

**Опыт применения нерегулярных сеток при создании геофильтрационных моделей (на примере ТиНАО г. Москвы)**

**Научный руководитель – Поздняков Сергей Павлович**

*Гричук Александр Дмитриевич*

*Выпускник (магистр)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра гидрогеологии, Москва, Россия

*E-mail: sgrichuk@yandex.ru*

Целью работы являлось сравнение методов построения математических моделей с использованием регулярных и нерегулярных расчётных сеток на примере геофильтрационной модели территории Новой Москвы.

Многослойная геофильтрационная модель разрабатывается для оценки ресурсного потенциала подземных вод территории и решения ряда инженерных задач.

Моделирование выполнялось в программной среде Aquaveo GMS v.10.2. Сравнение проводилось между моделями, построенными с использованием разных версий программы MODFLOW, разрабатываемой U.S. Geological Survey - MODFLOW-2005 и MODFLOW-USG соответственно.

MODFLOW-2005 [1] основана на прямоугольной конечно-разностной сетке. У такой реализации имеется существенный недостаток - невозможно изменить размер блоков в отдельных областях, представляющих особый интерес, не меняя размер всех блоков в той же строке и столбце по всей модели. При широком распределении областей интереса по площади такое уточнение становится избыточным. Кроме того, затруднено точное описание внешних границ неправильной формы.

MODFLOW-USG [2] основана на методе контрольных объёмов в конечно-разностной постановке и позволяет проводить расчёты на различных неструктурных сетках, как регулярных, разбитых на многоугольники, так и нерегулярных, построенных методами дерева квадрантов, диаграммы Вороного и вложенных сеток. Нерегулярные сетки предоставляют высокую гибкость в создании геофильтрационных моделей, позволяя проводить сгущение расчётной сетки вблизи интересующих объектов в условиях, когда они распределены по площади модели.

Схематизация и параметризация моделей проводилась идентичным образом. Для описания с требуемой детальностью регулярная сетка в MODFLOW-2005 была задана с шагом 50 м. При создании модели в MODFLOW-USG использовалась нерегулярная сетка, построенная по методу дерева квадрантов со сглаживанием. Максимальный шаг сетки выбран размером 800 м, задавалось сгущение по границам модели до 200 м, и до 50 м у рек и водозаборных скважин.

Сравнение моделей демонстрирует некоторые из преимуществ использования подхода нерегулярной сетки. При хорошей сходимости статей баланса обеих моделей, модель, составленная в MODFLOW-2005, использует для расчёта примерно в 14,6 раз больше расчётных блоков, занимает в 2 раза больше места в оперативной памяти компьютера, а расчёт занимает в 116 раз больше времени (20,5 минут против 11,6 секунд в модели MODFLOW-USG).

**Источники и литература**

- 1) Harbaugh, A.W., 2005, MODFLOW–2005, the U.S. Geological Survey modular ground-water model—The Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A16, variously paged.
- 2) Panday, Sorab, Langevin, C.D., Niswonger, R.G., Ibaraki, Motomu, and Hughes, J.D., 2013, MODFLOW–USG version 1: An unstructured grid version of MODFLOW for simulating groundwater flow and tightly coupled processes using a control volume finite-difference formulation: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A45, 66 p.

### Иллюстрации

Параметр модели	MODFLOW-2005	MODFLOW-USG
Сравнение основных статей водного баланса моделей, м <sup>3</sup> /сут		
Приток с границ	45 897	38 405
Питание из рек	126 442	124 435
Инфильтрационное питание	664 542	666 990
Общее питание	836 881	829 830
Отток за границы	201 269	195 931
Скважины	278 744	278 744
Разгрузка в реки	356 833	355 167
Общая разгрузка	836 847	829 842
Сравнение технических параметров моделей		
Количество блоков	3 298 471	226 341
Место в ОЗУ, Кбайт	3 646 096	1 805 896
Время расчёта, сек	1 347.34	11.57

Рис. 1. Сравнение параметров модели