**5. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи пластов.**

**Фильтрация водных растворов активных примесей в пласте**

Под физико-химическими методами разработки нефтяных месторождений понимают методы, основывающиеся на вытеснении нефти из пластов растворами различных активных примесей. К таким примесям, улучшающим процесс вытеснения нефти по сравнению с обычным заводнением, относятся поверхностно-активные вещества, водонефтерастворы полимеров, мицеллообразующие вещества, а также полимер-гелевые системы, композиции, которые в пластовых условиях генерируют щелочи, углекислоты, ПАВ и которые входят в группу потокоотклоняющих технологий.

***Задача 5.1*** ***Расчет скорости продвижения фронта сорбции ПАВ.*** В водонасыщенный участок пласта шириной м, толщиной **м, пористостью  и с расстоянием между нагнетательной и добывающей галереями *l* = 500м через нагнетательную галерею закачивается водный раствор ПАВ с концентрацией с0 и темпом закачки *q* = 500м3/сут. ПАВ сорбируется скелетом породы по закону Генри, формула которого имеет вид *a(c)=αc*, где *α*-коэффициент сорбции; *α* = 0,2 (см. рисунок 5.1). Определить скорость продвижения фронта сорбции ПАВ (фронта ПАВ).

***Решение.*** Для определения скорости фронта ПАВ и распределения их концентрации в пласте используется уравнение баланса водного раствора ПАВ в первоначально водонасыщенном пласте:

 (5.1)

В начальный момент времени *t* = 0 в пласте отсутствует ПАВ, т.е. *c*(*x*, 0) = 0. (5.2)



Рисунок 5.1 – Элемент прямолинейного пласта

Начиная с момента времени *t* = 0 в пласт через нагнетательную галерею закачивается водный раствор ПАВ с концентрацией закачки . Таким образом, граничное условие будет иметь вид

*c*(0,*t*) = *c*0 (5.3)

Решение задачи (5.1)-(5.3) определяют по формулам

*c*(*x,t*) = *c*0, 

*c*(*x,t*) = 0,  (5.4)

Отсюда следует, что фронт сорбции ПАВ движется со скоростью ; (5.5)

где *υ* – линейная скорость фильтрации, 

Подставляя в выражение для скорости фронта сорбции ПАВ значение скорости фильтрации *υ* и заданные по условию задачи значения пористости и коэффициента сорбции ПАВ, определяется υС: 

***Задача 5.2. Расчет времени подхода фронта сорбции ПАВ к линии отбора.*** В водонасыщенный участок пласта, имеющий *r*к = 200м и толщину *h* = 10м и пористость *m* = 0,2, через центральную скважину радиусом *r*c=0,1м закачивается водный раствор ПАВ с концентрацией *с*0 и темпом закачки *q* = 250 м3/сут (рис. 5.2). ПАВ интенсивно сорбируются пористой средой по закону Генри.

, где .



Рисунок 5.2 – Схема элемента пласта при плоско-радиальной фильтрации

Определить закон движения фронта ПАВ (фронта сорбции ПАВ) и время подхода его к линии отбора, расположенной на расстоянии м от центральной нагнетательной скважины. Движение жидкостей в пласте считать плоско-радиальным, а сами жидкости-несжимаемыми.

***Решение.***

Положение фронта ПАВ в момент времени *t* после его закачки в нагнетательную скважину можно определить по соотношению

  (5.6)

Дифференцируя обе части уравнения (5.6) по *t*, определяется скорость продвижения фронта ПАВ

  (5.7)

Таким образом, скорость продвижения фронта ПАВ в случае плоско-радиальной фильтрации падает с течением времени по закону, формула которого имеет вид (5.7).

Определяется время подхода фронта ПАВ к линии отбора. Для этого подставляется в соотношение (5.6) значение *r*ф(*t*)=*r*К и обе части полученного равенства возводятся в квадрат

года.

***Задача 5.3. Расчет оптимального объема оторочки ПАВ.*** В пласт, первоначально насыщенный водой с пористостью *m* = 0,2 и имеющий размеры *l* = 500м, *b* = 30м, *h* = 10м, закачивается оторочка ПАВ с концентрацией *с*0 = 0,001 при расходе м3/сут. Оторочка проталкивается водой с тем же расходом *q*. ПАВ адсорбируется пористой средой по закону, формула которого имеет вид , где **. На стадии проталкивания оторочки водой происходит десорбция ПАВ (т.е. обратное растворение части адсорбированного ПАВ в проталкиваемой воде):

, где **;  характеризует,

необратимо сорбированное породой, количество ПАВ (рисунок 5.3)



Рисунок 5.3 – График зависимости сорбции (1) и десорбции (2) ПАВ пористой породой (случай линейной изотермы сорбции и десорбции): – количество ПАВ, необратимо сорбированного породой.

Определить оптимальный объём оторочки ПАВ и время, необходимое для её создания. Оптимальным считать такой объём оторочки, который исчезает при подходе фронта ПАВ к линии отбора. Движение жидкостей считать прямолинейным, а сами жидкости- несжимаемыми.

***Решение.*** На стадии создания оторочки ПАВ решение известно (см. задачу 5.1):

 где .

Считается, что в момент времени формирование оторочки закончилось и началась стадия проталкивания её по пласту водой, закачиваемой с расходом *q*. Уравнение распределения концентрации ПАВ в пласте на стадии проталкивания оторочки водой

  (5.8)

В момент времени  (момент окончания создания оторочки и начала проталкивания её водой) во всех сечениях пласта, через которые прошел фронт оторочки ПАВ, концентрация ПАВ будет равна концентрации закачки. Таким образом, начальное условие имеет вид

   (5.9)

Начиная с момента времени  оторочка будет проталкиваться водой, не содержашей ПАВ. Поэтому граничное условие примет вид

,  (5.10)

Решение задачи (4.8) - (4.10) получается по формулам

 (5.11)

где *υ*т – скорость тыла оторочки, определяемая по соотношению:

 (5.12)

Характерное распределение концентрации ПАВ в пласте показано на рисунке 5.4.



 *с* – концентрация ПАВ, *x*ф (*t*) и *x*т (*t*) – соответственно положение фронта и тыла оторочки ПАВ в момент времени *t*

Рисунок 5.4 – Зависимость концентрации ПАВ в пласте при проталкивании оторочки раствора водой (случай линейных изотерм сорбции и десорбции ПАВ) от расстояния. Движение жидкостей – прямолинейно-параллельное

Время  создания оторочки определяется по формуле:

 (5.13)

года.

Объем оторочки ПАВ при этом составит:

 (5.14)

Таким образом, для условий нашей задачи оптимальным является объем оторочки ПАВ, равный 15 % порового объема пласта Vпор.

**Исходные данные для самостоятельного решения**

Определить оптимальный объем оторочки ПАВ и время, необходимое для ее создания; построить зависимость концентрации ПАВ в пласте при проталкивании оторочки раствора водой от расстояния. Для расчета использовать исходные данные, приводимые в таблице. Выполнение задания 9 осуществляется по методике, изложенной при решении задачи 4.3 и с учетом вводных данных, приводимых в условии этой задачи.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера вариантов | *l*, м | *b*, м | *h*, м | *m*, доли ед. | *q*, м3/сут | *α*, доли ед |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 400 | 200 | 14 | 0,23 | 350 | 0,32 |
| 2 | 450 | 200 | 8 | 0,21 | 400 | 0,30 |
| 3 | 500 | 200 | 16 | 0,27 | 450 | 0,28 |
| 4 | 550 | 200 | 10 | 0,19 | 300 | 0,34 |
| 5 | 600 | 200 | 12 | 0,25 | 500 | 0,26 |
| 6 | 400 | 250 | 8 | 0,25 | 400 | 0,34 |
| 7 | 450 | 250 | 16 | 0,23 | 450 | 0,32 |
| 8 | 500 | 250 | 10 | 0,21 | 500 | 0,30 |
| 9 | 550 | 250 | 12 | 0,27 | 350 | 0,26 |
| 10 | 600 | 250 | 14 | 0,19 | 300 | 0,28 |
| 11 | 400 | 300 | 16 | 0,19 | 500 | 0,28 |
| 12 | 450 | 300 | 10 | 0,25 | 300 | 0,26 |
| 13 | 500 | 300 | 12 | 0,23 | 350 | 0,34 |
| 14 | 550 | 300 | 14 | 0,21 | 450 | 0,30 |
| 15 | 600 | 300 | 8 | 0,27 | 400 | 0,32 |
| 16 | 400 | 350 | 10 | 0,27 | 450 | 0,26 |
| 17 | 450 | 350 | 12 | 0,19 | 500 | 0,34 |
| 18 | 500 | 350 | 14 | 0,25 | 300 | 0,32 |
| 19 | 550 | 350 | 8 | 0,23 | 400 | 0,28 |
| 20 | 600 | 350 | 16 | 0,21 | 350 | 0,30 |
| 21 | 400 | 400 | 12 | 0,21 | 300 | 0,30 |
| 22 | 450 | 400 | 14 | 0,27 | 350 | 0,28 |
| 23 | 500 | 400 | 8 | 0,19 | 400 | 0,26 |
| 24 | 550 | 400 | 16 | 0,25 | 500 | 0,32 |
| 25 | 600 | 400 | 10 | 0,23 | 450 | 0,34 |