

(<sup>1</sup>Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы,

<sup>2</sup>Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТЕСНЕНИЙ НЕФТИ  
ИЗ НИЗКОПРОНИЦАЕМОГО ПЛАСТА ВОДОЙ  
С РАДИАЛЬНЫМИ ВЫСОКОПРОНИЦАЕМЫМИ КАНАЛАМИ**

**Аннотация**

Исследованы механизмы вытеснения нефти из низкопроницаемого пласта водой с радиальными высоко-проницаемыми каналами, созданные технологией радиального бурения для повышения продуктивности скважины. Получены кривые распределения дебита, обводненности и объема накопленной нефти скважины и анализированы.

**Ключевые слова:** радиальное бурение, вытеснение, численный метод, дебит, моделирование, высоко-проницаемый канал.

**Кілт сөздер:** радиалды бұрғылау, ығыстыру, сандық әдіс, дебит, үлгілеу, жоғарыөткізгішті канал.

**Keywords:** radial drilling, displacement, numerical method, flow rate, modeling, high permeable channel.

Исследование вытеснений нефти водой с вертикальными и горизонтальными скважинами приведены во многих работах таких, как [1-8].

Коэффициент охвата залежей вытеснением – один из основных показателей эффективности систем разработки нефтяных месторождений. Для его определения существует различные методы: определение коэффициента охвата на основе построения и анализа карт зональных интервалов с учетом доли непрерывной части пласта, вероятно-статический метод на основе использования геолого-статических разрезов и произведения коэффициентов, учитывающих неоднородность пласта по проницаемости, его прерывистость, потери нефти в стягивающих и разрезающих рядах, с помощью эмпирических формул и т.д. [2]. Поэтому проведение и анализ расчетов по увеличению коэффициента охвата вытеснением является актуальной задачей. Коэффициент охвата вытеснением определяется как отношение нефтенасыщенного объема продуктивного пласта, охваченного процессом вытеснения ко всему

нефтенасыщенному объему пласта в выбранном условном расчетном контуре. Этот коэффициент показывает полноту возможной выработки подвижных запасов при принятой системе разработки данного эксплуатационного объекта и характеризует предельную технологическую эффективность системы разработки без учета технико-экономических ограничений.

В работе [2] предлагается прямой расчет коэффициента охвата вытеснением, для этого выделяет необходимые расчеты, как выделение дренируемых и недренируемых ячеек в гидродинамической модели, расчет нефтенасыщенные объемы в дренируемых и недренируемых ячейках, определение дренируемые и недренируемые запасы, плотность их распределения для построения соответствующих карт.

Коэффициент охвата вытеснением можно увеличить, применяя скважины радиальными кана-лами, которые радиальные каналы из существующей скважины или в новых скважинах пробурены технологией радиального бурения. Моделирование работы скважин с радиальными каналами рассмотрено в работе [9]. Но в этой работе скважины с радиальными каналами использованы для разработки пласта с подошвенной водой, построена численная модель и алгоритм расчета.

На рисунке 1 показан контур нефтяного месторождения со скважинами (маленькие кружки) без радиальных каналов (а) и с радиальными каналами (b). Большими кружками (рисунок 1a) выделены зоны дренирования скважин без радиальных каналов, а фигурами типа эллипс выделены зоны дренирования скважин с радиальными каналами (b).

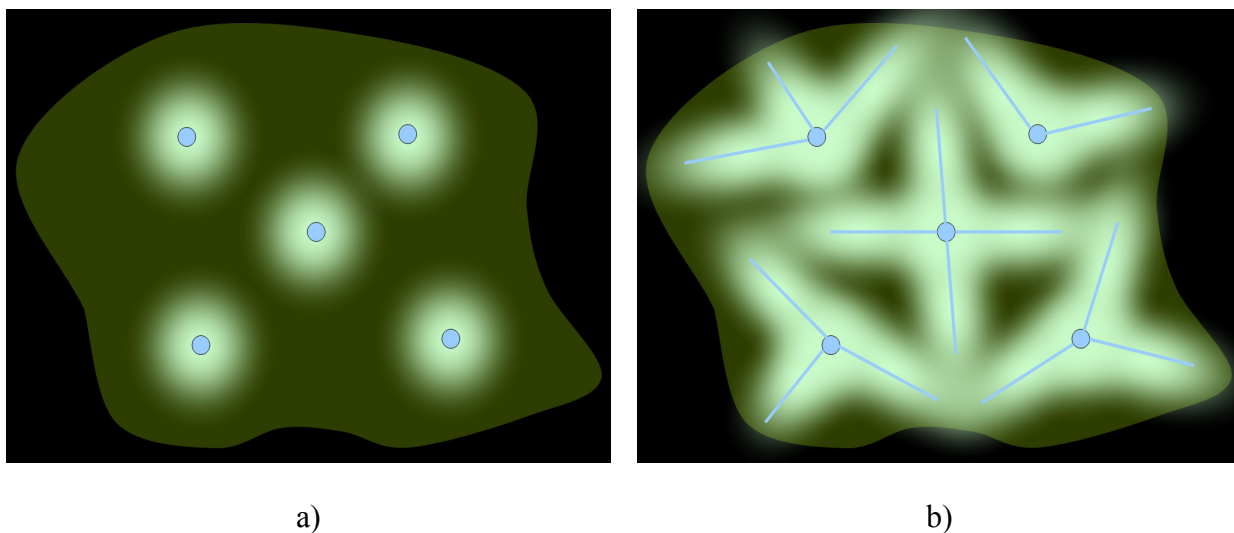


Рисунок 1 – Вид нефтяного месторождения (вид сверху) со скважинами (маленькие кружки) без радиальных каналов (a) и с радиальными каналами (b)

Нефтяное месторождение разрабатывается традиционным методом – вытеснение нефти водой. Предполагается, что нефтенасыщенные коллекторы рассматриваемого месторождения имеют низкие фильтрационные характеристики, т.е. проницаемость этих коллекторов очень низкая ( $\approx 1$  мД). Предполагается, что на скважинах (на нагнетательных и добывающих) уже пробурены несколько радиальных высокопроводимых каналов с помощью технологией радиального бурения. Преимуществами этих радиальных каналов являются увеличение приемистости нагнетательных скважин, продуктивности добывающих скважин, зоны дренирования. Рассматриваем четыре варианта разработки месторождений, первый – вытеснение нефти без радиальных каналов (рисунок 2а), второй – вытеснение с радиальными каналами (рисунок 2б). Все остальные характеристики скважины и пласта одинаковые. На рисунках треугольниками обозначены нагнетательные

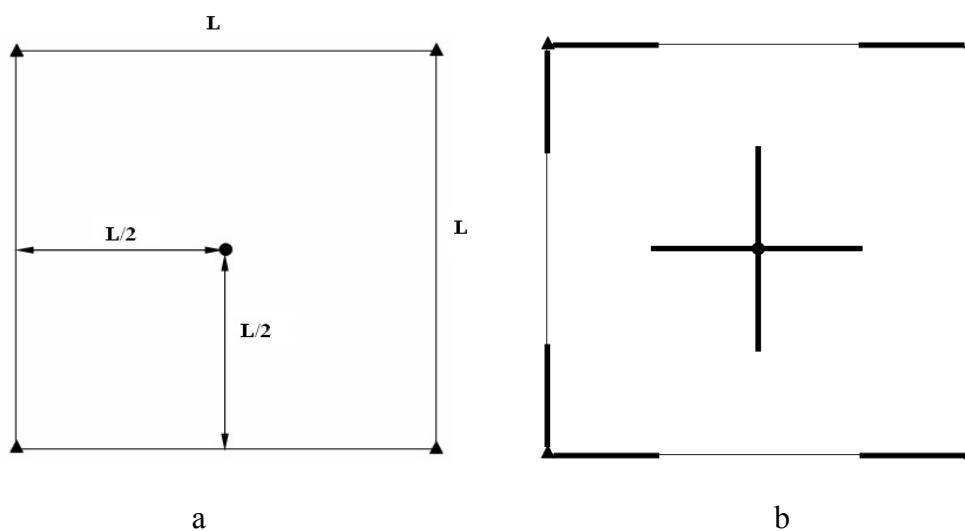


Рисунок 2 – Схема расчетного блока с пятиточечным расположением скважины с радиальными каналами

при вытеснении нефти с водой: а – расположения скважин без каналов;

б – радиальные каналы пробурены и в нагнетательных и в добывающих скважинах

скважины, а круглыми – добывающие скважины. Жирными линиями обозначены радиальные каналы. Ширина этих радиальных каналов 50 мм, а длина в зависимости от размеров рассматриваемого блока достигает 150 м. Нашей задачей является исследовать процесс вытеснения нефти из низкопроводимого блока в радиальный канал, оценить эффективность работы радиальных каналов в процессе вытеснения нефти водой. Граничным условием является – непроницаемость границ расчетного блока.

Будем рассматривать процесс фильтрации двухфазной жидкости, состоящей из воды и нефти, сквозь пористую среду. Пласт считается неоднородным и тонким, что позволяет исследовать поставленную задачу в двумерной постановке.

Граничными условиями являются: для давления – непроницаемость, а для насыщенности воды – равенство нулю нормальной производной.

На поверхности раздела областей ставятся условия сопряжения, т.е. нормальная составляющая скорости и давления непрерывны.

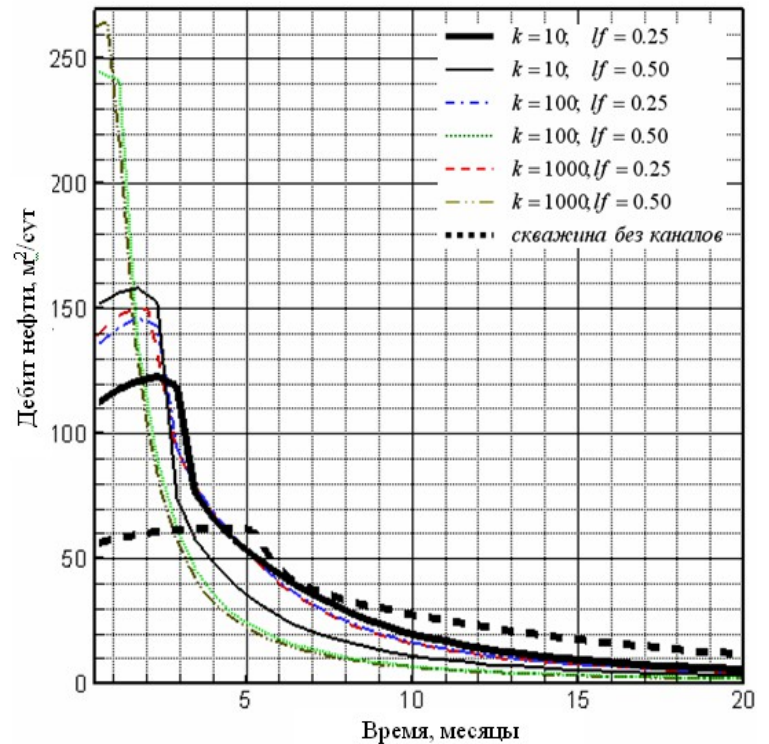
### **Результаты численных расчетов и их обсуждение**

Для численных расчетов использовались следующие параметры: депрессия на нагнетательной и добывающей скважине изменилась от 0,1 до 1МПа, проницаемость низкопроницаемого пласта –  $3 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$ , проницаемость радиального канала менялась от  $3 \cdot 10^{-12}$  до  $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$ , длина и ширина рассматриваемой области фильтрации – 100 м (расстояние от линии нагнетательных и добывающих скважины – 50 м), вязкость нефти и воды  $4 \cdot 10^{-3}$  и  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$  соответственно, ширина радиального канала – 50 мм, длина – менялась от 12,5 до 25 м. Нагнетательная скважина находится в левом нижнем угле области, а добывающая скважина находится в правом верхнем угле рассматриваемой области.

Для выяснения механизмов вытеснения нефти из пласта в радиальный высокопроводимый канал проведена серия численных расчетов сравнительно с традиционным способом вытеснения, т.е. когда в скважине не пробурены радиальные каналы. Расчеты проведены при различных значениях безразмерных параметров, таких как соотношения проводимостей  $k$  радиального канала и низкопроводимого продуктивного пласта, соотношения длины радиальных каналов  $lf$  и размеров рассматриваемого пласта, отсчитанные от ствола скважины. Результаты численных расчетов для этого случая представлены ниже на рисунках 3, 4.

Рисунок 3 – Изменение дебита

нефти скважины с и без радиальных каналов во времени, когда радиальные каналы пробурены и в нагнетательных, и в добывающих скважинах



На рисунке 3 показано изменение дебита нефти на скважине без радиальных каналов и с радиальными каналами по времени при различных значениях соотношения проводимостей и длины каналов. Значения соотношений проводимостей меняются в диапазоне  $k = 10-1000$ , а отношение длины каналов к размерам пласта –  $lf = 0.25-0.50$ .

Как видно из рисунка 3, дебиты скважины с радиальными каналами по сравнению скважины без радиальных каналов намного больше.

На рисунке 4 показано изменение объема накопленной нефти в скважине с радиальными каналами при различных значениях безразмерных параметров задачи и скважине без радиальных каналов со временем.

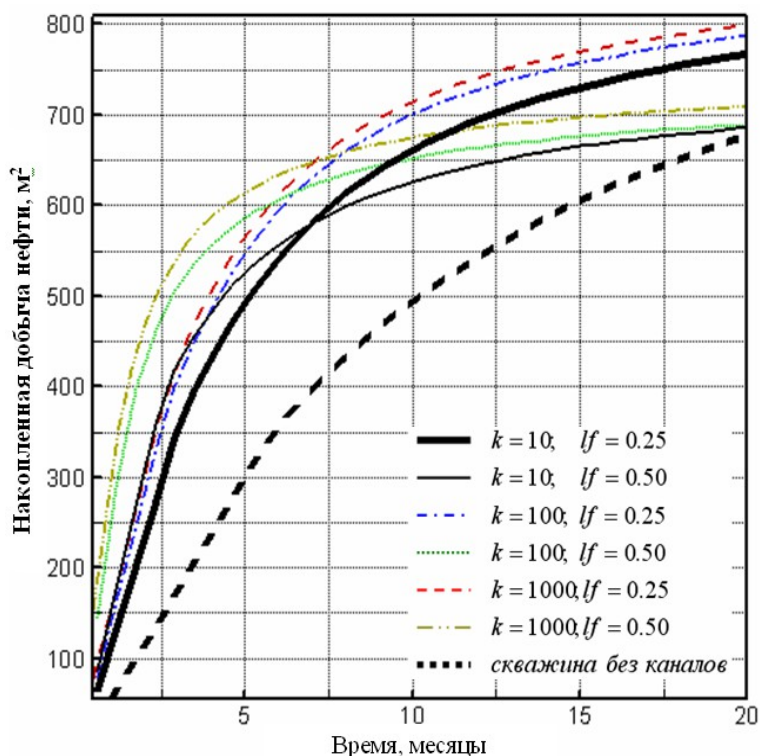


Рисунок 4 – Изменение объема накопленной нефти скважины с и

без радиальных каналов во времени, когда радиальные каналы пробурены и в нагнетательных, и в добывающих скважинах

Также видно, что если увеличить отношений длины канала при различных значениях без-размерной проводимости, то с увеличением времени разработки графики объема накопленной нефти приближаются к графику соответствующей скважине без радиальных каналов. Но при таких условиях в первых моментах разработки можно быстро добывать больше нефти. Отсюда можно заключить, чтобы добывать больше нефти за короткое время, нужно пробурить радиальные каналы с проводимостью превышающей 100–1000 раз проводимости низкопроводимого пласта и длиной, которой охватывают половину длины пласта.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Коновалов А.Н. Задачи фильтрации многофазной несжимаемой жидкости. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1988. – 165 с.
- 2 Костюченко С.В. Прямой расчет текущего коэффициента охвата вытеснением при геолого-гидродинамическом моделировании. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. 2006. – С. 112-115
- 3 Алишаев М.Г., Розенберг М.Д., Теслюк Е.В. Неизотермическая фильтрация при разработке нефтяных место-рождений / Под ред. Г. Г. Вахитова. – М.: Недра, 1985. – 271 с.
- 4 Дробышев В.И., Литвиненко С.А. Алгоритм решения задачи двухфазной фильтрации несжимаемых жидкостей в двумерной постановке // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2007. – Т. X, № 3(31). – С. 37-42.
- 5 Таранчук В.Б. Численный метод определения давления и насыщенности при плоско-радиальном вытеснении нефти водой // Численные методы механики сплошной среды. – Новосибирск, 1974. – Т. 5, № 3.– С. 88-95.

6 Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рьжик В.М. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа. – М.: Недра, 1972. – 290 с.

7 Faruqi S.A. Finite difference modeling of oil recovery by waterflooding using horizontal well injectors: A dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. Texas University. December, 1998. – P. 147.

8 Westermarck R.V., Dauben D., Robinowitz S., Weyland H.V. Enhanced oil recovery with horizontal waterflooding. SPE 89373. 2004.

9 Асилбеков Б.К. Моделирование повышения нефтеотдачи пласта способом радиального бурения: диссертация на соискание академической степени доктора философии (PhD) в области механики по специальности «Механика жид-кости, газа и плазмы». – Алматы, 2009. – С. 77.

## REFERENCES

1 Konovalov A.N. Zadachi fil'tracii mnogofaznoj neszhimaemoj zhidkosti. – Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otделение, 1988. – 165 s.

2 Kostjuchenko S.V. Prjamoj raschet tekushhego koeficienta ohvata vytesneniem pri geologo-gidrodinamicheskom modelirovanii. Razrabotka i jekspluatacija neftjanyh mestorozhdenij. 2006. – S. 112-115

3 Alishaev M.G., Rozenberg M.D., Tesljuk E.V. Neizotermicheskaja fil'tracija pri razrabotke neftjanyh mesto-rozhdenij / Pod red. G. G. Vahitova. – М.: Nedra, 1985. – 271 s.

4 Drobyshevich V.I., Litvinenko S.A. Algoritm reshenija zadachi dvuhfaznoj fil'tracii neszhimaemyh zhidkостей v dvumernoj postanovke // Sibirskij zhurnal industrial'noj matematiki. – 2007. – Т. H, № 3(31). – S. 37-42.

5 Taranchuk V.B. Chislennyj metod opredelenija davlenija i nasyshhennosti pri plosko-radial'nom vytesnenii nefti vodoj // Chislennye metody mehaniki sploshnoj sredy. – Novosibirsk, 1974. – Т. 5, № 3.– S. 88-95.

6 Barenblatt G.I., Entov V.M., Ryzhik V.M. Teorija nestacionarnej fil'tracii zhidkosti i gaza. – М.: Nedra, 1972. – 290 s.

7 Faruqi S.A. Finite difference modeling of oil recovery by waterflooding using horizontal well injectors: A dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. Texas University. December, 1998. – P. 147.

8 Westermarck R.V., Dauben D., Robinowitz S., Weyland H.V. Enhanced oil recovery with horizontal waterflooding. SPE 89373. 2004.

9 Asilbekov B.K. Modelirovanie povyshenija nefteotdachi plasta sposobom radial'nogo burenija: dissertacija na soiskanie akademicheskoi stepeni doktora filosofii (PhD) v oblasti mehaniki po special'nosti «mehanika zhidkosti, gaza i plazmy». – Almaty, 2009. – S. 77.

*Б. К. Асылбеков<sup>1</sup>, Н. Т. Қарымсақова<sup>2</sup>*

(<sup>1</sup>Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы қ.,

<sup>2</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, г. Алматы)

## ТӨМЕНГІ-ӨТІМДІ ҚАБАТТАН РАДИАЛДЫ СУМЕН ЖОҒАРҒЫ-ӨТІМДІ АРНАЛАРҒА

### МҰНАЙДЫ ЫҒЫСТЫРУ ҮДЕРІСІН ЗЕРТТЕУ

Бұл жұмыста төменгі-өтімді қабаттан радиалды сумен жоғарғы-өтімді арналарға мұнайды ығыстыру үдерісін зерттеу нәтижесінде, мұнай ұңғымаларының өнімділігін арттыру үшін радиалды бұрғылау әдісі қолданылады. Мұнай ұңғымаларының жиналған көлемі мен сумен қоршалған, қисық орналасқан дебиті алынып, талдау жасалынды.

**Кілт сөздер:** радиалды бұрғылау, ығыстыру, сандық әдіс, дебит, үлгілеу, жоғарыөткізгішті канал.

### Summary

*B. K. Asilbekov<sup>1</sup>, N. T. Karymsakova<sup>2</sup>*

(Kazakh-British Technical University, Almaty,

<sup>2</sup>Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty)

## STUDY OF OIL DISPLACEMENT PROCESS FROM THE LOW-PERMEABILITY WATER SHELF

### BY THE RADIAL HIGH-PERMEABLE CHANNELS

In this paper we study the mechanisms of displacement of oil from the low-permeability water shelf by the radial high permeability channels, created by radial drilling technology, to increase the productivity of the well. The curves of the distribution of flow rate, water content and volume of accumulated oil wells and analyzed, were obtained.



**Keywords:** radial drilling, displacement, numerical method, flow rate, modeling, high permeable channel.

*Поступила 25.04.2013г.*