

Нефть, газ и суперкомпьютеры



4 Нефть, газ и суперкомпьютеры

Эффективность работ в нефтегазовой отрасли непосредственно связана с применением мощных суперкомпьютеров для решения масштабных расчетных задач, обеспечивающих качество поиска и разведки нефтегазовых месторождений, повышение продуктивности действующих скважин и снижение экологического ущерба при их разработке.

АВТОРЫ:

М.Ю.Токарев — заведующий геолого-геофизическим отделением Высшей школы инновационного бизнеса МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: tokarev@decogeo.com
Е.А.Курин — генеральный директор ООО «Геолаб»,
e-mail: ekurin@geo-lab.ru
М.Н.Синицын — научный сотрудник, НИВЦ МГУ имени М.В.Ломоносова,
e-mail: inneco@mail.ru

Сегодня во всем мире хорошо понимают, что повышение эффективности нефтегазовой отрасли непосредственно зависит от мощности применяемых высокопроизводительных вычислительных систем. Так, из числа 500 самых мощных суперкомпьютеров мира третье место по использованию занимает их применение в геофизике компаниями нефтегазового сервиса при поисках, разведке и разработке месторождений.

Для того чтобы найти и эффективно разрабатывать месторождение нефти и газа, геофизики анализируют результаты применения различных физических методов дистанционного зондирования совместно с данными поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, а также разнородной геологической информацией. Среди геофизических методов исследований можно отметить сейсмические, электромагнитные и гравитационные.



Наземная съемка



Морская съемка



Транзитная зона



Мелководье

Рис. 1
Способы сейсморазведки

В настоящее время для поиска месторождений нефти и газа, в основном, применяют сейсмическую разведку. Суть метода состоит в том, что на земной поверхности (или на поверхности моря) искусственно, например, при помощи взрыва, возбуждают упругие волны, которые затем регистрируются на поверхности земли специальными устройствами — сейсмоприемниками, как показано на рис. 1.

Волны, отраженные от границ раздела горных пород с различными физическими свойствами, несут в себе информацию об этих свойствах. Однако эту информацию еще необходимо правильно извлечь, чтобы попытаться ответить на следующие вопросы:

- Есть ли в месте поиска нефть или газ?
- Как устроено месторождение, на какой глубине, в каких породах?
- Как выглядит объемная модель месторождения?
- Где и как следует пробурить разведочные скважины, а где повторить более детальную сейсморазведку?

Процесс извлечения информации из сейсмических данных выглядит следующим образом. В первую очередь надо подавить когерентный и некогерентный шум — так называемые волны-помехи. Затем — построить глубинно-скоростную модель среды, описывающую распространение волн на макроуровне, и объемное глубинное изображение участка земной коры в исследуемом районе. И, наконец, попытаться проанализировать состав и свойства пород и предсказать наличие залежи нефти и/или газа.

В процессе обработки информации, записанной при сейсморазведке, используется достаточно сложный и разнообразный математический аппарат. Так, для подавления волн-помех применяют различные одномерные и многомерные фильтры как во временной, так и в частотной области, а также в области преобразования Радона. В процессе построения глубинно-скоростной модели используются томографические методы, которые сводятся к решению больших систем линейных уравнений. И, наконец, в процессе построения глубинного изображения среды используются те или иные способы прямого или обратного продолжения волнового поля, то есть получение оценок решения волнового уравнения. Применяют как численные методы, в том числе, метод конечных разностей или конечных элементов, так и численно-аналитические, когда используется аппарат интеграла Кирхгофа. На рисунках 2а и 2б приведены примеры того, как можно подавить волну-помеху при помощи одного из современных алгоритмов.

Особая проблема состоит в том, что объем исходных сейсмических данных при разведке одного месторождения может составлять десятки терабайт. В качестве примера можно привести случай из практики: построение глубинного изображения на участке 1000 км² при помощи алгоритма миграции в обратном времени, сводящегося к двукратному ре-

шению волнового уравнения методом конечных разностей в пространственно-временной области, занимает 6 месяцев при использовании 1024 процессорных ядер.

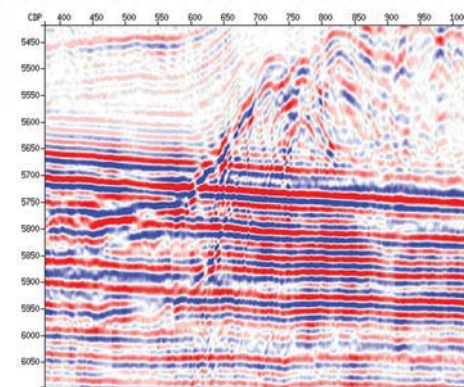


Рис. 2а. Фрагмент исходных данных; субгоризонтальные отражения — помеха, которая препятствует принятию геологом решения о продуктивности данного участка

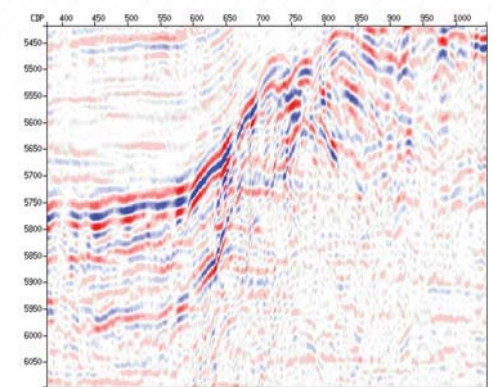


Рис. 2б. Пример подавления волн-помех при обработке сейсмических данных. Фрагмент данных после подавления помехи

Насколько оправданы такие серьезные и дорогостоящие вычисления, можно заключить, проанализировав стоимость бурения скважин. Так, бурение одной скважины на суше в среднем обходится нефтяной компании в 5 млн долларов США, а на море, с использованием буровой платформы или судна, может превышать 100 млн долларов США. Именно поэтому ведущие зарубежные нефтесервисные компании и исследовательские центры активно инвестируют в разработки, связанные с суперкомпьютерными технологиями (рис. 3). Ведь скорость и качество вычислений непосредственно влияют на время и качество поиска месторождения, точность разведочного и эксплуатационного бурения, эффективность добычи нефти и газа в период эксплуатации месторождения.



Рис. 3.
Рабочее место геофизика

Можно с уверенностью сказать, что сегодня существенный технологический прогресс в нефтегазовой отрасли возможен только на основе применения высокопроизводительных программно-аппаратных средств, которые способны обеспечить: повышение эффективности работ по разведке нефтегазовых месторождений, повышение продуктивности действующих скважин и снижение экологического ущерба при их разработке.

Этап добычи нефти и газа называют разработкой месторождения. Для того чтобы извлекать нефть из вмещающих пористых пород, бурят несколько скважин, в которые закачивают под давлением различные растворы, горячий пар, а могут устроить и управляемый пожар на глубине несколько километров для того, чтобы разогреть твердые фракции углеводородов. Чтобы эти процессы были эффективны и продуктивны, по исходным данным сейсморазведки и результатам исследования скважин на компьютере строят объемную геологическую (рис. 4) и гидродинамическую (рис. 5) модели месторождения, которые постоянно уточняют и верифицируют. Для построения таких моделей используют сложные математические алгоритмы, учитывающие сотни и тысячи различных параметров одновременно, что требует применения самых мощных суперкомпьютеров. Чем они мощнее и чем лучше используемые расчетные алгоритмы, тем выше качество и точность построения моделей и, следовательно, качество принятия решений, напрямую влияющих на продуктивность и время жизни эксплуатируемых месторождений углеводородов.

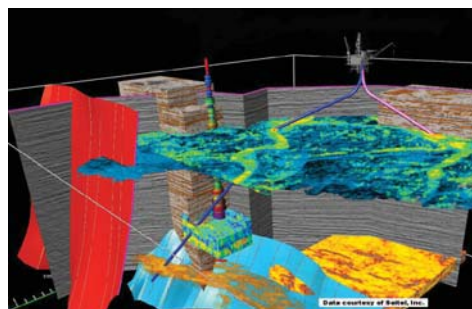


Рис. 4.
Пример геологической модели месторождения

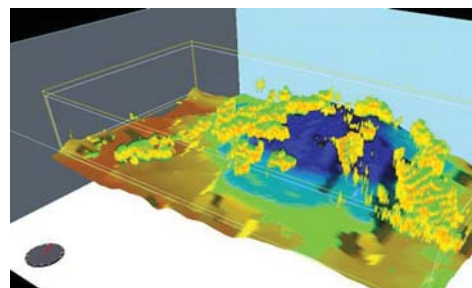


Рис. 5
Пример гидродинамической модели месторождения