

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Судариков'.

Руководитель программы
аспирантуры
профессор С.М. Судариков

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
Современные методы математического моделирования в
гидрогеологии

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Область науки:	1. Естественные науки
Группа научных специальностей:	1.6. Науки о Земле и окружающей среде
Научная специальность:	1.6.6. Гидрогеология
Направленность (профиль):	Гидрогеология
Отрасли науки:	Геолого-минералогические, технические
Форма освоения программы аспирантуры:	Очная
Срок освоения программы аспирантуры:	3 года
Составители:	д. г-м.н., проф. С.М. Судариков

Санкт-Петербург

Содержание практических занятий по курсу «Современные методы математического моделирования в гидрогеологии» в соответствии с программой

1. Решение уравнений математических моделей. Виды математических моделей геологического пространства.

При решении различных прикладных задач, в том числе задач гидрогеологии и инженерной геологии, возникает необходимость построения моделей. Эти модели могут охватывать, например, только часть формального геологического пространства и исследовать какой-либо один геологический процесс. Как правило, эти модели строятся с целью изучения характера конкретного геологического процесса. При этом обычно рассматриваются только такие пространства (они называются евклидовыми), в которых можно ввести единую для всех точек декартову систему координат, где расстояние между двумя точками определяют по известной формуле:

$$r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}, \quad (1.1)$$

где r – расстояние между двумя точками с координатами (x_1, y_1, z_1) .

Наиболее широко распространенной моделью геологического пространства является модель *сплошной среды*. Естественно, что модели сплошных сред позволяют оценить особенности процессов лишь на уровне макроточек. Внутри макроточек многие решения оказываются несправедливыми. Поэтому, если нас интересуют процессы внутри макроточек, мы должны использовать так называемые многоуровневые модели, когда на более крупном масштабе рассмотрения процесс изучается уже с учетом конкретного «сложения макроточек». В качестве примера многоуровневой модели такого типа рассмотрим фильтрацию подземных вод в водоносном горизонте, представленном набором отдельных элементов, имеющих различные размеры.

На *микроуровне* будем полагать, что элементы, составляющие водоносный горизонт, имеют размеры «минимальных элементарных объемов», для которых справедливы предпосылки сплошности среды. Для раздельно-зернистых пород размеры элементов данного уровня ориентировочно находятся в интервале от $N * 10^{-3}$ до $N * 10^{-1}$ м.

На *мезоуровне* элементы, составляющие среду, могут быть представлены на уровне объемов, линейные размеры которых соизмеримы с мощностью водоносных пластов: от $N * 10^{-1}$ до $N * 10$ м, иногда $N * 10^2$ м.

На *макроуровне* фильтрация изучается на уровне характерных размеров областей фильтрации. Размеры основных элементов данного уровня могут быть самыми разнообразными, чаще всего от $N * 10^2$ до $N * 10^4$ м.

Задание. Аспирантам предлагается решить задачи, в которых в качестве исходных данных представлены элементы водоносного горизонта с заданными линейными размерами. В зависимости от линейных размеров необходимо соотнести исходные данные с уровнями организации элементов.

2. Знакомство с пространственной ориентацией модельной сетки гидрогеологических карт в соответствии с номенклатурой.

Пространственная ориентация модельной сетки должна проводиться по странам света и зависеть от номенклатуры карт. Должен выполняться принцип вложенности сеток для врезок в более крупную сетку. Линейные размеры модельных сеток "врезок" должны быть кратными основной сетке. Номенклатура масштабов карт должна быть примерно следующей:

М 1:2 500 000 (обзорные карты), М 1:1 000 000, М 1:500 000, М 1:200 000 (основной масштаб), М 1: 50 000, М 1:25 000, М 1:10 000.

Задание. Аспирантам предлагается изучить номенклатуру предлагаемых преподавателем карт и самостоятельно оценить различия в оценке гидрогеологических условий с помощью обзорных карт, составленных во ВСЕГЕИ.

3. Построение гидродинамических моделей.

Построение гидродинамических моделей массопереноса в трещиновато-пористых комплексах водоносных пород осуществляется в рамках предельных расчетных схем макродисперсии, выбираемых в зависимости от времени миграции и особенностей режима переноса в пористой матрице.

В настоящее время численного решения задач массопереноса в подземных водах наибольшее распространение получили методы конечных разностей (МКР) и конечных элементов (МКЭ). МКР основан на замене исходных дифференциальных операторов разностными аналогами. МКЭ является интегральным методом, основанным на аппроксимации искомой непрерывной функции набором кусочно-непрерывных функций. Во многих работах было показано, что МКР является частным случаем МКЭ. В практике гидрогеологических расчетов МКР получил наибольшее распространение, что связано с его относительной простотой и наглядностью. Известно, что применение МКЭ теоретически должно давать более высокую точность решения, однако опыт показывает, что выигрыш в математической точности аппроксимации исходных дифференциальных уравнений зачастую оказывается значительно меньше погрешностей схематизации и определения параметров процесса.

Задание. Аспирантам предлагается оценить водоносные комплексы, сложенные породами с различными фильтрационными и емкостными свойствами. Оценить особенности процессов миграции в таких средах и различия в фильтрационных параметрах и уровнях (условиях) массообмена между отдельными ее составляющими.

4. Случайная величина. Закон распределения случайной величины.

Случайной величиной называется действительная переменная, которая может принимать те или иные значения в зависимости от условий опыта или других обстоятельств. Случайная величина X называется дискретной, если она может принимать только конечное или счетное множество значений, в противном случае случайная величина называется непрерывной.

Законом распределения случайной величины называют всякое соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями. Пусть X – некоторая случайная величина. Функцией распределения $F(x)$ случайной величины X называется функция

$$F(x) = P(X < x),$$

где P – вероятность.

Задание. При выполнении задания с помощью пакета Statistica 6.0 (и выше) необходимо применить на практике теоретические положения, касающиеся основных свойств и законов распределения случайной величины.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Геологическая эволюция и самоорганизации системы вода-порода. Т.1: Система вода – порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование/С.Л. Шварцев гл. ред./СО РАН, 2005, 244с.

2. Семячков А.И. Статистические методы в гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. Семячков А.И., Почечун В.А., Хисматулин Д.Р. Изд-во УГГУ. Екатеринбург, 2005

3. Гавич И.К. Методы обработки гидрогеологической информации с вариантами задач. Гавич И.К., Семёнова С.М., Швец В.М. М., «Высшая школа», 1981 4. Недр России. Т 2. Экология геологической среды // под ред. Н.В. Межеловского, А.А. Смыслова. СПб–М., 2002.

4. Шваров Ю.В. Алгоритмизация численного равновесного моделирования динамических геохимических процессов/Геохимия, 1999, №6, с.646-652.

б) дополнительная литература:

5. Судариков С.М. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Методические указания к лабораторным занятиям. СПб, СПГГУ, 2011. – 37 с.

в) программное обеспечение: MS Excel 5.0 и выше, Statistica 6.0 и выше.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы: ресурсы Интернет.

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для лабораторных работ используется компьютерный класс и массивы данных с результатами гидрогеологической съемки в горных выработках.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

В качестве оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используются контрольные задания по знанию математических моделей в гидрогеологии.

Разработал:

проф. кафедры ГиИГ С.М. Судариков