

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

Диссертационный совет Д.05.09.381

На правах рукописи

УДК 519.876.2(043)

Куспанова Калипа

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ
В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ С УЧЕТОМ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СКВАЖИН**

Специальность 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек-2011

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из отличительных особенностей поддержания и наращивания объемов добычи Казахской нефти является разработка месторождений высоковязких нефтей, к которым относится рассматриваемое месторождение Кенбай, в частности участки Молдабек Восточный и Котырмас Северный. Специалисты оценивают суммарный объем таких нефтей в мире свыше 810 млрд. тн. Для эффективной разработки данных месторождений применяют такие виды воздействия на пласт, как полимерное заводнение, физико-химические и микробиологические виды воздействия, а также тепловые методы, в том числе внутрислоевого горения, термогазовый метод, паротепловое воздействие и закачка горячей воды.

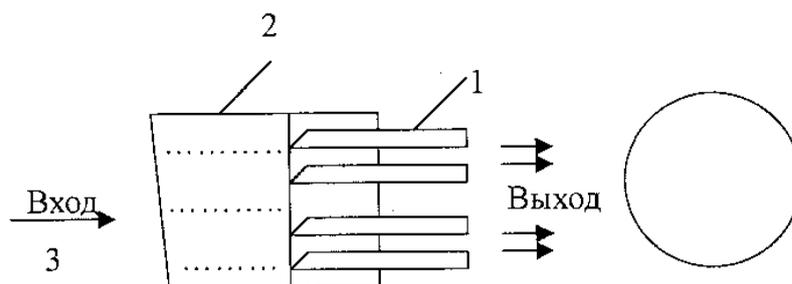
Известно, что основной задачей в теории и практике управления в классе объектов с непрерывной технологией является разработка и создание математической модели, на основе которой определяется структура и параметры системы управления, законы управления, а также выбор и обоснование применения технических средств реализации принятых законов.

Развитие методов математического моделирования сложных фильтрационных процессов в продуктивных пластах в настоящее время идет по двум направлениям:

1. Разработка корректно поставленных моделей, учитывающих законы фильтрации жидкостей в пористых средах;
2. Разработка некорректно поставленных моделей по упрощенным схемам фильтрации.

Первое направление приводит к необходимости решения сложных пространственных задач многокомпонентной фильтрации в эффективных пластах, с последующей реализацией численными методами.

Второе – предусматривает использование инженерных моделей расчета внутрислоевых процессов, получаемых в результате ряда упрощающих предположений, типа схемы модели пористой среды (рис. 1).



1 – выходы из модели пористой среды; 2 – пористая среда;
3 – вход в пористую среду

Рис. 1.

В современной практике инженерии знаний, или так называемых современных информационных технологий, принято использование второго направления. Разработка и создание математических моделей технологических процессов, в том числе моделей фильтрации жидкости в пористой среде с учетом интерференции скважин, является актуальной проблемой.

Настоящая диссертационная работа посвящена разработке и внедрению методов математического и компьютерного моделирования процесса фильтрации жидкости в пористой среде с учетом интерференции скважин при разработке нефтегазовых месторождений и при выщелачивании металлов на урановых месторождениях.

В работе реализованы вычислительные алгоритмы и созданы пакеты прикладных программ для анализа, контроля и прогноза технологических показателей месторождений.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ. Разработанная методика является составной частью фундаментальных исследований Ф.0508 в рамках тематики ДГП «Институт проблем информатики и управления» «Разработка методов оптимальной стабилизации макроэкономических моделей с учетом научно-технологического прогресса, конфликта и неопределенностей рассредоточенных управляемых динамических систем» этапа 2009 года «Решение задачи оптимального управления многоотраслевой экономической модели на конечном горизонте планирования НТП; разработка статических моделей однопродуктового рассредоточенного рынка (ОРР)». № гос. регистрации 0109РК00721, Инв. № 0209РК01348

Цель и задачи исследования. Целью является разработка и внедрение методов математического и компьютерного моделирования процесса фильтрации жидкости в пористой среде с учетом интерференции скважин при разработке нефтегазовых месторождений и при выщелачивании металлов на урановых месторождениях, а также реализация вычислительных алгоритмов и пакета прикладных программ для анализа, контроля и прогноза технологических показателей месторождений.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

- разработать математическую модель двухфазной фильтрации жидкости для систем скважин;
- разработать математическую модель процессов при изохорической фильтрации с учетом интерференции скважин;
- разработать комплекс программ для оценки изменения основных технологических показателей месторождения.
- на основе разработанного комплекса программ решить разностные уравнения теории фильтрации на графах.

Объект исследования. Анализ, контроль и прогноз технологических показателей месторождений.

Предмет исследования. Создание комплекса программ для качественной оценки изменений технологических показателей месторождений.

Методы исследования. Для решения рассматриваемых задач применены современные эффективные и экономичные вычислительные алгоритмы и компьютерное моделирование фильтрационных процессов в системе скважин.

Информационная база исследования: научные источники в виде данных и сведений из книг, журнальных статей, научных докладов и отчетов, материалов научных конференций, а также результаты собственных научных исследований, инженерных расчетов и экспериментов.

Научная новизна исследования:

- разработана математическая модель двухфазной фильтрации жидкости в пористой среде с учетом интерференции скважин при разработке нефтегазовых месторождений и при выщелачивании металлов на урановых месторождениях;
- разработана математическая модель процессов при изохорической фильтрации с учетом интерференции скважин и многопластовых систем;
- впервые проведена численно-экспериментальная оценка точности компьютерного моделирования уравнений фильтрации жидкости в пористой среде, их разностных аналогов, и указаны способы повышения эффективности применяемых методов;
- разработан комплекс программ для системы скважин.

Практическая значимость полученных результатов заключается в решении задач:

- интенсификации притока нефти с одновременным уменьшением перепада давления для обеспечения постоянства притока жидкости в скважину;
- эффективного удаления глиняной корки и увеличения проницаемости продуктивного пласта;
- определения состава и расхода фильтрата с контролем радиуса вытеснения.

Во всех расчетах учитывается кольматация бурового раствора.

Экономическая значимость полученных результатов. Разработанные приближенные методы использованы при решении ряда задач разработки нефтяного месторождения Кенбай.

Ряд результатов, полученный в диссертационной работе, представлен и оформлен в виде предполагаемой заявки на авторское свидетельство.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- анализ динамики изменений значений технологических параметров нефтедобычи в прискважинной зоне пласта;
- численное моделирование двухфазной фильтрации в прискважинной зоне;
- процессы фильтрации жидкости в пористой среде с учетом интерференции скважин и для многопластовых систем;
- приближенные методы решения задачи изохорической фильтрации;
- разностные уравнения теории фильтрации на графах.

Личный вклад автора. Все научно-технические результаты диссертационной работы в основном получены лично автором под руководством научного руководителя.

Реализация результатов. Получены акты внедрения в производственный процесс АО «КазМунайГаз» и в учебный процесс Атырауского института нефти и газа.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на конференциях и форумах:

- семинарах «Вычислительные и информационные технологии», под руководством академика НИИ РК, профессора Н.Т. Данаева (г. Алматы, КазНУ имени аль-Фараби, 2002 – 2006 гг.);

- семинаре «Дифференциальные операторы и их приложения», под руководством академика НАН РК, профессора, д.ф.-м.н Т.Ш. Кальменова, весна 2003 г.;

- IV-ой международной Казахстанско-Российской научно-практической конференции «Математическое моделирование научно-технологических и экологических проблем нефтегазодобывающей промышленности», 25-26 сентября 2003 г.;

- II международной научно-методической конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке», посвященной 75-летию АГУ им. Абая, 6-8 октября 2003 г.;

- III международной конференции «Проблемы дифференциальных уравнений, анализа и алгебры», Актюбинск, 21-25 мая 2003 г.;

- семинаре под руководством академика НАН РК, профессора, д.ф.-м.н М.О. Отелбаева, осень 2005 г.

- международной научно-теоретической конференции «Роль физико-математических наук в современном образовательном пространстве», Атырау, 26-27 мая 2005г.

- семинаре Института проблем информатики и управления МОН РК, Алматы, 6 апреля 2010 г.

Публикации. Основные научные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в 20 печатных работах, из них 7 – единолично. 12 работ рекомендовано Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Содержание работы изложено на 132 страницах компьютерного текста, имеется 8 таблиц, 46 рисунков, 2 копии актов о внедрении, список литературы, содержащий 119 наименований печатных изданий.

Диссертантом выражается искренняя признательность научному руководителю - директору ДГП «Институт проблем информатики и управления» МОН РК Калимолдаеву М.Н. и научному консультанту - зам.директора ДГП «Институт проблем информатики и управления» Джусупову А.А. за ценные консультации и рекомендации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении содержится оценка современного состояния решаемой проблемы с краткой характеристикой технико-экономической, технологической и геолого-промысловой общности и специфики, аргументируется актуальность работы, сформулированы научная новизна и цель работы, защищаемые положения, теоретическая и практическая ценность диссертации, излагаются цели и задачи исследования.

В первой главе на рис. 2 приведена географическая карта дислокации месторождения Кенбай, участков Молдабек Восточный и Котырмас Северный, отличающиеся близостью расположения, а также схожей формой формирования пласта (рис. 3, 4), техническими и технологическими характеристиками.

Приведено два подхода к моделированию процессов фильтрации жидкости в пористой среде, где определено влияние фильтрации флюидов в призабойную зону продуктивного пласта и загрязнения призабойной зоны проницаемых пластов твердой фазой буровых растворов, а также оценка влияния глинистой корки и зоны коагуляции на проницаемость призабойной зоны. На любой стадии процесса можно различить в пласте две зоны: 1) зону пара, занимаемую закачиваемым паром, и 2) зону жидкости, где вода и нефть продвигаются в направлении добывающих скважин.

Математическая интерпретация процесса включает систему дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих перенос масс и энергии внутри двух областей пласта.

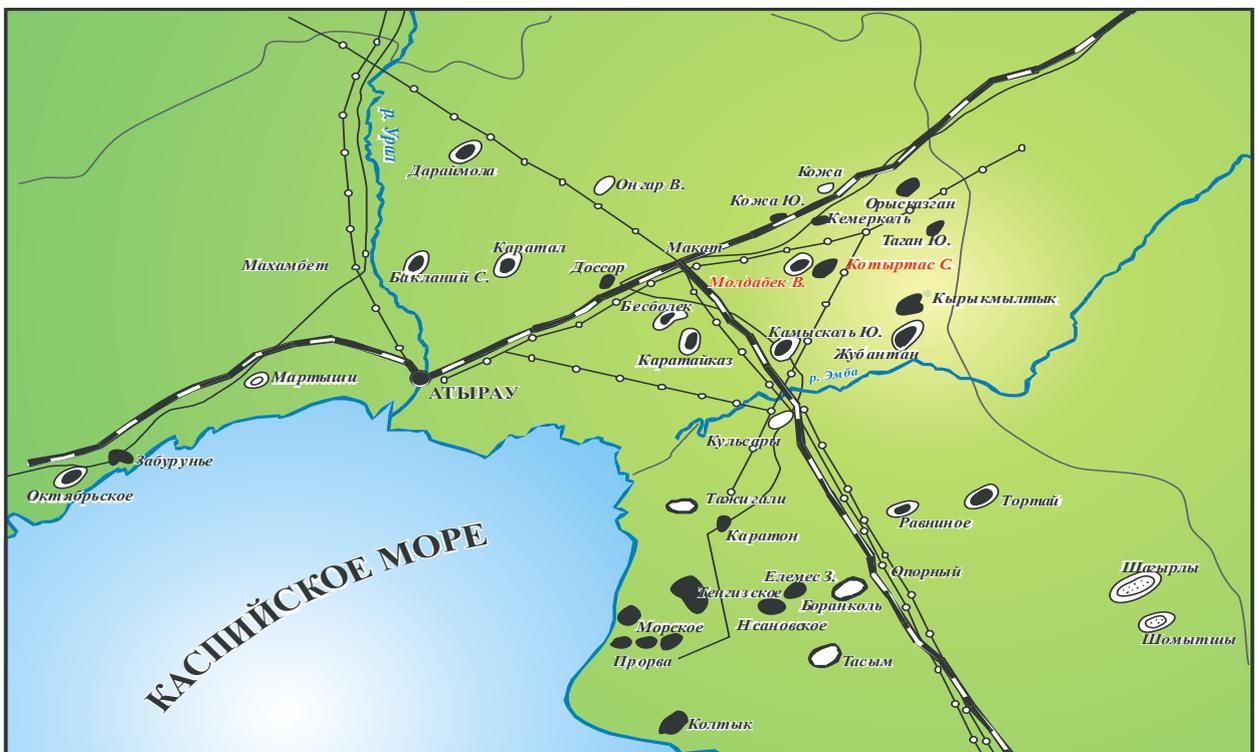


Рис. 2. Обзорная карта района работ.

Нагнетание пара включает массо- и теплоперенос в двух различных областях, совмещенных переходом поверхностей раздела через движущийся фронт и сопровождаемых фазовыми изменениями. Последние две характерные черты описывают общий класс задач, известных как задачи типа Стефана и Веригина.

Основными результатами являются:

- технологический процесс проникновения фильтрата бурового раствора в продуктивный пласт;
- оценка продуктивности скважин в процессе вскрытия нефтеносных пластов;
- фильтрация жидкости в проницаемой пористой среде с учетом «скин-эффекта»;
- численное моделирование двухфазной фильтрации в прискважинной зоне с данными нефтяного месторождения Кенбай, участков Молдабек Восточный и Котырмас Северный.

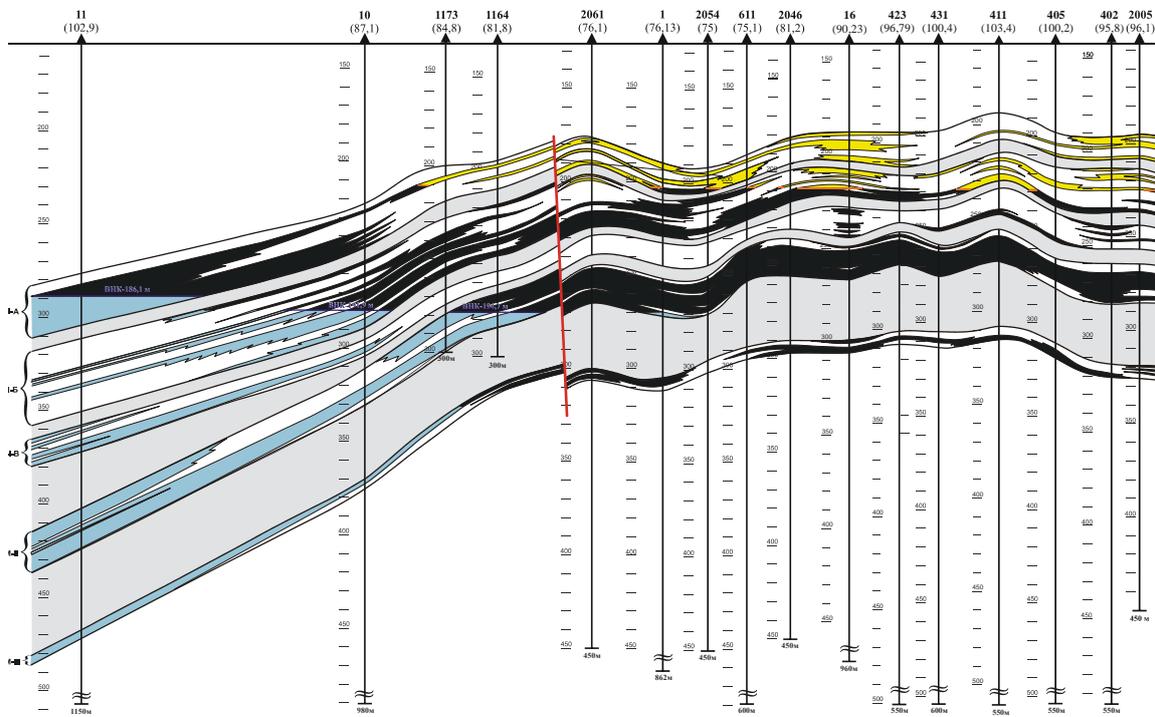


Рис. 3. Геолого-литологический профиль меловых отложений.

Вторая глава посвящена решению задачи фильтрации методом одномерных графов. Полученные результаты совпадают с температурными моделями Маскета-Левретта. Отличительная особенность рассматриваемой задачи заключается в том, что здесь учтены более реальные характеристики месторождения, в частности, реализация модели в системе скважин, площадные заводнения, контур влияния скважины и учет изменения технологических показателей реального месторождения.

$$2\pi hm \frac{dR_\phi}{dt} = Q(t) \quad (1)$$

Если расход жидкости известная функция, то независимо от типа пласта и характера фильтрации имеем:

$$R_\phi = R_c \sqrt{1 + \frac{W(T)}{\pi hm R_c^2}}, \quad (2)$$

где h -мощность пласта,

R_ϕ - радиус фронта вытеснения пластового флюида,

m -пористость,

$Q(t)$ -расход жидкости при $r = R_c$ (r - текущий радиус пласта, R_c - радиус скважины),

$$W(T) = \int_0^T Q(t) dt$$

- объем жидкости, поступающей в пласт за время T .

Обычно (например, при репрессии на пласт) расход $Q(t)$ неизвестная функция, зависящая от перепада давления $\Delta P(t)$. В этом случае следует определить расход $Q(t)$ из решения соответствующей нестационарной задачи фильтрации:

$$Q(t) = \frac{4\pi\varepsilon\Delta P}{\ln \frac{2,25\chi t}{R_0^2} + 2S} \quad \Delta P_0 = const$$

где $\varepsilon = \frac{kh}{\mu}$, $\chi = \frac{k}{2m\mu}$,

k - проницаемость,

μ - вязкость жидкости,

S - степень роста поверхностного сопротивления при $S>0$ или его снижении при $S<0$.

Если ΔP - переменная величин по времени, можно использовать приближенную формулу

$$Q_n = \frac{4\pi\varepsilon\Delta P_n - \sum_{j=1}^{n-1} Q_j \varphi_{nj}}{\varphi_{nn} + 2S} \quad \varphi_{nm} = \ln \frac{2,25\chi(t_n - t_{n-1})}{R_0^2}$$

$$\Delta P_u = P_{c(t)} - P_{ut}, \quad (n \geq 2; \quad j = 1, 2, \dots, n-1),$$

где временные интервалы $\Delta t_j = t_j - t_{j-1}$ должны удовлетворять условию $\Delta t \gg R_c^2 / 4\chi$.

Формула $s = \left(\frac{k_2}{k_1} - 1 \right) \ln \frac{R_1}{R_c}$ в случае $\Delta P = \Delta P_0 = const$ приобретает вид:

$$R_\phi = R_c \sqrt{1 + \frac{a\tau}{\tau_x} L_i(\tau_*)}$$

где $a = \frac{1,8k\Delta P_0}{m\chi\mu}$, $\tau = \frac{2,25\chi t}{R_0^2}$, $\tau_* = \tau e^{2S}$,

$$L_i(\tau_*) = \int_0^{\tau_*} \frac{du}{\ln u}$$

- интегральный логарифм, табулированная функция.

При $\tau_* \gg 1$, используя асимптоту

$$L_i(\tau_*) \approx \frac{\tau_*}{\ln \tau_*}$$

получим формулу для нахождения радиуса фронта вычисления по времени:

$$R_\phi = R_c \sqrt{1 + \frac{a\tau}{\ln \tau + 2S}}$$

Если расход вычисляется по формуле (2), то поступаем следующим образом.

По значению параметра $R_c / 4\chi$ выбирают шаг по времени $\Delta t \gg \frac{R_c^2}{4\chi}$, удовлетворяющий условию составляют таблицу значений $\Delta P_u = P(t_u) - P_m$ для соответствующих моментов времени $t_u = n\Delta t_0$ и при заданном значении δ последовательно вычисляем $Q_u = Q(t_n)$.

Далее интервал времени T делим на n равных промежутков, где определяется из условия $n \gg \left[\frac{4T\Delta E}{R_c} \right]$ ($[E]$ - целая часть числа E). Тогда функция $W(t)$ приближенно вычисляется по формуле:

$$W(t) \approx \frac{T}{n} \sum_{j=1}^n Q_j$$

Если вязкость фильтрата раствора не равна вязкости и истового флюида, то при определении расхода $Q(t)$ можно воспользоваться квазистационарным методом, с помощью которого вычисляются расход фильтрата:

$$Q = \frac{2\pi\Delta P}{\varepsilon_1^{-1} \ln\left(\frac{R_1}{R_c}\right) + \varepsilon^{-1} \ln\left(\frac{R_k}{R_1}\right)}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_1 = \frac{kh}{\mu}$, $\varepsilon = \frac{kh}{\mu}$ - гидропроводности в зонах пластовой жидкой и пластовой фильтры, соответственно

R_k - радиус,

R_1 - радиус проникания фильтрата в пласт.

В формуле $\frac{\partial^2 P}{\partial \xi_1^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial \xi_2^2} = 0$, полагая $R_1 = R_\phi$, $R_k = R_t$, записываем ее в виде:

$$Q(t) = \frac{2\pi\varepsilon\Delta P}{\bar{\mu} \ln\left(\frac{R_\phi}{R_c}\right) + \ln\left(\frac{R_t}{R_\phi}\right)}, \quad (4)$$

где $\bar{\mu} = \frac{\mu_1}{\mu}$, $R_t = \sqrt{2,25\chi t}$, $R_\phi(t) < R_t$.

Подставляя (4) в правую часть выражения (1) получим дифференциальное

уравнение относительно $\bar{R}_\phi = \frac{R_\phi}{R_c}$:

$$\frac{d\bar{R}_\phi}{d\tau} = \frac{a}{2R_\phi} [\ln \tau + 2\bar{\mu}S - 2(1 - \bar{\mu}) \ln \bar{R}_\phi]^{-1}$$

Расчеты показывают, что с ростом параметров μ и S , радиус проникновения фильтрата существенно снижается например, при $S \geq 10^3$ он практически не зависит от вязкости пластового флюида. Практический интерес представляет следующие предельные случаи. Если при вскрытии проницаемого пласта в качестве промывочной жидкости использовать жидкость, не содержащую колло-

идных частиц (вода, нефть) и вязкость ее равна вязкости флюида, то, положив уравнение, получим следующую расчетную формулу:

$$R_{\phi} = \sqrt{\frac{k\Delta PT}{\pi t \mu}} \quad (5)$$

Следовательно, в этом случае радиус фронта вычисления зависит, помимо технологических параметров Φ и T только от свойства пласта, например, при $K = 2 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$, $m = 0,15$, $\mu = 10^{-3} \text{ Па}$, $\Delta P = 5 \text{ МПа}$ и $T = 8,64 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ получим $R_{\phi} = 13,5 \text{ м}$.

Формулой (5) можно воспользоваться и для оценки радиуса проникновения тампонажного раствора при крепления поглощающего горизонта или кислотных растворов при обработке призабойной зоны, если разрушена зона коагуляции. Простой расчет по формуле (5) показывает, что если при цементировании скважины глинистая корка удаляется или разрушается, то радиус проникновения фильтрата компонентного раствора может быть весьма значительным.

Результаты численного моделирования представлены на рис. 5-14.

Третья глава включает в себя описание разработки и создания комплекса программ. Комплекс программ разработан на Delphi и Visual FORTRAN, и предусматривает моделирование гидравлического разрыва пласта, изотермических и неизотермических процессов фильтрации жидкости в пористой среде для многопластовых систем, и включает в себя следующие виды расчета:

- оценка радиуса трещины (рис. 5);
- оценка ширины трещины (рис. 6);
- оценка объема трещины (рис. 7);
- оценка эффективности ГРП (рис. 8).

На рис. 9 приведен решенный тестовый пример расчета объема трещины.

Для оценки охлажденного температурного фронта пласта окно для ввода параметров показано на рис. 10, а решенный тестовый пример - на рис. 11.

В зависимости от структуры алгебраической системы и графа для решения задач могут быть использованы как прямые методы, представляющие собой модификацию метода прогонки, так и комбинированные методы, сочетающие прогонку и итерацию.

Создан комплекс программ с реальными технологическими показателями вышеприведенных месторождений. Были проведены серии расчетов с целью адаптации математических моделей. При этом были использованы данные по истории разработки месторождений. Аналогичные пакеты могут быть использованы для урановых месторождений т.к. их технологические параметры с параметрами месторождения Кенбай во многом идентичны.

Оценка радиуса трещины X

Введите входные данные

1. Q - подача насосных агрегатов при ГРП, л/мин.

2. μ - динамическая вязкость жидкости разрыва, Па * с.

3. t - продолжительность закачки жидкости, с.

4. k - проницаемость пласта, кв. м.

5. h - глубина залегания пласта, м.

Радиус трещины равен:

Рис. 5. Оценка радиуса трещины.

Оценка ширины трещины X

Введите входные данные

1. ν - коэффициент Пуассона (0,1 - 0,2).

2. Δp - превышение давления на забое скважины над локальным горным.

3. E - модуль Юнга для горной породы $[(1 - 2) 10^4 \text{ МПа}]$.

4. L - длина трещины.

Ширина трещины равна:

Рис. 6. Оценка ширины трещины.

Оценка объема трещины X

Введите входные данные

1. r - радиус трещины

2. w - ширину трещины

Объем трещины равен:

Рис. 7. Оценка объема трещины.

Оценка гидродинамической эффективности ГРП

Введите входные данные

1. R_k радиус влияния скважины

2. $r_{пр}$ приведенный радиус несовершенной скважины

3. r_T радиус трещины

Кратность увеличения дебита равна:

Дебит скважины после ГРП равен:

Рис. 8. Оценка эффективности ГРП.

Для расчета давления при очистке прискважинной зоны пласта окно для ввода параметров показано на рис. 10, а решенный тестовый пример - на рис. 11.

Тестовые примеры

Площади трещины, кв. м.	Эквивалентный радиус, м	Объем трещины, куб. м, при ширине			
		2 см	1 см	0,5 см	0,25 см
20	2,523	0,4	0,2	0,1	0,05
40	3,570	0,8	0,4	0,2	0,1
80	5,046	1,6	0,8	0,4	0,2
160	7,136	3,2	1,6	0,8	0,4
320	10,092	6,4	3,2	1,6	0,8
640	14,273	12,8	6,4	3,2	1,6

Рис. 9. Тестовые примеры расчета объема трещины.

Оценка охлажденного температурного фронта пласта

Введение входных данных

Введите...

1. C_B - объемная теплоемкость воды

2. C_n - объемная теплоемкость пород

3. q - расход закачиваемой воды

4. h_0 - охват пласта заводнением

Рис. 10. Оценка охлажденного температурного фронта пласта.

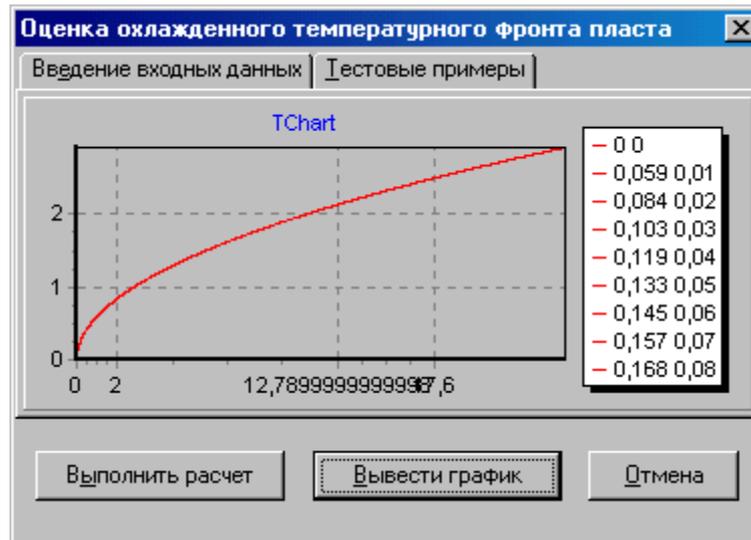


Рис. 11. Вывод график охлажденного температурного фронта пласта.

Рис. 12. Очистка прискважинной зоны пласта.

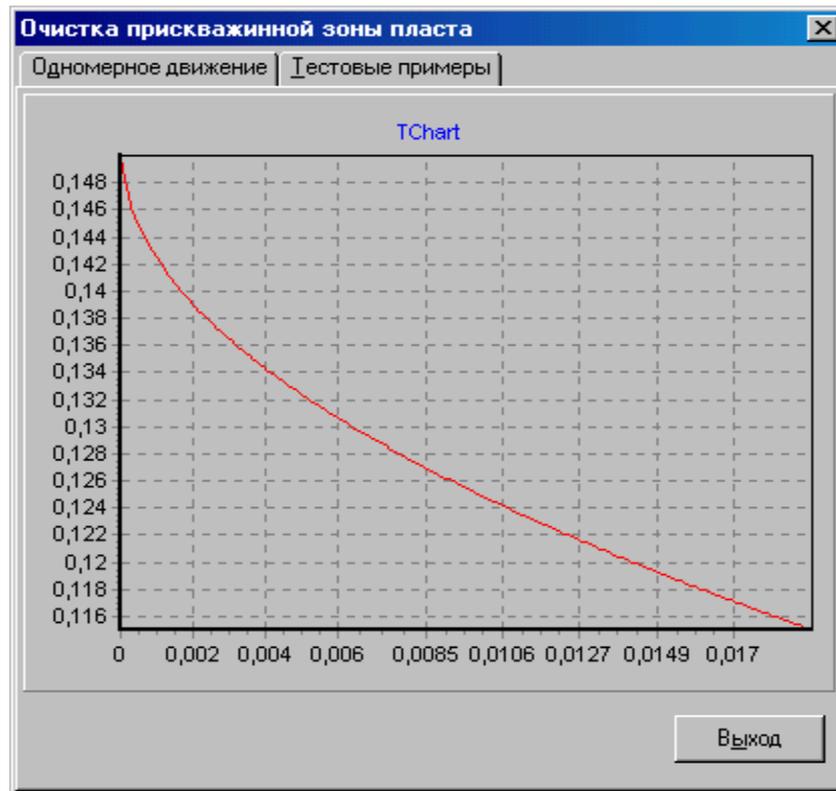


Рис. 13. График давления.

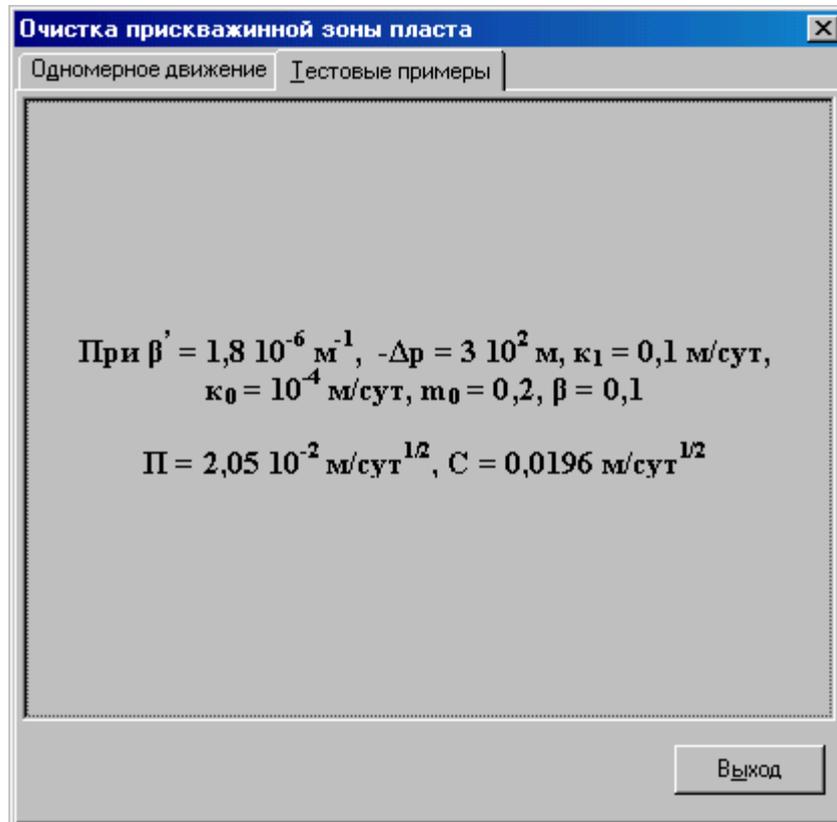


Рис. 14. Очистка прискважинной зоны пласта.

В приложениях диссертационной работы приводятся численные результаты, представленные в виде графических зависимостей, из которых следует достаточная эффективность разработанных численных алгоритмов решения.

Также приведены акты внедрения.

В заключении диссертации приводятся выводы по всем главам.

ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В работе получены следующие основные результаты:

- разработаны вычислительные алгоритмы для решения задачи тепловой изохорической фильтрации;
- получена математическая модель тепловой изохорической фильтрации;
- построены эффективные и экономичные вычислительные алгоритмы для задачи изотермической фильтрации в системе скважин;
- разработан комплекс программ – информационная система анализа разработки нефтяных месторождений.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Куспанова К. О разрешимости в малом по времени задачи фазовых переходов неизотермической фильтрации в случае сжимаемости жидкости // Вестник КазГУ, серия Мат. мех. - 1998. - №6. - С.12-20.
2. Данаев Н.Т., Мухамбетжанов С.Т., Куспанова К.К. Об одном методе определения положения границы нефтяного пласта // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная наука на рубеже 21 века». - Алматы, 2001. - С.124.
3. Куспанова К. Периодические решения одной задачи теории фильтраций и их численная реализация на ЭВМ // Международная конференция, посвященная 80-летию академика Н.Н.Яненко, Новосибирск, Академгородок, 2001. - <http://www.ict.nsc.ru/win/>
4. Куспанова К., Неверный А.М. О свойствах решения одной задачи теории фильтрации // Труды международной конференции «Современные проблемы механики», Алматы, 2001. - С.160-165.
5. Куспанова К., Неверный А.М. О применении метода параллельной прогонки для систем разностных уравнений теории фильтрации, определенных на графах // Вестник КазНУ им. аль-Фараби, серия Мат., мех., инф. - 2001. - №2(4). - С.119-121.
6. Куспанова К., Неверный А.М. О применении метода фиктивных областей для модели двухфазной жидкости в системе скважин // Материалы IV-ой Международной Казахстанско-Российской научно-практической конференции «Математическое моделирование научно-технологических и экологических проблем нефтегазодобывающей промышленности». - Алматы, 2003. - С. 242-246.
7. Куспанова К. Многомерная задача фильтрации со свободными границами. V Казахстанско-Российской международной научно-практической конференции «Математическое моделирование научно-технологических и экологических проблем в нефтегазодобывающей промышленности» // Вестник АИНГ, №1, Атырау, 2005. - С.183-184.
8. Куспанова К., Хамиев М.Г. Структура обобщенных решений одномерной задачи Стефана // Вестник АИНГ, №1, Атырау, 2005. - С.239-241.
9. Куспанова К. О разрешимости одной задачи неравновесной фильтрации // III Международная конференция «Нелокальные краевые и родственные проблемы математической биологии, информатики и физики», Нальчик, 2006. - С.201-203.
10. Джанабекова С.К., Куспанова К., Мухамбетжанов С.Т. Об одной задаче противоточной капиллярной пропитки // Тезисы докладов международной научной конференции «Проблемы теоретической и прикладной механики», Алматы, 2006. - С.92.

11. Мухамбетжанов С.Т., Куспанова К. Приближенные методы решения неизотермической фильтрации несмешивающихся жидкостей // Вестник КазНУ, серия мат., мех., инф., №1(48), Алматы, 2006. - С.66-72.

12. Куспанова К., Хамиев М.Г. Приближенные методы решения задач теории фильтрации с учетом массообменных процессов // Вестник АИНГ, №12, Атырау, 2007. - С.196-204.

13. Куспанова К., Мухамбетжанов С.Т., Хамиев М.Г. Моделирование вытеснения нефти с учетом массообменных процессов // Материалы VI Казахстанско-Российской Международной научно-практической конференции, Астана, 2007. - С.124-125.

14. Куспанова К. Об одном приближенном методе решения задач неравновесной фильтрации // Вестник КазНПУ, серия физ.-мат.наук, №3(18), Алматы, 2007. – С.180-186.

15. Куспанова К. Моделирование задач фазовых переходов при неизотермической фильтрации и качественные свойства решения // Вестник КазГУ, серия мат., мех., инф., №5, Алматы, 2007. - С.3-11.

16. Куспанова К., Хамиев М.Г. Земная кора как сложная пористая структура // Вестник АИНГ, №2(14), Атырау, 2008. - С.254-258.

17. Куспанова К., Куанышкалиева А.Ж. Модель двухфазной фильтрации маскета – Леверетта // Вестник АИНГ, №3(15), Атырау, 2008. - С.172-174.

18. Шияпов К.М., Куспанова К. Об одной модели неизотермической фильтрации с учетом фазовых переходов // Молодежная международная научная школа-конференция "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач". Тезисы докладов 10-20 августа 2009 г, Новосибирск, 2009. - С.117.

19. Куспанова К. Об одной математической модели фильтрации жидкости в пористой среде с учетом массообменных процессов // Вестник Казахского национального педагогического университета им. Абая, №2 (26), Алматы, 2009. - С.127-132.

20. К. Куспанова, К.М. Шияпов. Об одной модели, описывающей процесс проникновения фильтра бурового раствора // Материалы V Международной научно-методической конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке», посвященной 25-летию информатики в школе, 1-2 октября 2010 г., Т1, Алматы, 2010. – С.111-114.

Куспанова Калипанын

РЕЗЮМЕСИ

Борпон чойродогу суюктуктун фильтрациясынын орнотулган тутуктун интерференциясын эске алуу менен математикалык моделдоо

05.13.18. «Математикалык моделдөө, сандык ыкмалар жана программалар комплекси» адистин техникалык илимдин кандидаты деген даражасын алуу үчүн диссертация эмгегин сунуш кылып жатат.

Цегиз сөздөрү: кольматация, фильтрация, изохорикалык процесс, флюид, нефть, суу, газ, буралык кошулма, борпон чөйрө, керн, өткөрүмдүүлүк.

Изилдоонун максаты. Мунай газ жаралган жерлерди иштетүүдө жана уран жаралган жерлердеги темирлерди щелочтоодо орнотулган түтүктүн интерференциясын эске алуу менен борпон чөйрөдөгү суюктуктун фильтрациясы процессин компьютердик жана математикалык моделдөө ыкмаларын иштеп чыгуу жана ишке киргизүү, ошондой эле жаралган жерлердин технологиялык көрсөткүчтөрүн анализдөө, текшерүү жана прогноздоо үчүн колдонмо программалар топтомун, эсептөө алгоритмдерин ишке ашыруу.

Изилдөөлөрдүн жыйынтыгында төмөндөгүдөй негизги жыйынтыктары алынды:

- мунай газ жаралган жерлерди иштетүүдө жана уран жаралган жерлердеги темирлерди щелочтоодо орнотулган түтүктүн интерференциясын эске алуу менен борпон чөйрөдөгү суюктуктун фильтрациясынын экифазалык математикалык модели иштелип чыкты;

- орнотулган түтүктүн интерференциясын жана көп катмарлуу системаны эске алуу менен изохордук фильтрация процесстеринин математикалык модели иштелип чыкты;

- биринчи жолу борпон чөйрөдөгү суюктуктун фильтрациясынын тендемесинин компьютердик моделидөөсүнүн тактыгына, алардын ар кандай аналогдоруна сандык–эксперименттик база берилди жана колдонулуучу ыкмалардын эффективдүүлүгүн жогорулатуу жолдору көрсөтүлдү;

- орнотулган түтүктөр системасы үчүн программалар комплекси иштелип чыкты.

Колдонуу тармагы: Мунай газ тармагы.

Колдонуу даражасы: Иштелип чыккан жакындаштыруу ыкмалары Кенбай мунай газы жаралган жерди иштетүүдөгү бир топ маселелерди чыгарууда колдонулган.

Диссертациялык иште алынган бир топ жыйынтыктар автордук күбөлүккө көрсөтүлгөн жана арыз түрүндө берилген.

АО «КазМунайГаз» өндүрүштүк процессинде киргизилген жана Атырау мунай жана газ институтунда окуу процессинде колдонулган актлар бар.

РЕЗЮМЕ

Куспановой Калипы

Математическое моделирование фильтрации жидкости в пористой среде с учетом интерференции скважин

Диссертационная работа представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 “Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ”

Ключевые слова: кольматация, фильтрация, изохорический процесс, флюид, нефть, вода, газ, буровой раствор, пористая среда, керн, призабойная зона, проницаемость.

Цель работы. Разработка и внедрение методов математического и компьютерного моделирования процесса фильтрации жидкости в пористой среде с

учетом интерференции скважин при разработке нефтегазовых месторождений и при выщелачивании металлов на урановых месторождениях, а также реализация вычислительных алгоритмов и пакета прикладных программ для анализа, контроля и прогноза технологических показателей месторождений.

В результате исследования были получены следующие основные результаты:

- разработана математическая модель двухфазной фильтрации жидкости в пористой среде с учетом интерференции скважин при разработке нефтегазовых месторождений и при выщелачивании металлов на урановых месторождениях;
- разработана математическая модель процессов при изохорической фильтрации с учетом интерференции скважин и многопластовых систем;
- впервые проведена численно-экспериментальная оценка точности компьютерного моделирования уравнений фильтрации жидкости в пористой среде, их разностных аналогов, и указаны способы повышения эффективности применяемых методов;
- разработан комплекс программ для системы скважин.

Область применения: нефтяная отрасль.

Степень внедрения. Разработанные приближенные методы использованы при решении ряда задач разработки нефтяного месторождения Кенбай.

Ряд результатов, полученный в диссертационной работе, представлен и оформлен в виде предполагаемой заявки на авторское свидетельство.

Получены акты внедрения в производственный процесс АО «КазМунай-Газ» и в учебный процесс Атырауского института нефти и газа.

RESUME

Kuspanova Kalipa

Mathematical modeling of fluid filtration in a porous medium with taking into account the interference of wells

05.13.18 – Mathematical modeling, numerical methods and complexes of programs

The keywords: colmatation, filtration, map, isochoric process, fluid, oil, water, gas, mud, porous medium, core, bottom zone, permeability.

The object of the research is analysis, monitoring and forecast of technological parameters of deposits.

The aim of the work is development and implementation of methods of mathematical and computer modeling of fluid filtration in a porous medium with taking into account the interference of wells in the development of oil and gas fields and the leaching of metals on uranium deposits, as well as implementation of computing algorithms and software package for analysis, monitoring and forecast of technological parameters of deposits.

As a result of studies obtained in the dissertation the main results was stated:

- a mathematical model of two-phase filtering in the well environment for systems of wells was developed;

- a mathematical model of the processes with isothermal filtration, taking into account the interference of wells and multilayer systems was developed;
- a numerical-experimental evaluation of precision performance of various approximations of the equations, their difference analogues was carried out for the first time, and effectiveness increase ways of these used methods was showed;
- a software for a system of wells was developed.

Range of application: the oil industry.

Degree of implementation. Developed approximate methods in solving a number of problems of Kenbay oil field developing were used.

The numbers of results which was obtained in this dissertation, presented and decorated as a application for the author's certificate.

The acts on implementation to the production process of Kaz.Munay Gas “Em-bamunaigas” and the learning process of the Atyrau Institute of oil and gas was obtained.

Подписано в печать 14.01.2011г. Формат 60x84^{1/16}.
Печать цифровая. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 00401.



г. Алматы, ул. Шевченко 65/20, (угол ул. Желтоксан)
тел.+7 (727) 272-87-17, сот. +7 (777) 214-02-50
almaprintmaster@gmail.com

