

*Исманова Клара Дуланбоевна
Дедаханов Акрамжон Олтьмишбоевич
Мадалиев Хушнид Бахромжон ўгли
Наманганский инженерно-технологический институт
Наманган, Узбекистан*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДЗЕМНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ

Аннотация: В статье проанализированы физико-химические основы технологического процесса подземное выщелачивание, различные методы, используемые при выщелачивании, их возможности, проведен системный анализ процесса подземное выщелачивание в качестве объекта исследования.

Ключевые слова: подземное выщелачивание, полезный компонент, скважина, концентрация, критерия оптимизации, управления.

*Ismanova Klara Dulanboevna
Dedaxanov Akramjon Oltmishboyevich
Madaliev Khushnid Bakhromjon ugli
Namangan Institute of Engineering and Technology
Namangan, Uzbekistan*

Abstract: The article analyzes the physical and chemical bases of technological process underground leaching of the various methods used in the leaching process, their capabilities, carried out a systematic analysis of the underground leaching as an object of study.

Key words: Underground leaching, the useful component, the concentration, well, criterion of optimization

PHYSICAL AND CHEMICAL FOUNDATIONS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS UNDERGROUND LEACHING

Технологические процессы подземного выщелачивания по своей структуре являются сложными техническими многосвязными системами, охватывающими несколько подсистем (пласт-скважина – насосные станции –

концентрации реагентов и т.д.). Все эти подсистемы взаимосвязаны, и нарушение технологического режима хотя бы одной из подсистем приводит к остановке всего цикла работы системы в целом. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется прогрессивным методам разработки многокомпонентных систем, одним из которых является метод подземного выщелачивания (ПВ). Метод ПВ по сравнению с другими методами наиболее экономичный и безвредный, а его использование не приводит к нарушению окружающей среды.

Сложность процесса, протекающего в реальных подземных условиях, обуславливает необходимость разработки математических моделей и программного обеспечения для изучения всего цикла технологического процесса ПВ в реальных условиях и принятия решений в соответствии с целью управления. Основная цель создания модели – характеристика и прогнозирование некоторых объектов и технологических процессов. Модели, основанные на математической интерпретации проблемы, помогают в поиске необходимой информации для принятия решений с помощью определенных алгоритмов. Таким образом, разработка моделей для решения проблем анализа и принятия решений в управлении технологическими процессами подземного выщелачивания при добыче полезных ископаемых в рудных месторождениях, а также создание соответствующих вычислительных алгоритмов и программного обеспечения являются актуальными на сегодняшний день.

Растворение полезного компонента в недрах земли и последующее движение образовавшихся соединений происходят в основном в соответствии с гидродинамическими законами, законами массопереноса и химической кинетики. Сложность процесса, протекающего в реальных подземных условиях, обуславливает необходимость разработки математических моделей и программного обеспечения для изучения всего цикла технологического процесса ПВ в реальных условиях и принятия решений в соответствии с целью управления. Основная цель создания модели – характеристика и прогнозирование некоторых объектов и технологических процессов. Модели,

основанные на математической интерпретации проблемы, помогают в поиске необходимой информации для принятия решений с помощью определенных алгоритмов. Математическая модель управления для принятия решений при анализе технологического процесса ПВ предлагается в следующем уравнении, отображающем характер изменения фильтрационного потока:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{kh}{\mu} \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{kh}{\mu} \frac{\partial H}{\partial y} \right) + \mu \sum_{i=1}^N \delta(x-x_i, y-y_i) Q_i(t) = mh\beta \frac{\partial H}{\partial t} \quad (1)$$

в области $G = \{(x, y, t) / a < x < b, \quad c < y < d, \quad 0 < t \leq T_k\}$, удовлетворяющей граничным

$(\alpha \frac{\partial H}{\partial n} + (1-\alpha)H) / \Gamma = \varphi(x, y)$ и начальным $H(x, y, 0) = H_0(x, y)$ условиям.

После решения задачи (1) и определения напора H находится скорость фильтрации по закону Дарси: $v_x = -k_1 \frac{\partial H}{\partial x}$, $v_y = -k_2 \frac{\partial H}{\partial y}$.

С целью определения концентрации полезного компонента в пласте рассматривается уравнение конвективной диффузии:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \frac{\partial (v_x C)}{\partial x} - \frac{\partial (v_y C)}{\partial y} - \gamma(C - C_m) = m \frac{\partial C}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \gamma(C) f(C, N, L, \Gamma), \quad N(x, y, 0) = N_0(x, y)$$

в области G с начальным $C(x, y, 0) = C_0$ и граничным

$(\alpha \frac{\partial C}{\partial n} + (1-\alpha)C) \Big|_{\Gamma} = \psi(x, y, t)$, а также внутренними

$$C(x, y, t) \Big|_{(x,y)=(x_i,y_i)} = C_i, \quad \frac{\partial C}{\partial n} \Big|_{(x,y)=(x_j,y_j)} = 0 \text{ условиями.}$$

Главная задача состоит в обеспечении целесообразных действий с помощью управления процессом ПВ и выборе параметров, гарантирующих осуществление следующих основных целей: минимизация притока реагента через рудоносные границы пласта; обеспечение равномерного

гидродинамического выщелачивания; максимизация значений концентрации полезного компонента; оптимальное расположение скважин.

Эти цели реализуются путём минимизации целевой функции R выбором критерия оптимизации (U), т.е. решением задачи

$$R(U) = \int_0^T \sum_{i=1}^{N_i} [C_i(X, U) - C_{ib}(X, U)]^2 dt, \quad R^* = \min_{U \in \Omega} R(U), \quad R(U^*) < \varepsilon, \quad U_0 < U < U_n,$$

$$\Omega = \{\gamma, q_0, q_k\}$$

Здесь $C(X, U)$ – решение задачи (1)-(2) в точке (x, y) в заданный момент времени t , $C_b(X, U)$ – требуемое оптимальное значение полезной компоненты, ε – заданная точность, U – вектор с компонентами, γ – концентрация кислоты в закачиваемом растворе, q_0, q_k – дебиты скважин, ν – скорость фильтрации и др. Вводятся следующие критерии управления для решения этой задачи.

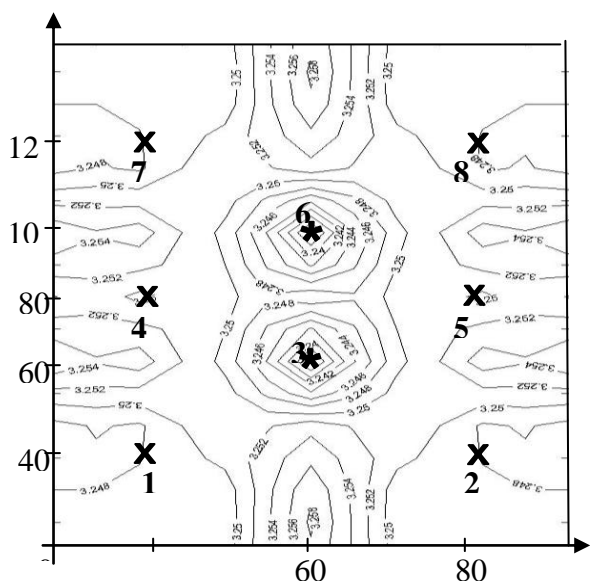
Допускается, что уравнение фильтрационного потока описывается уравнением

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = \frac{1}{\chi} \frac{\partial H}{\partial t} + f(x, y, t), \quad (3)$$

удовлетворяющим начальному $H(x, y, t)|_{t=0} = H_0(x, y)$ и граничному

$$\left. \frac{\partial H(x, y, t)}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0 \text{ условиям. Здесь, } f(x, y, t) = \frac{\mu}{kh} \sum_{i=1}^N q_i(t) \delta(x - x_i, y - y_i).$$

По результатам вычислений ниже показано изолинии напора:



Итак, для принятия необходимых решений в целях управления технологическим процессом ПВ решаются следующие задачи: системное исследование объекта ПВ, обработка данных, математическое моделирование, создание вычислительных алгоритмов, объектно-ориентированное программирование.

А также получение результатов на вычислительной машине, системный анализ полученных результатов для принятия решений в управлении процессом.

Из-за сложности процесса ПВ выбор параметров происходит не одновременно, а по отдельности. Гидродинамические параметры выбираются с использованием гидродинамической модели для процесса ПВ. В качестве экспериментальных значений используются динамические величины, примененные в предыдущей разработке. После этого выбираются кинетические параметры. В этом случае выходящими параметрами или последней целью является максимизация значений концентрации откачной скважины.

Использованные источники:

1. Ирискулов, С.С., Исманова, К.Д., Олимов, М., Имомов, А. (2013). Численные методы и алгоритмы. MathCAD. Учебное пособие. Наманган, Изд-во.Наманган.
2. Исманова К.Д. Исомаддинов У.М. Дедаханов А.О. , Системный анализ процесса подземного выщелачивания в качестве объекта исследования // "Экономика и социум" №6(85) 2021.