

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию В. С. Свительман
«Разработка математических моделей и методов описания
микроструктуры горных пород средствами теории случайных полей»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 05.13.18 — математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ**

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена математическому моделированию микроструктуры горных пород на основе использования методов геостатистики. Целью диссертационной работы Свительман В.С. является разработка эффективных методов стохастического моделирования для задач описания основных свойств горных пород, таких как анизотропия и характерный масштаб неоднородностей, возникающих при интерпретации данных рентгеновской микротомографии.

Актуальность этой работы не вызывает сомнений. Высокая востребованность методов стохастического моделирования для решения задач математического описания углеводородных месторождений, а также большое количество нерешенных проблем в данной области, обуславливает научную и практическую значимость поставленной задачи.

Содержание диссертации:

Введение включает в себя обоснование актуальности и практической значимости темы диссертации, формулировку цели работы, описание основных методов исследования, изложение научной новизны, структуры и содержания работы, апробацию результатов, перечисление публикаций автора по теме.

В первой главе дается подробный литературный обзор развития как аппаратных, так и математических методов неdestructивного анализа образцов горных пород: рентгеновской, нейтронной и магнитно-резонансной томографии. Обосновывается выбор рентгеновской томографии как метода, наиболее чувствительного к изменениям плотности и состава горных пород. Изложены основные принципы рентгеновской томографии и дается обзор математических методов анализа трехмерных моделей данных, полученных на выходе рентгеновских томографов. Обосновывается выбор автором подхода к анализу данных, основанного на методах геостатистики. Дается обзор методов стохастического моделирования 3-мерных случайных полей, используемых в геостатистике.

В следующих главах приводится более детальное рассмотрение каждого этапа построения стохастических моделей.

Вторая глава посвящена оценке корреляционных функций для 3-мерных случайных данных. Рассматриваются методы вычисления вариограмм и ковариационных функций для рентгеновских микротомограмм образцов горных пород.

В третьей главе изложены методы представления анизотропии с помощью разложения вариограммы по сферическим гармоникам. Использование ортогональных сферических гармоник позволяет эффективно параметризовать эллипсоид анизотропии и ввести меры (индексы) анизотропии.

В четвертой главе рассмотрено спектральное разложение ковариационной функции по 3-мерным волновым векторам (аналог теоремы Бохнера-Хинчина для стационарных случайных процессов). Кроме того,

рассмотрены разложения по затухающим экспонентам и по ядерным гауссовским функциям. Отдельно рассмотрено разложение по затухающим экспонентам, когда имеется периодическая структура в 3-мерном случайном поле. Изложен метод оценки корреляционной длины случайной среды с использованием оценки спектральной плотности.

В пятой главе рассматриваются применения методов, изложенных в предыдущих главах, к анализу данных исследования образцов горных пород методом рентгеновской томографии. Исследованы как образцы искусственных сред с заданными свойствами, так и реальных горных пород. Всего было исследовано 7 образцов. Для реализации описанных методов автором был создан комплекс программ, в том числе для параллельных вычислений на кластере видеопроцессоров. Использование искусственных образцов позволило проверить эффективность методов и верифицировать результаты, полученные при анализе естественных горных пород

В заключении представлены основные результаты работы.

К числу наиболее интересных **результатов** работы можно отнести следующие:

1. Создан алгоритм оценки трехмерной анизотропии случайных сред на основе использования разложений по сферическим гармоникам.
2. Разработан метод оценки масштабов неоднородностей трехмерных случайных сред на основе спектральных разложений

Научная новизна диссертации заключается в:

1. Разработке методики исследования основных статистических свойств 3-мерных случайных сред на основе подхода геостатистики.

2. Использовании ортогональных и спектральных разложений эмпирических вариограмм и ковариационных функций для построения оценок параметров анизотропии и неоднородности.

3. Разработке программного комплекса, позволившего эффективно реализовать разработанные методы при обработке и интерпретации данных исследования рентгеновской томографии образцов сред.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается сравнением с результатами опубликованных работ, включающих как теоретические, так и экспериментальные исследования, использованием математически обоснованных методов геостатистики, апробированных на широком классе задач, а также сопоставлением результатов анализа образцов искусственных сред с заданными свойствами и реальных объектов.

Практическая значимость рассматриваемой диссертации следует из необходимости построения современных стохастических моделей геологических сред, как для нужд разработки углеводородных месторождений, так и для широкого круга других задач наук о Земле (тектонофизика, литология, подземная флюидодинамика и т.д.).

По диссертационной работе можно, однако, сделать **замечания**:

1. В главе 4.4, посвященной разложению спектральной плотности по затухающим экспонентам в случае наличия случайно-периодической структуры не хватает пояснений о происхождении таких сред.

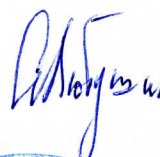
2. В обзоре методов статистического анализа случайных сред не уделено внимания методу ядерных функций, в том числе обладающих свойствами анизотропии (анизотропных ядерных функций), которые позволяют решать многие задачи геостатистики без оценок вариограмм.

Указанные замечания несколько не снижают достоинств работы, выполненной на весьма высоком научном уровне.

Заключение. Диссертационная работа Свительман Валентины Семеновны является законченной научно-квалификационной работой, основные результаты диссертации в должной мере отражены в научных публикациях в изданиях, включенных в перечень ВАК, и прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях, автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Свительман Валентина Семеновна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент
заведующий лабораторией ИФЗ РАН
доктор физ.-мат. наук

 А. А. Любушин

Подпись д.ф.-м.н. А.А.Любушина удостоверяю
Ученый секретарь ИФЗ РАН
к.ф.-м.н.

и.о. ученого секретаря ИФЗ РАН
К.Т.Н.



В.В. Погорелов.

П.А. Казначеев