

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРИГГЕРНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО И ГЕОДЕФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССОВ ПРИ НАГНЕТАНИИ ЖИДКОСТИ В ГЕОСРЕДУ

А.Е. Заболотин¹, А.В. Лоскутов¹, А.В. Коновалов¹, С.Б. Турунтаев²

¹ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022;
e-mail: a.konovalov@imgg.ru

²ФГБУН Институт динамики геосфер РАН, Ленинский пр-т 38, кор. 1, г. Москва, 119334;
e-mail: s.turuntaev@gmail.com

Поступила в редакцию 29 декабря 2015 г.

Осуществлена программная реализация модуля моделирования сейсмического и гедеформационного процессов при отборе и закачке жидкости в геосреду. В расчетах напряженно-деформированного состояния геосреды используется модифицированная модель М. Био, которая учитывает скорость изменения объемной деформации в уравнении Дарси. Для программной реализации модуля моделирования при перемещении флюида в рамках модели Био был применен свободный пакет C++ библиотек OpenFOAM 2.4.0. Пакет представляет собой набор скомпилированных модулей, а также их исходных кодов, инкапсулирующих в полном соответствии с принципами объектно-ориентированного программирования все наиболее распространенные объекты и операции вычислительной механики сплошных сред. Построение модуля расчета напряжений базируется на стандартном решателе из пакета OpenFOAM для упругой деформации изотропного тела. К его коду была добавлена процедура дискретизации и решения уравнения Дарси для порового давления. Гедеформационные эффекты оцениваются путем прямого расчета смещений на свободной поверхности вблизи источников закачки и отбора жидкости, что может привести, в частности, к опасному проседанию поверхности и возникновению индуцированной сейсмичности. Триггерные сейсмические эффекты оцениваются путем расчета скорости накопления избыточных касательных напряжений в зоне разлома на глубине сейсмогенного слоя (5–15 км) с учетом соотношений, связывающих историческую сейсмичность и скорость накопления тектонических напряжений в рамках модифицированной модели Дитриха. Выполнено сейсмологическое обоснование возможных максимальных магнитуд техногенных землетрясений и их периодов повторяемости в районе промышленного освоения шельфовых месторождений нефти и газа на северо-востоке о. Сахалин, а также уточнены модели активизации сейсмического процесса в результате техногенного воздействия на геосреду.

Ключевые слова: моделирование, сейсмический процесс, наведенная сейсмичность, месторождения нефти и газа, программная реализация, напряженно-деформированное состояние, геомеханика, геосреда, о. Сахалин.