



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
"ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ"**

Согласовано:
Проректор по научной работе



В.Ф. Мущанов
2022 г.

Утверждаю:
Ректор



Н.М. Зайченко
2022 г.

**Отчет о научной работе кафедры
за 2022 год**

Зав. кафедрой «Физика и
прикладная химия»

Подпись

Фролова С.А.
ФИО

Утверждено на заседании кафедры
«Физика и прикладная химия»

«15» декабря 2022 г., протокол № 5

Макеевка, 2022

Информация о выполнении госбюджетных (кафедральных) тем

Секция: Физика конденсированных сред.

Название приоритетного направления развития науки и техники:

фундаментальные научные исследования по наиболее важным проблемам развития научно-технического, социально-экономического, общественно-политического, человеческого потенциала для обеспечения конкурентоспособности в мире и устойчивого развития общества и государства.

1. Тема НИР: «Развитие физико-химических основ кинетики кристаллизации переохлажденных расплавов и растворов».

2. Руководители НИР: Фролова Светлана Александровна, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и прикладной химии.

3. Номер государственной регистрации НИР: 0121D000091.

4. Номер учетной карточки заключительного отчета: -

5. Название высшего учебного заведения, научного учреждения: ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

6. Срок выполнения: начало –11.01.2022 г., окончание – 31.12.2022 г.

7. Предмет исследования. Закономерности влияния кинетики зародышеобразования и кристаллизации переохлажденных расплавов на структуру и свойства материалов.

8. Объект исследования. Цветные металлы и сплавы, кристаллогидраты и их смеси, низкомолекулярные органические вещества.

9. Суть процесса исследования. Суть процесса исследования в том, что в литературе отсутствуют систематические исследования относительно влияния зародышеобразования и кинетики кристаллизации переохлажденных расплавов разных веществ на структуру и свойства материалов, которые зависят от условий кристаллизации и влияния разных факторов. Поэтому эта работа направлена на исследования в этом направлении.

10. Основные научные результаты. Выполнен план работы по 2 этапу (2022 г.).

Выполнен план работы по 2 этапу (2022 г.).

Проведен анализ современных методов исследования фазовых превращений. Проведен патентный поиск и проанализированы база данных российского патентного ведомства «Федеральный институт промышленной собственности», база данных патентов СССР и зарубежных патентных ведомств.

Проведены экспериментальные исследования переохлаждений при кристаллизации неорганических солей NaCl, NaNO₃, BaNO₃, K₂SO₄; низкомолекулярных органических веществ (уксусная, пальминовая, стеариновая кислоты). Проанализированы процессы кристаллизации кристаллогидратов солей по термограммам плавкости.

Проанализированы тепловые эффекты при плавлении и кристаллизации в системе ацетат натрия тригидрат–сульфат натрия декагидрат. Эвтектический

состав в системе $\text{NaCH}_3\text{COO}\cdot 3\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ рекомендован в качестве теплоаккумулирующего материала.

Дан анализ различных этапов взрывной кристаллизации: кластеризации жидкой фазы, зародышеобразования и коагуляции зародышей. Сделана попытка объяснения явления взрывной кристаллизации с позиции известных положений теории цепных реакций.

Проведены термографические исследования влияния перегрева расплава на величину предкристаллизационного переохлаждения сплавов в системе галлий-индий. По величинам переохлаждений соответствующих сплавов построена неравновесная диаграмма состояния системы Ga-In. Определены активности и коэффициенты активности компонентов на момент начала квазиравновесной и неравновесно-взрывной кристаллизаций (только для доэвтектических сплавов). Установлено, что активность галлия во всех сплавах системы Ga-In выше активности индия. Высокую активность галлия можно объяснить тем, что его кристаллизация складывается из двух этапов (образование молекул Ga_2 , а затем – кристаллической решетки), затвердевание же индия происходит в один этап (соединение атомов в кристаллическую решетку).

Методом циклического термического анализа получены кривые нагревания-охлаждения сплавов в системе индий-свинец. Установлены величины предкристаллизационных переохлаждений относительно линии ликвидус. Расчитаны критические размеры l_k зародышей кристаллов твёрдых растворов, работы A_k их образования. Установлена корреляция между зависимостями энтальпий плавления, межфазных поверхностных энергий σ_{LS} и переохлаждений ΔT^- от концентрации в системе твёрдых растворов на примере сплавов индия и свинца.

Подготовлен промежуточный отчет.

11. Работа над кандидатскими диссертациями.

12. В работе принимали участие 4 студента 1 и 2 курса обучения.

13. Цель и предмет работы.

Основная цель работы – экспериментальные и теоретические исследования кинетики зародышеобразования и массовой кристаллизации расплавов и растворов разных веществ, влияния термической предыстории на параметры равновесной и неравновесной кристаллизации, структуру и свойства материалов.

14. Перечень основных заданий.

Этап 2. 11.01.2022 г.-31.12.2022 г.

Анализ современных методов исследования фазовых превращений.

Экспериментальные исследования переохлаждений при кристаллизации неорганических солей NaCl , NaNO_3 , K_2SO_4 ; низкомолекулярных органических веществ (уксусная, пальминовая, стеариновая кислоты). Сравнительный анализ процессов кристаллизации кристаллогидратов солей по термограммам плавкости.

Анализ тепловых эффектов при плавлении и кристаллизации в системе ацетат натрия тригидрат-сульфат натрия декагидрат.

Определение степени кристалличности в кристаллогидратах солей натрия, магния, железа с помощью ядерно-магнитного резонанса (ЯМР).

Подготовка промежуточного отчета.

15. Реализация заданий работы.

Актуальность работы.

Важной проблемой в теории кристаллизации вещества в настоящее время является выяснение механизма взаимозависимости этапа зародышеобразования с последующим процессом массовой кристаллизации. Существующая флуктуационная теория не способна объяснить явления взрывной кристаллизации, эффекты поэтапного плавления и кристаллизации, наличия стойких и значительных переохлаждений и пр. Ввиду определенных трудностей прямого наблюдения за начальной стадией формирования кристалла, экспериментальных опытов по кинетике зародышеобразования, динамики развития зародышей, ее морфологии и текстуры, влияния разных дисперсных частиц и др. в настоящее время недостаточно для развития новых теорий кристаллизации.

Для дальнейшего развития теории зародышеобразования, роста кристаллов и массовой кристаллизации необходимо расширять класс исследуемых веществ, усовершенствовать традиционные и разрабатывать новые методики исследований, устанавливать новые закономерности и эффекты при фазовых превращениях, разрабатывать и анализировать неравновесные диаграммы состояния.

Результаты предыдущих наших исследований позволили установить ряд новых уникальных эффектов (скачкообразного перехода от равновесной кристаллизации без переохлаждения к неравновесной кристаллизации с физическим переохлаждением, отсутствие спонтанной кристаллизации в области метастабильного состояния расплава, построение диаграмм состояния сплавов с указанием областей физического переохлаждения, выявление таммановских зависимостей скорости зародышеобразования от переохлаждения при кристаллизации некоторых простых веществ, сплавов и химических соединений, факт уменьшения предкристаллизационного переохлаждения под действием инородных частиц и т.д.), которые содействует управлению структурой и свойствами получаемых материалов после кристаллизации. Вместе с тем имеющихся данных явно недостаточно для построения кластерно-коагуляционной теории кристаллизации.

Основными задачами этапа являлись экспериментальные термографические исследования влияния перегрева расплавов и растворов, времени выдержки выше и ниже температуры фазового превращения, скорости охлаждения, массы образцов и др. на параметры кристаллизации расплавов разных материалов; математическая обработка экспериментальных данных; исследование структуры и свойств материалов.

16. Основные научные результаты:

- Методами ЦТА и ДТА исследована кинетика кристаллизации органических соединений и их смесей (бензол, нафталин, *m*-терфенил, уксусная, пальминовая, стеариновая кислоты), кристаллогидратов ($\text{NaCH}_3\text{COO}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) эвтектических сплавов в системах: Ga-In, Ga-Sn, $\text{NaCH}_3\text{COO}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

- Методом циклического термического анализа исследовано влияние перегрева расплава эвтектического сплава Ga-Sn и Ga-In на величину предкристаллизационного переохлаждения на образцах массой 2 г. Установлено, что зависимость переохлаждения от перегрева для обоих эвтектических сплавов имеет непрерывный возрастающий характер. Предельное значение переохлаждения составляет ~26 К (для сплава Ga-Sn) и ~25 К (для сплава Ga-In) независимо от величины предварительного перегрева расплава и всегда носило «взрывной» характер со скоростью $\approx 40\text{-}45$ К/с.

- Методом ЦТА получены и проанализированы термограммы плавления и кристаллизации воды в различных грунтах (глинистый сланец и песчаный сланец). По данным термограмм были определены значения кинетических параметров плавления и кристаллизации образцов.

- Проведен сравнительный анализ образцов $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, полученных в различных условиях кристаллизации под влиянием внешних воздействий: а) образец I, охлажденный в нормальных условиях в безградиентной печи; б) образец II, охлажденный в морозильной камере до температуры -23°C ; в) образец III, который предварительно расплавлен МВ-излучением; г) образец IV, который при температуре перегрева $T=50^\circ\text{C}$ предварительно был подвергнут вибрационному воздействию в течении $t=3$ мин. Были определены основные параметры плавления и кристаллизации.

- Методами термического анализа (ЦТА и ДТА) изучена механическая эвтектическая смесь в системе $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, с координатами эвтектики: $T_e = T_s = 19 \pm 1^\circ\text{C}$, $x_e = 50 \pm 2$ масс. % $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Установлено, что после слабых прогревов жидкой фазы и последующем охлаждении наблюдалась квазиравновесная кристаллизация с практическим отсутствием переохлаждения, а после достаточно хороших прогревов при охлаждении фиксировалась неравновесная кристаллизация с соответствующим большим переохлаждением. На основании полученных результатов установлено, что эвтектический состав имеет наименьшее предкристаллизационное переохлаждение (~ 2 К) и его можно рекомендовать в качестве теплоаккумулирующего материала, с энтальпией плавления $\Delta H_f = 261,7$ кДж/кг.

- Проанализированы различные этапы последовательного затвердевания переохлажденных расплавов и растворов, и рассчитаны критические размеры зародышей и работы их образования при кристаллизации из пересыщенных растворов на примере системы бензол – нафталин.

- Для расплава *m*-терфенила установлено, что в зависимости от величины предварительного прогрева расплава относительно температуры плавления и дальнейшего охлаждения фиксируются два вида кристаллизации: квазиравновесная без переохлаждения и неравновесно-взрывная с переохлаждением. Переходы от равновесной кристаллизации к неравновесно-взрывной и наоборот, происходили скачкообразно и носили гистерезисный характер. Разработаны схемы изменения энергии Гиббса и энтропии для этих видов кристаллизации.

- Дан анализ различных этапов взрывной кристаллизации: кластеризации жидкой фазы, зародышеобразования и коагуляции зародышей. Сделана попытка объяснения явления взрывной кристаллизации с позиции известных положений теории цепных реакций. В качестве «строительного» материала образования кристаллов предложено считать кристаллоподобные кластеры и наноразмерные зародыши кристаллов. Показано, что при коагуляции даже двух зародышей выделяется энергия эквивалентная квантам электромагнитного излучения, способствующим активации присоединения других зародышей по цепному механизму. Расчеты показали, что при коагуляции множества зародышей выделяется теплота достаточная для быстрого прогрева вещества из области

переохлаждения до температуры плавления. По аналогии с известной диаграммой теплового взрыва по Н.Н. Семенову построена и проанализирована подобная диаграмма зависимости тепловыделения и теплоотвода от времени. Найдены критические значения начала взрывного процесса и скорости охлаждения жидкой фазы.

- Проведен патентный поиск и проанализированы база данных российского патентного ведомства «Федеральный институт промышленной собственности», база данных патентов СССР и зарубежных патентных ведомств.

- Изученные нами вещества широко используются в качестве теплоаккумулирующих материалов в термостабилизирующих устройствах, например, для системы обогрева тепловозов в период отстоя и для аккумулирования солнечной энергии. Изобретение, основным компонентом которого является $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ предлагают использовать для защиты человека от переохлаждения при длительном выполнении работ в условиях воздействия холода, в медицинских грелках и компрессах, а также в устройствах для ингаляции, включающему источник тепла.

- Предложено большое количество различных устройств: для измерения параметров кинетики кристаллизации, для управления процесса кристаллообразования в переохлажденных расплавах или пересыщенных растворах, для термического анализа металлов, для измерения температуры кристаллизации веществ, для измерения температуры фазовых превращений и др.

- Можно сделать вывод, что изучение кристаллизации переохлажденных расплавов и растворов является достаточно актуальным. Однако недостаточно информации по зародышеобразованию и кинетике кристаллизации переохлажденных расплавов и растворов.

- По величинам переохлаждений соответствующих сплавов построена неравновесная диаграмма состояния системы Ga-In. Определены активности и коэффициенты активности компонентов на момент начала квазиравновесной и неравновесно-взрывной кристаллизаций (только для доэвтектических сплавов). Установлено, что активность галлия во всех сплавах системы Ga-In выше активности индия.

- Методом циклического термического анализа получены кривые нагревания-охлаждения сплавов в системе In-Pb. Установлено, что увеличение концентрации второго компонента приводит к уменьшению энтальпии плавления ΔH_{LS} твёрдого раствора, как со стороны первого, так и со стороны второго компонента, достигая определённого минимума при концентрации свинца 30%. Также установлена корреляция между зависимостями энтальпий плавления, межфазных поверхностных энергий σ_{LS} и переохлаждений ΔT^- от концентрации в системе твёрдых растворов на примере сплавов индия и свинца.

- Проведен сравнительный анализ четырех образцов $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, полученных в различных условиях кристаллизации под влиянием внешних воздействий. Были определены основные параметры плавления и кристаллизации, которые сведены в табл. 1.

Образец	$v_{нагр},$ °C/с	$T_L,$ °C	$\tau_L,$ с	$v_{охл},$ °C/с	$T_{min},$ °C	$T_s,$ °C	ΔT_{ϕ}^-	ΔT_{ϵ}^-	ΔT_{LS}^-	$\tau_s, с$		
										τ_1	τ_2	τ_3
I	0,2	48,5	127	0,05	21,5	46,5	27	25	2	1609	9,5	263
II	0,1	47,5	225	0,6	12,5	32,0	36	20	16	448	8	96
		32,0					20		-			
III	0,1	48,5	147	0,04	20,0	48,0	28	21	7	2186	10	165
						41,5						
IV	0,3	48,0	20	0,06	6,0	46,5	42	11	31	503	6	60
						17,0						

Установлено, что у образцов, подвергшихся внешним воздействиям, на кривой охлаждения фиксируются «первичная» кристаллизация типа КРК и «вторичная» типа НРВК.

- Получила свое дальнейшее развитие кластерно-коагуляционная теория кристаллизации на основе новых экспериментальных данных.
- Подготовлен промежуточный отчет.
- Результаты работы опубликованы в 17 работах, из них: 7 статей, 10 тезисов докладов, апробированы на 4 международных конференциях.
- В рамках научно-исследовательской работы принимали участие 4 студента.

17. Преимущество этой работы над другими имеющимися аналогами заключается в том, что в литературе отсутствуют: систематические экспериментальные исследования кинетики кристаллизации переохлажденных расплавов и влияния внешних действий на параметры кристаллизации элементарных веществ, сплавов, химических соединений, кристаллогидратов, низкомолекулярных веществ и т.п. Из-за отсутствия системных исследований влияния разных факторов на кинетику кристаллизации, литературные данные по этой проблеме содержат много разногласий, которые не дают дальнейшего развития теории кристаллизации из переохлажденного состояния и получении надежных экспериментальных средств влияния на структуру и свойства изделий. Современная теория не способна объяснить явления взрывной кристаллизации, эффекты поэтапного плавления и кристаллизации, наличия устойчивых и значительных переохлаждений, влияния внешних воздействий на зародышеобразование при кристаллизации переохлажденных расплавов и др. Центральный вопрос в теории кристаллизации вещества (механизм формирования зародышей в расплаве) порой остается не выясненным, а существующие представление о зародышеобразовании достаточно дискуссионно. Ввиду определенных трудностей прямого наблюдения за начальной стадией формирования кристалла, экспериментальных опытов по кинетике зародышеобразования, динамики развития зародышей, ее морфологии и текстуры в настоящее время явным образом недостаточно для развития новых теорий кристаллизации.

18. Практическая ценность.

Практическое значение полученных результатов работы заключается в том, что проведенные исследования и выявленные эффекты позволят существенным образом управлять структурой и свойствами разных веществ.

Получен большой экспериментальный материал по измерению параметров кристаллизации, который интересен для дальнейшего развития теории и практики кристаллизации вещества, о физико-химической природе расплавов, углубление понимания взаимосвязи параметров кристаллизации со структурой и свойствами полученных кристаллов. Результаты работы планируется использовать в научно-исследовательских институтах и производстве.

Установка для циклического термического анализа и экспериментальные данные по влиянию термической предыстории и внешних действий на кристаллизацию расплавов и

растворов – в Донецком национальном техническом университете; Институте металлургии им. А.А. Байкова РАН.

19. Ценность результатов для учебно-научной работы.

Некоторые результаты работы введены в учебный процесс таких курсов, как «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение», «Физико-химическое материаловедение», «Физика» (используются в лекционном курсе, лекционных демонстрациях, лабораторных работах). Например, разработаны лабораторные работы «Измерение электропроводности в кристаллогидратах при плавлении и кристаллизации», «Определение параметров кристаллизации растворов методом оптической микроскопии» и т.д.

Результаты работы докладывались на научных семинарах кафедры, на 4 международных конференциях различного уровня и были опубликованы в крупных научных журналах. Результаты работы за 2022 г. были рассмотрены и утверждены на заседании кафедры ФФМ 24.12.2022 г, протокол № 5.

В выполнении этой работы принимают участие студенты. Вместе со студентами опубликовано 5 научных работ и доложены на 4 международных конференциях.

20. Перечень разработанной документации и образцов.

1. Аннотированный отчет за второй этап работы.
2. Методические указания к лабораторным работам.

21. Перечень научных публикаций, докладов на конференциях, семинарах.

п/п	Название	Вид работы	Выходные данные	Авторы
1	Закономерности процесса кристаллизации эвтектик Ga-Sn и Ga-In	тезисы	Сборник научных трудов XII международной конференции «Химическая термодинамика и кинетика». – 25-29.05.2022. – г. Тверь. – С. 332-334.	Фролова С.А.
2	Износостойкие стали	тезисы	Сборник тезисов докладов VIII республ. конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной архитектурной области». – Макеевка: ГБОУ ВО «ДонНАСА». –2022. С. (в печати)	Доренский Н.А., Фролова С.А.
3	Спорные вопросы теории нуклеации при кристаллизации из расплавов и растворов и пути их преодоления	статья	The scientific heritage (Budapest, Hungary). – № 88 (2022). –Р. 23-30.	Фролова С.А., Щебетовская Н.В., Покинтелица Е.А
4	Анализ термических гистерезисных явлений при плавлении и кристаллизации тиосульфата натрия пятияводного.	статья	Вестник ДонНАСА. Современные строительные материалы. В. 2022-1 (153). – С. 134-142.	Фролова С.А., Щебетовская Н.В., Соболь О.В., Соболев А.Ю.
5	Исследование переохлаждений сплавов в системе индий-свинец	статья	Сборник научных трудов VIII республ. конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной архитектурной области». – Макеевка: ГБОУ ВО	Гончаров. А.М., Фролова С.А.

			«ДонНАСА». –2022. – С. 42-50.	
6	Исследование процесса кристаллизации сплавов в системе галлий-индий	статья	Металлы. –Москва. – 2022. –№ 5. – С. 86-91.	Фролова С.А.
7	Solidification of Gallium-Indium Alloys	статья	Russian Metallurgy (Metally). –Vol. 2022. – No 9. – pp. 1059-1064.	Frolova S.A.
8	Нуклеационный механизм взрывной кристаллизации	статья	Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – Донецк: ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2022. – № 1. – С. 86-94	Фролова С.А., Щебетовская Н.В. Соболь О.В., Соболев А.Ю.
9	Анализ различных этапов последовательного затвердевания переохлажденных расплавов	тезисы	Сборник научных трудов XII международной конференции «Химическая термодинамика и кинетика». – Тверь, Тверской государственный университет, 2022 – С. 245-246.	Покинтелица Е.А., Притыка А.А.
10	Термический гистерезис макрообъектов при фазовых превращениях первого рода	статья	Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – Донецк: ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2022. – № 1. – С.80-85.	Покинтелица Е.А.
11	Расчет критических размеров зародышей и работ их образования при кристаллизации из пересыщенных растворов	тезисы	Химическая термодинамика и кинетика: сборник научных трудов XII Международной научной конференции / Тверской гос. ун-т; Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2022. С. 361-362.	Щебетовская Н.В. Притыка А.А.

12	Анализ особенностей кристаллизации м-терфенила из расплава по термограммам плавкости	статья	Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – Донецк: ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2022. – № 3. – С. 53-61.	Покинтелица Е.А., Щебетовская Н.В.
13	Построение и анализ экспериментальных термограмм плавления и кристаллизации воды в различных грунтах, полученных методом циклического термического анализа (ЦТА)	статья	Сборник научных трудов VIII Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной архитектурной отрасли» (22 апреля 2022 г.) Том 1: Фундаментальные науки, с.156-163.	Кугель Е.С., Соболь О.В.
14	Сравнительный анализ кристаллизации образцов $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	тезисы	Сборник трудов Восьмой Международной научной конференции «Химическая термодинамика и кинетика» –г. Тверь, 16 мая – 22 мая 2022 г. С. 125-127.	Соболь О.В.
15	Calculation of eutectic component activities in water-salt systems	тезисы	XXIII International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia, RCCT-2022, August 22-26, 2022, Kazan, Russia: Abstracts. – Kazan, 2022. - 309 p.	Sobol O., Shazhko Y., Ozhegova L.
16	Эвтектический состав в системе $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ как теплоаккумулирующий материал	тезисы	Иновации в альтернативной энергетике: производство и накопление: Всероссийская конференция с международным участием (Дубна, 14–	Соболь О.В., Фролова С.А., Соболев А.Ю., Ожегова Л.Д.

			16 ноября 2022 г.): сб. тезисов докладов / под общей ред. канд. хим. наук А. Н. Воропая. – Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2022. – С. 49, с. ISBN 978-5-89847-676-2.	
17	Международная база SCOPUS – инструмент оперативного, удобного и результативного поиска научных работ.	статья	Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции «информационные и инновационные технологии в науке и образовании», Таганрогский институт им. А.П. Чехова, 27-28 октября, 2022 г., (в печати)	Фролова С.А., Соболев О.В., Греднев Д.С.

22. Основные выводы.

1. Определены основные закономерности кристаллизации эвтектик Ga-Sn и Ga-In. Установлено, что зависимость переохлаждения от перегрева для обоих эвтектических сплавов имеет непрерывный возрастающий характер. Предельное значение переохлаждения составляет ~26 К (для сплава Ga-Sn) и ~25 К (для сплава Ga-In) независимо от величины предварительного перегрева расплава и всегда носило «взрывной» характер со скоростью $\approx 40-45$ К/с.

2. Исследована кинетика кристаллизации эвтектического состава в системе $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Установлено, что он имеет наименьшее предкристаллизационное переохлаждение (~2 К) и его можно рекомендовать в качестве теплоаккумулирующего материала.

3. Проанализированы различные этапы последовательного затвердевания переохлажденных расплавов и растворов и рассчитаны критические размеры зародышей и работы их образования при кристаллизации из пересыщенных растворов на примере системы бензол – нафталин.

4. Для расплава *m*-терфенила установлено, что в зависимости от величины предварительного прогрева расплава относительно температуры плавления и дальнейшего охлаждения фиксируются два вида кристаллизации: квазиравновесная без переохлаждения и неравновесно-взрывная с переохлаждением. Переходы от равновесной кристаллизации к неравновесно-взрывной и наоборот, происходили скачкообразно и носили гистерезисный характер. Разработаны схемы изменения энергии Гиббса и энтропии для этих видов кристаллизации.

5. Используя теории цепных реакций, показано, что при коагуляции даже двух зародышей выделяется энергия эквивалентная квантам электромагнитного излучения, способствующим активации присоединения других зародышей по цепному механизму. Расчеты показали, что при коагуляции множества зародышей выделяется теплота достаточная для быстрого прогрева вещества из области переохлаждения до температуры плавления. По аналогии с известной диаграммой теплового взрыва по Н.Н. Семенову построена и проанализирована подобная

диаграмма зависимости тепловыделения и теплоотвода от времени. Найдены критические значения начала взрывного процесса и скорости охлаждения жидкой фазы.

6. Проведен патентный поиск и проанализированы база данных российского патентного ведомства «Федеральный институт промышленной собственности», база данных патентов СССР и зарубежных патентных ведомств.

Изученные вещества широко используются в качестве теплоаккумулирующих материалов в термостабилизирующих устройствах, например, для системы обогрева тепловозов в период отстоя и для аккумуляирования солнечной энергии. Изобретение, основным компонентом которого является $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, предлагают использовать для защиты человека от переохлаждения при длительном выполнении работ в условиях воздействия холода, в медицинских грелках и компрессах, а также в устройствах для ингаляции, включающему источник тепла.

Предложено большое количество различных устройств: для измерения параметров кинетики кристаллизации, для управления процесса кристаллообразования в переохлажденных расплавах или пересыщенных растворах, для термического анализа металлов, для измерения температуры кристаллизации веществ, для измерения температуры фазовых превращений и др.

Можно сделать вывод, что изучение кристаллизации переохлажденных расплавов и растворов является достаточно актуальным. Однако недостаточно информации по зародышеобразованию и кинетике кристаллизации переохлажденных расплавов и растворов.

Список научных работ, опубликованных и принятых редакциями в печать в 2022 году в зарубежных изданиях, которые имеют импакт-фактор

№ п/п	Авторы	Название работы	Название издания, в котором опубликована работа	Том, номер (выпуск, первая, последняя страницы работы)
1	Frolova S.A.	Solidification of Gallium-Indium Alloys	Russian Metallurgy (Metally)	Vol. 2022. – No 9. – pp. 1059-1064.

Сведения о научно-исследовательской работе и инновационной деятельности студентов, молодых ученых

Основные данные

Количество студентов, принимающих участие в научных исследованиях	Количество молодых ученых, работающих в учреждении	Количество молодых ученых, остающихся работать в учреждении после окончания аспирантуры
5	1	-

Участие студентов в НИР

всего	в т.ч. с опл.	х/т	г/т	каф./т
5				2

Публикации студентов / студентов с преподавателями / студентов под руководством преподавателей

№ п/п	Авторы	Название работы	Название издания, в котором опубликована работа	Том, номер (выпуск, первая-последняя страницы работы)
1	Доренский Н.А., Фролова С.А.	Износостойкие стали	Сборник тезисов докладов VIII республ. конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной области». – Макеевка: ГБОУ ВО «ДонНАСА».	2022. С. (в печати)
2	Гончаров. А.М., Фролова С.А.	Исследование переохлаждений сплавов в системе индий-свинец	Сборник научных трудов VIII республ. конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной области». – Макеевка: ГБОУ ВО «ДонНАСА»	2022. –С. 42-50
3	Покинтелица Е.А., Притыка А.А.	Анализ различных этапов последовательного затвердевания переохлажденных расплавов	XII Международная научная конференция «Химическая термодинамика и кинетика»:	2022. – С. 245-246.

			Сборник научных трудов – Тверь, Тверской государственный университет	
4	Щебетовская Н.В. Притыка А.А.	Расчет критических размеров зародышей и работ их образования при кристаллизации из пересыщенных растворов	Химическая термодинамика и кинетика: сборник научных трудов XII Международной научной конференции / Тверской гос. ун-т; Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого,	2022. –С. 361-362.
5	Кугель Е.С., Соболь О.В.	Построение и анализ экспериментальных термограмм плавления и кристаллизации воды в различных грунтах, полученных методом циклического термического анализа (ЦТА)	Сборник научных трудов VIII Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (22 апреля 2022 г.)	Т. 1: Фундаментальные науки, с.156-163.

Участие в конференциях других вузов (организаций)

№ п/п	Авторы	Название доклада	Данные о конференции (название, дата и место проведения)	Статус конференции
1	Фролова С.А., Соболь О.В., Греднев Д.С.	Международная база SCOPUS – инструмент оперативного, удобного и результативного поиска научных работ.	VII Всероссийская научно-практической конференции «информационные и инновационные технологии в науке и образовании», Таганрогский институт им.	Всероссийская

			А.П. Чехова, 27-28 октября, 2022 г.	
--	--	--	--	--

Информация о научной и научно-технической деятельности, которая осуществлялась совместно с научными учреждениями ДНР

Название организации	Номер договора о сотрудничестве	Сроки выполнения	Ответственный	Информация о выполнении
ГУ Институт горных процессов, г. Донецк	02/05-17	02.05.2017- 02.05.2022	Доц. Соболев О.В	Проведены совместные экспериментальные исследования влияния термической предыстории на кинетику кристаллизации горных пород.

Развитие материально-технической базы для проведения научных исследований

№ п/п	Название прибора и его марка, фирма-производитель, страна происхождения	Использование прибора в разрезе научной тематики, которая выполняется кафедрой	Стоимость (руб.)
	нет	нет	нет