ємного фазового складу силікатних дисперсних систем, відповідно до навчального посібника «Технология материалов на основе силикатных дисперсных систем» (Лотов В.А., Кутугин В.А.). Кінетичні параметри процесу поризації РСК визначались відповідно до фундаментальних теоретичних основ хімічної технології з застосуванням рівняння Б.В. Єрофеева. ККД процесу спучення визначався відповідно до розрахунку показників ефективності сушарних та НВЧ установок. Рентгеноструктурний фазовий аналіз проводився на дифрактометрі ДРОН-2-0 з використанням рентгенівської трубки з мідним анодом (Cu-K<sub>α</sub> випромінювання), умови

зйомки рентгенограм: постійна часу  $S=2,5$ , діапазон  $\text{imp/s}=2 \cdot 10^3$ . Для аналізу дифрактограм використовувались: «Справочник по рентгеноструктурному аналізу полікристаллов» (по ред. проф. Я.С. Уманського) та база порошкових дифракційних даних, яка заснована на картотеці PDF2. Термогравіметричний (TG), диференційно-термічний (DTA) і диференційно-термогравіметричний (DTG) аналізи проводились у динамічному режимі зі швидкістю нагріву  $7,5 \text{ }^\circ\text{C/хв}$  в атмосфері повітря на дериватографі Q-1500 D системи "F. Paulik - J. Paulik - L. Erdey". Оптимізація технологічних параметрів отримання ТІМ проводилась з використанням трифакторного трирівневого плану експерименту; розрахунки здійснювали в програмному середовищі Statistica 7.0. Дослідження процесу поризації та отримання лабораторних зразків проводилось за допомогою лабораторної МХ установки, виготовленої в ДНУ НТК «Інститут монокристалів» НАН України (м. Харків).

#### **Наукова новизна отриманих результатів. Вперше:**

- розроблено наукові основи створення НВЧ-технології теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла, суть яких полягає у розкритті та використанні закономірностей формування їх структури і властивостей в залежності від параметрів надвисокочастотного випромінювання, модифікаторів коагуляційно-кристалізаційних процесів, пороутворювачів і піностабілізаторів;

- встановлено закономірності та кількісні залежності впливу НВЧ випромінювання на процеси трансформації структури рідинноскляної композиції при її поризації. Експериментально доведено, що завдяки об'ємному прогріву ступінь перебудови структури в порівнянні з конвективним нагрівом має вдвічі більше значення: для гранульованих матеріалів - за однакових температур, а для композиційних – навіть при вдвічі нижчій температурі процесу;

- визначено, що частина енергії електромагнітного випромінювання перетворюється на теплоту, яка сприяє інтенсивній поризації з об'ємним розширенням рідинноскляної композиції, а інша – направлена на структурні

зміни в матеріалі, які призводять до поліпшення його властивостей, що пов'язано з ефектом «нетеплової» дії НВЧ випромінювання;

- виявлені особливості переходу суспензії на основі рідинного скла під дією мікрохвильового випромінювання в піропластичний стан в умовах протікання конкуруючих процесів дегідратації і поризації структури матеріалу та встановлено, що процес поризації під дією НВЧ випромінювання характеризується двома послідовними періодами з різними значеннями кінетичних параметрів. Перший пов'язаний з прогрівом рідинноскляної композиції, випаровуванням вільної і адсорбційної води й початком перебудови структури матеріалу та характеризується енергією активації на рівні 13 та 27,6 кДж/моль, що відповідає енергії розриву водневих зв'язків у структурі рідинного скла. Другий період пов'язаний з видаленням хімічно зв'язаної води та завершенням перебудови структури матеріалу, й характеризується енергією активації понад 100 кДж/моль, що вказує на переваги механізму в'язкої течії при поризації системи;

- визначена роль модифікаторів коагуляційно-кристалізаційних процесів в умовах мікрохвильового випромінювання. Показано, що добавка ZnO сприяє сповільненню процесів гелеутворення, що збільшує час досягнення рівноважного стану та забезпечує оптимальну в'язкість суспензії для подальшої її поризації. Встановлена каталітична функція модифікатору  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  в контактено-конденсаційному і колоїдно-коагуляційному механізмах твердіння рідинноскляних композицій, що забезпечує формування новоутворень, які в свою чергу при дії НВЧ випромінювання сприяють утворенню гетерогенної структури теплоізоляційних матеріалів з підвищеними показниками міцності і водостійкості;

- встановлена ефективність мікрохвильової обробки матеріалів при введенні у рідинноскляну композицію пороутворювача  $\text{H}_2\text{O}_2$ , швидкість розкладання якого порівнянна із швидкістю процесу гелеутворення композиції під дією НВЧ випромінювання, та поверхнево-активної речовини ОП-10, яка є термостабільною в умовах процесу, що дозволяє стабілізувати

спучену масу та отримати механічно міцний матеріал з рівномірно розподіленою структурою.

### **Практичне значення отриманих результатів:**

- розроблено рецептури для отримання гранульованих і композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідинного скла та енергоощадну технологію їх низькотемпературного спучення в умовах НВЧ випромінювання, які забезпечують їх високі експлуатаційні властивості, що задовольняють вимогам ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та ДСТУ-Н Б А.3.1-29:2015 (технічна новизна розробок підтверджена 4 патентами України);

- запропонований новий метод отримання гранульованих матеріалів, який реалізується з використанням мобільної установки та полягає у розпиленні рідинноскляної композиції за допомогою розпилювача для текстурованого фарбування в отверджуючий розчин хлориду кальцію, що дозволяє отримувати гранули безпосередньо на будівельному майданчику;

- оптимізовано технологічні параметри спучення гранульованих і композиційних матеріалів в НВЧ-установці та встановлено, що оптимальними умовами для проведення процесу є: вихідна потужність установки 650 Вт (13-18 кДж/м<sup>3</sup>), атмосферний тиск, обертання зразка, які забезпечують отримання матеріалу з низькою середньою густиною 220-240 кг/м<sup>3</sup> та високою міцністю (0,6-0,7 МПа на стиск і 0,8-0,9 МПа на згин – для композиційних матеріалів);

- розроблено принципову технологічну схему виробництва композиційних матеріалів, яка полягає в одночасній поризації з об'ємним розширенням гранул і зв'язуючого під дією НВЧ випромінювання, що дозволяє виключити стадію окремого спучення гранул, в 2-3 рази знизити витрату зв'язуючого, в 5-6 разів тривалість процесу, в 2-3 рази температуру та отримати теплоізоляційний матеріал з високою міцністю і низькою гігроскопічністю;

- за запропонованими технологіями на підприємстві ТОВ «Хімекселен» (м. Сєвєродонецьк) виготовлені дослідні партії гранульованого



та композиційного матеріалів для теплоізоляції на основі рідинного скла, які введені в експлуатацію на ТОВ «ДАЙМОНТХІМ» (м. Сєвєродонецьк), випробування технічних характеристик матеріалів проведені у ДНУ НТК «Інститут монокристалів» НАН України (м. Харків). Теоретичні та практичні результати, отримані при виконанні досліджень, впровадженні у практику навчального процесу кафедри хімічної інженерії та екології СНУ ім. В. Даля при підготовці здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 – «Хімічні технології та інженерія».

**Особистий вклад здобувача.** Наукові положення і результати, викладені в дисертаційній роботі та винесені на захист, отримані особисто здобувачем. Серед них: визначення мети, постановка завдань і вибір методології досліджень, проведення, узагальнення та систематизація експериментальних досліджень, обробка отриманих результатів, розробка рецептури і технології та методів контролю технологічного процесу. При безпосередній участі здобувача проведені дослідно-промислові випробування, проведена техніко-економічна оцінка результатів досліджень. У колективних публікаціях вклад автора є основним. Виготовлення експериментальних зразків та проведення оптимізації технологічних параметрів процесу поризації зразків в лабораторній НВЧ – установці виконано спільно із фахівцями НТК «Інститут монокристалів» НАН України.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень були представлені на конференціях: XIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Технологія-2010» (2010 р., м. Сєвєродонецьк), XVII та XIX Міжнародних конференціях «Технологія» (2014, 2016 рр., м. Сєвєродонецьк), XXII Міжнародній заочній конференції «Розвиток науки в XXI столітті» (2017 р., м. Харків), 10-ій Міжнародній науковій конференції «Науковий прогрес у європейських країнах: нові концепти і сучасні рішення» (2019 р., м. Штутгарт, Німеччина), 3-ій та 4-ій Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні технології в освіті та науці» (2020 та 2021 рр., м. Сєвєродонецьк). У 2016 році проект «Енергозберігаюча технологія

виробництва спінених теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла з використанням мікрохвильового випромінювання», виконаний спільно з НТК «Інститут монокристалів» НАН України (м. Харків), був визнаний переможцем Конкурсу інноваційно-інвестиційних проектів «Харків - стратегія успіху» в сфері паливно-енергетичного комплексу та забезпечення енергоефективності.

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 39 наукових робіт, в тому числі 22 статті у наукових фахових виданнях України, рекомендованих МОН України, з них 12 – у виданнях, що індексуються у наукометричній базі Index Copernicus, 5 – у наукометричній базі SCOPUS, 9 публікацій апробаційного характеру, 8 додаткових публікацій.

**Структура і об'єм дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'ятих розділів, висновків, списку використаних джерел (359 посилань на 38 сторінках). Робота викладена на 362 сторінках основного тексту, містить 48 таблиць, 106 рисунків та 4 додатки на 22 сторінках.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теплоізоляційні матеріали. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
2. Киреева Ю.И. Теплоизоляционные и акустические материалы: учебное издание. Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2009. 355 с.
3. Масштаб рынка теплоизоляции. URL: <https://minplita.biz/news/obzor-rynka-teploizolyatsii-na-urale/>
4. Першина Л.О., Макаренко О.В., Шкарупа С.С. Порівняння ефективності теплоізоляційних матеріалів. Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА – ХОТВ АБУ, № 2. 2015. С. 152 – 157.
5. Vaou V., Panias D. Thermal insulating foamy geopolymers from perlite. *Minerals Engineering*. 2010. Vol. 23. pp. 1146–1151.
6. Барінова Л.С. Тенденции развития промышленности строительных материалов за рубежом. *Строительные материалы*. 2004. № 11. С. 2-6.
7. Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г., Августович Б.І. Особливості конструкції стіни з використанням ніздрюватих бетонів. Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві», С. 33-38.
8. Дворкін Л.Й, Жидковський В.В. Технологія опоряджувальних теплоізоляційних та гідроізоляційних матеріалів: Навч. Посібник. Рівне: НУВГП, 2010. - 223 с.
9. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 248с.
10. Способ получения гранулированного пеносиликата Penostek: пат. 2424997С2 Россия: МПК С03С 11/00. № 2009133384/03; заявл. 07.09.2009; опубл. 27.07.2001, Бюл. № 8. 6с.
11. Способ изготовления гранулированного пеностекла из стеклобоя: пат. WO 2162825 A1 Россия. МПК С03С11/00. № PCT/RU201098123668/03; заявл. 30.12.1998, опублик. 10.02.2001. Бюл. № 11. 10 с.

12. Севастьянов В.С., Зубанов А.П. Техника и безотходная технология производства пеностекла. *Известия вузов. Строительство*. 2000. № 10. С.74-76.
13. Смирнова Л.Б. Гранулированное пеностекло из боя стекла. *Стекло и керамика*. 1990. № 12. С. 22.
14. Погребинский Г.М., Искоренко Г.И. Гранулированное пеностекло как перспективный теплоизоляционный материал. *Строительные материалы*. 2003. № 3. С. 28-29
15. Саакян Э.Р. Многофункциональные ячеистые стекла из вулканических стекловатых пород. *Стекло и керамика*. 1991. № 1. С. 5-6.
16. Саакян Э.Р. Ячеистые стекла из осадочных кремнеземистых пород. *Стекло и керамика*. 1991. № 3. С. 3-4.
17. Колосова М.М., Нагибин Г.Е. Гранулированное пеностекло - универсальный экологически чистый теплоизоляционный материал. *Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века*. 2002. № 1. С. 12-13.
18. Cellular Glass or Foamed Glass. Trade OF Industrial Insulation. Insulation – Materials, Science and Application. Module 4 – Unit 6. 2014.
19. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции: учебник. М.: Инфра-М, 2003. 265 с.
20. Модернізація теплових агрегатів. URL: <https://inventum.com.ua/uk/articles/preimushestva-primeneniay-sovremenux-materialov-na-osnove-keramicheskogo-volokna-v-energetike.html>
21. ДСТУ-Н Б А.3.1-29:2015. Магістральні трубопроводи. Нанесення захисних покривів та улаштування теплової ізоляції. Настанова.
22. Технология теплоизоляции. URL: [msd.com.ua/tehnologia-teploizolyacii/perspektivy-rasvitiya-proizvodstva-i-primeneniya-penoplastov/](https://msd.com.ua/tehnologia-teploizolyacii/perspektivy-rasvitiya-proizvodstva-i-primeneniya-penoplastov/).
23. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1980. 399с.

24. Горяйнов К.Э. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Стройиздат, 1982. 376 с.
25. Морозов А.П. Пенобетоны и другие теплоизоляционные материалы. Магнитогорск, 2008. 103 с.
26. Малявский Н.И. Щелочно - силикатные утеплители - химические основы производства. *Российский химический журнал*. 2003. № 4. С. 39-45.
27. Сидоров В.И. Использование модифицированного жидкого стекла для получения водостойких утеплителей методом холодного вспенивания. *Известия вузов. Строительство*. 2002. № 8. С. 27-32.
28. Лотов В.А. Перспективные теплоизоляционные материалы с жесткой структурой. *Строительные материалы*. 2004. № 11. С. 8-10.
29. Сырьевая смесь для получения пеносиликатного теплоизоляционного материала: пат. 2097362 Россия: МКИ С04В 38/00. № 95108038/03; заявл. 17.05.1995; опубл. 27.11.1997.
30. Сырьевая смесь и способ получения теплоизоляционного материала: пат. 2128633 Россия: МКИ С04В 28/26. № 96115722/03; заявл. 29.07.1996; опубл. 10.04.1999.
31. Вспененный материал и способ его изготовления: пат. 2268248 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2004120692/03; заявл. 06.07.2004; опубл. 20.01.2006. Бюл. № 2. 6с.
32. Способ получения теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла: пат. 2177922 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2000122266/03; заявл. 24.08.2000; опубл. 10.01.2002.
33. Композиция для получения теплоизоляционного материала: пат. 2165908 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2000117944/03; заявл. 10.07.2000; опубл. 27.04.2001.
34. Способ получения блоков пеносиликата: пат. 2225373 (13) С1 Россия: МПК С03С11/00. № 2002123820/03; заявл. 06.09.2002; опубл. 03.10.2004.

35. Иванов М.Ю. Энергоэффективные утеплители в строительстве. *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки.* 2012. Т.3. С. 161-166.

36. Иванов М.Ю. Технология производства энергоэффективного зернистого теплоизоляционного материала. *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки.* 2012. Т.3. С. 166-170.

37. Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Использование техногенных промышленных отходов для производства эффективных строительных материалов как способ охраны окружающей среды. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.* 2004. № 8. С. 261-262.

38. Иванов М.Ю. Экономические и экологические аспекты производства энергоэффективных зернистых теплоизоляционных материалов. *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки.* 2013. Т.1. С. 246-251.

39. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированного жидкого стекла из микрокремнезема. *Строительные материалы.* 2004. № 11. С.12.

40. Иванов М.Ю. Разработка технологий управления поровой структурой зернистых теплоизоляционных материалов на основе силикат-натриевых композиций. *Системы. Методы. Технологии.* 2014. № 2 (22). С. 102-107.

41. Кудяков А.И., Свергунова Н.А, Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированной жидкостекольной композиции: монография / под ред. А.И. Кудякова. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. 204 с.

42. Зарубина Л.П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии: 2-е изд. СПб.: БХВ – Петербург, 2012. 416 с.

43. Майзель И.Л., Сандлер В.Г. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Высш.шк., 1988. С.145-190.

44. Способ получения теплоизоляционно-конструкционного материала на основе вспученного вермикулита: пат. 2161142, Россия: МКИ С04В 28/24, С04В111:20. № 2000114219/03; заявл. 06.06.2000. - Оpubл. 27.12.2000.

45. Крашенинников О.Н. Теплоизоляционный вермикулитовый пенобетон. *Строительные материалы*. 2006. № 6. С 13.

46. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2220928 Россия: МПК С04В28/26, С04В28/26, С04В18:14, С04В111:20. № 2002111463/03; заявл. 29.04.2002; опубл. 10.01.2004. 4 с.

47. Ицкович С.М., Чумак Л.Д., Баженов Ю.М. Технология заполнителей бетона: учеб. для строит. вузов. М.: Высшая школа, 1991. 272 с.

48. Васильков С.Г., Онацкий С.П., Элинзон М.П. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе: справ. Пособие. М.: Стройиздат, 1987. 304 с.

49. Федоров В.А., Кац К.М., Резников И.М. и др. Вспученный перлит для теплоизоляции ограждающих конструкций. *Транспортное строительство*. 1989. № 5. С. 26 - 28.

50. Шлегель И.Ф., Шаевич Г.Я. Карабут Л.А. и др. Перспективы производства и применения легкого пористого заполнителя. *Строительные материалы*. 2005. № 7. С. 17-19.

51. Павлова Н.А., Павлов И.В. Стабилизация состава техногенного сырья с целью получения пеносиликата. *Строительные материалы*. 2001. № 6. С. 14-15.

52. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2220927 Россия: МКИ С04 В 28/26, 111:20. № 2002110483/03; заявл. 19.04.2002; опубл. 10.01.2004, Бюл № 1. 6с.

53. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2220928 Россия: МКИ С04 В 28/26, 111:20. № 2002111463/03; заявл. 29.04.2002; опубл. 10.01.2004, Бюл № 1. 6с.

54. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2246462 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2003124577/03, заявл. 06.08.2003; опубл. 20.02.2005, Бюл № 5. 5с.

55. Способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2177921 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2000108899/03; заявл. 10.04.2000; опубл. 10.01.2002. Бюл № 5. 5с

56. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2267468 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2004109731/03; заявл. 30.03.2004; опубл. 10.01.2006, Бюл № 1. 5с.

57. Сырьевая смесь для гранулированного теплоизоляционного материала и способ его получения: пат. 2274620 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2004128504/03; заявл. 27.09.2004; опубл. 20.04.2006, Бюл № 11. 5с.

58. Сырьевая смесь для гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2254363 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2004109729/03; заявл. 30.03.2004; опубл. 20.11.2005. Бюл № 7. 5с.

59. Состав и способ получения вспученного силикатного материала: пат. 2173674 Россия: МКИ С04В 28/26. № 98115724А; заявл. 13.08.1998; опубл. 20.09.2001.

60. Керамический материал с высокой пористостью в гранулированной форме: пат. 2243181 Россия: МКИ С04В 28/26. № ; заявл. 07.05.2001; опубл. 27.12.2004.

61. Способ изготовления теплоизоляционного материала на основе кремниевых пород: пат. 2154618 Россия: МКИ С04В 28/26. № ; заявл. 10.11.1998; опубл. 20.08.2000.

62. Смесь для получения теплоизоляционного материала и способ его получения: пат. 2087447 Россия: МКИ С04В 28/26. № 93040868/03; заявл. 12.08.1993; опубл. 20.08.1997.



63. Сухарев М.Ф. Производство теплоизоляционных материалов. М.: Высш.шк., 1981. 304 с.
64. Горлов Ю.П. Технологии теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. М.: Высш. шк., 1989. 384 с.
65. Собченко В.В. Розробка енергозберігаючої технології виробництва пористих заповнювачів із гідросилікатів в апаратах псевдозрідженого шару. Автореф. дис. Київ, 2006. 22 с.
66. Тарасова И.Д. Низкотемпературный синтез жидкого стекла и получение теплоизоляционных материалов на его основе. Автореф. дис. Белгород, 2005. 20 с.
67. Крифукс О.В. и др. Развитие производства эффективного минерального теплоизоляционного материала «БИСИПОР». *Строительные материалы*. 2003. № 11. С. 26 - 27.
68. Генералов Б.В., Крифукс О.В., Куликов Ю.А. Комплексные теплоизоляционные изделия на основе минерального утеплителя бисипор. *Строительные материалы*. 1999. № 4. С. 4 - 5.
69. Меркин А.П. Сверхлегкий минеральный гранулированный материал – стеклопор. *Строительные материалы*. 1976. № 9. С. 10 – 12.
70. Мордухович И.М., Федоров В.А., Скавронская В.А. Стеклопор как утеплитель для инвентарных контейнерных зданий. *Транспортное строительство*. 1981. № 1. С. 17 – 19.
71. Юцис И.И. Новое технологическое оборудование для производства теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1985. 36 с.
72. Лотов В. А., Кутугин В.А. Формирование пористой структуры пеносиликатов на основе жидкостекольных композиций. *Стекло и керамика*. 2008. № 1. С. 6–10.
73. Кутугин В.А. Управление процессами термической поризации жидкостекольных композиций при получении теплоизоляционных материалов. Автореф. дис. канд. техн. наук: Томск, 2008. 25 с.

74. Страхов А.В. Теплоизоляционный материал на основе силикатнатриевого связующего, модифицированного активными минеральными добавками. Автореф. дис. канд. техн. наук: Саратов, 2011. 22 с.

75. Сапоровская Т.Ю. Исследование конструкционно-теплоизоляционного бетона на основе силикатного гранулированного заполнителя. Автореф. дис. канд. техн. наук: Владимир, 2000. 20 с.

76. Заболотская А.В. Технология и физико-химические свойства пористых композиционных материалов на основе жидкого стекла и природных силикатов. Автореф. дис. канд. техн. наук: Томск, 2003. 20 с.

77. Зин Мин Хтет, Тихомирова И.Н. Теплоизоляционные материалы на основе вспененного жидкого стекла. *Успехи в химии и химической технологии*. Т. XXXI/ 2017/ № 3. С. 34-36.

78. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты. К.: Госстройиздат, 1959. 127 с.

79. Гоц В.І., Павлюк В.В., Шилюк П.С. Бетони і будівельні розчини: підручник. К.: Основа, 2016. 568 с.

80. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Наномодифицированные цементные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2017. 198 с.

81. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Суханевич М.В. Розробка фізико-хімічних основ направлено синтезу неорганічних в'язучих в системі  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  для отримання екологічно-безпечних спучуваних матеріалів. *Журнал будівництво України*, 1997. № 2. С. 46-49.

82. Суханевич М.В. Неорганічні матеріали, що спучуються на основі лужних в'язучих систем. Автореф. дис. канд. техн. наук: Київ, 1997. 22 с.

83. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Суханевич М.В., Саницкий М.А. Физико-химические основы низкотемпературной технологии получения теплоизоляционных вспучивающихся материалов. *Техника и технология силикатов*. 1999, № 1-2, С.25-28.

84. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І. Легкі теплоізоляційні бетони на основі модифікованих лужних алюмосилікатних

композицій. *Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка»*. Київ: НДІБМВ, 2011. Вип. 39. С. 137-140.

85. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І. Ефективні теплоізоляційні матеріали на основі лужних алюмосилікатних систем. *Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного»*. Харків, 2010. № 110. С. 582-586.

86. Борисова А.І. Теплоізоляційні матеріали на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій, здатних до спучування. Автореф. дис. канд. техн. наук: Київ, 2011. 22 с.

87. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Самченко Д.М. Особливості спучування лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих залізовміщуючими добавками. *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури «Сучасні будівельні матеріали»*, 2010. № 1(81). С. 67-72.

88. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Ейне І.А. Особливості отримання теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій та сіопору. *Будівельні матеріали та виробы*, 2011. № 6 (71). С. 18-21.

89. Гузій С.Г. Особливості фізико-хімічних процесів структуроутворення вспінених алюмосилікатних в'язучих речовин і теплоізоляційних поризованих бетонів на їх основі. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, 2007. № 602. С. 27-35.

90. Кривенко П.В., Гузій С.Г., Горбунова І.А. Теплоизоляционный бетон на основе щелочного поризованного алюмосиликатного связующего и вспученного перлитового песка. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне: УДУВГП, 2003. Вип. 10. С 47-51.

91. Кривенко П.В., Ковальчук Г.Ю. Лужне алюмосилікатне зв'язуюче на основі золи-виносу. *Зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. техн. ун-ту залізничного трансп. - Серія «Будівництво»*, 1999. Вип. 7. С. 212-219.

92. Кривенко П.В., Ковальчук Г.Ю. Фізико-хімічні передумови отримання лужного алюмосилікатного зв'язуючого на основі золи-виносу. *Композиційні матеріали для будівництва: Зб. наук. пр. - Макіївка: ДонДАБА*, 2000. Вип. 2 (22). С. 111-116.

93. Abdollahnejad Z.; Pacheco-Torgal F.; Félix T.; Tahri W.; Barroso Aguiar J. Mix design, properties and cost analysis of fly ash-based geopolymer foam. *Constr. Build. Mater.* 2015. Vol. 80. P. 18–30. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.063>.

94. Masi G.; Rickard W.D.A.; Vickers L.; Bignozzi M.C.; van Riessen A. A comparison between different foaming methods for the synthesis of light weight geopolymers. *Ceram. Int.* 2014 Vol. 40. P. 13891–13902. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.05.108>.

95. Guo Y.; Zhang Y.; Huang H.; Meng K.; Hu K.; Hu P.; Wang X.; Zhang Z.; Meng X. Novel glass ceramic foams, materials based on red mud. *Ceram. Int.* 2014. Vol. 40. P. 6677–6683. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.11.128>.

96. Chen X.; Lu A.; Qu G. Preparation and characterization of foam ceramics from red mud and fly ash using sodium silicate as foaming agent. *Ceram. Int.* 2013. Vol. 39. P. 1923–1929. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.08.042>.

97. Badanoiu A.; Al Saadi T.; Stoleriu S.; Voicu G. Preparation and characterization of foamed geopolymers from waste glass and red mud. *Constr. Build. Mater.* 2015. Vol. 84. P. 284–293. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.004>.

98. Bai C.; Ni T.; Wang Q.; Li H; Colombo P. Porosity, mechanical and insulating properties of geopolymer foams using vegetable oil as the stabilizing agent. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2018. Vol. 38 (2). P. 799–805. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2017.09.021>.

99. Al Saadi T.; Badanoiu A.I.; Nicoara A.I.; Stoleriu S.; Voicu G. Synthesis and properties of alkali activated borosilicate inorganic polymers based

on waste glass, *Constr. Build. Mater.* 2017. Vol. 136. P. 298–306. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.026>.

100. Bai C.; Colombo P. Processing, properties and applications of highly porous geopolymers: A review. *Ceram. Int.* 2018. Vol. 44. 16103–16118. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.05.219>.

101. Zhang Z.; Provis J.L.; Reid A.; Wang H. Mechanical, thermal insulation, thermal resistance and acoustic absorption properties of geopolymer foam concrete. *Cem. Concr. Compos.* 2015. Vol. 62. P. 97–105. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.03.013>.

102. Arenas C.; Luna-Galiano Y.; Leiva C.; Vilches L.F.; Arroyo F.; Villegas R.; Fernández-Pereira C. Development of a fly ash-based geopolymeric concrete with construction and demolition wastes as aggregates in acoustic barriers. *Constr. Build. Mater.* 2017. Vol. 134. P. 33–442. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.119>.

103. Torres-Carrasco M.; Palomo J. G.; Puertas F. Sodium silicate solutions from dissolution of glass wastes. Statistical analysis. *Mater. Construcc.* 2014. Vol. 64 (314), e014. URL: <https://doi.org/10.3989/mc.2014.05213>.

104. Puertas F.; Torres-Carrasco M. Use of glass waste as an activator in the preparation of alkali-activated slag. Mechanical strength and paste characterization *Cem. Concr. Res.* 2014. Vol. 57. P. 95–104. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.12.005>.

105. Шпирько Н.В., Сторчай Н.С., Гришко А.Н., Вечер Ю.Н., Богданов Р.В. Стеновый материал с применением техногенного сырья. *Проблемы современной науки*. Ставрополь: Логос, 2013. Вып. 9. С. 166–173.

106. Shpyrko N.V., Storchai N.S., Zorina O.A., Hryshko H.N., Vechev J.N. Integrated use of industrial wastes in building materials. *Nauka i studia. – Przemysł. Sp. z o.o. «Nauka i studia»*, 2013. NR 35(103). P. 35–42.

107. Шпирько Н. В., Сторчай Н.С., Богданов Р.В., Гришко А.Н. Влияние механохимической активации на температуру обжига

керамического стенового материала. *Проблемы современной науки*. Ставрополь: Логос, 2014. Вып. 14. С. 44–54.

108. Рунова Р.Ф., Гоц В.И., Плугин А.М., Саницкий М.А. та ін. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження в будівництво. К.: УВПК „ЕксОб”, 2008. 360 с.

109. M. Sanytsky, T. Kropyvnytska, H.-B. Fischer, N. Kondratieva. Performance of low carbon modified composite gypsum binders with increased water resistance. *Chem. Chem. Technol.* 2019. Vol. 13(4). P. 495–502.

110. Саницкий М.А., Кропивницька Т.П., Іващшин Г.С., Русин Б.Г. Концепція низьковуглецевого розвитку в цементній промисловості. *Будівельні матеріали та вироби*. 2017. № 5/6 (96). С. 24–27.

111. Кропивницька Т.П. Лужноактивовані композиційні портландцементи з високою ранньою міцністю та наномодифіковані бетони на їх основі. Автореф. дис. докт. техн. наук: Львів, 2020. 39с.

112. [Sikora P.](#), [Chougan M.](#), [Cuevas K.](#), Kryvenko P., [Sanytsky M.](#), [Stephan D.](#) The effects of nano- and micro-sized additives on 3D printable cementitious and alkali-activated composites: a review *Applied Nanoscience* (Switzerland). 2021. P. 567.

113. Особенности и возможности микроволновой химии. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=513806>.

114. Стрельцов О.Б. Совершенствование СВЧ техники и технологии направленного изменения структуры и свойств полимерных материалов: автореф. дис. канд. техн. наук: Уфа, 2018. 20 с.

115. Ванецев А.С., Третьяков Ю.Д. Микроволновый синтез индивидуальных и многокомпонентных оксидов. *Успехи химии*. 2007. № 76 (5) С. 435-453.

116. Абуталипова Е.М., Павлова И.В, Стрельцов О.Б., Гюльмалиев Э.А. Исследование влияния энергии электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на структуру и свойства полимерных изоляционных материалов. *Химические технологии и продукты*. С. 51-55. URL: [www.neftegazohimiya.ru](http://www.neftegazohimiya.ru).

117. Абуталипова Е.М., Кузеев И.Р., Шулаев Н.С. Улучшение эксплуатационных свойств изоляционных покрытий с использованием сверхвысокочастотного излучения. *Нефтегазовое дело: электронный научный журнал*. 2013. №4. С 316-327. URL:<http://www.ogbus.ru>.

118. В.Ф Каблов, Н.А. Кейбал, Д.А. Провоторова и др. Влияние микроволнового излучения на прочностные свойства эластомерных композиций на основе непредельных каучуков. Современные проблемы науки и образования. РАЕ. М. 2014. №5. URL: <http://www.science education.ru>.

119. Морозов О.Г., Самигуллин Р.Р., Насыбуллин А.Р. Микроволновые технологии в процессах переработки и утилизации бытовых полимерных отходов. *Известия Самарского центра Российской академии наук*. Т.12. № 493. 2010. С.580-582.

120. Абакачева Е.М., Шулаев Н.С., Фахразов А.Р., Киреев К.А. Применение сверхвысокочастотной электромагнитной установки для модификации полимерных пленок и исследование их свойств. *Башкирский химический журнал*. 2010. Т. 17. № 5. С. 79-81.

121. Морозов Г.А. Микроволновая обработка термореактивных и термопластичных полимеров. *Физика волновых процессов и радиотехнические системы*. 2011. Том 14. № 3. С. 114–121.

122. [Zubair M.](#), [Ferrari R.](#), [Alagha O.](#), [Dalhat N.](#), [Blaisi M.N.I.](#), [Ateeq I.S.](#), [Manzar M.S.](#) Microwave Foaming of Materials: An Emerging Field. *Polymers*. 2020. Vol. 12 (11). P. 2477; URL: <https://doi.org/10.3390/polym12112477>.

123. Kim, B.G. Development of microwave foaming method for phenolic insulation foams. *J. Mater. Process. Technol.* 2008. Vol. 201. P. 716–719.

124. Rezvanpanah, E.; Ghaffarian Anbaran, S.R.; Maio, E.D. Carbon nanotubes in microwave foaming of thermoplastics. *Carbon*. 2017. Vol. 125. P. 32–38.

125. Ahmad Zauzi N.S.; Ariff Z.M.; Khimi S.R. Foamability of Natural Rubber via Microwave Assisted Foaming with Azodicarbonamide (ADC) as Blowing Agent. *Mater. Today Proc.* 2019. Vol. 17. P. 1001–1007.

126. Calles-Arriaga C.A.; López-Hernández J.; Hernández-Ordoñez M.; Echavarría-Solís R.A.; Ovando-Medina V.M. Thermal characterization of microwave assisted foaming of expandable polystyrene. *Ing. Investig. Tecnol.* 2016. Vol. 17. P. 15–21.
127. López-Gil A.; Silva-Bellucci F.; Velasco D.; Ardanuy M.; Rodriguez-Perez M. Cellular structure and mechanical properties of starch-based foamed blocks reinforced with natural fibers and produced by microwave heating. *Ind. Crop. Prod.* 2015. Vol. 66. P. 194–205.
128. Demitri C.; Giuri A.; Raucci M.G.; Giugliano D.; Madaghiele M.; Sannino A.; Ambrosio L. Preparation and characterization of cellulose-based foams via microwave curing. *Interface Focus.* 2014. Vol. 4. P. 20130053.
129. Canencia F.; Darder M.; Aranda P.; Fernandes F.M.; Gouveia R.F.; Ruiz-Hitzky E. Conducting macroporous carbon foams derived from microwave-generated caramel/silica gel intermediates. *J. Mater. Sci.* 2017. Vol. 52. P. 11269–11281.
130. Haq E.U.; Padmanabhan S.K.; Licciulli A. Microwave synthesis of thermal insulating foams from coal derived bottom ash. *Fuel Process. Technol.* 2015. Vol. 130. P. 263–267.
131. Peyda S.; Morshedian J.; Karbalaeei-Bagher M.; Baharvand H.; Khorasani M.T. A novel technique in the foaming process of EPDM/PP via microwave radiation: The effect of blend compatibilization and additive encapsulation. *RSC Adv.* 2016. Vol. 6. P. 81400–81407.
132. Peng X.; Song J.; Nesbitt A.; Day R. Microwave foaming of starch-based materials (I) dielectric performance. *J. Cell. Plast.* 2013. Vol. 49. P. 245–258.
133. Kraus S.; Schuchmann H.P.; Gaukel V. Factors Influencing the Microwave-Induced Expansion of Starch-Based Extruded Pellets under Vacuum. *J. Food Process. Eng.* 2014. Vol. 37. P. 264–272.



134. Kraus S.; Sólyom K.; Schuchmann H.P.; Gaukel V. Drying Kinetics and Expansion of Non-predried Extruded Starch-Based Pellets during Microwave Vacuum Processing. *J. Food Process. Eng.* 2013. Vol. 36. P. 763–773.
135. Prociak A.; Owski S.; Bąk S. Thermoplastic polyurethane foamed under microwave irradiation. *Polimery.* 2012. Vol. 57. P. 786–790.
136. Hong Y.; Fang X.; Yao D. Microwave processing of syntactic foam from an expandable thermoset/thermoplastic mixture. *Polym. Eng. Sci.* 2015. Vol. 55. P. 1818–1828.
137. Yamamoto T.; Kobashi M.; Kanetake N. Production of the Al<sub>3</sub>Ti foam by microwave heating. In *ICAA13 Pittsburgh*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 2012. P. 1043–1047.
138. Kolbitsch C.; Link M.; Petutschnigg A.; Wieland S.; Tondi G. Microwave produced tannin-furanic foams. *Mater. Sci. Res.* 2012. Vol. 1. P. 84.
139. Архангельский Ю.С., Девяткин И.И. Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. Саратов: Саратов. гос. ун-т, 1983. 140 с.
140. Соколов И.В. Магнетроны для СВЧ нагрева и источники СВЧ энергии. *Электронная промышленность.* 1996. №3. С.4-9.
141. Плазменные процессы в производстве электронной техники/А.П. Достанко, С.В. Бордусов, И.В. Свадковский и др. /Под общ. ред. А.П. Достанко. Мн.: ФУА информ, 2001. 244с
142. SENERGYS. Микроволновые Технологии и оборудование. URL: <http://senergys.ru/proektyi/tehnologii.html>.
143. Пробоподготовка в микроволновых печах: Теория и практика. Под ред. Г.М. Кингстона, Л.Б. Джесси. М.: Мир, 1991. 336 с.
144. Мамонтов А.В., Нефедов В.Н., Назаров И.В. и др. Микроволновые технологии: Монография. М.: ГНУ НИИ ПМТ, 2008. 308 с.
145. Ванецев А.С. Спекание оксидных порошков с использованием микроволнового воздействия. М.: МГУ, 2011. 32с.

146. Пинчукова Н. А. Основы технологии получения кокарбоксиллазы гидрохлорида с использованием микроволнового излучения: дис. канд. техн. наук: 05.17.04. Харьков, 2014. 151 с.

147. Павленок А.В., Подденежный Е.Н., Бойко А.А. Особенности получения наноструктурированных оксидных порошков с использованием микроволнового излучения. Вестник Гомельского государственного технологического университета им. П.О. Сухого. 2011. № 3. С. 45-53.

148. Сердюк В.Р, Сидлак А.С. Теоретические предпосылки внедрения СВЧ излучения при активации золы-унос для бетонных смесей // Будівельні матеріали, виробі та санітарна техніка: наук.-тех. зб. Київ, 2015. Вип. 56. С. 104–110.

149. Аверьянов Д.Н., Батраков А.В., Самуилов Я.Д. и др. Синтез сложных эфиров дикарбоновых кислот с бензиловым спиртом под воздействием микроволнового излучения. *Журнал общей химии*. 2008. Вып. 10. С. 1684-1688.

150. Женжурин И. А. Эффективность микроволновой обработки глинистых композиций при подборе шихты в технологии керамики. *Строительные материалы*. 2014. №4. С.60-65.

151. Прохина А.В., Шаповалов Н.А., Латыпова М.М. Модификация поверхности глинистых минералов с высоким содержанием монтмориллонита в электромагнитном поле высокой частоты. *Современные наукоемкие технологии*. 2011. № 1 С. 135-136.

152. Шахин И.Х., Шапорев В.П. Обработка природного карбоната кальция в СВЧ печи при воздействии поля бегущей электромагнитной волны. *Интегрированные технологии и энергосбережение*. Харьков: НТУ "ХПИ". 2004. №2. С.96-107.

153. Акимов А.Е. Повышение качества асфальтобетона путем обработки битума полем сверхвысокой частоты: автор. дис. канд. техн. наук: Белгород, 2010. 20 с.

154. Ревенко Б.С. Получение ячеистых бетонов с привлечением СВЧ-технологий. *Молодой учёный*. 2017 г. № 14 (148). С. 118-119.

155. Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Щукин Г.Л., Беланович А.Л., Карпушенков С.А., Савенко В.П. Компенсация усадки пенобетона. *Строительные материалы*. 2015. №8 (632). С. 3-7.

156. Баграмян В.В. Микроволновой синтез растворов силиката натрия из кремнеземсодержащих горных пород Армении. *Вестник ГИУА. Серия "Химические и природоохранные технологии"*. 2014. Вып.17, №2 . С. 9-20.

157. Granat K., Nowak D., Pigieli M., Stachowicz M., Wikiera R. Microwaves energy in curing process of water glass molding sands. *Archives of foundry engineering*. 2007. № 7. P. 183-188.

158. Granat K., Nowak D., Pigieli M., Stachowicz M., Wikiera R. The influence of microwave curing time and water glass kind on the properties of molding sands. *Archives of foundry engineering*. 2007. № 7. P. 79-82.

159. Xu H.; Xu P.; Wang D.; Yang Y.; Wang X.; Wang T.; An W.; Xu S.; Wang Y.-Z. A dimensional stable hydrogel-born foam with enhanced mechanical and thermal insulation and fire-retarding properties via fast microwave foaming. *Chem. Eng. J.* 2020, № 399, P. 125781.

160. Minay E.; Veronesi P.; Cannillo V.; Leonelli C.; Voccaccini A. Control of pore size by metallic fibres in glass matrix composite foams produced by microwave heating. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2004, № 24, P. 3203–3208.

161. Способ изготовления гидратированных порошков силикатов натрия или калия: пат. 2164495 Россия: МПК C01B33/32. № 2000101175/12; заявл. 05.01.2000, опубл. 27.03.2001.

162. Małachowska A., Stachowicz M., Granat K. Innovative microwave hardening of water-glass containing sandmixes in technical-economic approach. *Archives of foundry engineering*. 2012. № 12. P. 75 – 80.

163. Microwave freeze drying method and apparatus: pat. US 4204336 A Unated States: Int. [F26B5/06](#), [F26B5/02](#), [A23F5/32](#), [F26B7/00](#), [F26B17/04](#), [F26B5/04](#). Date of patent: 27.01.1980.

164. Сырьевая смесь для огнезащитных теплоизоляционных плит и способ их изготовления: пат. 2126776 Россия: МПК С04В28/26. № 98112982/03; заявл. 16.07.1998, опубл. 27.02.1999.

165. Способ получения алюмосиликатного пористого материала: пат. 2197423 Россия: МПК С01В33/26, С04В38/00. № 2002104052/12; заявл. 19.02.2002, опубл. 27.01.2003, Бюл. № 5.

166. Руменцев Б.М, Зайцева Е.И. Получение теплоизоляционных материалов из стеклобоя. *Известия вузов. Строительство*. 2002. № 8. С. 24-26.

167. Способ изготовления конструкционно-теплоизоляционного материала: пат. 2524364 Россия: МПК [С04В28/26](#), [С04В111/20](#), [С04В111/40](#). № 2011145253/03; заявл. 11.08.2011; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21. 7 с.

168. Масса для изготовления пористого силикатного материала под действием сверхвысокочастотного излучения: пат. 2134667С1 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 98109872/03; заявл. 29.05.1998, опубл. 20.08.1999.

169. Способ изготовления вспученного силикатного материала: пат. 2060238С1 Россия: МПК С04В28/24, С04В111:40. № 95102077А; заявл. 21.02.1995, опубл. 20.05.1996.

170. Масса для изготовления пористого силикатного материала под действием сверхвысокочастотного излучения: пат. 2133718 Россия: МПК С04В28/24, С04В111:20, С04В38:00. № 98109874/03; заявл. 29.05.1998, опубл. 27.07.1999.

171. Способ изготовления пористых силикатных материалов: пат. 2134668 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 98109881/03; заявл. 29.05.1998, опубл. 20.08.1999.

172. Масса для изготовления пористого силикатного материала под действием сверхвысокочастотного излучения пат. 2134669 Россия: МПК С04В28/26. № 98109881/03; заявл. 29.05.1998, опубл. 20.08.1999.

173. Теплоизоляционный материал - пеносиликат. Пористый материал на основе вспененного жидкого стекла и природных силикатов. URL: <http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/144530>.

174. Состав и способ получения вспученного силикатного материала: пат. 2173674 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 98115724/03; заявл. 13.08.1998; опубл. 20.09.2001.

175. Павленок А.В., Подденежный Е.Н., Бойко А.А. Микроволновая интенсификация процесса получения пеностекла. *Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого*. 2013. № 3. С 32-36.

176. Павленок А.В. Теплоизоляционные силикатные высокопористые материалы, формируемые с использованием термического нагрева и микроволнового излучения. *Современные методы и технологии создания и обработки материалов*: материалы IV междунар. научн.-техн. конф., Минск, ФТИ НАН Беларуси, 2009. С. 168-170.

177. Морозов О., Каргин А., Савенко Г., Требух В., Воробьев И. Промышленное применение СВЧ-нагрева. *Электроника: Наука, технология, бизнес*. 2010. № 3. С. 2-6.

178. Семчиков Ю.Д. Неорганические полимеры. *Соровский образовательный журнал*. 1996. № 10. С. 57-62.

179. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. Санкт-Петербург: Стройиздат, СПб., 1996. 216 с.

180. Айлер Р. Коллоидная химия кремнезема и силикатов. – М.: Госстройиздат, 1959. 288 с.

181. Глуховский В.Д., Кривенко П.В., Румына Г.В., Герасимчук В.Л. Производство бетонов и конструкций на основе шлакощелочных вяжущих. Киев: Будівельник, 1988. 144 с.

182. Мирюк О.А. Бесцементные поризованные композиции. Монография. Рудный: Рудненский индустриальный институт, 2018. 124 с.

183. Сычев М.М. Природа активных центров и управление процессами гидратации. *Цемент*. 1990. № 5. С. 6 - 10.

184. Фиговский О.Л., Кудрявцев П.Г. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых наноконпозиционных материалов. *Инженерный Вестник Дона*. 2014. №2. С. 58-71.
185. Тило Е. Химия и технология полимеров: материалы междунац. симп. по макромолекулярной химии. Москва: иностр. лит-ра, 1960. № 7-8. С. 73-77.
186. Иванов Н.К., Арбузов Н.В., Воронцова Н.В., Зырянова Л.В. *Журнал прикладной химии*. 1976. Т. 69. № 9. С. 1897-1904.
187. Айлер Р. Химия кремнезема. Москва: Мир, 1982. Ч. 1. 416 с.
188. Svensson I.L., Sjoberg S., Ohman L. O. Polysilicate equilibria in concentrated sodium silicate solutions. *J. Chem. Soc, Faraday Trans.* 1986. v. 82. P. 2635 – 3646.
189. Buckerman W., Muller-Warmuth W., Frischat G. Further MAS NMR studies on binary alkali silicate glasses. *Glastech. Ber.*, 1992. v. 65. № 1. P. 18-21.
190. Эйтель В. Физическая химия силикатов. М.: Иностран. лит., 1962. 1050 с.
191. Красовский А.Н., Одляницкая В.С., Баранов В.Г., Агафонов Г.И. ИК спектры и структура тонких слоев силикатов щелочных металлов. *Лакокрасочные материалы*. 1989. Т. 6. С. 81-85.
192. Vail J.G. Soluble Silicates. New York. 1952. V 1, 2.
193. Сычев М. М. Неорганические клеи. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия, 1986. 152 с.
194. Weldes H.H., Lange K.R. *Ing. Eng. Chem.* 1969. V. 61, № 4.
195. Зин Мин Хет. Композиционные материалы на основе жидкостеклового связующего для теплоизоляции. Дис. канд. тех. Наук, Москва, 2020. 146 с.
196. [Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. М.: АСВ. 2008. 320 с.](#)

197. Лебедева Е.Ю., Казьмина О.В. Композиционные многофункциональные покрытия для зданий и строительных конструкций. Материалы межд. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы современного машиностроения». *Материаловедение, механика и обработка металлов в машиностроении*. С. 262 – 265.

198. Кочергина М.П. Структурообразование и свойства строительных композитов на основе силикатнатриевых связующих, модифицированных цинксодержащими растворами. Дис. Канд. Тех. Наук, Саратов, 2017. 213 с.

199. Григоренко А.Н. Исследование влияния антипиренов, минеральных наполнителей и дымоподавляющих добавок на эксплуатационные свойства эпоксиполимеров. *Сборник научных трудов*. 2013. № 34. С. 66-70.

200. Водная композиция, наполненная полыми микросферами, для получения антикоррозионного и теплоизоляционного покрытия и способ получения покрытия на ее основе: пат. 2304156 Россия: МПК C09D5/02, C09D183/04, C09D5/08. № 2005134980/04; заявл. 11.11.2005; опубл. 08.10.2007. Бюл. № 22. 14 с.

201. Композиция для получения наполненных химически сшитых полиолефинов: пат. 2223983 Россия: МПК [C08J9/06](#), [C08L23/00](#), [C08K3/28](#). № 2001107268/04 заявл. 20.03.2001; опубл. 20.02.2004. Бюл. № . 6 с.

202. Краска силикатная: пат. 2272820 Россия: МПК C09D1/02. № 2004124088/04; заявл. 06.08.2004; опубл. 27.03.2006. Бюл. № 9. 7 с.

203. Композиционная силикатная краска: пат. 2160753 Россия: МПК C09D1/04, C04B28/26. № 96104087/04; заявл. 29.02.1996; опубл. 20.12.2000.

204. Малявский Н.И., Душкин О.В., Великанова Н.В. Новые способы модифицирования цинком щелочно-силикатных пеноматериалов. *Вестник МГСУ*. 2007. № 1. С. 167-169.

205. Использование жидкого стекла в качестве ускорителя твердения цементов. URL: <http://www.ecohim.spb.ru/Prod31.htm>.

206. Черкинский Ю.С. Химия полимерных неорганических вяжущих веществ. Ленинград: Химия, 1967. С. 129 – 207.

207. Сулименко Л.М. Общая технология силикатов. М.: Инфра-М, 2004. 336 с.

208. Малявский Н.И., Журавлева О.И. О возможности замены фторосиликатных отвердителей жидкого стекла на кальций-силикатные в технологии получения щелочесиликатных утеплителей. *Вестник Евразийской науки*. 2018. № 7. Т 10. С. 1-12.

209. Сидоров В.И., Малявский Н.И., Покидько Б.В. Получение эффективных водостойких утеплителей путем холодного вспенивания композиций жидкого стекла с некоторыми минеральными вяжущими. *Известия ВУЗОВ. Строительство*. 2003. № 11 (539). С. 55-60.

210. Химические свойства алюминия и основные реакции. URL: [https://www.metmk.com.ua/114spr\\_alum.php](https://www.metmk.com.ua/114spr_alum.php).

211. Теплопроводность и свойства перекиси водорода URL: [http://thermalinfo.ru/publ/zhidkosti/zhidkosti\\_raznye/teploprovodnost\\_i\\_svoystva\\_perekisi\\_vodoroda\\_h2o2/34-1-0-390](http://thermalinfo.ru/publ/zhidkosti/zhidkosti_raznye/teploprovodnost_i_svoystva_perekisi_vodoroda_h2o2/34-1-0-390).

212. Вспенивающие добавки, вспениватели, вспенивающие агенты, пенообразующие добавки. URL: <http://www.newchemistry.ru/dobavka.php?id=12>.

213. История, технологии производства, свойства и применение пищевой соды. URL: <http://www.plasma.com.ua/chemistry/chemistry/soda.html>.

214. Пшинько А.Н., Савицкий Н.В., Корецкая С.А., Гончаренко А.А. Решение вопросов энерго- и ресурсосбережения путем организации производства и технологии получения теплоизоляционного материала. *Вісник ДНУЗТ*. 2004. № 4. С. 200-202.

215. Чухланов В.Ю., Панов Ю.Т., Синявин А.В., Ермолаева Е.В. Газонаполненные пластмассы: учеб. пособие. Владимир, 2006. 115 с.

216. Ребиндер П.А. Физико-химия моющего действия. М.: Пищепромиздат, 1935. 230 с.



217. Неволин Ф.В. Химия и технология синтетических моющих средств. М.: Пищевая промышленность, 1971. 424 с.
218. Шенфельд Н. Неионогенные моющие средства: Пер с нем. М.: Химия, 1965. 487 с.
219. Справочник химика 21. Химия и химическая технология. URL: <https://chem21.info/info/454622/>.
220. Именохенов И., Виндсхаймер Х., Вайтц Р., Кинтсель Н., Линн Х. Технология СВЧ-нагрева: потенциал и границы. URL: [https://www.linn-high-therm.de/fileadmin/user\\_upload/pages/about\\_us/download/publications/white\\_papers/MikrowellenerwaermungRus.pdf](https://www.linn-high-therm.de/fileadmin/user_upload/pages/about_us/download/publications/white_papers/MikrowellenerwaermungRus.pdf).
221. Евсина Н. А. Анализ способов сушки капиллярно-пористых материалов и методов их автоматизации. *Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып.: Автоматика и приборостроение*. Харьков: НТУ "ХПИ". 2011. № 57. С. 88-91.
222. Пащенко. Вяжущие материалы. М.: Стройиздат, 1980. 354 с.
223. Тихомирова. И.Н., Скорина Т.В. Строительные и отделочные материалы на основе жидкостекольных композиций. *XVIII Менделеевского съезда по прикладной и общей химии: Тез.докл.*- М.: Граница. Т. 2. 2007. С. 550.
224. Кудяков А.И., Зиновьев А.А., Дворянинова Н.В. Морозостойкие кладочные растворы пониженной плотности с добавками микоркремнезема и омыленного талового пека. *Вестник ТГАСУ*. 2008. № 4. С. 99-105.
225. Рыжков И.В., Толстой В.С. Физико-химические основы формирования свойств смесей с жидким стеклом. Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1975. 136 с.
226. Торубриев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. М.: Стройиздат, 1988. 208 с.
227. Кудяков А.И., Свергунова Н.А. Исследование процесса получения зернистого теплоизоляционного материала на основе

высокомодульной жидкостекольной композиции из микоркремнезема. *Вестник ТГАСУ*. 2008. № 1. С. 130-137.

228. Лазарев А.Н. Структурные превращения в стеклах при повышенных температурах. М.: Наука, 1965. 233 с.

229. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. Л.: Стройиздат, Ленингр. Отд-ние, 1991. 176 с.

230. Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло: получение, свойства и применение. М.: Промстройиздат, 1956. 443 с.

231. Генеролав Б.В., Крифукс О.В., Малявский Н.И. Бисипор – новый эффективный минеральный утеплитель. *Строительные материалы*, 1999. № 1. С. 7-8.

232. Римар Т.Е., Акименко К.В. Термостійкий матеріал для теплоізоляції на основі рідкого скла. *Вісник СНУ ім. В. Даля. Сєвєродонецьк*. 2010. № 7 [154]. Ч. 2. С. 51-54.

233. Римар Т.Е. Склад та спосіб отримання спученого зернистого матеріалу для теплоізоляції на основі рідкого скла: пат. Україна № 72198: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54. № 201201018, заявл. 31.01.2012; опубл. 10.08.2012, Бюл. №15.

234. Акименко Е.В., Рымар Т.Э. Получение вспененного наполнителя для теплоизоляции. *Технологія-2010: матеріали XIII всеукр. наук.-практ. конф.*, м. Сєвєродонецьк. 2010. Ч. 2. С.110-112.

235. Рымар Т.Э. Вспененные материалы на основе жидкого стекла. *Вісник СНУ ім. В. Даля. Сєвєродонецьк*. 2013. № 14 (203). С. 89-93.

236. Римар Т.Е. Спосіб отримання блокового теплоізоляційного матеріалу на основі грануляту з рідкого скла: пат. Україна № 88461: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54; № 201313697, заявл. 25.11.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5.

237. Пінчукова Н.О., Волошко О.Ю., Чебанов В.А., Римар Т.Е., Крючкова К.Ю. Спосіб отримання теплоізоляційного матеріалу на основі

грануляту з рідкого скла: пат. Україна 105759: МПК С04В 28/26 С04J 9/16 В29С 44/54. № 2015 07238, заявл 20.07.2015; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.

238. Супрун О.Ю. Жидкостекольные композиции для защиты строительных конструкций от коррозионных воздействий. *Научно-технический сборник*. 2005. № 63. С. 108-116.

239. Баженов Ю.М. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности (основы теории, методы расчета и технологическое проектирование). Москва: АСВ, 2008. 319 с.

240. Гелеобразующий состав на основе жидкого стекла для ограничения водопритока: пат. ВУ 18502 Беларусь: МПК E21B33/138, C09K8/50. № 20111442; заявл. 31.10.2011, опубл. 30.08.2014. 4 с.

241. Киреев А.А. Совершенствование средств оперативной защиты от теплового воздействия пожара. *Проблемы пожарной безопасности. Сборник научных трудов*. 2010. № 28. С. 81-85.

242. Способ изготовления полых стеклосфер, сырьевая шихта для изготовления полых стеклосфер: пат. 2465223 Россия: МПК С03В19/10. № 2011122880/03; заявл. 06.06.2011; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30, 11 с.

243. Углова Т.К., Новоселова С.Н., Татаринцева О.В. Экологически чистый теплоизоляционный материал с жесткой ячеистой структурой. *Ползуновский вестник*. 2013. № 3. С. 278-281.

244. [Лотов В.А.](#), Кутугин В.А., Ревенко В.В. Управление процессами поризации термопеносиликатных изделий на основе жидкого стекла. *Стекло и керамика*. 2009. № 11. С. 19-22.

245. Страхов В.А., Иващенко Н.А., Тимохин Д.К. Влияние активных минеральных наполнителей на формирование структуры и свойств энергоэффективных строительных композитов. *Вестник СГТУ*. 2012. № 3 (67). С. 228-230.

246. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Исследование свойств гранулированного теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла

и различных наполнителей. *Вісник НТУ «ХП»*. Харків. 2015. № 30 (1139). С. 59-65.

247. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Оценка основных показателей гранулированного материала на основе жидкого стекла в зависимости от вида наполнителя. *Технологія-2014: матеріали міжнар. наук.-техн. конф.*, м. Сєверодонецьк. 2014. Ч. 1. С. 181-183.

248. Рymar Т.Е., Суворін О.В. Вплив термореактивних добавок на властивості гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». 2020. № 1 (3). С. 106-114. doi:10.20998/2413-4295.2020.03.15.

249. Рymar Т.Е. Композиція для отримання спученого зернистого матеріалу для теплоізоляції на основі рідкого скла: пат. Україна № 88460: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54. № 201313697, заявл. 25.11.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5.

250. Википедия. Гидрокарбонат натрия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидрокарбонат\\_натрия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидрокарбонат_натрия).

251. PlastycHelpers.ru. Химическое вспенивание термопластов. URL: <http://plastichelper.ru/syre/vspenivateli/107-ximicheskoe-vspenivanie-termoplastov>.

252. Kang F., Zheng Y., Wang H. Effects of preparation conditions on the characteristics of exfoliated graphite. *Carbon*. 2002. V.400. №9. p. 1575.

253. Inagaki M., Ivashita N., Kouro E. Potential change with intercalation sulfuric acid into graphite. *Carbon*. 1990. №1. V.28. p. 49.

254. Рымар Т.Э. Влияние минеральных добавок на процесс формирования пористой структуры жидкостекольных зернистых теплоизоляционных материалов. *Питання хімії та хімічної технології*. Дніпро. 2019. № 2 (123). С. 112-120.

255. Шаталова В.В., Турченко А.Е. Исследование сорбционной способности глинистого сырья в присутствии полимерных ионогенных

добавок. *Вестник ВГУ, серия: химия, биология, фармация*. 2006. № 2. С. 113-116.

256. Лотов В.А., Кутугин В.А. Технология материалов на основе силикатных дисперсных систем: учеб. пособ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 202 с.

257. Римар Т.Е. Отримання пористих гранульованих матеріалів на основі рідкого скла під дією мікрохвильового випромінювання. *Енергоефективність на транспорті: матеріали міжн. наук-техн. конф., м. Харків 18-20 листопада 2020*. С. 79-81.

258. Римар Т.Е. Дослідження впливу НВЧ випромінювання на властивості гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків. 2021. Вип. 196. С. 6-16.

259. Лыков А.Л. Теория сушки. М.: Энегррия, 1968. 472 с.

260. Рымар Т.Э., Крючкова Е.Ю. Кинетика поризации гранулированного материала на основе жидкого стекла и минерального наполнителя. *Вісник СХУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк*. 2014. № 9 (216). С. 144-148.

261. Расчеты показателей эффективности сушильных установок. URL: [http://oplib.ru/energetika/view/1255993\\_opredelenie\\_energeticheskogo\\_koefficienta\\_poleznogo\\_deystviya\\_sushil\\_noy\\_ustanovki](http://oplib.ru/energetika/view/1255993_opredelenie_energeticheskogo_koefficienta_poleznogo_deystviya_sushil_noy_ustanovki).

262. Алексеева Л.Л. Перспективные строительные материалы. Методические указания по выполнению практических занятий для студентов специальностей 290300 «Промышленное и гражданское строительство» и 290500 «Городское строительство и хозяйство». Ангарск: АГТА. 2004. 70 с.

263. Удельная теплота испарения (парообразования) воды при различной температуре и нормальном атмосферном давлении. URL: <http://easy-physic.ru/wp-content/uploads/2014/07/Udelnaya-teplota-isporeniya.pdf>.

264. Основные технологические переделы производства жидкого стекла. URL: <http://msd.com.ua/rastvorimoe-i-zhidkoe-steklo/osnovnye-technologicheskie-peredely-proizvodstva-zhidkogo-stekla/>.

265. Оксид цинка ZnO. URL: <http://worldofmaterials.ru/spravochnik/semiconductors/256-oksid-tsinka-zno>.

266. Conglomeration of minerals from a granular state with binder including waterglass, acrylic resin and vinyl alcohol: pat. CA 2332797 A1 Unated States: int. [C22B1/243](#), [C04B18/02](#), [C04B28/26](#), [C04B24/02](#), [C22B1/248](#), [C22B1/244](#), [C04B32/00](#). Date of patent: 25.11.1999.

267. Сырьевая смесь для изготовления пористого теплоизоляционного материала: пат. 2497774 Россия: МПК C04B28/26, [C04B38/00](#), [C04B111/20](#), [C04B111/40](#). № 2012119405/03; заявл. 11.05.2012; опубл. 10.11.2013. Бюл. № 31. 6с.

268. Способ получения теплоизоляционного материала: пат. 2492153 Россия: МПК [C04B28/26](#). № 2012104947/03; заявл. 13.02.2012; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 25. 7 с.

269. Способ изготовления гранулированного заполнителя для силикатных изделий автоклавного твердения: пат. 2433976 Россия: МПК [C04B28/18](#), [C04B20/00](#), [C04B111/20](#). № 2010119770/03; заявл. 17.05.2010; опубл. 20.11.2011. Бюл. № 32. 8 с.

270. Композиция для получения теплоизоляционного материала: пат. 2184099 Россия: МПК C04B28/26, C04B38/00. № 2000105875/03; заявл. 10.03.2010; опубл. 27.06.2002. Бюл. №

271. Method for producing calibrated granulated foam glass: pat. US EP 1803693 A1 Unated States: int. [C03B19/08](#), [C03C11/00](#). Date of patent: 4.07.2007.

272. Способ изготовления гранулированного заполнителя для теплоизоляционного материала: пат. 2360878 Россия: МПК C04B20/00, C04B28/26. № 2007140628/03, заявл. 01.11.2007, опубл. 10.07.2009.

273. Способ получения водостойкого пористого заполнителя: пат. 2476394 Россия: МПК [C04B14/24](#). № 2011126822/03; заявл. 29.06.2011, опубл. 27.02.2013. Бюл. № 6. 5 с.

274. Композиция для производства пористого заполнителя: пат. 2361831 Россия: МПК С04В14/24, С04В28/26, С04В111/40. № 2007142080/03, заявл. 13.11.2007, опубл. 20.07.2009.

275. Композиция для производства пористого заполнителя: пат. 2440312 Россия: МПК С04В 14/24. заявл. 31.05.01, опубл. 20.01.2012.

276. Method for producing calibrated granulated foam glass: pat. WO 2006043849 A1: МПК [C03C1/024](#), [C03B19/108](#), [C03C11/007](#), [C03C11/002](#). Date of patent: 27.04.2006.

277. Композиция для изготовления сферических гранул для теплоизоляционного материала: пат. 2158716 Россия: МПК С04В28/26, С04В28/26, С04В14:24, С04В111:20. № 99103831/03, заявл. 16.02.1999, опубл. 10.11.2000.

278. Method for producing expanded glass granules and the use thereof: pat. 9018139 B2 Unated States: int. [C03C11/00](#), [C09K8/03](#), [C03B19/10](#). Date of patent: 28.04.2015.

279. Porous silicate granular material and method for producing it: Pat. US 6818055 B2 Unated states: int. [C04B14/24](#), [C03C11/00](#), [C03C6/02](#). Date of patent: 16.11.2004.

280. Способ получения водостойкого пористого заполнителя: пат. 2406708 Россия: МПК С04В14/24. № 2009101719/03; заявл. 27.07.2010; опубл. 20.12.2010, Бюл. № 35.

281. Method for producing expanded glass granules and expanded glass granules and the use thereof: pat. 20130029885 A1 Unated States: int. [C03B19/10](#), [C04B14/24](#), [C09K8/52](#). Date of patent: 31.01.2013.

282. Сырьевая смесь и способ производства зернистого теплоизоляционного материала: пат. 163898 Россия: МПК С04В 14/00. № 99103572/03; заявл. 23.02.1999, опубл. 10.03.2001.

283. Способ изготовления вспученного силикатного материала: пат. 2060238 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 98115724/03; заявл. 13.08.1998; опубл. 20.09.2001, Бюл. № 16. 6 с.

284. Римар Т.Е. Дослідження впливу наповнювачів на властивості композиційних теплоізоляційних матеріалів холодного спінювання на основі рідкого скла. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Київ. 2020. Серія: Технічні науки. Том 31 (70). № 2. С. 39-44.

285. Римар Т.Е., Кудюков Ю.П. Вплив спінюючих агентів на структуру і властивості піноматеріалів на основі рідкого скла. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. Сєверодонецьк. 2009. № 12 [142]. Ч. 2. С. 41-45.

286. Унковская В.В., Рымар Т.Э. Изучение свойств теплоизоляционных материалов холодной поризации на основе жидкостекольного гранулята. *Вісник НТУ «ХПИ»*. Харків. 2015. № 30 (1139). С. 112-118.

287. Римар Т.Е. Исследование структуры теплоизоляционных материалов на основе жидкого стекла в зависимости от количества газообразующего агента. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Київ. 2018. Серія: Технічні науки. Том 29 (68). № 6. С. 77-81.

288. Рымар Т.Э. Использование поверхностно-активных веществ в качестве пеностабилизаторов при получении жидкостекольных неорганических пеноматериалов холодной поризации. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. Сєверодонецьк. 2019. № 8 (256). С. 70-73.

289. Кругляков П.М. Ексерова Д.Р. Пены и пенные пленки. М.: Химия, 1990. 432 с.

290. Унковская В.В., Рымар Т.Э. Исследование свойств теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла и гранулированного наполнителя. *Развитие науки в XXI веке: материалы XXII межд. заоч. конф.*, г. Харьков. 2017. Ч. 1. С. 111-115.

291. Римар Т.Е. Дослідження структури рідкоскляного теплоізоляційного матеріалу з використанням гранульованого наповнювача.



*Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2018. № 6 (141). С. 24-28.

292. Римар Т.Е. Дослідження структури композиційних теплоізоляційних матеріалів холодного спінування. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2020. № 3 (141). С. 24-28.

293. Шплет Н.Г. Требования к пенопластам, применяемым в качестве термоизоляции строительных конструкций. Л.: Полимерные материалы в гражданском строительстве на Крайнем Севере, 1983. С. 89-92.

294. Римар Т.Е. Исследование структуры теплоизоляционных материалов на основе жидкого стекла в зависимости от количества газообразующего агента. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Київ. 2018. Серія: Технічні науки. Том 29 (68). № 6. С. 77-81.

295. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Влияние наполнителей и газообразующих агентов на свойства блочных теплоизоляционных материалов на основе неорганического полимера – жидкого стекла. *Вісник СНУ ім. В. Даля*. Сєвєродонецьк. 2015. № 7 (224). С. 12-19.

296. Римар Т.Е. Газоутворювачі для піноматеріалів на основі рідкого скла. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2017. № 6 (135). С. 9-13.

297. Рымар Т.Э. Изучение влияния поверхностно-активных веществ на свойства жидкостекольных теплоизоляционных материалов. *Вісник НТУ «ХПИ»*. Харків. 2017. № 48 (1269). С. 62-67.

298. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Фазовый состав блочного теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла. *Технологія-2016: матеріали міжн. наук.-техн. конф., м. Сєвєродонецьк*. 2016. Ч. 1. С. 20-22.

299. Римар Т.Е., Суворін О.В. Дослідження структури і фазового складу композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. 10<sup>th</sup> Internatinal Scientific Conference: Sciance progress in European countries:

new concepts and modern solutions. Conference papers. Stuttgart, Germany. October 25, 2019. С. 26-35.

300. Римар Т.Е., Суворін О.В. Дослідження процесів формування структури композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла, отриманих з застосуванням екологічно-безпечних НВЧ технологій. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Харків: НТУ «ХП». 2021. № 1 (5). С. 3-10.

301. Римар Т.Е., Крючкова К.Ю. Теплоізоляційні матеріали на основі рідкого скла. Порівняння процесів їх отримання шляхом конвективного нагрівання та мікрохвильовим випромінюванням. *Хімічна промисловість України*. Київ. 2016. № 1 (132). С. 18-22.

302. Римар Т.Е. Іноваційна НВЧ технологія композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Науковий вісник будівництва*. Харків. 2020. Т. 102. № 4. С. 161-167. Doi.org/10.29295/2311-7257-2020-102-4-161-167.

303. Римар Т.Е. Дослідження впливу НВЧ випромінювання на властивості композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Науковий вісник будівництва*. Харків. 2021. Т. 104. № 2. С. 284-291.

304. Rymar T., Suvorin O. The choice of the grouting method for liquid glass granulate while obtaining composite thermal insulation materials. *Functional materials*. Kharkov. 2020. Vol 27. № 3. P. 611 - 621. doi:https://doi.org/10.15407/fm27.03.611.

305. Верещагин В.И., Борило Л.П. Пористые композиционные материалы на основе жидкого стекла и природных силикатов. *Стекло и керамика*. 2002. № 9. С. 26-28.

306. Сульфат кальция. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82\\_%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82_%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B8%D1%8F).

307. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. Под ред. проф. Я.С. Уманского. М.: Гос. Изд-во физико-математической литературы, 1961. 863 с.

308. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максун С.Е. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения. К.: Вища школа, 1991. 243 с.

309. Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Саницкий М.А., Руденко И.И. Щелочные цементы: монография. Киев: изд-во ООО «Основа», 2015. 448 с.

310. Углова Т.К., Новоселова С.Н., Татаринцева О.В. Экологически чистый теплоизоляционный материал с жесткой ячеистой структурой. *Ползуновский вестник*. 2013. № 3. С. 278-281.

311. Yakovlev G., Kodolov V. Intumescent Fireproof Coating Based on Water Glass. *International Journal of Polymeric Materials*. 2000. № 47(43). P. 107-115.

312. Способ изготовления пеносиликата: пат. 021140 В1 ЕАПВ: МПК С04В38/00, С03С11/00. № 201201425; заявл. 16.11.2012; опубл. 30.05.2014. Бюл. № 4`2015. 6 с.

313. Силикатная композиция для получения теплоизоляционного материала: пат. 2171241 Россия: МПК С04В28/24, С04В111:40. № 99110552/03; заявл. 21.05.1999, опубл. 27.07.2001.

314. Композиция для изготовления ячеистого материала: пат. 2148044 Россия: МПК С04В28/26, С04В38/02. № 98115696/03; заявл. 10.08.1998; опубл. 27.04.2000.

315. Сырьевая смесь для изготовления пеносиликата: пат. 2368574 Россия: МПК [С03С11](#). № 2008136712/12; заявл. 15.09.2008; опубл. 27.09.2009. Бюл. 27. 8 с.

316. Сырьевая смесь для изготовления пеносиликата: пат. 2556739 С1 Россия: МПК [С04В 28/26](#), [С04В 38/02](#), [С04В 111/20](#). № 2014120259/03; заявл. 20.05.2014; опубл. 20.07.2015. Бюл. 20. 14 с.

317. Способ получения пористого огнеупорного материала: пат. 2197450 Россия: МПК С04В38/02. № 2001121458/03; заявл. 01.08.2001; опубл. 27.01.2003. Бюл. № . 8 с.

318. Композиция для получения теплоизоляционного материала: пат. 2165908 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 2000117944/03; заявл. 10.07.2000; опубл. 27.04.2001. 5 с.

319. Способ получения блоков пеносиликата: пат. 2297398 Россия: МПК С03С11/00. № 2005132347/03; заявл. 19.10.2005; опубл. 20.04.2007. Бюл. 11. 6 с.

320. Способ получения блоков пеносиликата: пат. 2225373 Россия: МПК [С03С11](#). № 2002123820/03; заявл. 06.09.2002; опубл. 10.03.2004. Бюл. № . 6 с.

321. Способ производства силикатного теплоизоляционного материала: пат. ВУ 14019 Беларусь: МПК С04В38/08, С04В28/00. № 20090568; заявл. 20.04.2009; опубл. 30.12.2010. 4 с.

322. Состав и способ получения пеносиликатного материала: пат. 2346906 Россия: МПК С04В28/26, С04В111/40. № 2007116508/03; заявл. 02.05.2007; опубл. 20.02.2009.

323. Композиция для изготовления теплоизоляционных изделий: пат. 2104252 Россия: МПК С04В14/38. № 96101487/03; заявл. 24.01.1996; опубл. 10.02.1998.

324. Foamed glass composite material and method of producing same: pat. 8171751 Unated States: int. С03В 19/08 (20060101); С03В 19/09 (20060101). Date of patent: 8.05.2012.

325. Пенокристаллический материал и способ его получения: пат. 2272006 Россия: МПК С03С11/00. № 2004125788/03; заявл. 24.08.2004; опубл. 20.03.2006.

326. Огнеупорный вспененный углеродсодержащий материал: пат. 2263648 Россия: МПК С04В38/02, С04В38/10, С04В35/16. № 2003136383/03; заявл. 17.12.2003; опубл. 20.05.2005, Бюл. № 31. 8 с.

327. Сырьевая смесь для получения пеносиликатного теплоизоляционного материала и способ его изготовления: пат. 2341483 Россия: МПК C04B28/26, C04B40/00. № 007104512/03; заявл. 05.02.2007; опубл. 20.12.2008, Бюл. № 35. 12 с.

328. Сырьевая смесь для изготовления теплоизоляционного материала и способ его получения: пат. 2148045 Россия: МПК C04B28/26, C04B40/00. № 98121201/03; заявл. 24.11.1998; опубл. 27.04.2000. Бюл. 4. 8 с.

329. Foamed glass ceramic composite materials and a method for producing the same: pat. 9376344 United States: int. C04B 14/24 (20060101); C04B 18/14 (20060101); C04B 28/04 (20060101); C04B 38/08 (20060101). Date of patent 28.06.2016.

330. Способ производства блочного теплоизоляционного пеностекла: пат. 2290372 Россия: МПК C03C11. № 2005121870/03; заявл. 11.07.2005; опубл. 27.12.2006.

331. Inorganic fireproof and heat-insulating material based article thereof: pat. 9708536B2 United States: int. C09K21/02, E04B1/80. Date of patent: 18.07.2017.

332. Method to produce foam silicates with admixtures having magnetic properties and foam silicate thus produced: pat. WO 2016056932 A1: int. [C04B35/16](#), [C04B35/624](#), [C04B38/00](#). Date of patent: 14.04.2016.

333. Способ изготовления теплоизоляционного материала WO 2012121619 A1: МПК [C04B38/10](#), [C04B40/00](#). № PCT/RU2011/000385; заявл. 2.06.2011; опубл. 13.09.2012. 18 с.

334. Eremina N.V., Avvakumov E.G., Zelinskii V.Y. Fireproof Water Glass Composite Based on Mechanically Activated Alumina. *Glass and Ceramics*. 2005. № 62. P. 58-60.

335. Denisov D.Y., Kulikov V.A., Abdrakhimov V.Z. Preparation of heat insulation material from water glass modified with sodium chloride. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2012. № 52. P. 331-334.

336. Rimar T.E., Kryuchkova E.Ju., Pinchukova N.A., Voloshko A.Y., Chebanov V.A. High-efficient microwave-assisted method for the preparation of energy-saving foamed liquid glass materials. *Functional materials*. Kharkov. 2016. Vol 23. № 3. P. 1-6.

337. Римар Т.Е. Вибір технологічного режиму спучування гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Сучасні технології в освіті та науці: матеріали третьої міжн. наук.-практ. конф., м. Сєверодонецьк. 27-28 лютого 2020. Ч. 2. - С. 184-186.*

338. Rymar T. Determining the technological mode of foaming of blocked heat – insulating material based on liquid glass in microwave equipment. *Functional materials*. Kharkov. 2018. Vol 25. № 2. P. 376-380.

339. Rymar T., Suvorin O. Comparison of properties of thermal insulation materials based on liquid glass obtained by volume and contact grouting. *Питання хімії та хімічної технології* Дніпро. 2020. № 1. С. 47-52.

340. Римар Т.Е. Дослідження властивостей композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкоскляного грануляту одержаних шляхом об'ємного і контактного омонолічування. *Сучасні технології в освіті та науці: колективна монографія з матеріалами четвертої міжн. наук.-практ. конф., м. Сєверодонецьк. 22-23 квітня 2021. С. 13-18.*

341. Композиция для производства пористого заполнителя: пат. 2594238 Россия: МПК [C04B14/24](#), [C04B20/06](#), [C04B38/00](#). № ; заявл. 24.06.2015; опублик. 10.08.2016. Бюл. 3. 6 с.

342. Сырьевая смесь для изготовления пористого заполнителя: пат. 2399596 Россия: МПК C04B14/04. № 2009128802/03; заявл. 27.09.2009; опублик. 20.09.2010. Бюл. 26. 4 с.

343. Сырьевая смесь для получения пористого заполнителя: пат. 2497780 Россия: МПК [C04B38/02](#). № 2012125142/03; заявл. 18.06.2012; опублик. 10.11.2013. Бюл. 31. 6 с.

344. Synthetic aggregate for use in concrete: Pat. US 8921463 B1 Unated States. Int. [C04B28/26](#), [C04B28/04](#). Date of patent: 30.12.2014.

345. Obada Kayali. Flashag – new lightweight aggregate for high strength and durable concrete. *World of Coal Ash*. (Kentucki, USA. April 11-15. 2005).

346. Pet artificial aggregate for the preparation of lightened concrete: Pat. WO 2004024793 A2. Int. [B29K67/00](#), [C04B111/40](#), [B29B17/04](#), [C04B28/02](#), [C04B16/04](#), [C04B18/02](#), [B29B17/00](#), [C04B18/20](#). Date of patent: 25.03.2004.

347. Mizuriaeв S., Zhigulina A., Solopova G. Production technology of waterproof porous aggregates based on alkali silicate and non-bloating clay for concrete of general usage. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 111. P. 540 – 544.

348. Способ изготовления пористых строительных изделий из способного вспучиваться природного глинистого сырья: пат. 2469008 Россия: МПК [C04B38/08](#), [C04B33/02](#), [C04B33/32](#). № 2011131733/03; заявл. 29.07.2011; опублик. 10.12.2012. Бюл. 34. 8 с.

349. Eremina N.V., Avvakumov E.G., Zelinskii V.Y. Fireproof Water Glass Composite Based on Mechanically Activated Alumina. *Glass and Ceramics*. 2005. № 62. P. 58-60.

350. Эпиламированный пористый материал и способ его получения: пат. 2283322 Россия: МПК C08J5/00, C08K7/22. № 2005120618/04; заявл. 04.07.2005; опублик. 10.09.2006. Бюл. 25. 11 с.

351. Composite materials made from treated cellulose and plastic: Pat. WO 2002077077 A3: МКИ [C08J5/06](#). № PCT/IB2002/000831; заявл. 23.03.2001; опубл. 03.10.2002.

352. Калдыбекова Ж.Д., Бренер А.М., Сырманова К.К. Некоторые аспекты моделирования структуры высокопористых материалов. *Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан*. 2007. № 3 С. 52-55.

353. Римар Т.Е. Отримання пористих гранульованих матеріалів на основі рідкого скла під дією мікрохвильового випромінювання. *Енергоефективність на транспорті: матеріали міжн. наук-техн. конф., м. Харків 18-20 листопада 2020. Ч. С.*

354. Римар Т.Е. Композиційні теплоізоляційні матеріали на основі рідкоскляного грануляту. *Теорія і методи будівельного матеріалознавства:*

матеріали VI міжн. наук-практ. конф., м. Харків 5-6 листопада 2020. Ч. С. 92-94.

355. Именохоев И., Виндсхаймер Х., Вайтц Р., Кинтсель Н., Линн Х. Технорлогия СВН-нагрева: потенциал и границы. URL: <http://www.linn.de/>

356. Технологические системы и комплексы. URL: <http://tsc-technologies.ru/ru/>

357. Установки для вспучивания вермикулита VERMIC. URL: <http://tsc-technologies.ru/ru/oborudovanie/ustanovki-dlya-vspuchivaniya-vermikulita-vermic/>

358. Римар Т.Е. Використання НВЧ випромінювання для спучування рідкоскляних теплоізоляційних матеріалів. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків. 2020. Вип. 193. С. 15-23.

359. Піноскло. ТОВ «НВП «Технологія», м. Шостка. URL: <http://www.pinosklo.com/ua/>



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

360. Теплоізоляційні матеріали. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
361. Киреева Ю.И. Теплоизоляционные и акустические материалы: учебное издание. Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2009. 355 с.
362. Масштаб рынка теплоизоляции. URL: <https://minplita.biz/news/obzor-rynka-teploizolyatsii-na-urale/>
363. Першина Л.О., Макаренко О.В., Шкарупа С.С. Порівняння ефективності теплоізоляційних матеріалів. Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА – ХОТВ АБУ, № 2. 2015. С. 152 – 157.
364. Vaou V., Panias D. Thermal insulating foamy geopolymers from perlite. *Minerals Engineering*. 2010. Vol. 23. pp. 1146–1151.
365. Барінова Л.С. Тенденции развития промышленности строительных материалов за рубежом. *Строительные материалы*. 2004. № 11. С. 2-6.
366. Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г., Августович Б.І. Особливості конструкції стіни з використанням ніздрюватих бетонів. Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві», С. 33-38.
367. Дворкін Л.Й, Жидковський В.В. Технологія опоряджувальних теплоізоляційних та гідроізоляційних матеріалів: Навч. Посібник. Рівне: НУВГП, 2010. - 223 с.
368. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 248с.
369. Способ получения гранулированного пеносиликата Penostek: пат. 2424997С2 Россия: МПК С03С 11/00. № 2009133384/03; заявл. 07.09.2009; опубл. 27.07.2001, Бюл. № 8. 6с.
370. Способ изготовления гранулированного пеностекла из стеклобоя: пат. WO 2162825 А1 Россия. МПК С03С11/00. № РСТ/RU201098123668/03; заявл. 30.12.1998, опублик. 10.02.2001. Бюл. № 11. 10 с.

371. Севастьянов В.С., Зубанов А.П. Техника и безотходная технология производства пеностекла. *Известия вузов. Строительство*. 2000. № 10. С.74-76.

372. Смирнова Л.Б. Гранулированное пеностекло из боя стекла. *Стекло и керамика*. 1990. № 12. С. 22.

373. Погребинский Г.М., Искоренко Г.И. Гранулированное пеностекло как перспективный теплоизоляционный материал. *Строительные материалы*. 2003. № 3. С. 28-29

374. Саакян Э.Р. Многофункциональные ячеистые стекла из вулканических стекловатых пород. *Стекло и керамика*. 1991. № 1. С. 5-6.

375. Саакян Э.Р. Ячеистые стекла из осадочных кремнеземистых пород. *Стекло и керамика*. 1991. № 3. С. 3-4.

376. Колосова М.М., Нагибин Г.Е. Гранулированное пеностекло - универсальный экологически чистый теплоизоляционный материал. *Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века*. 2002. № 1. С. 12-13.

377. Cellular Glass or Foamed Glass. Trade OF Industrial Insulation. Insulation – Materials, Science and Application. Module 4 – Unit 6. 2014.

378. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции: учебник. М.: Инфра-М, 2003. 265 с.

379. Модернізація теплових агрегатів. URL: <https://inventum.com.ua/uk/articles/preimushhestva-primeneniay-sovremenux-materialov-na-osnove-keramicheskogo-volokna-v-energetike.html>

380. ДСТУ-Н Б А.3.1-29:2015. Магістральні трубопроводи. Нанесення захисних покривів та улаштування теплової ізоляції. Настанова.

381. Технология теплоизоляции. URL: [msd.com.ua/tehnologia-teploizolyacii/perspektivy-rasvitiya-proizvodstva-i-primeneniya-penoplastov/](http://msd.com.ua/tehnologia-teploizolyacii/perspektivy-rasvitiya-proizvodstva-i-primeneniya-penoplastov/).

382. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1980. 399с.

383. Горяйнов К.Э. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Стройиздат, 1982. 376 с.

384. Морозов А.П. Пенобетоны и другие теплоизоляционные материалы. Магнитогорск, 2008. 103 с.

385. Малявский Н.И. Щелочно - силикатные утеплители - химические основы производства. *Российский химический журнал*. 2003. № 4. С. 39-45.

386. Сидоров В.И. Использование модифицированного жидкого стекла для получения водостойких утеплителей методом холодного вспенивания. *Известия вузов. Строительство*. 2002. № 8. С. 27-32.

387. Лотов В.А. Перспективные теплоизоляционные материалы с жесткой структурой. *Строительные материалы*. 2004. № 11. С. 8-10.

388. Сырьевая смесь для получения пеносиликатного теплоизоляционного материала: пат. 2097362 Россия: МКИ С04В 38/00. № 95108038/03; заявл. 17.05.1995; опубл. 27.11.1997.

389. Сырьевая смесь и способ получения теплоизоляционного материала: пат. 2128633 Россия: МКИ С04В 28/26. № 96115722/03; заявл. 29.07.1996; опубл. 10.04.1999.

390. Вспененный материал и способ его изготовления: пат. 2268248 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2004120692/03; заявл. 06.07.2004; опубл. 20.01.2006. Бюл. № 2. 6с.

391. Способ получения теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла: пат. 2177922 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2000122266/03; заявл. 24.08.2000; опубл. 10.01.2002.

392. Композиция для получения теплоизоляционного материала: пат. 2165908 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2000117944/03; заявл. 10.07.2000; опубл. 27.04.2001.

393. Способ получения блоков пеносиликата: пат. 2225373 (13) С1 Россия: МПК С03С11/00. № 2002123820/03; заявл. 06.09.2002; опубл. 03.10.2004.

394. Иванов М.Ю. Энергоэффективные утеплители в строительстве. *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки.* 2012. Т.3. С. 161-166.

395. Иванов М.Ю. Технология производства энергоэффективного зернистого теплоизоляционного материала. *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки.* 2012. Т.3. С. 166-170.

396. Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Использование техногенных промышленных отходов для производства эффективных строительных материалов как способ охраны окружающей среды. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.* 2004. № 8. С. 261-262.

397. Иванов М.Ю. Экономические и экологические аспекты производства энергоэффективных зернистых теплоизоляционных материалов. *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки.* 2013. Т.1. С. 246-251.

398. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированного жидкого стекла из микрокремнезема. *Строительные материалы.* 2004. № 11. С.12.

399. Иванов М.Ю. Разработка технологий управления поровой структурой зернистых теплоизоляционных материалов на основе силикат-натриевых композиций. *Системы. Методы. Технологии.* 2014. № 2 (22). С. 102-107.

400. Кудяков А.И., Свергунова Н.А, Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированной жидкостекольной композиции: монография / под ред. А.И. Кудякова. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. 204 с.

401. Зарубина Л.П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии: 2-е изд. СПб.: БХВ – Петербург, 2012. 416 с.

402. Майзель И.Л., Сандлер В.Г. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Высш.шк., 1988. С.145-190.

403. Способ получения теплоизоляционно-конструкционного материала на основе вспученного вермикулита: пат. 2161142, Россия: МКИ С04В 28/24, С04В111:20. № 2000114219/03; заявл. 06.06.2000. - Оpubл. 27.12.2000.

404. Крашенинников О.Н. Теплоизоляционный вермикулитовый пенобетон. *Строительные материалы*. 2006. № 6. С 13.

405. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2220928 Россия: МПК С04В28/26, С04В28/26, С04В18:14, С04В111:20. № 2002111463/03; заявл. 29.04.2002; опубл. 10.01.2004. 4 с.

406. Ицкович С.М., Чумак Л.Д., Баженов Ю.М. Технология заполнителей бетона: учеб. для строит. вузов. М.: Высшая школа, 1991. 272 с.

407. Васильков С.Г., Онацкий С.П., Элинзон М.П. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе: справ. Пособие. М.: Стройиздат, 1987. 304 с.

408. Федоров В.А., Кац К.М., Резников И.М. и др. Вспученный перлит для теплоизоляции ограждающих конструкций. *Транспортное строительство*. 1989. № 5. С. 26 - 28.

409. Шлегель И.Ф., Шаевич Г.Я. Карабут Л.А. и др. Перспективы производства и применения легкого пористого заполнителя. *Строительные материалы*. 2005. № 7. С. 17-19.

410. Павлова Н.А., Павлов И.В. Стабилизация состава техногенного сырья с целью получения пеносиликата. *Строительные материалы*. 2001. № 6. С. 14-15.

411. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2220927 Россия: МКИ С04 В 28/26, 111:20. № 2002110483/03; заявл. 19.04.2002; опубл. 10.01.2004, Бюл № 1. 6с.

412. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2220928 Россия: МКИ С04 В 28/26, 111:20. № 2002111463/03; заявл. 29.04.2002; опубл. 10.01.2004, Бюл № 1. 6с.

413. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2246462 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2003124577/03, заявл. 06.08.2003; опубл. 20.02.2005, Бюл № 5. 5с.

414. Способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2177921 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2000108899/03; заявл. 10.04.2000; опубл. 10.01.2002. Бюл № 5. 5с

415. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2267468 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2004109731/03; заявл. 30.03.2004; опубл. 10.01.2006, Бюл № 1. 5с.

416. Сырьевая смесь для гранулированного теплоизоляционного материала и способ его получения: пат. 2274620 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2004128504/03; заявл. 27.09.2004; опубл. 20.04.2006, Бюл № 11. 5с.

417. Сырьевая смесь для гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2254363 Россия: МКИ С04В 28/26. № 2004109729/03; заявл. 30.03.2004; опубл. 20.11.2005. Бюл № 7. 5с.

418. Состав и способ получения вспученного силикатного материала: пат. 2173674 Россия: МКИ С04В 28/26. № 98115724А; заявл. 13.08.1998; опубл. 20.09.2001.

419. Керамический материал с высокой пористостью в гранулированной форме: пат. 2243181 Россия: МКИ С04В 28/26. № ; заявл. 07.05.2001; опубл. 27.12.2004.

420. Способ изготовления теплоизоляционного материала на основе кремниевых пород: пат. 2154618 Россия: МКИ С04В 28/26. № ; заявл. 10.11.1998; опубл. 20.08.2000.

421. Смесь для получения теплоизоляционного материала и способ его получения: пат. 2087447 Россия: МКИ С04В 28/26. № 93040868/03; заявл. 12.08.1993; опубл. 20.08.1997.

422. Сухарев М.Ф. Производство теплоизоляционных материалов. М.: Высш.шк., 1981. 304 с.

423. Горлов Ю.П. Технологии теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. М.: Высш. шк., 1989. 384 с.

424. Собченко В.В. Розробка енергозберігаючої технології виробництва пористих заповнювачів із гідросилікатів в апаратах псевдозрідженого шару. Автореф. дис. Київ, 2006. 22 с.

425. Тарасова И.Д. Низкотемпературный синтез жидкого стекла и получение теплоизоляционных материалов на его основе. Автореф. дис. Белгород, 2005. 20 с.

426. Крифукс О.В. и др. Развитие производства эффективного минерального теплоизоляционного материала «БИСИПОР». *Строительные материалы*. 2003. № 11. С. 26 - 27.

427. Генералов Б.В., Крифукс О.В., Куликов Ю.А. Комплексные теплоизоляционные изделия на основе минерального утеплителя бисипор. *Строительные материалы*. 1999. № 4. С. 4 - 5.

428. Меркин А.П. Сверхлегкий минеральный гранулированный материал – стеклопор. *Строительные материалы*. 1976. № 9. С. 10 – 12.

429. Мордухович И.М., Федоров В.А., Скавронская В.А. Стеклопор как утеплитель для инвентарных контейнерных зданий. *Транспортное строительство*. 1981. № 1. С. 17 – 19.

430. Юцис И.И. Новое технологическое оборудование для производства теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1985. 36 с.

431. Лотов В. А., Кутугин В.А. Формирование пористой структуры пеносиликатов на основе жидкостекольных композиций. *Стекло и керамика*. 2008. № 1. С. 6–10.

432. Кутугин В.А. Управление процессами термической поризации жидкостекольных композиций при получении теплоизоляционных материалов. Автореф. дис. канд. техн. наук: Томск, 2008. 25 с.

433. Страхов А.В. Теплоизоляционный материал на основе силикатнатриевого связующего, модифицированного активными минеральными добавками. Автореф. дис. канд. техн. наук: Саратов, 2011. 22 с.

434. Сапоровская Т.Ю. Исследование конструкционно-теплоизоляционного бетона на основе силикатного гранулированного заполнителя. Автореф. дис. канд. техн. наук: Владимир, 2000. 20 с.

435. Заболотская А.В. Технология и физико-химические свойства пористых композиционных материалов на основе жидкого стекла и природных силикатов. Автореф. дис. канд. техн. наук: Томск, 2003. 20 с.

436. Зин Мин Хтет, Тихомирова И.Н. Теплоизоляционные материалы на основе вспененного жидкого стекла. *Успехи в химии и химической технологии*. Т. XXXI/ 2017/ № 3. С. 34-36.

437. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты. К.: Госстройиздат, 1959. 127 с.

438. Гоц В.І., Павлюк В.В., Шилюк П.С. Бетони і будівельні розчини: підручник. К.: Основа, 2016. 568 с.

439. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Наномодифицированные цементные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2017. 198 с.

440. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Суханевич М.В. Розробка фізико-хімічних основ направленої синтезу неорганічних в'язучих в системі  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  для отримання екологічно-безпечних спучуваних матеріалів. *Журнал будівництво України*, 1997. № 2. С. 46-49.

441. Суханевич М.В. Неорганічні матеріали, що спучуються на основі лужних в'язучих систем. Автореф. дис. канд. техн. наук: Київ, 1997. 22 с.

442. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Суханевич М.В., Саницкий М.А. Физико-химические основы низкотемпературной технологии получения теплоизоляционных вспучивающихся материалов. *Техника и технология силикатов*. 1999, № 1-2, С.25-28.

443. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І. Легкі теплоізоляційні бетони на основі модифікованих лужних алюмосилікатних



композицій. *Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка»*. Київ: НДІБМВ, 2011. Вип. 39. С. 137-140.

444. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І. Ефективні теплоізоляційні матеріали на основі лужних алюмосилікатних систем. *Збірник наукових праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А.С. Бережного»*. Харків, 2010. № 110. С. 582-586.

445. Борисова А.І. Теплоізоляційні матеріали на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій, здатних до спучування. Автореф. дис. канд. техн. наук: Київ, 2011. 22 с.

446. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Самченко Д.М. Особливості спучування лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих залізовміщуючими добавками. *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури «Сучасні будівельні матеріали»*, 2010. № 1(81). С. 67-72.

447. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Ейне І.А. Особливості отримання теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій та сіопору. *Будівельні матеріали та виробы*, 2011. № 6 (71). С. 18-21.

448. Гузій С.Г. Особливості фізико-хімічних процесів структуроутворення вспінених алюмосилікатних в'язучих речовин і теплоізоляційних поризованих бетонів на їх основі. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, 2007. № 602. С. 27-35.

449. Кривенко П.В., Гузій С.Г., Горбунова І.А. Теплоизоляционный бетон на основе щелочного поризованного алюмосиликатного связующего и вспученного перлитового песка. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне: УДУВГП, 2003. Вип. 10. С 47-51.

450. Кривенко П.В., Ковальчук Г.Ю. Лужне алюмосилікатне зв'язуюче на основі золи-виносу. *Зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. техн. ун-ту залізничного трансп. - Серія «Будівництво»*, 1999. Вип. 7. С. 212-219.

451. Кривенко П.В., Ковальчук Г.Ю. Фізико-хімічні передумови отримання лужного алюмосилікатного зв'язуючого на основі золи-виносу. *Композиційні матеріали для будівництва: Зб. наук. пр. - Макіївка: ДонДАБА*, 2000. Вип. 2 (22). С. 111-116.

452. Abdollahnejad Z.; Pacheco-Torgal F.; Félix T.; Tahri W.; Barroso Aguiar J. Mix design, properties and cost analysis of fly ash-based geopolymer foam. *Constr. Build. Mater.* 2015. Vol. 80. P. 18–30. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.063>.

453. Masi G.; Rickard W.D.A.; Vickers L.; Bignozzi M.C.; van Riessen A. A comparison between different foaming methods for the synthesis of light weight geopolymers. *Ceram. Int.* 2014 Vol. 40. P. 13891–13902. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.05.108>.

454. Guo Y.; Zhang Y.; Huang H.; Meng K.; Hu K.; Hu P.; Wang X.; Zhang Z.; Meng X. Novel glass ceramic foams, materials based on red mud. *Ceram. Int.* 2014. Vol. 40. P. 6677–6683. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.11.128>.

455. Chen X.; Lu A.; Qu G. Preparation and characterization of foam ceramics from red mud and fly ash using sodium silicate as foaming agent. *Ceram. Int.* 2013. Vol. 39. P. 1923–1929. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.08.042>.

456. Badanoiu A.; Al Saadi T.; Stoleriu S.; Voicu G. Preparation and characterization of foamed geopolymers from waste glass and red mud. *Constr. Build. Mater.* 2015. Vol. 84. P. 284–293. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.004>.

457. Bai C.; Ni T.; Wang Q.; Li H.; Colombo P. Porosity, mechanical and insulating properties of geopolymer foams using vegetable oil as the stabilizing agent. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2018. Vol. 38 (2). P. 799–805. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2017.09.021>.

458. Al Saadi T.; Badanoiu A.I.; Nicoara A.I.; Stoleriu S.; Voicu G. Synthesis and properties of alkali activated borosilicate inorganic polymers based

on waste glass, *Constr. Build. Mater.* 2017. Vol. 136. P. 298–306. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.026>.

459. Bai C.; Colombo P. Processing, properties and applications of highly porous geopolymers: A review. *Ceram. Int.* 2018. Vol. 44. 16103–16118. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.05.219>.

460. Zhang Z.; Provis J.L.; Reid A.; Wang H. Mechanical, thermal insulation, thermal resistance and acoustic absorption properties of geopolymer foam concrete. *Cem. Concr. Compos.* 2015. Vol. 62. P. 97–105. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.03.013>.

461. Arenas C.; Luna-Galiano Y.; Leiva C.; Vilches L.F.; Arroyo F.; Villegas R.; Fernández-Pereira C. Development of a fly ash-based geopolymeric concrete with construction and demolition wastes as aggregates in acoustic barriers. *Constr. Build. Mater.* 2017. Vol. 134. P. 33–442. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.119>.

462. Torres-Carrasco M.; Palomo J. G.; Puertas F. Sodium silicate solutions from dissolution of glass wastes. Statistical analysis. *Mater. Construcc.* 2014. Vol. 64 (314), e014. URL: <https://doi.org/10.3989/mc.2014.05213>.

463. Puertas F.; Torres-Carrasco M. Use of glass waste as an activator in the preparation of alkali-activated slag. Mechanical strength and paste characterization *Cem. Concr. Res.* 2014. Vol. 57. P. 95–104. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.12.005>.

464. Шпирько Н.В., Сторчай Н.С., Гришко А.Н., Вечер Ю.Н., Богданов Р.В. Стеновый материал с применением техногенного сырья. *Проблемы современной науки*. Ставрополь: Логос, 2013. Вып. 9. С. 166–173.

465. Shpyrko N.V., Storchai N.S., Zorina O.A., Hryshko H.N., Vechev J.N. Integrated use of industrial wastes in building materials. *Nauka i studia. – Przemysł. Sp. z o.o. «Nauka i studia»*, 2013. NR 35(103). P. 35–42.

466. Шпирько Н. В., Сторчай Н.С., Богданов Р.В., Гришко А.Н. Влияние механохимической активации на температуру обжига

керамического стенового материала. *Проблемы современной науки*. Ставрополь: Логос, 2014. Вып. 14. С. 44–54.

467. Рунова Р.Ф., Гоц В.И., Плугин А.М., Саницкий М.А. та ін. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження в будівництво. К.: УВПК „ЕксОб”, 2008. 360 с.

468. M. Sanytsky, T. Kropyvnytska, H.-B. Fischer, N. Kondratieva. Performance of low carbon modified composite gypsum binders with increased water resistance. *Chem. Chem. Technol.* 2019. Vol. 13(4). P. 495–502.

469. Саницкий М.А., Кропивницька Т.П., Іващишин Г.С., Русин Б.Г. Концепція низьковуглецевого розвитку в цементній промисловості. *Будівельні матеріали та вироби*. 2017. № 5/6 (96). С. 24–27.

470. Кропивницька Т.П. Лужноактивовані композиційні портландцементи з високою ранньою міцністю та наномодифіковані бетони на їх основі. Автореф. дис. докт. техн. наук: Львів, 2020. 39с.

471. [Sikora P.](#), [Chougan M.](#), [Cuevas K.](#), Kryvenko P., [Sanytsky M.](#), [Stephan D.](#) The effects of nano- and micro-sized additives on 3D printable cementitious and alkali-activated composites: a review *Applied Nanoscience* (Switzerland). 2021. P. 567.

472. Особенности и возможности микроволновой химии. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=513806>.

473. Стрельцов О.Б. Совершенствование СВЧ техники и технологии направленного изменения структуры и свойств полимерных материалов: автореф. дис. канд. техн. наук: Уфа, 2018. 20 с.

474. Ванецев А.С., Третьяков Ю.Д. Микроволновый синтез индивидуальных и многокомпонентных оксидов. *Успехи химии*. 2007. № 76 (5) С. 435-453.

475. Абуталипова Е.М., Павлова И.В, Стрельцов О.Б., Гюльмалиев Э.А. Исследование влияния энергии электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на структуру и свойства полимерных изоляционных материалов. *Химические технологии и продукты*. С. 51-55. URL: [www.neftegazohimiya.ru](http://www.neftegazohimiya.ru).

476. Абуталипова Е.М., Кузеев И.Р., Шулаев Н.С. Улучшение эксплуатационных свойств изоляционных покрытий с использованием сверхвысокочастотного излучения. *Нефтегазовое дело: электронный научный журнал*. 2013. №4. С 316-327. URL:<http://www.ogbus.ru>.

477. В.Ф Каблов, Н.А. Кейбал, Д.А. Провоторова и др. Влияние микроволнового излучения на прочностные свойства эластомерных композиций на основе непредельных каучуков. Современные проблемы науки и образования. РАЕ. М. 2014. №5. URL: <http://www.science education.ru>.

478. Морозов О.Г., Самигуллин Р.Р., Насыбуллин А.Р. Микроволновые технологии в процессах переработки и утилизации бытовых полимерных отходов. *Известия Самарского центра Российской академии наук*. Т.12. № 493. 2010. С.580-582.

479. Абакачева Е.М., Шулаев Н.С., Фахразов А.Р., Киреев К.А. Применение сверхвысокочастотной электромагнитной установки для модификации полимерных пленок и исследование их свойств. *Башкирский химический журнал*. 2010. Т. 17. № 5. С. 79-81.

480. Морозов Г.А. Микроволновая обработка термореактивных и термопластичных полимеров. *Физика волновых процессов и радиотехнические системы*. 2011. Том 14. № 3. С. 114–121.

481. [Zubair M.](#), [Ferrari R.](#), [Alagha O.](#), [Dalhat N.](#), [Blaisi M.N.I.](#), [Ateeq I.S.](#), [Manzar M.S.](#) Microwave Foaming of Materials: An Emerging Field. *Polymers*. 2020. Vol. 12 (11). P. 2477; URL: <https://doi.org/10.3390/polym12112477>.

482. Kim, B.G. Development of microwave foaming method for phenolic insulation foams. *J. Mater. Process. Technol.* 2008. Vol. 201. P. 716–719.

483. Rezvanpanah, E.; Ghaffarian Anbaran, S.R.; Maio, E.D. Carbon nanotubes in microwave foaming of thermoplastics. *Carbon*. 2017. Vol. 125. P. 32–38.

484. Ahmad Zauzi N.S.; Ariff Z.M.; Khimi S.R. Foamability of Natural Rubber via Microwave Assisted Foaming with Azodicarbonamide (ADC) as Blowing Agent. *Mater. Today Proc.* 2019. Vol. 17. P. 1001–1007.

485. Calles-Arriaga C.A.; López-Hernández J.; Hernández-Ordoñez M.; Echavarría-Solís R.A.; Ovando-Medina V.M. Thermal characterization of microwave assisted foaming of expandable polystyrene. *Ing. Investig. Tecnol.* 2016. Vol. 17. P. 15–21.

486. López-Gil A.; Silva-Bellucci F.; Velasco D.; Ardanuy M.; Rodriguez-Perez M. Cellular structure and mechanical properties of starch-based foamed blocks reinforced with natural fibers and produced by microwave heating. *Ind. Crop. Prod.* 2015. Vol. 66. P. 194–205.

487. Demitri C.; Giuri A.; Raucci M.G.; Giugliano D.; Madaghiele M.; Sannino A.; Ambrosio L. Preparation and characterization of cellulose-based foams via microwave curing. *Interface Focus.* 2014. Vol. 4. P. 20130053.

488. Canencia F.; Darder M.; Aranda P.; Fernandes F.M.; Gouveia R.F.; Ruiz-Hitzky E. Conducting macroporous carbon foams derived from microwave-generated caramel/silica gel intermediates. *J. Mater. Sci.* 2017. Vol. 52. P. 11269–11281.

489. Haq E.U.; Padmanabhan S.K.; Licciulli A. Microwave synthesis of thermal insulating foams from coal derived bottom ash. *Fuel Process. Technol.* 2015. Vol. 130. P. 263–267.

490. Peyda S.; Morshedian J.; Karbalaei-Bagher M.; Baharvand H.; Khorasani M.T. A novel technique in the foaming process of EPDM/PP via microwave radiation: The effect of blend compatibilization and additive encapsulation. *RSC Adv.* 2016. Vol. 6. P. 81400–81407.

491. Peng X.; Song J.; Nesbitt A.; Day R. Microwave foaming of starch-based materials (I) dielectric performance. *J. Cell. Plast.* 2013. Vol. 49. P. 245–258.

492. Kraus S.; Schuchmann H.P.; Gaukel V. Factors Influencing the Microwave-Induced Expansion of Starch-Based Extruded Pellets under Vacuum. *J. Food Process. Eng.* 2014. Vol. 37. P. 264–272.

493. Kraus S.; Sólyom K.; Schuchmann H.P.; Gaukel V. Drying Kinetics and Expansion of Non-predried Extruded Starch-Based Pellets during Microwave Vacuum Processing. *J. Food Process. Eng.* 2013. Vol. 36. P. 763–773.

494. Prociak A.; Owski S.; Bąk S. Thermoplastic polyurethane foamed under microwave irradiation. *Polimery.* 2012. Vol. 57. P. 786–790.

495. Hong Y.; Fang X.; Yao D. Microwave processing of syntactic foam from an expandable thermoset/thermoplastic mixture. *Polym. Eng. Sci.* 2015. Vol. 55. P. 1818–1828.

496. Yamamoto T.; Kobashi M.; Kanetake N. Production of the Al<sub>3</sub>Ti foam by microwave heating. In *ICAA13 Pittsburgh*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 2012. P. 1043–1047.

497. Kolbitsch C.; Link M.; Petutschnigg A.; Wieland S.; Tondi G. Microwave produced tannin-furanic foams. *Mater. Sci. Res.* 2012. Vol. 1. P. 84.

498. Архангельский Ю.С., Девяткин И.И. Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. Саратов: Саратов. гос. ун-т, 1983. 140 с.

499. Соколов И.В. Магнетроны для СВЧ нагрева и источники СВЧ энергии. *Электронная промышленность.* 1996. №3. С.4-9.

500. Плазменные процессы в производстве электронной техники/А.П. Достанко, С.В. Бордусов, И.В. Свадковский и др. /Под общ. ред. А.П. Достанко. Мн.: ФУА информ, 2001. 244с

501. SENERGYS. Микроволновые Технологии и оборудование. URL: <http://senergys.ru/proektyi/tehnologii.html>.

502. Пробоподготовка в микроволновых печах: Теория и практика. Под ред. Г.М. Кингстона, Л.Б. Джесси. М.: Мир, 1991. 336 с.

503. Мамонтов А.В., Нефедов В.Н., Назаров И.В. и др. Микроволновые технологии: Монография. М.: ГНУ НИИ ПМТ, 2008. 308 с.

504. Ванецев А.С. Спекание оксидных порошков с использованием микроволнового воздействия. М.: МГУ, 2011. 32с.

505. Пинчукова Н. А. Основы технологии получения кокарбоксиллазы гидрохлорида с использованием микроволнового излучения: дис. канд. техн. наук: 05.17.04. Харьков, 2014. 151 с.

506. Павленок А.В., Подденежный Е.Н., Бойко А.А. Особенности получения наноструктурированных оксидных порошков с использованием микроволнового излучения. Вестник Гомельского государственного технологического университета им. П.О. Сухого. 2011. № 3. С. 45-53.

507. Сердюк В.Р, Сидлак А.С. Теоретические предпосылки внедрения СВЧ излучения при активации золы-унос для бетонных смесей // Будівельні матеріали, виробі та санітарна техніка: наук.-тех. зб. Київ, 2015. Вип. 56. С. 104–110.

508. Аверьянов Д.Н., Батраков А.В., Самуилов Я.Д. и др. Синтез сложных эфиров дикарбоновых кислот с бензиловым спиртом под воздействием микроволнового излучения. *Журнал общей химии*. 2008. Вып. 10. С. 1684-1688.

509. Женжурин И. А. Эффективность микроволновой обработки глинистых композиций при подборе шихты в технологии керамики. *Строительные материалы*. 2014. №4. С.60-65.

510. Прохина А.В., Шаповалов Н.А., Латыпова М.М. Модификация поверхности глинистых минералов с высоким содержанием монтмориллонита в электромагнитном поле высокой частоты. *Современные наукоемкие технологии*. 2011. № 1 С. 135-136.

511. Шахин И.Х., Шапорев В.П. Обработка природного карбоната кальция в СВЧ печи при воздействии поля бегущей электромагнитной волны. *Интегрированные технологии и энергосбережение*. Харьков: НТУ "ХПИ". 2004. №2. С.96-107.

512. Акимов А.Е. Повышение качества асфальтобетона путем обработки битума полем сверхвысокой частоты: автор. дис. канд. техн. наук: Белгород, 2010. 20 с.



513. Ревенко Б.С. Получение ячеистых бетонов с привлечением СВЧ-технологий. *Молодой учёный*. 2017 г. № 14 (148). С. 118-119.

514. Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Щукин Г.Л., Беланович А.Л., Карпушенков С.А., Савенко В.П. Компенсация усадки пенобетона. *Строительные материалы*. 2015. №8 (632). С. 3-7.

515. Баграмян В.В. Микроволновой синтез растворов силиката натрия из кремнеземсодержащих горных пород Армении. *Вестник ГИУА. Серия "Химические и природоохранные технологии"*. 2014. Вып.17, №2 . С. 9-20.

516. Granat K., Nowak D., Pigieli M., Stachowicz M., Wikiera R. Microwaves energy in curing process of water glass molding sands. *Archives of foundry engineering*. 2007. № 7. P. 183-188.

517. Granat K., Nowak D., Pigieli M., Stachowicz M., Wikiera R. The influence of microwave curing time and water glass kind on the properties of molding sands. *Archives of foundry engineering*. 2007. № 7. P. 79-82.

518. Xu H.; Xu P.; Wang D.; Yang Y.; Wang X.; Wang T.; An W.; Xu S.; Wang Y.-Z. A dimensional stable hydrogel-born foam with enhanced mechanical and thermal insulation and fire-retarding properties via fast microwave foaming. *Chem. Eng. J.* 2020, № 399, P. 125781.

519. Minay E.; Veronesi P.; Cannillo V.; Leonelli C.; Voccaccini A. Control of pore size by metallic fibres in glass matrix composite foams produced by microwave heating. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2004, № 24, P. 3203–3208.

520. Способ изготовления гидратированных порошков силикатов натрия или калия: пат. 2164495 Россия: МПК C01B33/32. № 2000101175/12; заявл. 05.01.2000, опубл. 27.03.2001.

521. Małachowska A., Stachowicz M., Granat K. Innovative microwave hardening of water-glass containing sandmixes in technical-economic approach. *Archives of foundry engineering*. 2012. № 12. P. 75 – 80.

522. Microwave freeze drying method and apparatus: pat. US 4204336 A Unated States: Int. [F26B5/06](#), [F26B5/02](#), [A23F5/32](#), [F26B7/00](#), [F26B17/04](#), [F26B5/04](#). Date of patent: 27.01.1980.

523. Сырьевая смесь для огнезащитных теплоизоляционных плит и способ их изготовления: пат. 2126776 Россия: МПК С04В28/26. № 98112982/03; заявл. 16.07.1998, опубл. 27.02.1999.

524. Способ получения алюмосиликатного пористого материала: пат. 2197423 Россия: МПК С01В33/26, С04В38/00. № 2002104052/12; заявл. 19.02.2002, опубл. 27.01.2003, Бюл. № 5.

525. Руменцев Б.М, Зайцева Е.И. Получение теплоизоляционных материалов из стеклобоя. *Известия вузов. Строительство*. 2002. № 8. С. 24-26.

526. Способ изготовления конструкционно-теплоизоляционного материала: пат. 2524364 Россия: МПК [С04В28/26](#), [С04В111/20](#), [С04В111/40](#). № 2011145253/03; заявл. 11.08.2011; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21. 7 с.

527. Масса для изготовления пористого силикатного материала под действием сверхвысокочастотного излучения: пат. 2134667С1 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 98109872/03; заявл. 29.05.1998, опубл. 20.08.1999.

528. Способ изготовления вспученного силикатного материала: пат. 2060238С1 Россия: МПК С04В28/24, С04В111:40. № 95102077А; заявл. 21.02.1995, опубл. 20.05.1996.

529. Масса для изготовления пористого силикатного материала под действием сверхвысокочастотного излучения: пат. 2133718 Россия: МПК С04В28/24, С04В111:20, С04В38:00. № 98109874/03; заявл. 29.05.1998, опубл. 27.07.1999.

530. Способ изготовления пористых силикатных материалов: пат. 2134668 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 98109881/03; заявл. 29.05.1998, опубл. 20.08.1999.

531. Масса для изготовления пористого силикатного материала под действием сверхвысокочастотного излучения пат. 2134669 Россия: МПК С04В28/26. № 98109881/03; заявл. 29.05.1998, опубл. 20.08.1999.

532. Теплоизоляционный материал - пеносиликат. Пористый материал на основе вспененного жидкого стекла и природных силикатов. URL: <http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/144530>.

533. Состав и способ получения вспученного силикатного материала: пат. 2173674 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 98115724/03; заявл. 13.08.1998; опубл. 20.09.2001.

534. Павленок А.В., Подденежный Е.Н., Бойко А.А. Микроволновая интенсификация процесса получения пеностекла. *Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого*. 2013. № 3. С 32-36.

535. Павленок А.В. Теплоизоляционные силикатные высокопористые материалы, формируемые с использованием термического нагрева и микроволнового излучения. *Современные методы и технологии создания и обработки материалов*: материалы IV междунар. научн.-техн. конф., Минск, ФТИ НАН Беларуси, 2009. С. 168-170.

536. Морозов О., Каргин А., Савенко Г., Требух В., Воробьев И. Промышленное применение СВЧ-нагрева. *Электроника: Наука, технология, бизнес*. 2010. № 3. С. 2-6.

537. Семчиков Ю.Д. Неорганические полимеры. *Соровский образовательный журнал*. 1996. № 10. С. 57-62.

538. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. Санкт-Петербург: Стройиздат, СПб., 1996. 216 с.

539. Айлер Р. Коллоидная химия кремнезема и силикатов. – М.: Госстройиздат, 1959. 288 с.

540. Глуховский В.Д., Кривенко П.В., Румына Г.В., Герасимчук В.Л. Производство бетонов и конструкций на основе шлакощелочных вяжущих. Киев: Будівельник, 1988. 144 с.

541. Мирюк О.А. Бесцементные поризованные композиции. Монография. Рудный: Рудненский индустриальный институт, 2018. 124 с.

542. Сычев М.М. Природа активных центров и управление процессами гидратации. *Цемент*. 1990. № 5. С. 6 - 10.

543. Фиговский О.Л., Кудрявцев П.Г. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых наноконпозиционных материалов. *Инженерный Вестник Дона*. 2014. №2. С. 58-71.

544. Тило Е. Химия и технология полимеров: материалы междунац. симп. по макромолекулярной химии. Москва: иностр. лит-ра, 1960. № 7-8. С. 73-77.

545. Иванов Н.К., Арбузов Н.В., Воронцова Н.В., Зырянова Л.В. *Журнал прикладной химии*. 1976. Т. 69. № 9. С. 1897-1904.

546. Айлер Р. Химия кремнезема. Москва: Мир, 1982. Ч. 1. 416 с.

547. Svensson I.L., Sjoberg S., Ohman L. O. Polysilicate equilibria in concentrated sodium silicate solutions. *J. Chem. Soc, Faraday Trans.* 1986. v. 82. P. 2635 – 3646.

548. Buckerman W., Muller-Warmuth W., Frischat G. Further MAS NMR studies on binary alkali silicate glasses. *Glastech. Ber.*, 1992. v. 65. № 1. P. 18-21.

549. Эйтель В. Физическая химия силикатов. М.: Иностран. лит., 1962. 1050 с.

550. Красовский А.Н., Одляницкая В.С., Баранов В.Г., Агафонов Г.И. ИК спектры и структура тонких слоев силикатов щелочных металлов. *Лакокрасочные материалы*. 1989. Т. 6. С. 81-85.

551. Vail J.G. Soluble Silicates. New York. 1952. V 1, 2.

552. Сычев М. М. Неорганические клеи. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия, 1986. 152 с.

553. Weldes H.H., Lange K.R. *Ing. Eng. Chem.* 1969. V. 61, № 4.

554. Зин Мин Хет. Композиционные материалы на основе жидкостеклового связующего для теплоизоляции. Дис. канд. тех. Наук, Москва, 2020. 146 с.

555. [Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. М.: АСВ. 2008. 320 с.](#)

556. Лебедева Е.Ю., Казьмина О.В. Композиционные многофункциональные покрытия для зданий и строительных конструкций. Материалы межд. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы современного машиностроения». *Материаловедение, механика и обработка металлов в машиностроении*. С. 262 – 265.

557. Кочергина М.П. Структурообразование и свойства строительных композитов на основе силикатнатриевых связующих, модифицированных цинксодержащими растворами. Дис. Канд. Тех. Наук, Саратов, 2017. 213 с.

558. Григоренко А.Н. Исследование влияния антипиренов, минеральных наполнителей и дымоподавляющих добавок на эксплуатационные свойства эпоксиполимеров. *Сборник научных трудов*. 2013. № 34. С. 66-70.

559. Водная композиция, наполненная полыми микросферами, для получения антикоррозионного и теплоизоляционного покрытия и способ получения покрытия на ее основе: пат. 2304156 Россия: МПК С09D5/02, С09D183/04, С09D5/08. № 2005134980/04; заявл. 11.11.2005; опубл. 08.10.2007. Бюл. № 22. 14 с.

560. Композиция для получения наполненных химически сшитых полиолефинов: пат. 2223983 Россия: МПК [C08J9/06](#), [C08L23/00](#), [C08K3/28](#). № 2001107268/04 заявл. 20.03.2001; опубл. 20.02.2004. Бюл. № . 6 с.

561. Краска силикатная: пат. 2272820 Россия: МПК С09D1/02. № 2004124088/04; заявл. 06.08.2004; опубл. 27.03.2006. Бюл. № 9. 7 с.

562. Композиционная силикатная краска: пат. 2160753 Россия: МПК С09D1/04, С04В28/26. № 96104087/04; заявл. 29.02.1996; опубл. 20.12.2000.

563. Малявский Н.И., Душкин О.В., Великанова Н.В. Новые способы модифицирования цинком щелочно-силикатных пеноматериалов. *Вестник МГСУ*. 2007. № 1. С. 167-169.

564. Использование жидкого стекла в качестве ускорителя твердения цементов. URL: <http://www.ecohim.spb.ru/Prod31.htm>.

565. Черкинский Ю.С. Химия полимерных неорганических вяжущих веществ. Ленинград: Химия, 1967. С. 129 – 207.

566. Сулименко Л.М. Общая технология силикатов. М.: Инфра-М, 2004. 336 с.

567. Малявский Н.И., Журавлева О.И. О возможности замены фторосиликатных отвердителей жидкого стекла на кальций-силикатные в технологии получения щелочесиликатных утеплителей. *Вестник Евразийской науки*. 2018. № 7. Т 10. С. 1-12.

568. Сидоров В.И., Малявский Н.И., Покидько Б.В. Получение эффективных водостойких утеплителей путем холодного вспенивания композиций жидкого стекла с некоторыми минеральными вяжущими. *Известия ВУЗОВ. Строительство*. 2003. № 11 (539). С. 55-60.

569. Химические свойства алюминия и основные реакции. URL: [https://www.metmk.com.ua/114spr\\_alum.php](https://www.metmk.com.ua/114spr_alum.php).

570. Теплопроводность и свойства перекиси водорода URL: [http://thermalinfo.ru/publ/zhidkosti/zhidkosti\\_raznye/teploprovodnost\\_i\\_svoystva\\_perekisi\\_vodoroda\\_h2o2/34-1-0-390](http://thermalinfo.ru/publ/zhidkosti/zhidkosti_raznye/teploprovodnost_i_svoystva_perekisi_vodoroda_h2o2/34-1-0-390).

571. Вспенивающие добавки, вспениватели, вспенивающие агенты, пенообразующие добавки. URL: <http://www.newchemistry.ru/dobavka.php?id=12>.

572. История, технологии производства, свойства и применение пищевой соды. URL: <http://www.plasma.com.ua/chemistry/chemistry/soda.html>.

573. Пшинько А.Н., Савицкий Н.В., Корецкая С.А., Гончаренко А.А. Решение вопросов энерго- и ресурсосбережения путем организации производства и технологии получения теплоизоляционного материала. *Вісник ДНУЗТ*. 2004. № 4. С. 200-202.

574. Чухланов В.Ю., Панов Ю.Т., Синявин А.В., Ермолаева Е.В. Газонаполненные пластмассы: учеб. пособие. Владимир, 2006. 115 с.

575. Ребиндер П.А. Физико-химия моющего действия. М.: Пищепромиздат, 1935. 230 с.

576. Неволин Ф.В. Химия и технология синтетических моющих средств. М.: Пищевая промышленность, 1971. 424 с.

577. Шенфельд Н. Неионогенные моющие средства: Пер с нем. М.: Химия, 1965. 487 с.

578. Справочник химика 21. Химия и химическая технология. URL: <https://chem21.info/info/454622/>.

579. Именохенов И., Виндсхаймер Х., Вайтц Р., Кинтсель Н., Линн Х. Технология СВЧ-нагрева: потенциал и границы. URL: [https://www.linn-high-therm.de/fileadmin/user\\_upload/pages/about\\_us/download/publications/white\\_papers/MikrowellenerwaermungRus.pdf](https://www.linn-high-therm.de/fileadmin/user_upload/pages/about_us/download/publications/white_papers/MikrowellenerwaermungRus.pdf).

580. Евсина Н. А. Анализ способов сушки капиллярно-пористых материалов и методов их автоматизации. *Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып.: Автоматика и приборостроение*. Харьков: НТУ "ХПИ". 2011. № 57. С. 88-91.

581. Пащенко. Вяжущие материалы. М.: Стройиздат, 1980. 354 с.

582. Тихомирова. И.Н., Скорина Т.В. Строительные и отделочные материалы на основе жидкостекольных композиций. *XVIII Менделеевского съезда по прикладной и общей химии: Тез.докл.*- М.: Граница. Т. 2. 2007. С. 550.

583. Кудяков А.И., Зиновьев А.А., Дворянинова Н.В. Морозостойкие кладочные растворы пониженной плотности с добавками микоркремнезема и омыленного талового пека. *Вестник ТГАСУ*. 2008. № 4. С. 99-105.

584. Рыжков И.В., Толстой В.С. Физико-химические основы формирования свойств смесей с жидким стеклом. Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1975. 136 с.

585. Торубриев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. М.: Стройиздат, 1988. 208 с.

586. Кудяков А.И., Свергунова Н.А. Исследование процесса получения зернистого теплоизоляционного материала на основе

высокомодульной жидкостекольной композиции из микоркремнезема. *Вестник ТГАСУ*. 2008. № 1. С. 130-137.

587. Лазарев А.Н. Структурные превращения в стеклах при повышенных температурах. М.: Наука, 1965. 233 с.

588. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. Л.: Стройиздат, Ленингр. Отд-ние, 1991. 176 с.

589. Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло: получение, свойства и применение. М.: Промстройиздат, 1956. 443 с.

590. Генеролав Б.В., Крифукс О.В., Малявский Н.И. Бисипор – новый эффективный минеральный утеплитель. *Строительные материалы*, 1999. № 1. С. 7-8.

591. Римар Т.Е., Акименко К.В. Термостійкий матеріал для теплоізоляції на основі рідкого скла. *Вісник СХУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк*. 2010. № 7 [154]. Ч. 2. С. 51-54.

592. Римар Т.Е. Склад та спосіб отримання спученого зернистого матеріалу для теплоізоляції на основі рідкого скла: пат. Україна № 72198: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54. № 201201018, заявл. 31.01.2012; опубл. 10.08.2012, Бюл. №15.

593. Акименко Е.В., Рымар Т.Э. Получение вспененного наполнителя для теплоизоляции. *Технологія-2010: матеріали XIII всеукр. наук.-практ. конф., м. Сєверодонецьк*. 2010. Ч. 2. С.110-112.

594. Рымар Т.Э. Вспененные материалы на основе жидкого стекла. *Вісник СХУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк*. 2013. № 14 (203). С. 89-93.

595. Римар Т.Е. Спосіб отримання блокового теплоізоляційного матеріалу на основі грануляту з рідкого скла: пат. Україна № 88461: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54; № 201313697, заявл. 25.11.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5.

596. Пінчукова Н.О., Волошко О.Ю., Чебанов В.А., Римар Т.Е., Крючкова К.Ю. Спосіб отримання теплоізоляційного матеріалу на основі



грануляту з рідкого скла: пат. Україна 105759: МПК С04В 28/26 С04J 9/16 В29С 44/54. № 2015 07238, заявл 20.07.2015; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.

597. Супрун О.Ю. Жидкостекольные композиции для защиты строительных конструкций от коррозионных воздействий. *Научно-технический сборник*. 2005. № 63. С. 108-116.

598. Баженов Ю.М. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности (основы теории, методы расчета и технологическое проектирование). Москва: АСВ, 2008. 319 с.

599. Гелеобразующий состав на основе жидкого стекла для ограничения водопритока: пат. ВУ 18502 Беларусь: МПК E21B33/138, C09K8/50. № 20111442; заявл. 31.10.2011, опубл. 30.08.2014. 4 с.

600. Киреев А.А. Совершенствование средств оперативной защиты от теплового воздействия пожара. *Проблемы пожарной безопасности. Сборник научных трудов*. 2010. № 28. С. 81-85.

601. Способ изготовления полых стеклосфер, сырьевая шихта для изготовления полых стеклосфер: пат. 2465223 Россия: МПК С03В19/10. № 2011122880/03; заявл. 06.06.2011; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30, 11 с.

602. Углова Т.К., Новоселова С.Н., Татаринцева О.В. Экологически чистый теплоизоляционный материал с жесткой ячеистой структурой. *Ползуновский вестник*. 2013. № 3. С. 278-281.

603. [Лотов В.А.](#), Кутугин В.А., Ревенко В.В. Управление процессами поризации термопеносиликатных изделий на основе жидкого стекла. *Стекло и керамика*. 2009. № 11. С. 19-22.

604. Страхов В.А., Иващенко Н.А., Тимохин Д.К. Влияние активных минеральных наполнителей на формирование структуры и свойств энергоэффективных строительных композитов. *Вестник СГТУ*. 2012. № 3 (67). С. 228-230.

605. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Исследование свойств гранулированного теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла

и различных наполнителей. *Вісник НТУ «ХП»*. Харків. 2015. № 30 (1139). С. 59-65.

606. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Оценка основных показателей гранулированного материала на основе жидкого стекла в зависимости от вида наполнителя. *Технологія-2014: матеріали міжнар. наук.-техн. конф.*, м. Сєверодонецьк. 2014. Ч. 1. С. 181-183.

607. Рymar Т.Е., Суворін О.В. Вплив термореактивних добавок на властивості гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». 2020. № 1 (3). С. 106-114. doi:10.20998/2413-4295.2020.03.15.

608. Рymar Т.Е. Композиція для отримання спученого зернистого матеріалу для теплоізоляції на основі рідкого скла: пат. Україна № 88460: МПК С04В 28/26, С08J 9/16, В29С 44/54. № 201313697, заявл. 25.11.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5.

609. Википедия. Гидрокарбонат натрия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидрокарбонат\\_натрия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидрокарбонат_натрия).

610. PlastycHelpers.ru. Химическое вспенивание термопластов. URL: <http://plastichelper.ru/syre/vspenivateli/107-ximicheskoe-vspenivanie-termoplastov>.

611. Kang F., Zheng Y., Wang H. Effects of preparation conditions on the characteristics of exfoliated graphite. *Carbon*. 2002. V.400. №9. p. 1575.

612. Inagaki M., Ivashita N., Kouro E. Potential change with intercalation sulfuric acid into graphite. *Carbon*. 1990. №1. V.28. p. 49.

613. Рымар Т.Э. Влияние минеральных добавок на процесс формирования пористой структуры жидкостекольных зернистых теплоизоляционных материалов. *Питання хімії та хімічної технології*. Дніпро. 2019. № 2 (123). С. 112-120.

614. Шаталова В.В., Турченко А.Е. Исследование сорбционной способности глинистого сырья в присутствии полимерных ионогенных

добавок. *Вестник ВГУ, серия: химия, биология, фармация*. 2006. № 2. С. 113-116.

615. Лотов В.А., Кутугин В.А. Технология материалов на основе силикатных дисперсных систем: учеб. пособ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 202 с.

616. Римар Т.Е. Отримання пористих гранульованих матеріалів на основі рідкого скла під дією мікрохвильового випромінювання. *Енергоефективність на транспорті: матеріали міжн. наук-техн. конф., м. Харків 18-20 листопада 2020*. С. 79-81.

617. Римар Т.Е. Дослідження впливу НВЧ випромінювання на властивості гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків. 2021. Вип. 196. С. 6-16.

618. Лыков А.Л. Теория сушки. М.: Энегррия, 1968. 472 с.

619. Рымар Т.Э., Крючкова Е.Ю. Кинетика поризации гранулированного материала на основе жидкого стекла и минерального наполнителя. *Вісник СХУ ім. В. Даля. Сєверодонецьк*. 2014. № 9 (216). С. 144-148.

620. Расчеты показателей эффективности сушильных установок. URL: [http://oplib.ru/energetika/view/1255993\\_opredelenie\\_energeticheskogo\\_koefficienta\\_poleznogo\\_deystviya\\_sushil\\_noy\\_ustanovki](http://oplib.ru/energetika/view/1255993_opredelenie_energeticheskogo_koefficienta_poleznogo_deystviya_sushil_noy_ustanovki).

621. Алексеева Л.Л. Перспективные строительные материалы. Методические указания по выполнению практических занятий для студентов специальностей 290300 «Промышленное и гражданское строительство» и 290500 «Городское строительство и хозяйство». Ангарск: АГТА. 2004. 70 с.

622. Удельная теплота испарения (парообразования) воды при различной температуре и нормальном атмосферном давлении. URL: <http://easy-physic.ru/wp-content/uploads/2014/07/Udelnaya-teplota-ispareniya.pdf>.

623. Основные технологические переделы производства жидкого стекла. URL: <http://msd.com.ua/rastvorimoe-i-zhidkoe-steklo/osnovnye-technologicheskie-peredely-proizvodstva-zhidkogo-stekla/>.

624. Оксид цинка ZnO. URL: <http://worldofmaterials.ru/spravochnik/semiconductors/256-oksid-tsinka-zno>.

625. Conglomeration of minerals from a granular state with binder including waterglass, acrylic resin and vinyl alcohol: pat. CA 2332797 A1 Unated States: int. [C22B1/243](#), [C04B18/02](#), [C04B28/26](#), [C04B24/02](#), [C22B1/248](#), [C22B1/244](#), [C04B32/00](#). Date of patent: 25.11.1999.

626. Сырьевая смесь для изготовления пористого теплоизоляционного материала: пат. 2497774 Россия: МПК C04B28/26, [C04B38/00](#), [C04B111/20](#), [C04B111/40](#). № 2012119405/03; заявл. 11.05.2012; опубл. 10.11.2013. Бюл. № 31. 6с.

627. Способ получения теплоизоляционного материала: пат. 2492153 Россия: МПК [C04B28/26](#). № 2012104947/03; заявл. 13.02.2012; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 25. 7 с.

628. Способ изготовления гранулированного заполнителя для силикатных изделий автоклавного твердения: пат. 2433976 Россия: МПК [C04B28/18](#), [C04B20/00](#), [C04B111/20](#). № 2010119770/03; заявл. 17.05.2010; опубл. 20.11.2011. Бюл. № 32. 8 с.

629. Композиция для получения теплоизоляционного материала: пат. 2184099 Россия: МПК C04B28/26, C04B38/00. № 2000105875/03; заявл. 10.03.2010; опубл. 27.06.2002. Бюл. №

630. Method for producing calibrated granulated foam glass: pat. US EP 1803693 A1 Unated States: int. [C03B19/08](#), [C03C11/00](#). Date of patent: 4.07.2007.

631. Способ изготовления гранулированного заполнителя для теплоизоляционного материала: пат. 2360878 Россия: МПК C04B20/00, C04B28/26. № 2007140628/03, заявл. 01.11.2007, опубл. 10.07.2009.

632. Способ получения водостойкого пористого заполнителя: пат. 2476394 Россия: МПК [C04B14/24](#). № 2011126822/03; заявл. 29.06.2011, опубл. 27.02.2013. Бюл. № 6. 5 с.

633. Композиция для производства пористого заполнителя: пат. 2361831 Россия: МПК С04В14/24, С04В28/26, С04В111/40. № 2007142080/03, заявл. 13.11.2007, опубл. 20.07.2009.

634. Композиция для производства пористого заполнителя: пат. 2440312 Россия: МПК С04В 14/24. заявл. 31.05.01, опубл. 20.01.2012.

635. Method for producing calibrated granulated foam glass: pat. WO 2006043849 A1: МПК [C03C1/024](#), [C03B19/108](#), [C03C11/007](#), [C03C11/002](#). Date of patent: 27.04.2006.

636. Композиция для изготовления сферических гранул для теплоизоляционного материала: пат. 2158716 Россия: МПК С04В28/26, С04В28/26, С04В14:24, С04В111:20. № 99103831/03, заявл. 16.02.1999, опубл. 10.11.2000.

637. Method for producing expanded glass granules and the use thereof: pat. 9018139 B2 Unated States: int. [C03C11/00](#), [C09K8/03](#), [C03B19/10](#). Date of patent: 28.04.2015.

638. Porous silicate granular material and method for producing it: Pat. US 6818055 B2 Unated states: int. [C04B14/24](#), [C03C11/00](#), [C03C6/02](#). Date of patent: 16.11.2004.

639. Способ получения водостойкого пористого заполнителя: пат. 2406708 Россия: МПК С04В14/24. № 2009101719/03; заявл. 27.07.2010; опубл. 20.12.2010, Бюл. № 35.

640. Method for producing expanded glass granules and expanded glass granules and the use thereof: pat. 20130029885 A1 Unated States: int. [C03B19/10](#), [C04B14/24](#), [C09K8/52](#). Date of patent: 31.01.2013.

641. Сырьевая смесь и способ производства зернистого теплоизоляционного материала: пат. 163898 Россия: МПК С04В 14/00. № 99103572/03; заявл. 23.02.1999, опубл. 10.03.2001.

642. Способ изготовления вспученного силикатного материала: пат. 2060238 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 98115724/03; заявл. 13.08.1998; опубл. 20.09.2001, Бюл. № 16. 6 с.

643. Римар Т.Е. Дослідження впливу наповнювачів на властивості композиційних теплоізоляційних матеріалів холодного спінювання на основі рідкого скла. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Київ. 2020. Серія: Технічні науки. Том 31 (70). № 2. С. 39-44.

644. Римар Т.Е., Кудюков Ю.П. Вплив спінюючих агентів на структуру і властивості піноматеріалів на основі рідкого скла. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. Сєверодонецьк. 2009. № 12 [142]. Ч. 2. С. 41-45.

645. Унковская В.В., Рымар Т.Э. Изучение свойств теплоизоляционных материалов холодной поризации на основе жидкостекольного гранулята. *Вісник НТУ «ХПИ»*. Харків. 2015. № 30 (1139). С. 112-118.

646. Римар Т.Е. Исследование структуры теплоизоляционных материалов на основе жидкого стекла в зависимости от количества газообразующего агента. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Київ. 2018. Серія: Технічні науки. Том 29 (68). № 6. С. 77-81.

647. Рымар Т.Э. Использование поверхностно-активных веществ в качестве пеностабилизаторов при получении жидкостекольных неорганических пеноматериалов холодной поризации. *Вісник СХУ ім. В. Даля*. Сєверодонецьк. 2019. № 8 (256). С. 70-73.

648. Кругляков П.М. Ексерова Д.Р. Пены и пенные пленки. М.: Химия, 1990. 432 с.

649. Унковская В.В., Рымар Т.Э. Исследование свойств теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла и гранулированного наполнителя. *Развитие науки в XXI веке: материалы XXII межд. заоч. конф.*, г. Харьков. 2017. Ч. 1. С. 111-115.

650. Римар Т.Е. Дослідження структури рідкоскляного теплоізоляційного матеріалу з використанням гранульованого наповнювача.

*Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2018. № 6 (141). С. 24-28.

651. Римар Т.Е. Дослідження структури композиційних теплоізоляційних матеріалів холодного спінування. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2020. № 3 (141). С. 24-28.

652. Шплет Н.Г. Требования к пенопластам, применяемым в качестве термоизоляции строительных конструкций. Л.: Полимерные материалы в гражданском строительстве на Крайнем Севере, 1983. С. 89-92.

653. Римар Т.Е. Исследование структуры теплоизоляционных материалов на основе жидкого стекла в зависимости от количества газообразующего агента. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Київ. 2018. Серія: Технічні науки. Том 29 (68). № 6. С. 77-81.

654. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Влияние наполнителей и газообразующих агентов на свойства блочных теплоизоляционных материалов на основе неорганического полимера – жидкого стекла. *Вісник СНУ ім. В. Даля*. Сєвєродонецьк. 2015. № 7 (224). С. 12-19.

655. Римар Т.Е. Газоутворювачі для піноматеріалів на основі рідкого скла. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. Вінниця. 2017. № 6 (135). С. 9-13.

656. Рымар Т.Э. Изучение влияния поверхностно-активных веществ на свойства жидкостекольных теплоизоляционных материалов. *Вісник НТУ «ХПИ»*. Харків. 2017. № 48 (1269). С. 62-67.

657. Крючкова Е.Ю., Рымар Т.Э. Фазовый состав блочного теплоизоляционного материала на основе жидкого стекла. *Технологія-2016: матеріали міжн. наук.-техн. конф., м. Сєвєродонецьк*. 2016. Ч. 1. С. 20-22.

658. Римар Т.Е., Суворін О.В. Дослідження структури і фазового складу композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. 10<sup>th</sup> Internatinal Scientific Conference: Sciance progress in European countries:

new concepts and modern solutions. Conference papers. Stuttgart, Germany. October 25, 2019. С. 26-35.

659. Римар Т.Е., Суворін О.В. Дослідження процесів формування структури композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла, отриманих з застосуванням екологічно-безпечних НВЧ технологій. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Харків: НТУ «ХП». 2021. № 1 (5). С. 3-10.

660. Римар Т.Е., Крючкова К.Ю. Теплоізоляційні матеріали на основі рідкого скла. Порівняння процесів їх отримання шляхом конвективного нагрівання та мікрохвильовим випромінюванням. *Хімічна промисловість України*. Київ. 2016. № 1 (132). С. 18-22.

661. Римар Т.Е. Іноваційна НВЧ технологія композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Науковий вісник будівництва*. Харків. 2020. Т. 102. № 4. С. 161-167. Doi.org/10.29295/2311-7257-2020-102-4-161-167.

662. Римар Т.Е. Дослідження впливу НВЧ випромінювання на властивості композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Науковий вісник будівництва*. Харків. 2021. Т. 104. № 2. С. 284-291.

663. Rymar T., Suvorin O. The choice of the grouting method for liquid glass granulate while obtaining composite thermal insulation materials. *Functional materials*. Kharkov. 2020. Vol 27. № 3. P. 611 - 621. doi:https://doi.org/10.15407/fm27.03.611.

664. Верещагин В.И., Борило Л.П. Пористые композиционные материалы на основе жидкого стекла и природных силикатов. *Стекло и керамика*. 2002. № 9. С. 26-28.

665. Сульфат кальция. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82\\_%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%84%D0%B0%D1%82_%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B8%D1%8F).



666. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. Под ред. проф. Я.С. Уманского. М.: Гос. Изд-во физико-математической литературы, 1961. 863 с.

667. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максун С.Е. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения. К.: Вища школа, 1991. 243 с.

668. Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Саницкий М.А., Руденко И.И. Щелочные цементы: монография. Киев: изд-во ООО «Основа», 2015. 448 с.

669. Углова Т.К., Новоселова С.Н., Татаринцева О.В. Экологически чистый теплоизоляционный материал с жесткой ячеистой структурой. *Ползуновский вестник*. 2013. № 3. С. 278-281.

670. Yakovlev G., Kodolov V. Intumescent Fireproof Coating Based on Water Glass. *International Journal of Polymeric Materials*. 2000. № 47(43). P. 107-115.

671. Способ изготовления пеносиликата: пат. 021140 В1 ЕАПВ: МПК С04В38/00, С03С11/00. № 201201425; заявл. 16.11.2012; опубл. 30.05.2014. Бюл. № 4`2015. 6 с.

672. Силикатная композиция для получения теплоизоляционного материала: пат. 2171241 Россия: МПК С04В28/24, С04В111:40. № 99110552/03; заявл. 21.05.1999, опубл. 27.07.2001.

673. Композиция для изготовления ячеистого материала: пат. 2148044 Россия: МПК С04В28/26, С04В38/02. № 98115696/03; заявл. 10.08.1998; опубл. 27.04.2000.

674. Сырьевая смесь для изготовления пеносиликата: пат. 2368574 Россия: МПК [С03С11](#). № 2008136712/12; заявл. 15.09.2008; опубл. 27.09.2009. Бюл. 27. 8 с.

675. Сырьевая смесь для изготовления пеносиликата: пат. 2556739 С1 Россия: МПК [С04В 28/26](#), [С04В 38/02](#), [С04В 111/20](#). № 2014120259/03; заявл. 20.05.2014; опубл. 20.07.2015. Бюл. 20. 14 с.

676. Способ получения пористого огнеупорного материала: пат. 2197450 Россия: МПК С04В38/02. № 2001121458/03; заявл. 01.08.2001; опубл. 27.01.2003. Бюл. № . 8 с.

677. Композиция для получения теплоизоляционного материала: пат. 2165908 Россия: МПК С04В28/26, С04В111:20. № 2000117944/03; заявл. 10.07.2000; опубл. 27.04.2001. 5 с.

678. Способ получения блоков пеносиликата: пат. 2297398 Россия: МПК С03С11/00. № 2005132347/03; заявл. 19.10.2005; опубл. 20.04.2007. Бюл. 11. 6 с.

679. Способ получения блоков пеносиликата: пат. 2225373 Россия: МПК [С03С11](#). № 2002123820/03; заявл. 06.09.2002; опубл. 10.03.2004. Бюл. № . 6 с.

680. Способ производства силикатного теплоизоляционного материала: пат. ВУ 14019 Беларусь: МПК С04В38/08, С04В28/00. № 20090568; заявл. 20.04.2009; опубл. 30.12.2010. 4 с.

681. Состав и способ получения пеносиликатного материала: пат. 2346906 Россия: МПК С04В28/26, С04В111/40. № 2007116508/03; заявл. 02.05.2007; опубл. 20.02.2009.

682. Композиция для изготовления теплоизоляционных изделий: пат. 2104252 Россия: МПК С04В14/38. № 96101487/03; заявл. 24.01.1996; опубл. 10.02.1998.

683. Foamed glass composite material and method of producing same: pat. 8171751 Unated States: int. С03В 19/08 (20060101); С03В 19/09 (20060101). Date of patent: 8.05.2012.

684. Пенокристаллический материал и способ его получения: пат. 2272006 Россия: МПК С03С11/00. № 2004125788/03; заявл. 24.08.2004; опубл. 20.03.2006.

685. Огнеупорный вспененный углеродсодержащий материал: пат. 2263648 Россия: МПК С04В38/02, С04В38/10, С04В35/16. № 2003136383/03; заявл. 17.12.2003; опубл. 20.05.2005, Бюл. № 31. 8 с.

686. Сырьевая смесь для получения пеносиликатного теплоизоляционного материала и способ его изготовления: пат. 2341483 Россия: МПК C04B28/26, C04B40/00. № 007104512/03; заявл. 05.02.2007; опубл. 20.12.2008, Бюл. № 35. 12 с.

687. Сырьевая смесь для изготовления теплоизоляционного материала и способ его получения: пат. 2148045 Россия: МПК C04B28/26, C04B40/00. № 98121201/03; заявл. 24.11.1998; опубл. 27.04.2000. Бюл. 4. 8 с.

688. Foamed glass ceramic composite materials and a method for producing the same: pat. 9376344 United States: int. C04B 14/24 (20060101); C04B 18/14 (20060101); C04B 28/04 (20060101); C04B 38/08 (20060101). Date of patent 28.06.2016.

689. Способ производства блочного теплоизоляционного пеностекла: пат. 2290372 Россия: МПК C03C11. № 2005121870/03; заявл. 11.07.2005; опубл. 27.12.2006.

690. Inorganic fireproof and heat-insulating material based article thereof: pat. 9708536B2 United States: int. C09K21/02, E04B1/80. Date of patent: 18.07.2017.

691. Method to produce foam silicates with admixtures having magnetic properties and foam silicate thus produced: pat. WO 2016056932 A1: int. [C04B35/16](#), [C04B35/624](#), [C04B38/00](#). Date of patent: 14.04.2016.

692. Способ изготовления теплоизоляционного материала WO 2012121619 A1: МПК [C04B38/10](#), [C04B40/00](#). № PCT/RU2011/000385; заявл. 2.06.2011; опубл. 13.09.2012. 18 с.

693. Eremina N.V., Avvakumov E.G., Zelinskii V.Y. Fireproof Water Glass Composite Based on Mechanically Activated Alumina. *Glass and Ceramics*. 2005. № 62. P. 58-60.

694. Denisov D.Y., Kulikov V.A., Abdrakhimov V.Z. Preparation of heat insulation material from water glass modified with sodium chloride. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2012. № 52. P. 331-334.

695. Rimar T.E., Kryuchkova E.Ju., Pinchukova N.A., Voloshko A.Y., Chebanov V.A. High-efficient microwave-assisted method for the preparation of energy-saving foamed liquid glass materials. *Functional materials*. Kharkov. 2016. Vol 23. № 3. P. 1-6.

696. Римар Т.Е. Вибір технологічного режиму спучування гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла. *Сучасні технології в освіті та науці: матеріали третьої міжн. наук.-практ. конф., м. Сєверодонецьк. 27-28 лютого 2020. Ч. 2. - С. 184-186.*

697. Rymar T. Determining the technological mode of foaming of blocked heat – insulating material based on liquid glass in microwave equipment. *Functional materials*. Kharkov. 2018. Vol 25. № 2. P. 376-380.

698. Rymar T., Suvorin O. Comparison of properties of thermal insulation materials based on liquid glass obtained by volume and contact grouting. *Питання хімії та хімічної технології* Дніпро. 2020. № 1. С. 47-52.

699. Римар Т.Е. Дослідження властивостей композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі рідкоскляного грануляту одержаних шляхом об'ємного і контактного омонолічування. *Сучасні технології в освіті та науці: колективна монографія з матеріалами четвертої міжн. наук.-практ. конф., м. Сєверодонецьк. 22-23 квітня 2021. С. 13-18.*

700. Композиция для производства пористого заполнителя: пат. 2594238 Россия: МПК [C04B14/24](#), [C04B20/06](#), [C04B38/00](#). № ; заявл. 24.06.2015; опублик. 10.08.2016. Бюл. 3. 6 с.

701. Сырьевая смесь для изготовления пористого заполнителя: пат. 2399596 Россия: МПК C04B14/04. № 2009128802/03; заявл. 27.09.2009; опублик. 20.09.2010. Бюл. 26. 4 с.

702. Сырьевая смесь для получения пористого заполнителя: пат. 2497780 Россия: МПК [C04B38/02](#). № 2012125142/03; заявл. 18.06.2012; опублик. 10.11.2013. Бюл. 31. 6 с.

703. Synthetic aggregate for use in concrete: Pat. US 8921463 B1 Unated States. Int. [C04B28/26](#), [C04B28/04](#). Date of patent: 30.12.2014.

704. Obada Kayali. Flashag – new lightweight aggregate for high strength and durable concrete. *World of Coal Ash*. (Kentucky, USA. April 11-15. 2005).

705. Pet artificial aggregate for the preparation of lightened concrete: Pat. WO 2004024793 A2. Int. [B29K67/00](#), [C04B111/40](#), [B29B17/04](#), [C04B28/02](#), [C04B16/04](#), [C04B18/02](#), [B29B17/00](#), [C04B18/20](#). Date of patent: 25.03.2004.

706. Mizuriev S., Zhigulina A., Solopova G. Production technology of waterproof porous aggregates based on alkali silicate and non-bloating clay for concrete of general usage. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 111. P. 540 – 544.

707. Способ изготовления пористых строительных изделий из способного вспучиваться природного глинистого сырья: пат. 2469008 Россия: МПК [C04B38/08](#), [C04B33/02](#), [C04B33/32](#). № 2011131733/03; заявл. 29.07.2011; опублик. 10.12.2012. Бюл. 34. 8 с.

708. Eremina N.V., Avvakumov E.G., Zelinskii V.Y. Fireproof Water Glass Composite Based on Mechanically Activated Alumina. *Glass and Ceramics*. 2005. № 62. P. 58-60.

709. Эпиламированный пористый материал и способ его получения: пат. 2283322 Россия: МПК C08J5/00, C08K7/22. № 2005120618/04; заявл. 04.07.2005; опублик. 10.09.2006. Бюл. 25. 11 с.

710. Composite materials made from treated cellulose and plastic: Pat. WO 2002077077 A3: МКИ [C08J5/06](#). № PCT/IB2002/000831; заявл. 23.03.2001; опубл. 03.10.2002.

711. Калдыбекова Ж.Д., Бренер А.М., Сырманова К.К. Некоторые аспекты моделирования структуры высокопористых материалов. *Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан*. 2007. № 3 С. 52-55.

712. Римар Т.Е. Отримання пористих гранульованих матеріалів на основі рідкого скла під дією мікрохвильового випромінювання. *Енергоефективність на транспорті: матеріали міжн. наук-техн. конф., м. Харків 18-20 листопада 2020. Ч. С.*

713. Римар Т.Е. Композиційні теплоізоляційні матеріали на основі рідкоскляного грануляту. *Теорія і методи будівельного матеріалознавства:*

матеріали VI міжн. наук-практ. конф., м. Харків 5-6 листопада 2020. Ч. С. 92-94.

714. Именохоев И., Виндсхаймер Х., Вайтц Р., Кинтсель Н., Линн Х. Технорлогия СВН-нагрева: потенциал и границы. URL: <http://www.linn.de/>

715. Технологические системы и комплексы. URL: <http://tsc-technologies.ru/ru/>

716. Установки для вспучивания вермикулита VERMIC. URL: <http://tsc-technologies.ru/ru/oborudovanie/ustanovki-dlya-vspuchivaniya-vermikulita-vermic/>

717. Римар Т.Е. Використання НВЧ випромінювання для спучування рідкоскляних теплоізоляційних матеріалів. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків. 2020. Вип. 193. С. 15-23.

718. Піноскло. ТОВ «НВП «Технологія», м. Шостка. URL: <http://www.pinosklo.com/ua/>



