

М.Н. Овчинников, А.Г. Гаврилов, Н.Н. Непримеров, Ю.Н. Прошин,  
А.Н. Чекалин, А.В. Штанин

Казанский государственный университет, физфак, Marat.Ovchinnikov@ksu.ru

## РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫРАБОТКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ ЗАВОДНЕННЫХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЦЕНТРАЛЬНО-АЗНАКАЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ

Для создания математической модели, позволяющей рассчитать текущее поле нефте(водо)насыщенности и прогнозировать последующую разработку участка при задании различных вариантов изменений дебитов скважин, мы использовали оригинальную программу (Чекалин и др., 1998), в которой численными методами осуществляются расчеты многофазных фильтрационных потоков. Расчеты производятся методом конечных разностей с применением модели Баклея – Леверетта (Buckley & Leverett, 1942).

При разработке модели заводнения исследуемого участка использовались данные геофизических исследований скважин, лабораторных исследований свойств пород и фильтрующихся жидкостей, натуральных измерений фильтрационных параметров пластов, сведения о закачках, отборах и измеренных давлениях за все время эксплуатации, частично, результаты температурных исследований. Создание модели проводилось одновременно с использованием результатов измерений гидродинамических параметров, давлений и обводненности, полученных посредством применения средств современной компьютерной и измерительной техники в рамках автоматизированной системы контроля выработки пластов (АСК – ВП), развернутой на участке в полном объеме с 1998г.

В процессе создания модели исследователи неизбежно сталкиваются с проблемами корректности производимой интерполяции имеющихся отдельных значений параметров на всю рассматриваемую площадь, неточности начальных массивов данных, неопределенностью границ участка и т.п. Поэтому важное место занимал процесс согласования (адаптации) модельных параметров и массивов экспериментальных данных.

Рассматриваемый участок Центрально-Азнакаевской площади эксплуатируется с 1959 г., причем разведочная скв. № 541 работает с 1951г., сильно заводнен и характеризуется высокой степенью выработанности запасов (свыше 60%). Основной объект эксплуатации – пласты «а-б<sub>1</sub>» горизонта Д<sub>1</sub> со средней толщиной пласта  $h=7.2$  м, проницаемостью  $k=0.83$  д, пористостью  $m=0.23$ , начальной нефтенасыщенностью  $S_0=0.88$  и первоначальным пластовым давлением  $P=17.5$  МПа. В процессе эксплуатации на участке неоднократно происходили смены локальных направлений фильтрационных потоков, в экспериментальном порядке осуществлялось мицеллярное заводнение, а с 1990 г. были пробурены 11 новых скважин, включая 4 скважины-дублера. Рассматриваемый объект слева и справа ограничен непроницаемыми границами (зоны неколлекторов), а сверху и снизу рядами нагнетательных скв. №№ 4108-4112 и 4154-4159, соот-

ветственно (см. карту участка на рис. 1).

Поскольку создание постоянно действующей модели месторождения предполагает непрерывную корректировку модельных параметров по мере его дальнейшей разработки, нами учитывалась динамика изменений таких величин и параметров как гидропроводность и пьезопроводность, практически, во всех межскважинных интервалах, приведенные радиусы скважин, давления и обвод-

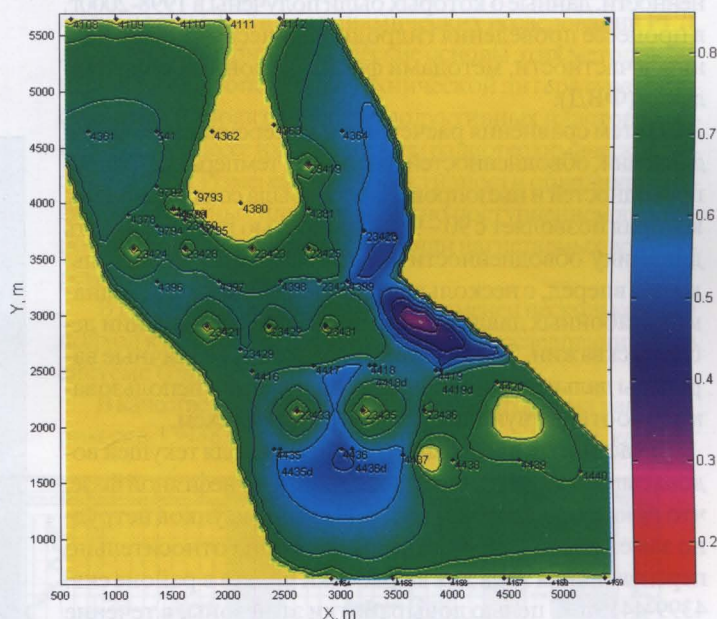


Рис. 1. Расчетное поле текущей водонасыщенности.

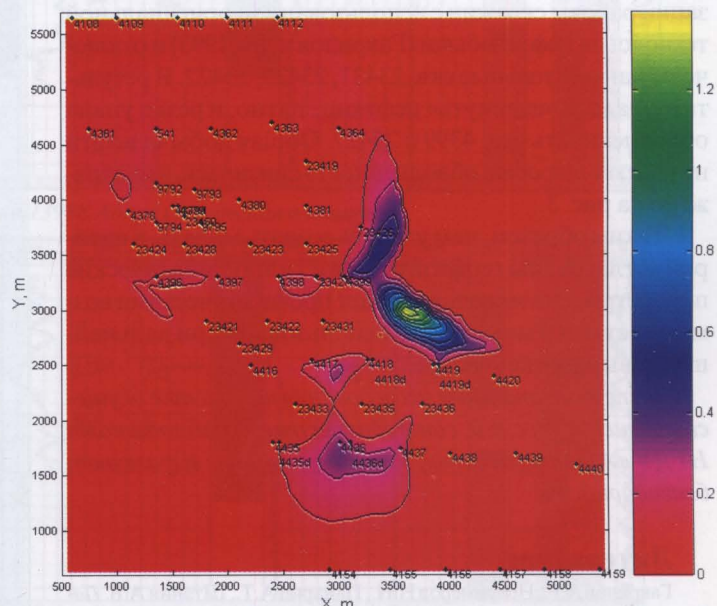


Рис. 2. Расчетное поле текущей гидропроводности нефтяной фазы.



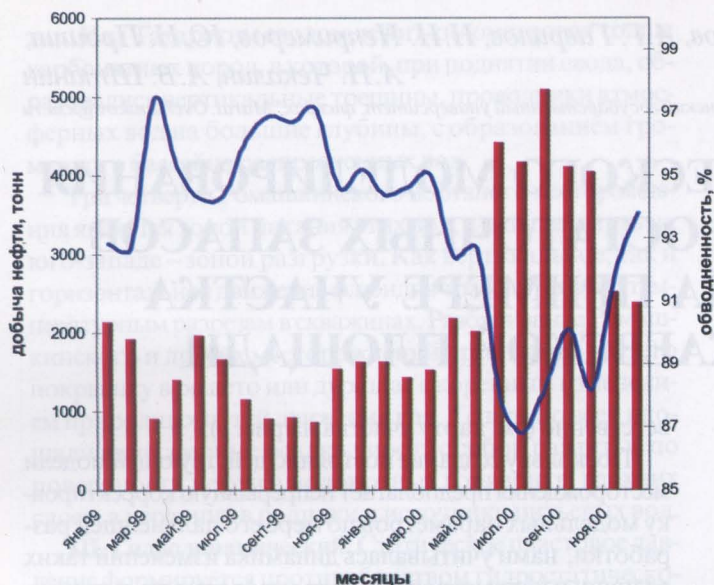


Рис. 3. Динамика месячной добычи нефти (столбики) и обводненности продукции (кривая линия) в 1999-2000 гг.

ненности, данные о которых были получены в 1998-2000 гг. в процессе проведения гидродинамических исследований, в частности, методами фильтрационных волн давления (ФВД).

Путем сравнения расчетных и измеренных значений давлений, обводненностей, частично, температур, гидропроводностей и пьезопроводностей была создана модель, которая позволяет с 90–95% точностью предсказывать динамику обводненности каждой скважины на несколько лет вперед, с несколько меньшей точностью – динамику забойных давлений при произвольном задании дебитов скважин. Это позволяет создавать различные варианты дальнейшей эксплуатации участка с использованием соответствующих технологических схем.

В частности, нами были рассчитаны поля текущей водонасыщенности и гидропроводности по нефтяной фазе, что показано на рис. 1 и рис. 2. Из этих рисунков нетрудно заметить, что на участке имеется одна относительно перспективная зона для выработки пласта в районе скв. 4399-4419д. С целью довыработки этой зоны, в течение 1999–2000 гг. были проведены мероприятия по оптимизации работы скважин с использованием оригинальной технологии нефтедобычи (Гаврилов и др., 1993) и отключены нагнетательные скв. 23431, 23425, 23422. В результате удалось «сдвинуть» нефтяное пятно, и резко упала обводненность скв. 4399 и 23427. Общая добыча нефти на участке выросла, обводненность снизилась, что отражено на рис. 3.

Таким образом, нам удалось создать модель, в которой согласованы геофизические и гидродинамические параметры. Эта модель обладает прогностическими возможностями и может быть использована при дальнейшей довыработке участка.

Экспериментальные исследования на участке осуществлялись в тесном сотрудничестве с работниками НГДУ «Азнакаевнефть», которым авторы выражают благодарность.

### Литература

Гаврилов А.Г., Непримеров Н.Н., Панарин А.Т., Штанин А.В. Патент РФ № 2099513 «Способ выработки нефтяного пласта». 1993.

Чекалин А.Н., Овчинников М.Н., Прошин Ю.Н. Программа для ЭВМ: «Программа расчетов многофазных фильтрационных потоков в водонефтяных пластах (COFOIL)». СВИДЕТЕЛЬСТВО РОСАПО № 980455. 1998.

Buckley S., Leverett M.C. *Trans AIME*. 1942. v.146. 107-115.

### Об авторах:

**Овчинников Марат Николаевич** - Казанский государственный университет, 420008, Казань, Кремлевская, 18, КГУ, физфак, Тел. (8432) 388395, ст. научный сотрудник, канд. физ.-мат. наук.  
**Гаврилов Александр Геннадьевич** - физфак, Тел. 388395, ст. научный сотрудник.  
**Непримеров Николай Николаевич** - Тел. 388395, профессор, доктор техн. наук.  
**Прошин Юрий Николаевич** - физфак, Yurii.Proshin@ksu.ru, профессор, доктор физ.-мат. наук.  
**Чекалин Анатолий Николаевич** - КГУ, НИИММ им. Н.Г. Чеботарева, вед. науч. сотр., доктор физ.-мат. наук. Anatoliy.Chekalin@ksu.ru  
**Штанин Александр Васильевич** - физфак, Тел. 388395, доцент, канд. физ.-мат. наук.

В.Н. Поляков, Р.К. Ишкаев, Р.Р. Лукманов

## ТЕХНОЛОГИЯ ЗАКАНЧИВАНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН



Уфа: «ТАУ», 1999. -408с. УДК 622.245, ISBN 5-93578-002-X

Под редакцией д.т.н., проф. В. Н. ПОЛЯКОВА  
 Рецензент д.т.н., проф. И. Г. ЮСУПОВ

В книге рассмотрены современные научные представления по вопросам теории, методологии и технологии заканчивания скважин в малоизученных, сложных и изменяющихся геолого-техннческих условиях разведки и разработки залежей углеводородов.

Проанализированы особенности геолого-физических условий заканчивания скважин, факторы, влияющие на технологию первичного вскрытия продуктивных пластов и цементирование обсадных колонн, снижающие качество буровых работ. Приведены принципы системного подхода к совершенствованию технологий и сохранению потенциальной продуктивности скважин и способы их реализации, методы предупреждения и борьбы с осложнениями при бурении интервала продуктивных отложений.