



УДК 549.642: 549.07 + 67.0048+553.61

doi: 10.55287/22275398_2026_58_109

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ КОГЕРЕНТНЫХ СТРУКТУР В НЕРАВНОВЕСНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

А. В. Мананков

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

Аннотация

Актуальность

Различные попытки объяснения кристаллизации вязких силикатных расплавов в условиях разной стационарности обусловлены растущей потребностью в новых материалах, обеспечивающих технологический прогресс. В настоящее время принято считать, что все многообразие твердых материалов охватывается несколькими фазовыми состояниями с кристаллическими структурами, починающимися федоровским пространственным группам. Элементарная ячейка обладает параметрами, транслируя которые, можно построить достаточно реалистичную картину описания кристаллов, определяемую фазой по Гиббсу. Данные экспериментальной минералогии часто расходятся с традиционными представлениями, особенно при описании аномальной кинетики диффузии и фазовых превращений в кристаллизующихся стеклах и ситаллах.

Цель работы — разработка способа описания кристаллов, учитывающего силы не менее равной величины, так или иначе связанные с внутренними свойствами и колебательными модами. Для этого мы использовали нашу голографическую модель вещества, в которой эти взаимодействия могут образовывать собственные когерентные структуры со своими типами резонансных решеток.

Решены следующие задачи: выявлены факторы структурной упорядоченности, определяемые пространственно-временной когерентностью; обоснована резонансная модель динамических структур, адекватно описывающая кинетику низкоэнергетических фазовых превращений; разработана классификация материалов по природе связей и типам когерентности.

Методы

Модель обобщенного подхода к оценке разномасштабных процессов и явлений основана на результатах фундаментальных экспериментальных исследований и их анализе с учетом известных представлений электродинамики и волновой механики.

Результаты

Впервые разработана модель пространственно замкнутых динамических структур реального вещества, описывающая объекты и взаимодействия на микро-, мезо- и макроуровнях как совокупность автоинтерферен-

Ключевые слова

Метасиликаты., сикам, петро-шлакоситаллы, минеральное сырье, автоинтерференция, колебательные моды, кинетика, неравновесные процессы, спинодальный распад, изоморфизм.

Дата поступления в редакцию

19.03.2026

Дата принятия к печати

26.03.2026

ции замкнутого волнового процесса. Взаимодействие между областями конструктивной интерференции происходит на частотах биений основного волнового процесса, генерируя пространственную решетку следующего иерархического уровня.

Введение

Существующие модели фазовых переходов в силикатных расплавах, концентрирующиеся на процессах у границы кристалл-расплав [1], не объясняют наблюдаемую кинетику из-за ограничений диффузии. Быстрые скорости кристаллизации стекол потребовали новых механизмов, учитывающих их структуру и реологию [2, 3]. Предложенная динамическая модель [4] связывает скорость кристаллизации с глубиной переохлаждения и скоростями термообработки. Ее суть — ориентация молекулярных агрегатов под действием внутренних сил и рост полимеризации расплава минимизируют роль диффузионного переноса.

Развитие теории поляризованных взаимодействий (взаимодействия поляронов) в кристаллофизике [5–9] показало, что предварительная ориентация поляризованных молекул по кристаллической решетке снижает энергию активации перехода.

Экспериментальные данные по супердиффузии надатомных комплексов и аномально высоким скоростям перемещения ионов примесей при кристаллизации метасиликатных стекол (экспериментальная минералогия) и представления о волновой природе связей [10–13] легли в основу голографической модели вещества (ГМВ) [14]. ГМВ связывает геометрию тора с конфигурацией электромагнитного поля. Эксперименты свидетельствуют, что вещество – это состояние электромагнитного поля в пространстве. Тождественность уравнений механики сплошных сред (Эйлер) и электродинамики (Максвелл) позволяет рассматривать поле как деформацию пространства.

Электромагнитное поле описывается тремя взаимосвязанными векторами (' E ', ' H ', ' P ' — вектор Умова-Пойнтинга). Условие их компланарности (лежание в одной плоскости) основано на смешанном произведении [15–17]. Ненулевой ротор вектора ' P ' (' $\text{rot } P \neq 0$ ') описывает локализованный объект (аналог частицы), стабилизируемый топологией тора (теорема Ляпунова). Интерференция таких волновых объектов формирует структуры вещества.

ГМВ [14, 20–24], развитая на основе экспериментов ТГУ, служит основой данной работы. Она дает наглядную физическую картину, дополняя формальные методы (статистическая термодинамика, квантовая химия, неравновесная термодинамика, синергетика, фракталы) [18, 19]. Устойчивость структур объясняется когерентностью, а связи — резонансом, что подтверждается соответствием расчетных и реальных кристаллических структур [21–24].

В рамках ГМВ предложена классификация из семи типов когерентности (*табл. 1*), выделяемых по доминирующим взаимодействиям: электрическим (e), магнитным (m), механическим (p) и их комбинациям. Типы 1–6 — неорганические материалы. Тип 7 ($e + m + p$), вполне логически непротиворечиво, включает биологические и сложные органоминеральные системы, где структурную роль могут играть протонные решетки. В самом деле, ГМВ объясняет морфологическое сходство минералов (дендриты, листовидные, семевидные формы) с биологическими объектами не дефектами, а проявлением их глубинной волновой структуры, реализующей сложные интерференционные картины.

Традиционная аналитическая техника сегодня эффективно идентифицирует преимущественно электронные взаимодействия и структуры с электронной когерентностью. Нелинейность структуры иногда фиксируется по аномалиям ширины дифракционных рефлексов, однако для описания реальных структур требуются методы анализа поверхностей высших порядков.

Таблица 1

Типы когерентности и общая классификация материалов

№	Тип когерентность	Структурный класс материалов
1	Электронная (Э)	Ионные кристаллы
2	Магنونная (М)	Металлы
3	Фононная (Ф)	Стекла
4	Электронно-магنونная (Э-М)	Полупроводники
5	Электронно-фононная (Э-Ф)	Стеклокристаллические (ситаллы, каменное литье, керамика)
6	Магнноно- фононная (М-Ф)	Металлические стекла
7	Электронно-магнноно-фононная (Э-М-Ф)	Живые и органоминеральные

Резонансные принципы и их роль в материаловедении

Природные объекты, формирующиеся по волновым законам с периодической упорядоченностью, распространены на всех масштабах — от космических до микроскопических. Новые теории подтверждают участие в этих процессах низкоэнергетического протонирования. Например, электронно-протонная теория лежит в основе физико-химических механизмов выщелачивания оксидных минералов в гидрометаллургии [24]. Устройства с минералами слоистой структуры для протонных мембран и комбинированными источниками ионов применяются при обработке алмазов и других ювелирных материалов [25, 26, 27, 28].

Идея голографической природы мира, согласующаяся с фундаментальным открытием корпускулярно-волнового дуализма, была развита в квантовой механике Д. Бомом и К. Прибрамом [29]. Экспериментальное подтверждение (1982 г.) способности элементарных частиц к мгновенной корреляции на расстоянии [30], хотя и противоречащее постулату Эйнштейна, стимулировало развитие волновых концепций М. Талботом и другими исследователями [31]. Формированию голографических идей также способствовали работы Н. А. Козырева в астрофизике [32] и многолетние исследования волновых проявлений в минералогии А. М. Кузьмина [33], который установил подчиненность структурной ритмики кристаллов волновым числам установившихся колебаний.

Несмотря на давнюю известность проблематики, изучение организации надатомных структур в материаловедении отстает от атомного уровня. В отличие от развитых квантово-механических подходов, надатомная организация часто описывается эмпирически с привлечением концепций доменов, кластеров и мицелл. Развитие мезомеханики (школа акад. В. Е. Панина) направлено на квантовое описание дефектов кристаллов через уравнения деформации, исторически применявшиеся Эйлером и Максвеллом [34], но имеющие ограниченную применимость, вероятно, из-за локальности евклидовой геометрии.

В электронных моделях кристаллов магнитные и механические взаимодействия, сопоставимые по значимости с электронными, часто относят к дефектам структуры. Однако эти взаимодействия (обменные и колебательные) способны формировать самостоятельные когерентные структуры с магнными и фононными резонансными решетками, что стало основой прорывов в высоких технологиях, например, в создании квантовых вычислителей на основе фотонной материи [35].

Химическая дифференциация в природе, управляемая автоколебательными процессами и протонно-гидратационными механизмами, проявляется в периодических структурах разного масштаба. Аномально крупные размеры таких образований, обусловленные низкоэнергетической активацией,

противоречат традиционным термодинамическим моделям. В фазовых превращениях ключевая роль принадлежит диффузионным и инфильтрационным потокам [36], векторные поля которых могут стабилизировать или дестабилизировать систему, вызывая вихревые эффекты при нестационарности. В крупных масштабах значимы электромагнитные и гравитационно-кинетические полевые структуры.

Квазистационарные процессы минералообразования обычно реализуются через связанные гидратационный и протонно-гидратационный механизмы, которые, взаимопорождаясь по волновому принципу, обуславливают ритмическое чередование стадий протонирования и гидратации. Эта ритмика проявляется в пространственно-временных вариациях кинетических параметров, приводя к формированию кристаллических агрегатов. Низкая энергоёмкость и высокая скорость процесса по сравнению с классической ионной сборкой объясняются как участием надатомных наноблоков (прима-тел) [37], так и механизмами спиноподобной декомпозиции и супердиффузии. На основе этих данных выделен новый класс стеклокристаллических материалов с электронно-фононной когерентностью [39]. Разработка защищена патентами, отмечена наградами ВДНХ и международного уровня, а сам механизм спиноподобного распада стал самостоятельным разделом экспериментальной минералогии и петрологии [10, 18, 19, 20 и др.].

Реализация волновой концепции в создании ситаллов

Ситаллы — синтетические конструкционные материалы с широким спектром и необычным сочетанием свойств (износостойкость, термо- и кислотоупорность, полупроводниковые характеристики). Для получения метасиликатных ситаллов (система $CaO-MgO-FeO-Fe_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$) исходную шихту из природного сырья или отходов доводят до состава с модулем кислотности $Mk = 1$ [40], обеспечивая равенство мольных долей в катионных подрешетках пироксенов (табл. 2). После плавления (1360–1400 °С, 1.5–2 ч), закалки и отжига гомогенные стекла исследуются методами ДТА для определения температур зародышеобразования (T_1) и роста кристаллов (T_2) (табл. 3).

Таблица 2

Типы когерентности и общая классификация материалов

№ пробы	Подрешетки в формуле пироксенов		
	M2	M1	R
1	$(Ca_{0,86} \cdot Na_{0,13} \cdot K_{0,01})$	$(Ca_{0,06} \cdot Mg_{0,29} \cdot Fe^{+2}_{0,18} \cdot Fe^{+3}_{0,13} \cdot Al_{0,34})$	$(Si_{1,65} \cdot Ti_{0,01} \cdot Al_{0,34})O_6$
2	$(Ca_{0,9} \cdot Na_{0,09} \cdot K_{0,01})$	$(Mg_{0,4} \cdot Fe^{+2}_{0,22} \cdot Fe^{+3}_{0,22} \cdot Al_{0,20})$	$(Si_{1,57} \cdot Ti_{0,02} \cdot Al_{0,41})O_6$
3	$(Ca_{0,83} \cdot Na_{0,08} \cdot K_{0,09})$	$(Ca_{0,4} \cdot Mg_{0,13} \cdot Fe^{+2}_{0,13} \cdot Fe^{+3}_{0,08} \cdot Al_{0,25})$	$(Si_{1,81} \cdot Ti_{0,02} \cdot Al_{0,16})O_6$
4	$(Ca_{0,74} \cdot Na_{0,18} \cdot K_{0,09})$	$(Ca_{0,29} \cdot Mg_{0,16} \cdot Fe^{+2}_{0,11} \cdot Fe^{+3}_{0,07} \cdot Al_{0,38})$	$(Si_{1,79} \cdot Ti_{0,02} \cdot Al_{0,18} \cdot P_{0,01})O_6$

Таблица 3

Типы когерентности и общая классификация материалов

№ пробы	$T_1, ^\circ C$	$E_1, мВт/мг$	$T_2, ^\circ C$	$E_2, мВт/мг$
1	723	0,391	905	0,494
2	711	0,423	897	0,812
3	742	0,321	951	0,591
4	727	0,360	964	0,686

Примечание. T_1 — температура образования зародышей основной фазы; T_2 — температура роста кристаллов; E_1 — энергия активации зародышеобразования, E_2 — энергия роста кристаллов. Номера проб 1–4 соответствуют номерам в *табл. 2*.

Динамические управляющие решетки материала могут формироваться на стадии стекла внешними воздействиями: термомеханическими, акустическими или электромагнитными. Их параметры зависят от частоты воздействий, свойств материала и резонансных характеристик образца, включая его геометрию. Низкочастотные объемные колебания, модулируемые формой и размерами изделия, также влияют на структурообразование, что демонстрирует упорядоченное распределение газовых пузырей в стеклянном шаре (*рис. 1*).

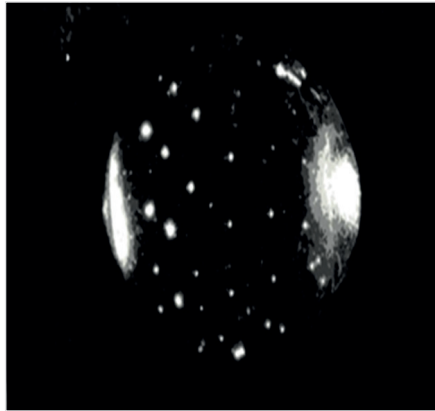


Рис. 1. Распределение газовых пузырей в стеклянном шаре метасиликатного состава по узлам геометрически правильной объемной решетки. $\frac{1}{4}$ натуральной величины

Подтверждением возможности неевклидовых надатомных структур являются фуллерены. Особое значение имеют решетки, формируемые «сильными» ионами (например, *Cr*, *Ag* — катализаторы зародышеобразования), чьи ничтожные концентрации существенно влияют на свойства. Кольцевые структуры электронной плотности, индуцируемые протонами (*рис. 2*), действуют как резонаторы теплового излучения, генерируя стоячие волны, которые упорядочивают структуру при нагреве. Ионы с большим радиусом обменных взаимодействий (~ 1 мкм) также формируют управляющие решетки. Фрактальные структуры кристаллизации хромшпинели (*рис. 3*) демонстрируют строгую упорядоченность с размерными соотношениями, описываемыми простыми числами.



Рис. 2. Кольцевые структуры электронной плотности, индуцированные протонами, на начальной стадии кристаллизации стекла. Увел. $10\,000\times$

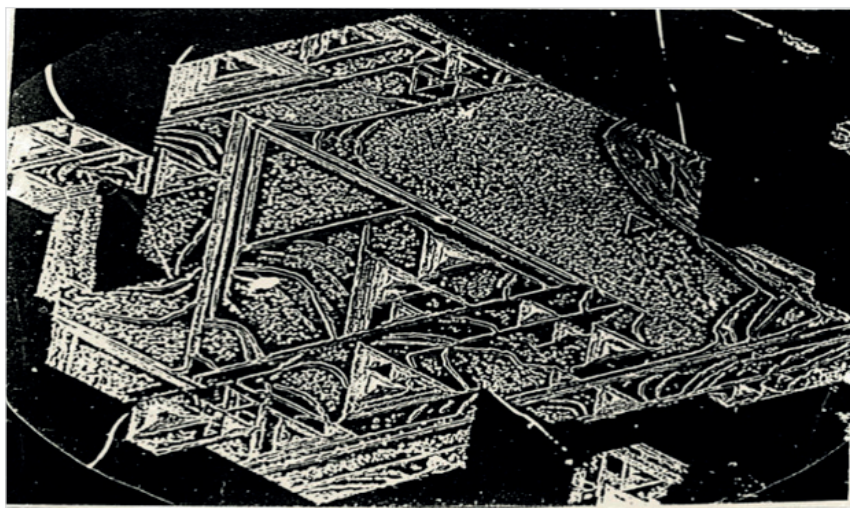


Рис. 3. Заполнение решетки критических тел хромшпинели в стекле. Размеры критических тел связаны отношениями простых чисел ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$ и т. д.). Увел. $10\,000\times$

Метасиликатные системы характеризуются высокой когерентностью и уникальной кинетикой фазовых превращений, проявляющейся в субмезоструктурах спиноподобного распада (*рис. 4*). РФА подтверждает соответствие ситаллов твердым растворам пироксен-волластонита или диопсид-геденбергитового ряда (*рис. 5*), определяющим их свойства.

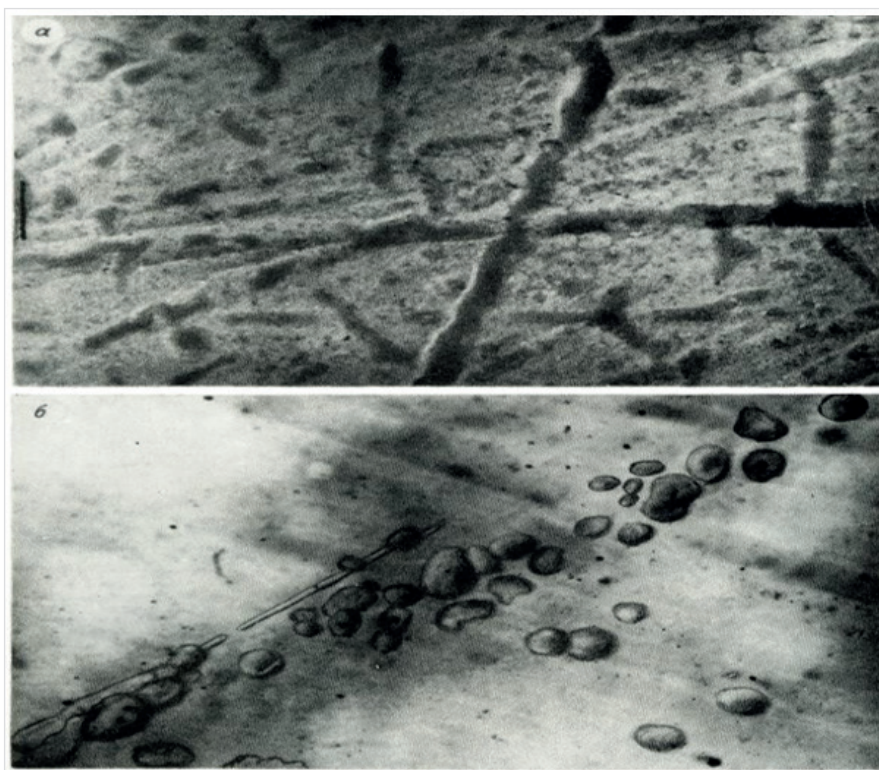


Рис. 4. Субмезоструктура спиноподобного распада в нагреваемом исходном стекле после его закалки. Увел. $10\,000\times$

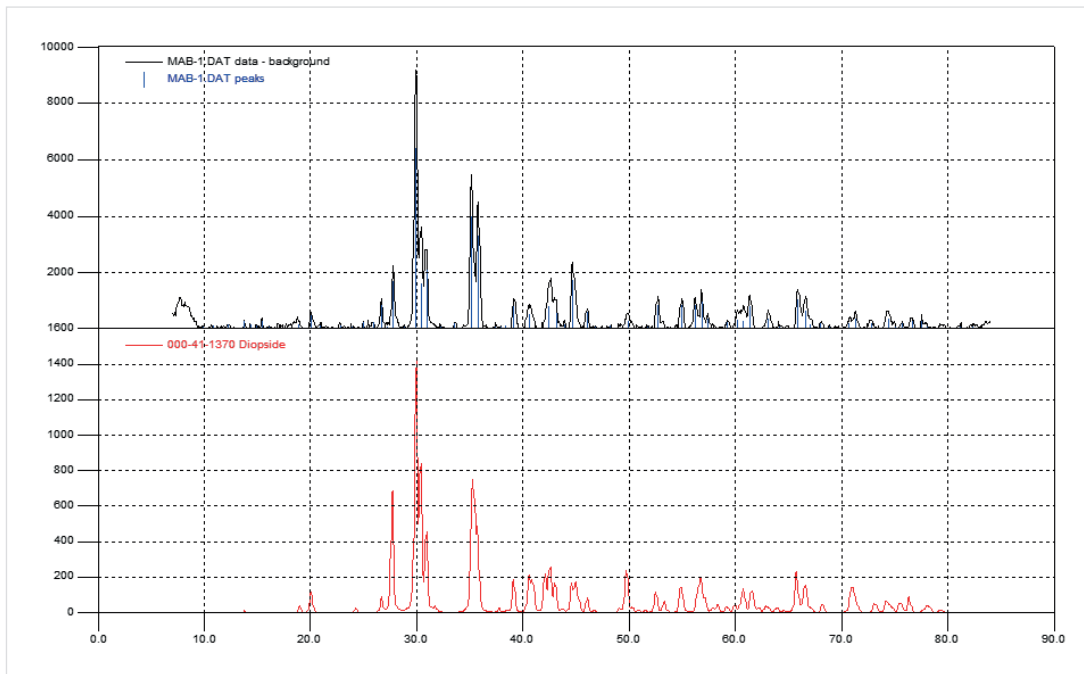


Рис. 5. Рентгенограмма петроситалла класса СКС, образец № 1 (вверху) и эталонный диопсид № 000-41-1370 (внизу) из АСТМ (Crystallographica Search-Match)

Петроситаллы класса «Сикам» (табл. 4) превосходят традиционные материалы (каменное литье, бетон, чугун) по ряду основных параметров:

- механические показатели: прочность при сжатии (до 909 МПа) и изгибе (до 188 МПа), износостойкость.
- термические свойства: температура размягчения (950 – 1100 °С), КЛТР ($65 - 114 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).
- химическая стойкость: устойчивость к воздействию H_2SO_4 (94.6 – 99.9%) и NaOH (98.0 – 99.0%).
- экономичности: низкая стоимость кубометра материала.

Эти свойства делают их перспективными для экстремальных условий Арктики при строительстве автодорог, железнодорожных покрытий (плиты, трубопроводы на сваях), создании взлетно-посадочных полос (ВПП) и морских терминалов, возведении буровых платформ на шельфе, в т. ч. подводных станций из стале-ситалловых тубингов, в качестве футеровок скрубберов, труб Вентури, шлакопроводов и т. п.

Таблица 4

Типы когерентности и общая классификация материалов

Показатель (свойство)	Петроситаллы класса «сикам»	Каменное литье*	Бетон*	Чугун*
Коэффициент линейного расширения (КТР) $10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	65 – 114	48 – 100	100	100
Температура начала размягчения, °С	950 – 1100	900 – 1050	–	–
Сопротивление истиранию, г/см ²	0,015 – 0,04	0,02 – 0,08	–	–

Показатель (свойство)	Петроситаллы класса «сикам»	Каменное литье*	Бетон*	Чугун*
Предел прочности, МПА: при статическом изгибе	100–188	47–80	–	280
Предел прочности при сжатии, МПА	707–909	250–500	5–60	800–1000
Хим. стойкость, %: H ₂ SO ₄ NaOH	94,6–99,9 98,0–99,0	99,8 98,5	– –	– –
Стоимость 1 куб. м. материалов в рублях	9000 на заводе петроситаллов	30 000	18 000–24 000 в ЯНАО	112 000

Примечание: * — по данным [49].

Перспективность подтверждается активным освоением арктических ресурсов, включая разработку технологий добычи газогидратов [46] и созданием Проекта Северного широтного хода [47, 48].

Заключение

Развивая идеи акад. В. И. Вернадского о неевклидовом характере геометрии в природе [50], автором предложена концепция структур минерального вещества на основе голографической модели вещества (ГМВ), постулирующей его электромагнитную природу и формирование через интерференцию. Структурная упорядоченность определяется пространственно-временной когерентностью электронных, магнетонных и фононных взаимодействий и их комбинаций (7 типов).

Экспериментально подтверждена ключевая роль спиноподобной декомпозиции в образовании ситаллов электронно-фононного типа. Резонансная модель динамических структур адекватно описывает кинетику фазовых превращений. Результаты имеют правовую защиту в России и на международном уровне, они способствуют развитию минералогии, рациональному использованию сырья и созданию конкурентоспособных стеклокристаллических материалов со множеством новых свойств и их сочетаний.

Описанный механизм фазовых превращений в искусственных метасиликатных системах оказался универсальным, он обнаружен и в структурах природных вулканических стекол Земли, Луны и тектитов, претерпевших в той или иной степени неравновесную кристаллизацию.

Разработан новый класс многофункциональных материалов — синтетических метасиликатов — с уникальным сочетанием физико-химических свойств. Они нашли применение в 30 направлениях, включая медицину (хирургия, стоматология), производство бытовой и аэрокосмической жаропрочной техники, а также в качестве модификаторов для керамики, полиэтилена, линолеума и асфальта). Дополнительно материалы используются в качестве жаропрочных и износостойких покрытий и в составе золо-шлакопроводов в качестве жаропрочных износостойких покрытий и элементов золо-шлакопроводов. Экономическая эффективность ситаллов подтверждена на примере Проекта «Северный Широтный Ход».

Библиографический список

1. *Эйтель В.* Физическая химия силикатов. — М.: ИЛ, 1968. — 1055 с.

2. *Эпельбаум М. В.* Расчет температуры максимальной скорости кристаллизации стекол // Стекло и керамика. 1958. № 4. — с. 22–25.
3. *Kirkpatrick R. J.* Kinetics of crystal growth in the system $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 - \text{CaAl}_2\text{SiO}_6$ // Amer. J. Sci. 1974. Vol. 274. N 3. — P. 215–242.
4. *Мананков А. В., Локтюшин А. А.* Динамическая модель кристаллизации / Матер. II Всес. Совещ. «Физико-химическое моделирование в геохимии и петрологии на ЭВМ». Иркутск. 1988. — С. 70.
5. *Борозновская Н. Н., Леснов Ф. П., Мананков А. В.* О влиянии различных форм проявления калия на люминесценцию основных плагиоклазов / Матер. V Всесоюзн. Симпозиума по проблеме изоморфизма. СПб. РМО. 1981. — С. 44–47.
6. *Мананков А. В., Локтюшин А. А., Баев С. Ю.* Динамика структуры F-агрегатных центров окраски в кристаллах. // Матер. VI Всесоюзн. симпоз. по изоморфизму. М. ГЕОХИ. 1988. — С. 135.
7. *Мананков А. В., Локтюшин А. А., Баев С. Ю.* Радиационная сенсбилизация дефектов в кристаллах. // Матер. VI Всесоюзн. симпоз. по изоморфизму. М. ГЕОХИ. 1988. — С. 136.
8. *Локтюшин А. А., Мананков А. В.* Поляризационная трансляция фазовых переходов и динамика образования метасиликатов щелочноземельных элементов в вязких расплавах // Минералогия, геохимия и полезные ископаемые Сибири. — Томск, 1990. Вып.1. — С. 16–22.
9. *Санина В. А., Головенчиц Е. И.* Поляризационные взаимодействия и фазовые переходы в кристаллах с двумя взаимодействующими подсистемами // Физика твердого тела. 2000. Т. 42. Вып. 5. — С. 905–909.
10. *Мананков А. В.* О механизме ликвации в силикатных системах // Дан СССР. 1979. Т. 246. № 4. — С. 942–946.
11. *Романов Б. П., Мананков А. В., Головкин Н. В.* Исследование твердых растворов системы клиноэн-статит-диопсид методами дилатометрии и электропроводности / Неорганические материалы. 1985. Т. 21. № 9. — С. 1539–1543.
12. *Мананков А. В., Шаранов В. Н.* Кинетика фазовых переходов в базитовых расплавах и магмах. Новосибирск: Наука, 1985. — 199 с.
13. *Мананков А. В., Яковлев В. М.* Нетрадиционные строительные материалы класса «сикамов» // Строительные материалы. 1995. № 9. — С. 16–17.
14. *Локтюшин А. А., Мананков А. В.* Пространственно-замкнутые динамические структуры. Томск: Изд-во ТГУ, 1996. — 121 с.
15. *Терлецкий Я. П.* Электродинамика. Москва: Высшая школа, 1990. — 129 с.
16. *Мастерова М. А., Янц Ю. Г.* Вектор Умова – Пойнтинга дипольного электрического и дипольного магнитного моментов. URL: <http://www.vestnik.adygnat.ru>.
17. *Звездин А. К., Матвеев В. М., Мухин А. А., Попов А. И.* Редкоземельные ионы в магнитоупорядоченных кристаллах. М.: Наука. 1985. — 294 с.
18. *Мананков А. В.* Астроминералогия — новая комплексная наука для решения сырьевых и экологических проблем биосферы // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 8. Томск. 2016. — С. 204–211.

19. Мананков А. В. Самородные и редкоземельные металлы на Земле, Луне, в тектитах и метеоритах // Геофизические процессы и биосфера. 2018. Том 17. № 2. — С. 111 – 130.
20. Мананков А. В. К теории формирования и прогноза месторождений полезных ископаемых // Геосферные исследования. 2019. № 4. — С. 83 – 94.
21. Мананков А. В., Гасанова Э. Р., Харитоновна Н. В. Кристаллохимические основы расчета мономинеральности ситаллов // Неорганические материалы. 2018. Т. 54. № 9. — С. 984 – 992.
22. Мананков А. В., Гасанова Э. Р. Ситаллы из местного сырья для производства инновационных инфраструктур с высокой технико-экономической эффективностью в экстремальных условиях Крайнего Севера // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 11. — С. 87 – 96.
23. Мананков А. В., Гасанова Э. Р., Быкова В. В. Физико-химические и технологические аспекты разработки ситаллов нового класса // Вестник Воронежского ГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. — С. 211 – 222.
24. Мананков А. В., Горюхин Е. Я., Локтюшин А. А. Волластонитовые, пироксеновые и другие материалы из промышленных отходов и недефицитного природного сырья. Томск: Изд-во ТГУ, 2002. — 168 с.
25. Киприянов Н. А., Горичев Н. Г. Электронно-протонная теория — фундаментальная основа физико-химического процесса выщелачивания оксидных минералов в гидрометаллургии // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2006. № 1 (12). — С. 101 – 109.
26. Кондратьев Б. К., Турчин В. И. Комбинированный источник ионов. ПТЭ. 3. 1994. — С. 106 – 111.
27. Турчин В. И., Радько В. Е. Устройство для обработки алмазов Патент № 2211760 РФ, МПК В28D 5/00 (2006.01), В44С 1/22 (2006.01), С30В 31/00 (2006.01), С30В 33/00 (2006.01). № 2001114961/03: заявлено 31.05.200; опублик. 10.09.2003.
28. Manankov A. V. Structural Organization of Innovative Petrosals from the Local Natural Raw Materials of the Polar Urals // Insights in Mining Science and Technology. 2020. Vol. 2. № 1. P. 153 – 161. DOI: 10.19080/IMT.2020.02.555577.
29. Shelli R. Jove. The Pribram-Bohm hypothesis a topology of consciousness II Cosmos and History // The Journal of Natural and Social Philosophy. 2016. Vol. 12. № 2. — P. 114 – 136.
30. Aspect A., Grangier P., Roger G. Experimental Realization of Einsteib-Podolsky-Rosen-Bohm Gedanken experiment — A New Violation of Bell Inequalities // Physical Review Letters. 1982. Vol. 49. № 2. P. 91 – 94. PRL Bell ADR.
31. Тэлбот М. Голографическая Вселенная: перев. с англ. Москва: ИД «София», 2004. — 368 с.
32. Козырев Н. А. Причинная или несимметричная механика в линейном приближении. Пулково, 1958. — 41 с.
33. Кузьмин А. М. Периодическо-ритмические явления в минералогии и геологии. Томск.: Изд-во СТТ, 2019. — 336 с.
34. Панин В. Е., Гринзев Ю. В., Данилов В. И., Зуев Л. В. и др. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Новосибирск.: Наука, 1990. — 254 с.
35. Попсулин С. Русский ученый из Гарварда осуществил прорыв в пространстве квантового компьютера // Издание о высоких технологиях. 2012. 6 июля.
36. Коржинский Д. С. Теория метасоматической зональности. Москва: Наука, 1982. — 104 с.

37. *Чепижный К. И.* Новое в минералогии (теория минералогии). Ленинград: Наука, 1988. — 146 с.
38. *Мананков А. В.* Физико-химические основы наноструктурной минералогии в получении современных материалов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 2. С. 120–130. DOI: 10.21455/GPB2018/2-7/.
39. Свидетельство № 92355 на товарный знак «СИКАМ» — новый 19 класс камней — искусственные, строительные и конструкционные строительные материалы неметаллические: приоритет 07.02.1990.
40. *Мананков А. В., Владимиров В. М., Гасанова Э. Р.* Патент № 2687014 РФ, МПК С03В 1/00 (2006.01) Способ приготовления метасиликатной ситалловой шихты: № 2018116526 заявл. 03.05.2018: опубл. 06.05.2019. 10 с. Бюл. № 13.
41. *Loktyushin A. A., Manankov A. V.* Mineral structure in holographic model of substance // Структура и эволюция минерального мира. Сыктывкар, 1997. — С. 35–37.
42. *Manankov A. V., Vladimirov V. M.* On the mechanism and thermodynamic modeling of metasilicate glass ceramics crystallization // Glass and ceramic. 2016. № 6 (June). — P. 3–7. DOI: 10.1007/s10717-016-9856-1.
43. *Мананков А. В., Локтюшин А. А.* Способ получения пористого остеклованного блока. Авторское свидетельство № 1737965.: заявл. 14.08.1989: опубл. 15.01.1993. Бюл. № 2.
44. *Мананков А. В., Карауш С. А.* Способ и устройство для изготовления пористого остеклованного блока. Патент № 2525076 РФ, МПК С03В 19/08 (2006.01), С03С 11/00 (2006.01). № 2013127553/03: заявл. 17.06.2013: опубл. 10.08.2014. 17 с. Бюл. № 22.
45. *Мананков А. В.* Способ изготовления пористой стеклокерамики (варианты) Патент № 2582152 РФ, МПК С03В 19/08 (2006.01): № 2015115361/03: заявл. 23.04.2015.: опубл. 20.04.2016. 10 с. Бюл. № 11.
46. *Шубина Ю. С., Страхов Б. С., Мананков А. В.* Геодинамика арктического шельфа и эманация метана из газогидратов // Материалы IX Всероссийской научной конференции с международным участием им. проф. М. К. Коровина. Томск: ТПУ, 2016. — С. 10–19.
47. *Мананков А. В.* Университетская наука в решении транспортных проблем страны // Материалы конференции RUCEM «Проектирование, строительство, эксплуатация цементно-бетонных дорог: международный опыт и Российская практика». — Москва. 24-25.09 2020. — 13 с.
48. *Мананков А. В., Быков Н. Е.* Первоочередные научные идеи для Проекта Северного Широтногохода и их технологическая проработка // Материалы конференции RUCEM «Проектирование, строительство, эксплуатация цементно-бетонных дорог: международный опыт и Российская практика». — Москва. 24-25.09 2020. — 10 с.
49. *Павлушкин Н. М.* Основы технологии ситаллов. М.: Стройиздат, 1979. — 340 с.
50. *Вернадский В. И.* Научная мысль как планетное явление. М.: Наука. 1991. — 271 с. ISBN 5-02-003505-X. EDN: KBQMGG.

LOW-ENERGY SELF-ORGANIZATION OF COHERENT STRUCTURES IN NON-EQUILIBRIUM CRYSTALLIZATION

A. V. Manankov

Abstract

Relevance

Various attempts to explain the crystallization of viscous silicate melts under varying degrees of stationarity are driven by the growing need for new materials to support technological progress. It is currently accepted that the entire diversity of solid materials is encompassed by several phase states with crystal structures obeying Fedorov space groups. The unit cell possesses parameters, translating which allows for the construction of a fairly realistic description of crystals, determined by the Gibbs phase. Experimental mineralogy data often diverge from traditional concepts, particularly when describing anomalous diffusion kinetics and phase transformations in crystallizing glasses and glass-ceramics.

The goal of this work is to develop a method for describing crystals that takes into account forces of at least equal magnitude, somehow related to internal properties and vibrational modes. To this end, we used our holographic model of matter, in which these interactions can form their own coherent structures with their own types of resonant lattices.

The following problems were solved: structural ordering factors determined by spatiotemporal coherence were identified; a resonance model of dynamic structures was substantiated that adequately describes the kinetics of low-energy phase transformations; and a classification of materials by the nature of bonds and types of coherence was developed.

Methods

The model of a generalized approach to assessing multi-scale processes and phenomena is based on the results of fundamental experimental research and their analysis, taking into account well-known concepts of electrodynamics and wave mechanics.

Results

For the first time, a model of spatially closed dynamic structures of real matter was developed, describing objects and interactions at the micro-, meso-, and macro-levels as a set of self-interference of a closed wave process. Interaction between regions of constructive interference occurs at the beat frequencies of the main wave process, generating a spatial lattice of the next hierarchical level.

The Keywords

Metasilicates, sikam, petro-slag ceramics, mineral raw materials, autointerference, vibrational modes, kinetics, nonequilibrium processes, spinodal decomposition, isomorphism.

Date of receipt in edition

19.03.2026

Date of acceptance for printing

26.03.2026

Ссылка для цитирования:

А. В. Мананков. Низкоэнергетическая самоорганизация когерентных структур в неравновесной кристаллизации. — Системные технологии. — 2026. — № 1 (58). — С. 109–120.