

УДК 622.276

**С.М. Стрикун**, аспирант, e-mail: StrikunSM@gmail.com; **С.И. Грачев**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Тюменский государственный нефтегазовый университет, e-mail: GrachevSI@mail.ru; **С.В. Майер**, старший научный сотрудник, Тюменское отделение «СургутНИПИнефть», e-mail: Mayer\_SV@surgutneftegas.ru

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СИМУЛЯТОРА «ТЕХСХЕМА» ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

*Рассмотрены преимущества и недостатки гидродинамического симулятора «Техсхема». Определены основные направления для развития программного комплекса. Предложен алгоритм, реализованный в программе «Подбор ГТМ», для автоматизации процесса назначения геолого-технических мероприятий (ГТМ).*

**Ключевые слова:** «Техсхема», гидродинамический симулятор, прерывистость пласта, геолого-технические мероприятия, зарезка бокового ствола, дострел, изоляция.

В настоящее время для назначения геолого-технических мероприятий при разработке месторождений углеводородов активно используются цифровые фильтрационные модели (ЦФМ). Работа с моделями осуществляется с помощью различных программных комплексов (ПК) для гидродинамического моделирования, основной целью которых является расчет прогнозных технологических показателей работы скважин залежи в целом или ее отдельных участков. В дополнение ко многим из таких ПК уже созданы программы, нацеленные на оптимизацию и автоматизацию назначения ГТМ и оценку эффективности их проведения. В основе каждого гидродинамического симулятора лежит математическая модель процесса фильтрации. Модель фильтрации выбирается с учетом типа залежи, свойств насыщающих пласт флюидов и нагнетаемых агентов, характера моделируемых процессов разработки.

Для множества месторождений Западной Сибири гидродинамические фильтрационные модели создаются

с использованием ПК «Техсхема», разработанного более 35 лет назад и постоянно совершенствуемого сотрудниками Тюменского отделения «СургутНИПИнефть». В основе программного комплекса «Техсхема» положена модель трехфазной многокомпонентной фильтрации, предложенная В.П. Майером [1]. Многокомпонентная (композиционная) модель позволяет рассматривать процессы фильтрации в нефтегазоконденсатных пластах с учетом межфазного массообмена отдельными химическими компонентами. Фильтрующиеся в нефтегазовых залежах сложные смеси веществ описываются тремя фазами (нефть, газ, вода), состоящими из четырех псевдокомпонентов. При этом два из них образуют углеводородные фазы, два других псевдокомпонента – водяную фазу. Углеводородные псевдокомпоненты могут находиться полностью или частично в жидком или газообразном агрегатных состояниях, образуя соответственно нефтяную или газовую фазы. Псевдокомпоненты, входящие в

состав воды, могут находиться только в жидком агрегатном состоянии [2]. Переход углеводородных псевдокомпонентов из одного агрегатного состояния в другое происходит при отклонении текущих объемных долей псевдокомпонентов в фазах от их равновесных значений, определяемых экспериментальными зависимостями от давления в пласте. Скорости фазовых превращений углеводородных псевдокомпонентов регулируются экспериментально определяемыми параметрами: темпом растворения газа в нефти и темпом испарения конденсата в газе.

В работе [1] показано превосходство модели фильтрации программного комплекса «Техсхема» над моделями типа Black Oil при создании постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтегазовых месторождений, разработка и эксплуатация которых предполагают фазовые превращения углеводородов в пласте.

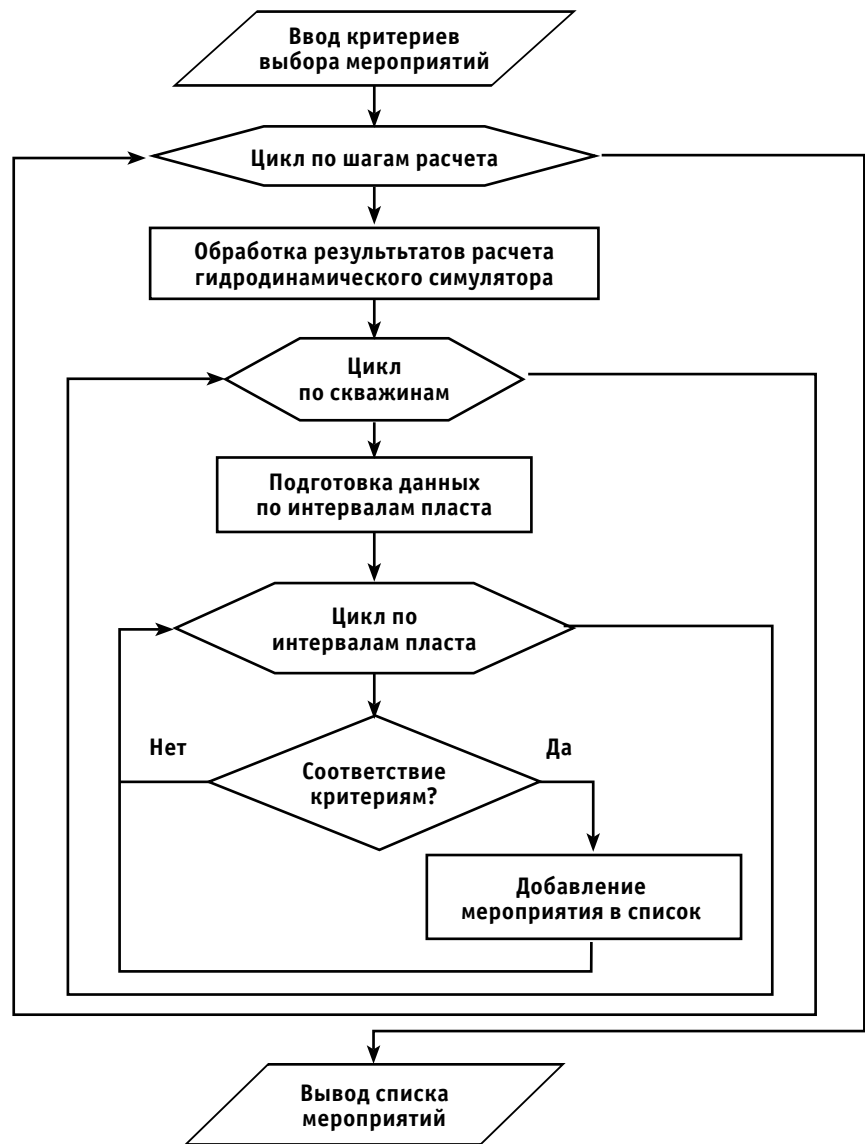
В результате корреляции пропластков при построении геологической модели в малоизученных зонах они могут

простирается на значительные расстояния, что маловероятно в реальных условиях. Процедура ремасштабирования (*upscaling*) также может привести к уменьшению прерывистости в модели. Результатом подобных погрешностей является значительное завышение коэффициента охвата и, соответственно, уровней добычи нефти. Учет неполного охвата пласта воздействием является важным достоинством ПК «Техсхема», он заключается во введении статистической прерывистости коллекторов и расчете коэффициента охвата пласта. Функция координат и времени, определяющая коэффициент охвата пласта воздействием, переопределяется всякий раз, когда вводится в разработку, останавливается, переводится под нагнетание вытесняющих агентов или выбывает из разработки хотя бы одна из скважин, а также в случаях, когда хотя бы у одной из скважин изменяется положение или длина интервала вскрытия пласта. Среди прочих достоинств ПК «Техсхема» можно выделить учет смещения скважины относительно центра вскрытой расчетной ячейки, ее наклон и неполноту вскрытия ячейки интервалом перфорации, а также попадание скважины на границу нескольких ячеек.

Гидродинамический симулятор «Техсхема» успешно прошел тесты ЦКР и SPE и является сертифицированным программным комплексом для моделирования разработки месторождений нефти и газа.

Однако ПК «Техсхема» имеет ряд недоработок, накладывающих ограничения на его использование, в первую очередь это касается возможности проектирования ГТМ:

- не позволяет моделировать процесс закачки CO<sub>2</sub> и химических составов. Для оценки эффекта от применения физико-химических методов (закачки поверхностно-активных веществ, полимеров, растворителей и т.п.) должны использоваться специальные математические модели, учитывающие механизмы соответствующих процессов;
- не позволяет моделировать неизо-термические процессы фильтрации, что ограничивает в применении тепловых методов повышения нефтеотдачи. Для



**Алгоритм поиска скважин – кандидатов для проведения дострела и изоляции интервалов пласта**

описания процессов извлечения нефти с применением различных теплоносителей (горячей воды, пара) может использоваться модель неизотермической фильтрации, описанная в книге Э.Б. Чекалюка;

- нет возможности задания различных кривых относительных фазовых проницаемостей для процессов пропитки и дренирования, необходимых для моделирования процессов нестационарного заводнения;
- эффект от гидроразрыва пласта отображается на модели увеличением проницаемости ячеек модели вокруг скважины, что дает значительные погрешности при расчете постоянно действующих геолого-технологических моделей с крупным размером ячеек от

25 x 25 м и более или путем повышения эффективности перфорации, задавая низкие значения скин-фактора, что приводит к значительному искажению свойств математической модели в случаях, когда размеры трещины превышают размеры ячеек сетки. Для моделирования ГРП необходима реализация возможности локального измельчения сетки или создания сети виртуальных перфораций [3];

- отсутствие учета минимального напряжения сдвига понижает достоверность проектирования разработки месторождений высоковязких нефтей, обладающих свойствами неньютоновской жидкости;
- проектирование разработки особо крупных залежей нефти и газа затруд-

няется тем, что в ПК «Техсхема» не реализована возможность запуска расчета с использованием кластера и разбиения модели на секторы с возможностью их восстановления в единую модель, что могло бы значительно ускорить процесс моделирования.

После расчета ЦФМ в любом программном комплексе перед инженером стоит задача интерпретации полученных расчетных данных, используемых для проектирования разработки пластов. Однако качество выполнения этого процесса ограничивается как субъективным опытом специалиста, так и отсутствием возможности предоставления важных параметров в визуальном воспринимаемом пользователем виде. Таким образом, выявляется необходимость дополнить ПК «Техсхема» модулями или плагинами для автоматизации и оптимизации процесса интерпретации результатов промежуточного расчета и проектирования геолого-технических мероприятий с целью ведения эффективной разработки нефтяных и газовых месторождений. Для решения данной задачи был разработан алгоритм (рис.), реализованный в программе «Подбор ГТМ», представленной в форме плагина к ПК «Техсхема». В ней автоматизирован выбор скважин – кандидатов для проведения работ по дострелу неперфорированных и изоляции обводненных интервалов пласта. Целесообразность проведения дострела рассматривается исходя из условия, что в результате мероприятия будут вовлечены в разработку ранее не дренируемые запасы нефти и не последует увеличения

обводненности продукции скважины. Для этого основными критериями выбора величина доли воды в суммарном потоке двух фаз – функция Бакли – Леверетта и отдаленность скважины от фронта вытеснения и пластовой воды. Для назначения изоляции запасы рассматриваемого интервала пласта должны быть максимально выработаны и достигнута величина обводненности продукции, при которой дальнейшая добыча нерентабельна. В результате в программе выводится список скважин и интервалов пластов, которые необходимо перфорировать или изолировать с указанием наиболее подходящего расчетного шага. Также в программе реализована возможность поиска перспективных участков с невыработанными запасами углеводородов для назначения в них геолого-технических мероприятий на основе адаптированных гидродинамических моделей. Результатом поиска является список участков и расчетные входные дебиты при проведении на участке, например, бокового ствола. Дебиты рассчитываются как для наклонно-направленного, так и горизонтального профилей бокового ствола.

## ВЫВОДЫ

1. Гидродинамический симулятор «Техсхема» является сертифицированным программным комплексом для моделирования разработки месторождений нефти и газа, успешно прошедшим тесты ЦКР и SPE. Модель, реализованная в ПК «Техсхема», включает в себя все возможности моделей типа Black Oil,

но не ограничивается ими. Важным достоинством данного программного комплекса является учет неполного охвата пласта воздействием, обусловленного его прерывистостью, а также учет смещения скважины относительно центра вскрытой расчетной ячейки, ее наклон и неполнота вскрытия ячейки интервалом перфорации, а также попадание скважины на границу нескольких ячеек. 2. Основным недостатком ПК «Техсхема» является отсутствие возможности моделирования процессов закачки углекислого газа, химических составов и теплоносителей, а также процессов нестационарного заводнения, связанных с массообменными процессами между пропластками.

3. Разработана программа для автоматизации процесса назначения геолого-технических мероприятий, являющаяся приложением к ПК «Техсхема» и использующая результаты расчета постоянно действующей геолого-технологической модели.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. *Майер В.П.* Гидродинамическая модель фильтрации нефти, газа и воды в пористой среде. – Екатеринбург: Путиведь, 2000. – 207 с.
2. *Бахтий Н.С.* Некоторые аспекты моделирования многофазной многокомпонентной фильтрации и тестирования вычислительных алгоритмов, индуцированные программным комплексом «Техсхема»: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.13.18. – Тюмень, 2012. – 138 с.
3. *Богачев К.Ю.* Эффективное решение задачи фильтрации вязкой сжимаемой многофазной многокомпонентной смеси на параллельных ЭВМ: дис. на соискание ученой степени докт. физ.-мат. наук: 05.13.18. – Москва, 2012. – 201 с.

### Fields development

**S.M. Strikun**, post graduate, e-mail: StrikunSM@gmail.com; **S.I. Grachev**, PhD, professor, head of Department «Development and operation of oil and gas fields», Tyumen Oil and Gas University, e-mail: GrachevSI@mail.ru; **S.V. Mayer**, senior scientific worker, Tyumen department «SurgutNIPIneft», e-mail: Mayer\_SV@surgutneftegas.ru

### Increasing efficiency of hydrodynamic simulator «Tecscheme» application for planning of geological-technical activities

*Advantages and disadvantages of hydrodynamic simulator «Tecscheme» are considered in the article. Defined trends for development of software package. The algorithm for automation of selection process of geological-technical activities is submitted. It is realized in a program «GTA selection».*

**Key words:** «Tecscheme», hydrodynamic simulator, intermittence of oil reservoir, geological-technical activities, side hole drilling, additional perforation, isolation.

### References:

1. *Mayer V.P.* Gidrodinamicheskaya model' fil'tratsii nef'ti, gaza i vody v poristoi srede (Hydrodynamic model of oil, gas and water filtering in porous medium). – Yekaterinburg: Putived', 2000. – 207 p.
2. *Bakhtiy N.S.* Nekotorye aspekty modelirovaniya mnogofaznoi mnogokomponentnoi fil'tratsii i testirovaniya vychislitel'nykh algoritmov, indutsirovannye programnym kompleksom «Tekhsistema» (Some aspects of multi-phase multi-component filtration modeling and computational algorithm testing induced by Tekhskhema software package): Ph.D. thesis in Engineering Science: 05.13.18. – Tyumen, 2012. – 138 p.
3. *Bogachev K.Yu.* Effektivnoe reshenie zadachi fil'tratsii vyazkoi szhimaemoi mnogofaznoi mnogokomponentnoi smesi na parallel'nykh EVM (Effective solution of viscous compressible multi-phase multi-component blend filtration task at parallel electronic computing machines): Doctoral thesis in Physics and Mathematics: 05.13.18. – Moscow, 2012. – 201 p.



# **DELAN**

**Разработка и производство защитных  
антикоррозионных покрытий  
для нефте- и газопроводов,  
оборудования КС и ГРС**



117418, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 23  
Тел. (495) 786-25-35

на правах рекламы

[www.delan.su](http://www.delan.su)

e-mail: [info@delan.su](mailto:info@delan.su)



# weldex РОССВАРКА

13-я Международная выставка  
сварочных материалов, оборудования и технологий

8 – 11 октября 2013 года  
Москва, КВЦ «Сокольники»

+7 (495) 935 81 00

Более 250 компаний из 20 стран мира!



Всё для сварки, резки и наплавки!

[www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

получите электронный билет на сайте [www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

Организатор:



В составе группы компаний ITE  
Тел.: +7 (495) 935 81 00  
E-mail: [weldex@ite-expo.ru](mailto:weldex@ite-expo.ru)

При поддержке:

Министерства Промышленности и Торговли РФ  
Правительства Москвы  
Торгово-промышленной палаты РФ  
Правительства Московской области  
Московской Торгово-промышленной палаты

При содействии:



European Welding Association



ММАГС



Российское научно-техническое  
сварочное общество



Генеральный  
информационный партнер:



Журнал  
«Сварочное производство»

на правах рекламы