

«УТВЕРЖДАЮ»

**Зам. директора по научной работе и
координации перспективных
разработок ИБРАЭ РАН
доктор технических наук**



И.И. Линге

2022 г.

Заключение

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук
(ИБРАЭ РАН)**

Диссертация «Перенос примеси в средах с крупномасштабными неоднородностями и сорбирующими включениями» выполнена в Лаборатории теоретической физики ИБРАЭ РАН, в которой соискатель Матвеев Александр Леонидович работал в период подготовки диссертации.

Соискатель А.Л. Матвеев окончил Московский Физико-Технический Институт (государственный университет) - бакалавриат и магистратуру по направлению 03.04.01 «Прикладная математика и физика». В 2016 году после защиты выпускной квалификационной работы магистра А.Л. Матвеев поступил в аспирантуру Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, которую окончил в 2020 году. Все кандидатские экзамены им были сданы в процессе обучения в аспирантуре ИБРАЭ РАН.

Научный руководитель – Кондратенко Петр Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий Лабораторией теоретической физики ИБРАЭ РАН.

По итогам обсуждения на научном семинаре Лаборатории теоретической физики ИБРАЭ РАН принято следующее заключение:

Диссертация А.Л. Матвеева «Перенос примеси в средах с крупномасштабными неоднородностями и сорбирующими включениями» выполнена на высоком научном уровне, является научно-квалификационной работой, в которой:

- построена асимптотическая теория переноса примеси, обусловленного классической диффузией, в неоднородных изотропных и анизотропных средах;
- получена асимптотическая формула для концентрации примеси в задаче об адвекции-диффузии в неоднородной среде;
- разработана асимптотическая теория для модели регулярно неоднородной резко контрастной среды с параметрами, зависящими от координат;
- проведен анализ переноса примеси в трещиновато-пористой среде с редкими сильно сорбирующими включениями.

Актуальность работы

Как известно, законы классической диффузии были открыты еще в позапрошлом веке. Однако, и в наше время процессы переноса примеси в конденсированных средах остаются предметом интенсивных исследований. Причина в том, что в неоднородных средах возникают неклассические режимы переноса, свойства которых существенно отличаются от классической диффузии. Неклассические режимы встречаются в физике полупроводников, плазмы, астро- и биофизике и т.д. Особое место в этом ряду занимает перенос радионуклидов в геологических средах, поскольку как раз они предполагаются местом окончательного захоронения радиоактивных отходов. Для проведения оценок надежности захоронений требуется, с одной стороны, разработка новых методов решения задач о переносе примеси в существующих моделях, когда их параметры зависят от координат. С другой стороны, имеется потребность в построении новых моделей, учитывающих важные структурные особенности сред, влияние которых на режимы переноса ранее не исследовалось. Решению именно этих задач посвящена диссертация А.Л. Матвеева, чем и обусловлена актуальность ее темы.

Научная новизна работы

Автором впервые:

- Построена асимптотическая теория переноса примеси, обусловленного классической диффузией, в неоднородных изотропных и анизотропных средах.
- Получена асимптотическая формула для концентрации примеси в задаче об адвекции-диффузии в неоднородной среде.
- Исследованы закономерности переноса примеси в модели регулярно неоднородной резко контрастной среды (модели Дыхне) с параметрами, зависящими от координат.
- Проанализированы закономерности переноса примеси в трещиновато-пористой среде с редкими сильно сорбирующими включениями.

Практическая значимость работы

Установленные в работе аналитические результаты являются универсальными и могут быть использованы для решения широкого круга задач о переносе примеси в средах с крупномасштабными неоднородностями.

Полученные результаты дают возможность проведения быстрых качественных оценок для характеристик переноса радионуклидов и других загрязнений в геологических средах.

Полученные результаты могут быть применены как для усовершенствования существующих, так и для создания новых численных кодов, предназначенных для моделирования процессов переноса примеси в геологических средах.

Личный вклад автора заключается в следующем:

- Построена асимптотическая теория переноса примеси при классической диффузии в неоднородной изотропной среде;
- Разработана асимптотическая теория анизотропной классической диффузии в среде с крупномасштабными неоднородностями;

- Решена задача о переносе примеси в регулярно неоднородной резко-контрастной среде с параметрами, зависящими от координат;
- Исследовано влияние редких сильно сорбирующих включений на режимы переноса и получены выражения для концентрации на асимптотически больших расстояниях в трещиновато-пористой среде.

Достоверность и апробация результатов

Достоверность результатов базируется на применении современных методов теоретической и математической физики, а также на согласии с численными расчетами.

По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ в ведущих реферируемых иностранных и отечественных журналах из списка, рекомендованного ВАК Минобрнауки России:

1. Кондратенко П.С., Матвеев А.Л. Классическая адвекция-диффузия в неоднородных средах // ЖЭТФ — 2020. — т. 157. — вып. 4. — стр. 703–706
2. Kondratenko, P.S., Matveev, A.L., Vasiliev, A.D. Numerical implementation of the asymptotic theory for classical diffusion in heterogeneous media // Eur. Phys. J. B — 2021. — Vol. 94, —50
3. Кондратенко П.С., Матвеев А.Л., Обухов Ю.Н., Асимптотическая теория анизотропной классической диффузии в неоднородных средах // ЖЭТФ. — 2021. — том 159. — вып. 7. — стр.719-723.
4. Кондратенко П.С., Матвеев А.Л. Неклассический перенос примеси в модели Дьхне с параметрами, зависящими от координат. Принцип Ферма // ЖЭТФ. — 2021. — том 159. — вып. 7. — стр. 724-729.
5. Matveev, A.L., Matveev, L.V. Impurity transport regimes in fractured-porous medium with widely-spaced adsorbing inclusions // Special Topics & Reviews in Porous Media: An International Journal. — 2019. — Vol. 10(6). — p. 555–567.

Основные результаты работы были представлены на ежегодных научных Всероссийских конференциях МФТИ (Долгопрудный, 2018, 2019, 2021) и на Семинарах Лаборатории теоретической физики ИБРАЭ РАН.

Диссертация А.Л. Матвеева «Перенос примеси в средах с крупномасштабными неоднородностями и сорбирующими включениями» является завершенной научно-квалификационной работой, соответствует специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника». Диссертация рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Заключение принято на заседании Лаборатории теоретической физики ИБРАЭ РАН.

Присутствовало на заседании 15 человек. Результаты голосования: «за» - 15 человек, «против» - 0 человек, «воздержались» - 0 человек. Протокол № 3 от «15» июня 2022 г.

Заместитель заведующего Лабораторией
теоретической физики ИБРАЭ РАН
к.ф.-м.н.


15.06.22

А.Р. Аветисян