

Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение
Нерастанновская средняя общеобразовательная школа
городского округа Чехов

Исследовательская работа

Тема: «Загадочный беспорядок»

Авторы работы: Абхалимова Юлия, 16 лет

Воронцова Полина, 16 лет

Научный руководитель: Жукова Елена Геннадьевна

п.Нерастанное
2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава I. Фракталы	
1.1. Понятие фрактала	3
1.2. История появления фракталов	3
1.3. Классификация фракталов.....	4
1.4. Применение фракталов	4
Глава II. Анализ свойств фрактальных структур, применяемых в строительстве	
2.1.Обоснование выбора изучения золя-геля кремневой кислоты.....	5
2.2.Получение золь-геля кремневой кислоты.....	5
2.3.Свойства геля с учетом фрактальной размерности	6
Глава III. Анализ физико-химических характеристик строительных материалов с фрактальной структурой	
3.1.Обоснование выбора исследования.....	7
3.2. Анализ химических связей некоторых минералов.....	7
3.3.Термодинамический анализ реакций карбонизации.....	7
Глава IV. ChaosPro – генераторов фрактальных изображений.....	8
Заключение	8
Использованные источники	9
Приложение	10

ВВЕДЕНИЕ

Во второй половине двадцатого века в химии произошли фундаментальные изменения. Было наглядно показано, что значительная часть природных систем может быть отнесена к категории фракталов. Одно из важных направлений в современной науке – нанотехнологии, достижения которых используются во многих сферах деятельности людей.

Цель исследования: доказать значимость фрактальных структур в современной жизни людей.

Объект исследования: фракталы.

Предмет исследования: фрактальные структуры веществ и процессов.

Задачи:

- 1) изучить историю, виды и области применения фрактальных структур;
- 2) показать фрактальность структур наиболее применяемых строительных материалов;
- 3) освоить программу ChaosPro для построения фракталов.

Для решения задач использовались следующие **методы исследования:**

- **теоретические:** анализ и синтез данных из информационных источников, абстрагирование, обобщение, систематизация экспериментальных данных;
- **эмпирические:** экспериментальный, сравнительно-сопоставительный анализ экспериментальных данных;
- **математические:** расчеты и вычисления по формулам, визуализация с помощью таблиц, графиков и диаграмм.

ГЛАВА I. ФРАКТАЛЫ

1.1. Понятие фрактала

Фрактал – это сложная геометрическая фигура, которая составлена из нескольких бесконечных последовательностей частей, каждая из которых подобна всей фигуре целиком, и повторяется при уменьшении масштаба [1].

1.2. История появления фракталов

Понятие фрактал появилось в конце 70-х годов XX века. Математический аналитик Бенуа Мандельброт изучал шумы в электронных

схемах, которые невозможно было описать с помощью статистики. Так он пришел к открытию нового направления в математике – фрактальной геометрии [2].

1.3. Классификация фракталов

Все фракталы можно разделить на группы. **Геометрические фракталы** по-другому называют классическими. Именно с них началась история фракталов. Примеры: Снежинка Коха, Пятиугольник Дюрера, Салфетка Серпинского, Кривая Дракона. **Алгебраические фракталы** свое название они получили, за то, что их строят, используя простые алгебраические формулы. Например, Множество Мандельброта, Множество Жулия, Бассейны Ньютона. Третья большая группа фракталов – **стохастические**. Типичный представитель данного класса фракталов «Плазма». Почти все природные образования: кроны деревьев, облака, горы имеют фрактальную структуру. Даже сувенир Матрешка – типичный стохастический фрактал [3].

1.4. Применение фракталов

В наши дни фракталы находят широкое применение в различных областях человеческой деятельности. **Фракталы в медицине.** Человеческий организм состоит из множества фрактальных структур: кровеносная система, мышцы, бронхи, бронхиальные пути в легких, артерии. Теория фракталов применяется для анализа электрокардиограмм. Рентгеновские снимки, обработанные с помощью фрактальных алгоритмов, дают более качественную картинку, а соответственно и более качественную диагностику. **Фракталы в архитектуре.** Такеси Миякава создал тумбочку Fractal 23, которая содержит 23 ящика разных размеров и пропорций, которые как-то ухитряются уживаться между собой внутри кубического корпуса. **Фракталы в экономике.** Фракталы популярны у экономистов для анализа курса фондовых бирж, валютных и торговых рынков. **Фракталы в играх.** Во многих компьютерных играх, где присутствуют природные ландшафты, так или иначе используются фрактальные алгоритмы [4].

Глава II. АНАЛИЗ СВОЙСТВ ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

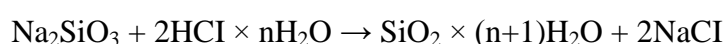
2.1. Обоснование выбора изучения золь-геля кремневой кислоты

Наше исследование мы решили провести на основе соединений кремния. Так как бетон, силикатные стекла, различные огнеупоры и теплоизоляция, имеют огромное значение в строительстве. Для производства этих материалов необходимо получение дисперсных систем с фрактальной структурой. Наша работа основана на получении золь-геля кремневой кислоты и изучении его свойств[5].

2.2. Получение золь-геля кремневой кислоты

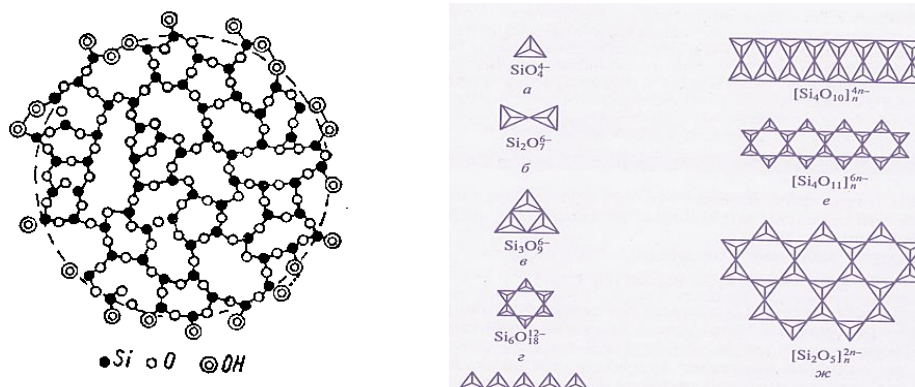
Методика эксперимента: В пробирку наливаем 1 мл концентрированного раствора силиката натрия и 2 мл 12% раствора HCl. Перемешиваем раствор стеклянной палочкой. Далее нагреваем до кипения.

Результаты эксперимента: Наблюдаем образование золя, а затем геля – студенистой массы, не выливающейся из пробирки при переворачивании ее вверх дном. Образуется твердое тело, состоящее из связанных между собой микрочастиц, образующих жесткий каркас. В результате реакции образовался сначала золь, а затем гель кремневой кислоты. Уравнение реакции будет следующим:



По мере образования частиц в растворе начинается объединение отдельных частиц, определяющее структуру геля.

Фрактальное строение геля кремневой кислоты



2.3. Свойства геля с учетом фрактальной размерности

Методика исследования: Используем формулу для расчета средней плотности геля: $\rho(r) = \rho_0 \times (r_0/r)^{3-D}$, где D – фрактальная размерность геля. Рассчитаем среднюю плотность для разного размера частиц.

Результаты: из справочных таблиц фрактальная размерность геля равна $D = 2,12 \pm 0,05$. Плотность оксида кремния находим по таблице. Она равна $2,65 \text{ г/см}^3$. Размеры частиц могут быть 2-10 нм, размеры пустот 35-120 нм. Вычислим среднюю плотность для гелей с частицами граничных размеров от 2 нм до 10 нм в зависимости от размера пустот.

Таблица 1. Средние плотности частиц геля SiO_2 в зависимости от размера пустот

Для 2 нм

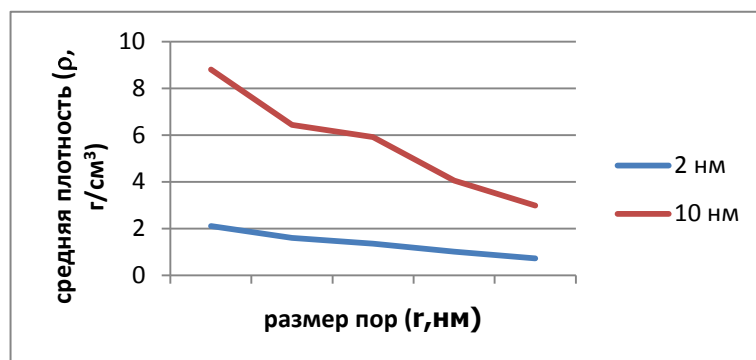
$r, \text{ нм}$	35	50	70	100	120
$\rho_{\text{ср.}}, \text{ г/см}^3$	$2,1 \cdot 10^{-8}$	$1,60 \cdot 10^{-8}$	$1,35 \cdot 10^{-8}$	$1,01 \cdot 10^{-8}$	$0,72 \cdot 10^{-8}$

Для 10 нм

$r, \text{ нм}$	35	50	70	100	120
$\rho_{\text{ср.}}, \text{ г/см}^3$	$8,80 \cdot 10^{-8}$	$6,43 \cdot 10^{-8}$	$5,91 \cdot 10^{-8}$	$4,05 \cdot 10^{-8}$	$2,98 \cdot 10^{-8}$

С ростом r в объеме фрактального агрегата будут возникать пустоты и уменьшаться объем, занятый веществом. Расчеты показывают, что чем больше размеры частиц, тем больше средняя плотность. Построим графики зависимости средней плотности фрактальной структуры от размеров пор.

График 1. Зависимости средней плотности от размера пор в геле



По графику видно, что с увеличением размера пустот средняя плотность уменьшается, причем изменение зависит от размера частиц и размера пустот.

Выводы по исследованию: гель имеет фрактальную структуру, в которой

происходит движение и слипание отдельных микрочастиц. При движении в растворе эти частицы соприкасаются между собой и рост их при этом прекращается. Поэтому фрактальность структуры не возобновляется, а совокупность фрактальных агрегатов становится в среднем однородной.

ГЛАВА III. АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

3.1.Обоснование выбора исследования

Свойства веществ определяются их строением. Поэтому мы решили проанализировать средние значения энергии образующих связей веществ, которые входят в состав строительных материалов. Химическая термодинамика помогает определить предельную возможную степень превращения реагентов в продукты реакций и сопровождающие их тепловые эффекты [5].

3.2.Анализ химических связей некоторых минералов

Методика исследования: исследуем средние энергии образующих веществ связей, используя полученные данные из справочных таблиц:

Таблица 2. Средние значения химических связей минералов

Формула	Связь	Энергия, кДж
CaO	Ca—O	537,6
Ca(OH) ₂	Ca—O	592,5
3CaO · 2SiO ₂	Ca—O	550,6
3CaO · 2SiO ₂ · 1,17H ₂ O	Ca—O	588,3
CaSO ₄ · 0,5H ₂ O	Ca—O	651,9
CaSO ₄ · 2H ₂ O	Ca—O	694,5
SiO ₂ (кварц)	Si—O	443,5

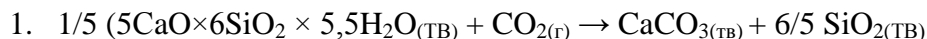
Результат: из сопоставления средних значений энергий связи Ca—O при растворении в воде (гидратации) способствует увеличению энергии этой связи и поэтому энергетически выгодно.

3.3.Термодинамический анализ реакций карбонизации

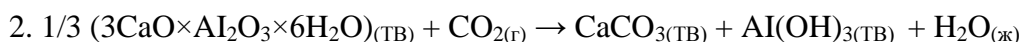
Методика исследования: составим уравнения реакций карбонизации составных частей цементного камня и бетона (в состав которого входят частицы нашего геля), и рассчитаем энергию Гиббса для каждой реакции:

$$\Delta G = \sum \Delta G_{\text{конечных продуктов}} - \sum \Delta G_{\text{исходных продуктов}}$$

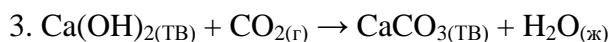
Результат исследования:



$$\Delta G = (-1207 - \frac{6}{5} 910,9) - (-\frac{1}{5} 9296,4 - 393,5) = -47,3 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta G = (-1207 - 1676 - 285,8) - (-\frac{1}{3} 8088,6 - 393,5) = -79,1 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta G = (-1207 - 285,8) - (-986,6 - 393,5) = -74,9 \text{ кДж/моль}$$

С точки зрения термодинамики из рассмотренных процессов наиболее энергетически выгодным и является процесс №2 – большая энергия Гиббса.

Выводы по исследованию: с помощью термохимических расчетов, а также знание особенностей структуры и химических связей позволят целенаправленно осуществлять процессы их промышленного и лабораторного получения с наиболее энергетически выгодным процессом.

ГЛАВА IV. ChaosPro – ГЕНЕРАТОР ФРАКТАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Чтобы наглядно увидеть результат нашего опыта мы внесли полученные данные в программу для генерирования фракталов ChaosPro. С помощью этой программы можно создать бесконечное множество удивительных по красоте фрактальных изображений. Скачать эту программу можно здесь: www.chaospro.de/download.php. Итоги работы с данной программой представлены в Приложении 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая работу, можно подвести следующий итог:

1. Мы изучили историю, виды и области применения фрактальных структур.
2. Показали фрактальность структуры наиболее применяемых строительных материалов.
3. Освоили программу ChaosPro для построения фракталов.

В заключении хочется сказать, что фракталы стремительно вторгаются во многие науки: физику, химию, биологию, медицину, социологию, экономику, и тесно связаны друг с другом, как и все на Земле. Спектр областей, где применяются фракталы, очень обширен и разнообразен.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Литература:

1. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. М.: Госстройиздат, 1999. 205 с.
2. Горшков В.С, Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высш. шк., 1988. 399 с.
3. Комохов П.Г. Золь-гель как концепция нанотехнологии цементного композита, структура системы и пути ее реализации//Строительные материалы. – 2011. - № 12. – С. 17.
4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. — М.: Институт компьютерных исследований, 2010.
5. Ратинов В.Б, Иванов Ф.М. Химия в строительстве. М.: Стройиздат, 2013. 198 с.

Интернет-источники:

1. Понятие фрактал. Источник:
<https://www.liveinternet.ru/users/lifestyleforyou/post153645471/>
2. История появления фракталов. Источник:
http://esate.ru/article/cg/dizayn/fraktalnaya_grafika/
3. Классификация фракталов. Источник:
<http://rusproject.narod.ru/article/fractals.htm>
4. Природные фракталы. Источник:
<https://golos.io/ru--fraktal/@alexsoros/fraktal-ili-chisla-fibonachchi>
5. Применение фракталов. Источник:
<https://sibac.info/shcoolconf/natur/v/31852>
6. Методики проведения практической части проекта. Источник:
<https://monographies.ru/ru/book/section?id=108>
<http://fizmathim.com/primenenie-metodov-fraktalnogo-analiza-dlya-issledovaniya-struktury-poristyh-metallicheskih-materialov>

Построения фракталов в программе ChaosPro

