

0.1. Паскарь С.Ю. Диффузия идеального газа в конденсированных средах с флуктуирующими свойствами

В классическом определении диффузией называют перемешивание компонентов вещества, возникающее при наличии перепада их концентраций. Известно, что на микроскопическом (молекулярном) уровне причиной диффузии является хаотическое движение индивидуальных частиц, которое на макроуровне приводит к возникновению направленного течения компонентов смеси [1].

Универсальность диффузионных законов весьма широка. Примеры таких процессов разнообразны по своей природе и проявлению. К диффузионным моделям приводят различные физические и не обязательно физические задачи: одни и те же диффузионные уравнения описывают поведение нейтронов в ядерном реакторе, курса ценных бумаг на финансовой бирже и частиц цветочной пыльцы, взвешенных в жидкости [2]. В основе этой универсальности лежит центральная предельная теорема (ЦПТ) теории вероятности, утверждающая, что сумма большого количества независимых одинаково распределённых случайных величин, имеющих конечную дисперсию, стремится к нормальному распределению. Существует класс явлений, обусловленных случайными процессами, в которых нарушаются некоторые условия применимости ЦПТ. Случайный перенос частиц в среде, не подчиняющийся классическим диффузионным законам, принято называть «аномальной диффузией», и в зависимости от скорости протекания она бывает двух типов: субдиффузия и супердиффузия. Одним из возможных следствий процесса такой диффузии является нарушение линейности в зависимости среднеквадратического смещения от времени [3]. Такие процессы начали активно исследоваться лишь в последней четверти прошлого века, причём проблема остаётся актуальной и по настоящее время. На данный момент обнаружено множество физических примеров «аномальной диффузии». Следует отметить, что эти примеры весьма разнообразны по своей физической природе и проявлению.

В современных моделях для описания миграции вещества в реальных средах рассматривают неоднородные системы с фрактальной геометрией [4]. Под определение таких систем хорошо подходит пористая геологическая среда с флуктуирующими свойствами. Моделированию таких нелинейных закономерностей переноса газа в сложных системах и посвящено моё исследование.

Математика задачи случайных блужданий в процессах миграции газов позволяет нам оперировать как коэффициентом диффузии, определённом законами Фика, так и основными физическими параметрами диффундирующих атомов. Такой подход позволяет изучать явление из поиска ответа на во-

прос, какова конденсированная система, в инструмент для изучения термодинамики и механизма переноса самого газа.

Предложена физико — математическая модель аномальной диффузии идеального газа в конденсированной среде. Целью исследования является получение выражения для аномальной диффузии нестационарного, химически неактивного газа для конденсированных сред, разработка численного метода решения и реализация модели в программной среде. Новизна модели заключается во введении ранее не применяемых параметров, характеризующих флуктуирующие свойства газа и среды. В качестве объекта исследования рассмотрен инертный газ радон который хорошо подходит под определение идеального, благодаря явлению распада надёжно регистрируется на поверхности и в глубине Земли экспериментально. Кроме того, явление радиоактивного распада вводит в задачу естественный масштаб времени. Ввиду химической инертности радон относительно легко покидает кристаллическую решётку «родительского» минерала и попадает в подземные воды, природные газы и воздух.

Результаты моделирования должны объяснить наиболее вероятные причины возникновения явления аномальной диффузии в геологических средах. Наиболее долгоживущим из четырёх известных природных изотопов радона является ^{222}Rn , именно его содержание в этих средах максимально. Этим обоснован выбор для этого изотопа. В работе показано апробирование модели на примере прохождения данного инертного газа в почве. Получены зависимости объёмной активности радона ($/^3$) от глубины (до 8 метров) с применением различных значений параметров аномальности и "шума" среды. Анализ результатов моделирования позволяет выдвинуть гипотезу о колебательной природе явления аномальной диффузии газа в неоднородной конденсированной среде.

Список литературы

- [1] Попов П. В. Учебное пособие по курсу Общая физика / М.: МФТИ, 2016. 94 с.
- [2] Учайкин В. В. Автомодельная аномальная диффузия и устойчивые законы // УФН. 2003. Т. 173. № 9. С. 847–876.
- [3] Булавин Л. А. Компьютерное моделирование компьютерных систем / Д.: Интеллект, 2011. 354 с.
- [4] МЕРЕР Х. Диффузия в твёрдых телах / Д.: Интеллект, 2011. 536 с.