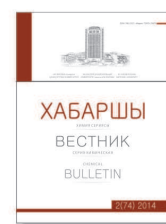




CHEMICAL BULLETIN

of Kazakh National University

<http://bulletin.chemistry.kz/>



УДК 622.276; 622.279

http://dx.doi.org/10.15328/chemb_2014_274-79

¹Т.К. Ахмеджанов, ¹Б.М. Нуранбаева,
²Е.К. Онгарбаев*, ¹Б.Ж. Жаппасбаев

¹Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*E-mail: ErDOS.Ongarbaev@kaznu.kz

Новый способ утилизации тепла радиоактивных отходов для добычи высоковязкой нефти, битумов и газогидратов

В статье предлагается инновационный способ увеличения нефтебитумо- и газоотдачи путем обеспечения постоянного прогрева пласта углеводородов высоковязкой нефти, битумов и газогидратов, на большой площади с помощью тепловых источников длительного действия, например, отходов атомной промышленности, захороняемых под пластом углеводородов. Представлено аналитическое обоснование предлагаемого теплового способа на основе модельного представления подземного захоронения отходов в форме контейнера. Рассчитана структура температурного поля при различных режимных параметрах в различные моменты времени. Показана принципиальная возможность использования распределения изотерм для определения влияния соседнего источника и оценки его оптимального положения. Дано теоретическое обоснование распределения тепла от точечных источников тепла, мощность которых зависит от радиационной активности отходов и изменяется со временем.

Ключевые слова: высоковязкая нефть; битум; газогидрат; добыча тепла; радиоактивные отходы; скважина.

Т.К. Ахмеджанов, Б.М. Нуранбаева, Е.К. Онгарбаев, Б.Ж. Жаппасбаев

Тұтқырлығы жоғары мұнай, битум, газогидраттарды өндіру үшін радиоактивті қалдықтардағы жылуды пайдаланудың жаңа әдісі

Бұл мақалада ұзақ уақытқа әсер ететін жылу көздері, мысалға көмірсутектер астына көмілетін атомдық өндіріс қалдықтары көмегімен үлкен аудандағы аса тұтқыр мұнай, битумдар және газгидраттың көмірсутектер қабатын тұрақты қыздыру жолымен мұнайбитумның және газдың бөлінуін арттыратын инновациялық әдіс ұсынылады. Қалдықтарды контейнер формасында жерсаты көмуді модельдейтін ұсынылған жылудық әдістің аналитикалық негіздемесі көрсетілген. Әр түрлі уақыт моментінде әр түрлі режимдік параметрде температуралық аудан құрылымы есептелді. Жанасқан көзінің әсерін және оптималды әсер ету орнын анықтау үшін изотермалар таралуын қолданудың принципіалды мүмкіндігі көрсетілді. Күштілігі уақытпен өзгертін және қалдықтардың радиациялық активтігінен тәуелді жылудың нүктелік көзден таралуының теориялық негіздері берілген.

Түйін сөздер: тұтқырлығы жоғары мұнай; битум; газгидрат; өндіру; жылу; радиоактивті қалдық; ұңғыма.

T.K. Akhmedzhanov, B.M. Nuranbaeva, E.K. Ongarbaev, B.Zh. Zhappasbayev

New method for recycling heat of radioactive waste for production of high-viscosity oil, bitumen and gas hydrates

The paper considers an innovative way of development of heavy (viscous) oil, natural bitumen and gas hydrates using the heat from radioactive wastes by burying them in the bottom layer. An analytical study of the proposed method is based on the thermal model of the underground disposal of waste in the containers. The structure of temperature field under various operating parameters at different time points was calculated. The main principles of using of use

distribution isotherms to determine the influence of the neighboring source and its optimal position were shown. Theoretical foundation was given for heat distribution from point sources of heat, the power of which depends on the radioactivity of the waste and varies over time.

Key words: high-viscosity oil; bitumen; gas hydrate; production; heat; radio-active wastes; well.

Введение

Известен способ повышения нефтеотдачи месторождения, в котором предлагается термогазовое воздействие на пласт посредством последовательного закачивания в пласт кислородосодержащего газа и воды, отличающиеся тем, что при его использовании на месторождениях с пластовой температурой 90-200°C после закачивания кислородосодержащего газа и перед закачиванием воды закачивают в пласт раствор бикарбоната щелочного металла с концентрацией 20-80 г/л, а в качестве бикарбоната щелочного металла используют бикарбонат натрия или калия или их смеси [1]. Недостатком этого способа является ограниченность температурного интервала его применения (90-200°C), а также уменьшение температуры в процессе добычи, и зависимость эффективности процесса от проницаемости пласта. Кроме того, тепловое воздействие этим способом ограничено во времени, что не дает требуемого эффекта.

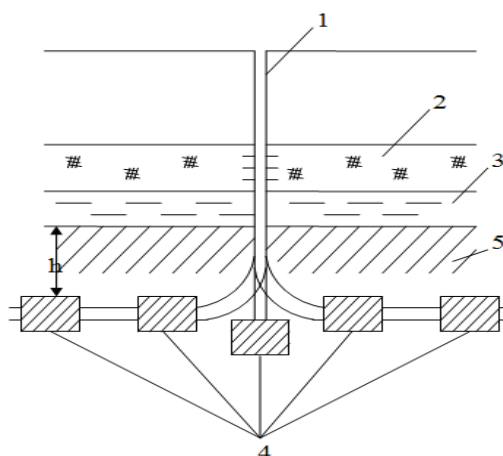
Наиболее близким по технической сущности является способ добычи высоковязкой нефти, при котором закачиваемая в пласт вода и добываемая нефть подогревается в стволе скважины в результате распада радиоактивных элементов. При этом в скважину на насосно-

компрессорных трубах спускаются несколько небольших реакторов, которые имеют вид цилиндров с внутренним диаметром, обеспечивающим необходимый расход жидкости, а подогрев жидкости регулируется путем введения кадмиевого сердечника на штангах, который обеспечивает замедление быстрых нейтронов [2]. Недостатком данного способа являются большие затраты на радиоактивные элементы и кадмиевый сердечник, а также невозможность его использования при разработке нефтебитуминозных пород и газогидратов.

Основная часть

Целью данной работы является увеличения нефте-битумов и газоотдачи путем обеспечение постоянного прогрева пласта углеводородов высоковязкой нефти, битумов и газогидратов, на большой площади с помощью тепловых источников длительного действия, например, отходов атомной промышленности, захораниваемых под пластом углеводородов.

Решение задачи достигается тем, что под нефтяной пласт проводятся горизонтальные скважины, с размещением в них контейнеров с отходами атомной промышленности (выделяющих тепло), которые помещены в неразрушающиеся контейнеры (рисунок 1).



1 – скважина; 2 – углеводородов пласт; 3 – подошвенная вода;
4 – длительно-действующие радиоактивные источники тепла; 5 – породы подошвы пласта.

Рисунок 1 – Схема размещения радиоактивных источников тепла для подогрева пласта углеводородов

По достижении температуры в пласте до требуемого значения разработку пласта осуществляют обычным способом с применением вертикальных или горизонтальных скважин.

Предлагаемый способ разработки месторождений позволяет воздействовать на пласты длительно действующим источником тепла и одновременно способствует утилизации и захоронению отходов атомной промышленности [3].

В качестве примера рассмотрим месторождение углеводородов (высоковязкой нефти, битумов и газогидратов), расположенное на глубине более 500 м. Извлечение углеводородов из этого месторождения затруднено вследствие высокой вязкости нефти, наличия битумов и газогидратов. Для уменьшения вязкости нефти и битума, а также перевода газогидратов в газовое состояние требуется тепловая обработка пластов длительно действующим источником тепла. В качестве такого источника тепла предлагается использовать радиоактивные отходы атомной промышленности. Для этого под пластом углеводородов (высоковязкой нефти, битумов и газогидратов) проводят горизонтальную скважину. В этой скважине разме-

щают радиоактивные отходы. Горизонтальную скважину с размещенными в ней радиоактивными отходами закупоривают цементным раствором.

Для аналитического обоснования предлагаемого теплового способа рассмотрим подземное захоронение отходов в форме контейнера, находящегося в горной породе. Контейнеры располагают в горизонтальных скважинах на определенном расстоянии друг от друга и ниже подошвы пласта.

Требуется определить тепловое воздействие в предположении, что вначале температура пласта равна T_0 , а с момента $t=0$ начинается разогрев пласта через границы источника, находящегося в области $(-h \leq x \leq h, -h \leq y \leq h)$. Причем тепловой поток на всей границе контейнера считается переменным и задается от времени по логарифмическому закону. Ввиду симметричности процесса решение задачи ищется в первом квадранте декартовой системы координат.

При вышеуказанном предположении задача сводится к решению уравнения нестационарной теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (h \leq x \leq L); (h \leq y \leq H) \quad (1)$$

На границах контейнера ставятся условия:

$$-\left(\lambda_0 \frac{\partial T}{\partial y} \right)_{y=h} = q_0 \ln(1+t), \quad -\left(\lambda_0 \frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=h} = q_0 \ln(1+t), \quad (2)$$

На плоскостях симметрии имеют место:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0: \quad x = 0; h \leq y \leq H, \quad x = L; 0 \leq y \leq H \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0: \quad y = 0; h \leq x \leq L, \quad y = H; 0 \leq x \leq L \quad (4)$$

Для удобства решения систему уравнений (1) - (4) следует переписать в безразмерных

переменных. Безразмерные переменные вводятся следующим образом:

$$\bar{x} = \frac{x}{h}, \bar{y} = \frac{y}{h}, \bar{t} = \frac{t}{t_0}, \theta = \frac{T - T_0}{T_0}, \alpha = \frac{a}{a_0}, q(t) = \frac{q_0 h}{\lambda_0 T_0} \ln(1 + t_0 * t), \bar{L} = \frac{L}{h}, \bar{H} = \frac{H}{h}, \quad (5)$$

где L – длина пласта, a_0 – характерный коэффициент теплопроводности, $t_0 = h^2/a_0$ – характерное время, T_0 – характерная температура, h – размер контейнера, H – высота пласта. Опустив черточки над безразмерными величинами, систему уравнений (1) - (4) можно привести к виду:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\alpha \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) \quad (1 \leq x \leq L), (1 \leq y \leq H) \quad (6)$$

Граничные условия примут вид:

$$-\left(\frac{\partial \theta}{\partial y} \right)_{y=1} = q(t), \quad -\left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{x=1} = q(t) \quad (7)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} = 0 : x = 0; 1 \leq y \leq H ; x = L, 0 \leq y \leq H \quad (8)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} = 0 : y = 0; 1 \leq x \leq L ; y = H, 0 \leq x \leq L \quad (9)$$

Решения уравнений (6) – (9) находятся методом покоординатного расщепления, конечно-разностная аппроксимация получена

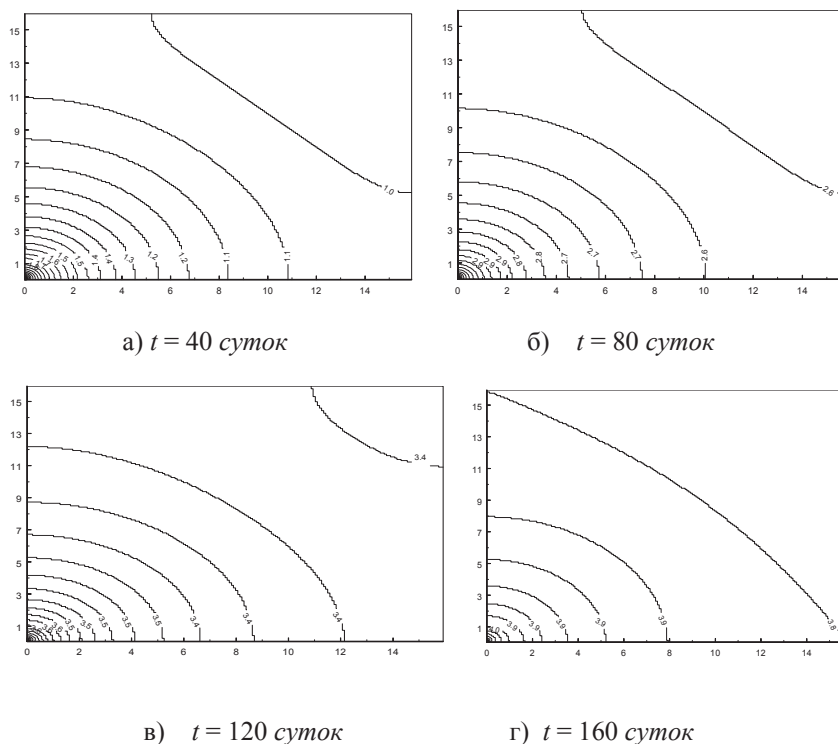
схемой Кранка-Никольсона в контрольном объеме разностной сетки.

Решение задачи зависит от величины теплового потока источника

$$q = \frac{q_0 h}{\lambda_0 T_0} \ln(1 + t_0 * t).$$

Расчеты по времени соответствуют продолжительности разогрева для получения определенного поля, характеризующего картину переноса тепла. На рисунке 2 (а, б, в, г) показана структура температурного поля при

режимных параметрах $q_0 = 5000 \text{ вт/м}^3$, $\lambda_0 = 1,6 \text{ вт/(м*К)}$, $h = 1,0 \text{ м}$ в различные моменты времени. Источник находится в нефтяном пласте, и размеры области разогрева равны $L = 16 \text{ м}$, $H = 16 \text{ м}$.



$$q_0 = 5000 \text{ Вт/м}^3, \lambda_0 = 1,6 \text{ Вт/(м*К)}, L=16 \text{ м}, H=16 \text{ м}, h=1,0 \text{ м}$$

Рисунок 2 – Распределение изотермы

Заключение

Использование предлагаемого способа показывает, что поток тепла от источника начинает нагревать нефтяной пласт, и изотермы иллюстрируют, каким образом происходит перенос тепла в зависимости от режимных параметров для моментов времени $t = 40$, $t = 80$, $t = 120$ и $t = 160$ суток от начала процесса. Вблизи источника изотермы представляют замкнутые кривые. Они гуще расположены возле источника и показывают высокий градиент температуры в этой области. С ростом расстояния от источника изотермы разрежены, градиент температуры уменьшается. На изотермах показана безразмерная температура. Для перехода к размерной температуре надо безразмерную температуру умножить на характерную температуру $T_0 = 300 \text{ К}$. Из рисунка видно, что температура

не стабилизируется, а наоборот – растет. А это, в свою очередь, увеличивает коэффициент нефтеотдачи пласта в связи с уменьшением вязкости нефти.

Для увеличения охвата пласта тепловым воздействием предлагается горизонтальные скважины располагать в подошве пласта в виде лежащей синусоиды, а контейнеры с радиоактивными отходами размещать в точках перегиба синусоиды.

Расчетные данные дают возможность в дальнейшем определить, по распределению изотермы, влияние соседнего источника и оценить оптимальное значение расстояния между ними.

При разработке газогидратных месторождений требуется увеличение температуры в пласте до значений, при которых гидраты переходят в газообразное состояние.

Литература

- 1 Патент на изобретение №2277632 от 04.03.2005г. Россия. Способ повышения нефтеотдачи месторождений / Хлебников В.Н. и др.
- 2 Оганов К.А. Основы теплового воздействия на нефтяной пласт. – М., 1967. – С. 19.
- 3 Инновационный патент РК на изобретение №24391 от 15.08.2011г. Бюл. инф. №8. Способ разработки высоковязкой нефти, битумов и газогидратов / Ахмеджанов Т.К., Нуранбаева Б.М. и др.

References

- 1 Khlebnikov VN (2005) A method to increase oil recovery [Sposob povyisheniya nefteotdachi mestorozhdeniy] / Patent for invention No. 2277632 of 04.03.2005. Russia. (In Russian)
- 2 Oganov KA (1967) Fundamentals of Thermal Effects on the Oil Reservoir [Osnovy teplovogo vozdeystviya na neftyanoy plast]. Nedra, Moscow, Russia. P.19. (In Russian)
- 3 Akhmedzhanov TK, Nuranbayeva BM (2011) Method for development of high-viscosity oil, bitumen and gas hydrates [Sposob razrabotki vyisokovyazkoy nefi, bitumov i gazogidratov] / Innovation patent of Kazakhstan for invention No. 24391 of 15.08.2011. Published in information bulletin No. 8. (In Russian)