

Тема: Проведение полномасштабного трехмерного численного моделирования задач электроразведки.

Состав коллектива: ФИО без сокращений, место работы/учёбы, учёные степени и звания. Опционально контактный адрес электронной почты.

1. Курочкина Екатерина Петровна, старший научный сотрудник НГУ, Научно-исследовательская лаборатория многомасштабного моделирования и решения численных задач нефтегазовой отрасли. Абрв.- НИЛМЗЧЗМО, к. ф.-м. н., e.p.kurochkina@gmail.com.
2. Соболева Ольга Николаевна, ИВМ и МГ СО РАН, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник НГУ, д. ф.-м. н., профессор Новосибирского технического университета, olga@nmsf.sccc.ru.

Научное содержание работы:

Постановка задачи:

Коллективом с помощью метода подсеточного моделирования получены уравнения для средних коэффициентов в уравнениях акустики, Максвелла, протекания постоянного тока во фрактальной среде. Полученные теоретические результаты сравниваются с результатами прямого численного моделирования. Цель данной работы сравнить теоретические результаты с расчетами для керна. Современное состояние проблемы: Полномасштабное численное моделирование процессов протекания жидкости, электрического тока, тепла, распространения сейсмических волн в средах, включающих мелкомасштабные неоднородности, является задачей представляющей большой научный и практический интерес. Такие задачи возникают при исследовании подземных ядерных взрывов, землетрясений, геодинамики и поиска коллекторов в рудной и нефтегазовой геологии. При численном моделировании крупные неоднородные включения в среде учитываются в математической модели непосредственно с помощью граничных условий. Расчеты с учетом всех масштабов вариаций физических параметров требуют громадных вычислительных затрат. Чтобы решить эту проблему при теоретическом и численном моделировании неупорядоченных сред используют асимптотические методы и эффективные коэффициенты. Задачи построения эффективных коэффициентов для различных сред решаются в данном исследовании. Задачи построения эффективных коэффициентов для слоистой среды рассматривались в работах [1], [2]. Для построения эффективного решения в периодической детерминированной среде использовались методы гомогенизации. Методы гомогенизации в детерминированных непериодических средах с двумя масштабами неоднородностей для двумерной задачи SH волн, а затем для P и SV волн рассматривались в работах [3], [4]. Геофизическая, среда, как правило, является многомасштабной, к тому же координаты мелкомасштабных неоднородностей точно неизвестны. Поэтому часто среда описывается статистическими полями. Лабораторные исследования кернов и полевые измерения показали, что в неупорядоченных неоднородных средах увеличивается разброс по величине параметров среды и уменьшается корреляционная длина, если масштаб измерений уменьшается [5], [6]. Такие геофизические неупорядоченные среды хорошо описываются мультипликативными иерархическими каскадами с негауссовским распределением

вероятностей и фрактальными моделями [6], [7]. Научная новизна и практическая значимость: Для построения среднего решения в крупномасштабном пределе применяется метод подсеточного моделирования. Строится более простая модель, требующая меньшего количества вычислительных затрат, правильно описывающая поведение решения в крупномасштабном пределе. В настоящей работе с помощью метода подсеточного моделирования получены уравнения для средних коэффициентов в уравнениях акустики, Максвелла, протекания постоянного тока во фрактальной среде. Полученные теоретические результаты сравниваются с результатами прямого численного моделирования. Цель данной работы сравнить теоретические результаты с расчетами для ядра. 1. Backus, G. Long-wave elastic anisotropy produced by horizontal layering // *Journal Geophysical Research* 1962. V. 67, N. 11, P. 4427-4440. 2. Молотков Л.А. Об эквивалентности слоисто-периодических и трансверсально-изотропных сред // Математические вопросы теории распространения волн: Зап. научн. сем. ЛОМИ / Ленинград. отд., Л.1979, Наука, № 89, С. 219—233 3. Guillot L. Capdeville Y., and Marigo J.J. 2-D non periodic homogenization for the SH wave equation // *Geophysical Journal International*. 2010 Vol. 182, P. 1438-1454. 4. Capdeville Y. and Marigo J.J. A non-periodic two scale asymptotic method to take account of rough topographies for 2-D elastic wave propagation // *Geophysical Journal International*. 2013. Vol. 192, P. 163--189. 5. Molz, F. J., and G. Boman, Further evidence of fractal structure in hydraulic conductivity distributions, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2545–2548, 1995. 6. Sahimi M. and Tajar S.E. Self-affine fractal distributions of bulk density, elastic moduli and seismic wave velocities of rock // *Physical Review E*. 2005. Vol. 71, 046301. 7. Koochi lai Z., Vasheghani Farahani S., Jafari G.R. Non-Gaussianity effect of petrophysical quantities by using q-entropy and multi fractal random walk // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2013. V.392, Issue 20, P. 5132--5137. 8. Кузьмин Г.А., Соболева О.Н. Подсеточное моделирование фильтрации в пористых автотомельных средах // ПМТФ. 2002. Т. 43. № 4. С. 115--126. 9. Kolmogorov A. N. A refinement of previous hypotheses concerning the local structure of turbulence in a viscous incompressible fluid at high Reynolds number. *Journal Fluid Mechanics*. 1962. Vol. 13. P. 82--85. 10. Гнеденко Б.В., Колмогоров А.Н. Предельные распределения для сумм независимых случайных величин. Ленинград: Гостехиздат, 1954. 11. G. Dagan, *Flow and transport in Porous Formation*, Berlin, Springer-Verlag, 1989. 12. С. М. Рытов, Ю. А. Кравцов, В. И. Татарский, Введение в статистическую радиофизику, Часть 2, Случайные поля, Наука, Москва, 1978 13. Ogorodnikov V.A., Prigarin S.M. *Numerical Modeling of Random Processes and Fields: Algorithms and Applications*, Utrecht, The Netherlands, 1996

Полученные результаты.

Методом подсеточного моделирования получены эффективные параметры для квазистационарных уравнений Максвелла, с учетом членов первого порядка малости по $\omega \varepsilon(\mathbf{x}) / \sigma(\mathbf{x})$, где ω -циклическая частота, $\varepsilon(\mathbf{x})$ диэлектрическая проницаемость, $\sigma(\mathbf{x})$ электропроводность. В этом случае эффективные параметры не зависят от частоты и, следовательно, верны и во временной области. Изучено влияние коррелированности полей на эффективную оценку энергии в скин-слое.

Эффект от использования кластера в достижении целей работы.

Удалось сократить время расчетов в 10 раз.

Результаты опубликованы в следующих работах:

1. Olga N. Soboleva and Ekaterina P. Kurochkina, 2. Olga N. Soboleva and Ekaterina P. Kurochkina, Olga N. Soboleva, Mikhail I. Eпов, Ekaterina P. Kurochkina, Effective coefficients in the electromagnetic logging problem with log-normal distribution, multiscale conductivity and permittivity, Statistical Papers, <https://doi.org/10.1007/s00362-018-1035-8>. Scopus

4. Соболева Ольга Николаевна, Влияние корреляции между диэлектрической проницаемостью и проводимостью на эффективную оценку энергии в скин слое, Интерэкспо Гео-сibirь 2018, Международная научная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология», Сборник материалов Том 1, стр. 177-182, (Ринц), http://geosib.sgugit.ru/wp-content/uploads/kongress/Sborniki/2018/ДЗ_т1_.pdf

Опционально: ваши впечатления от работы вычислительной системы и деятельности ИВЦ НГУ

Практически нет очереди при запуске программ на счет. Большое спасибо администраторам.