

ISSN 2518-1467 (Online),
ISSN 1991-3494 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

5

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2016

ҚЫРКҮЙЕК
СЕНТЯБРЬ
SEPTEMBER

Б а с р е д а к т о р ы

х. ғ. д., проф., ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абиев Р.Ш. проф. (Ресей)
Абишев М.Е. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Аврамов К.В. проф. (Украина)
Аппель Юрген проф. (Германия)
Баймуқанов Д.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Байпақов К.М. проф., академик (Қазақстан)
Байтулин И.О. проф., академик (Қазақстан)
Банас Иозеф проф. (Польша)
Берсимбаев Р.И. проф., академик (Қазақстан)
Велихов Е.П. проф., РҒА академигі (Ресей)
Гашимзаде Ф. проф., академик (Әзірбайжан)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Давлетов А.Е. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Джрбашян Р.Т. проф., академик (Армения)
Қалимолдаев М.Н. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Лаверов Н.П. проф., академик РАН (Россия)
Лупашку Ф. проф., корр.-мүшесі (Молдова)
Мохд Хасан Селамат проф. (Малайзия)
Мырхалықов Ж.У. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Новак Изабелла проф. (Польша)
Огарь Н.П. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Полещук О.Х. проф. (Ресей)
Поняев А.И. проф. (Ресей)
Сагиян А.С. проф., академик (Армения)
Сатубалдин С.С. проф., академик (Қазақстан)
Таткеева Г.Г. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Умбетаев И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Хрипунов Г.С. проф. (Украина)
Якубова М.М. проф., академик (Тәжікстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының Хабаршысы».

ISSN 2518-1467 (Online),

ISSN 1991-3494 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы»РҚБ (Алматы қ.)

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5551-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2016

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. х. н., проф. академик НАН РК
М. Ж. Журинов

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абиев Р.Ш. проф. (Россия)
Абишев М.Е. проф., член-корр. (Казахстан)
Аврамов К.В. проф. (Украина)
Апель Юрген проф. (Германия)
Баймуканов Д.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Байпаков К.М. проф., академик (Казахстан)
Байтулин И.О. проф., академик (Казахстан)
Банас Иозеф проф. (Польша)
Берсимбаев Р.И. проф., академик (Казахстан)
Велихов Е.П. проф., академик РАН (Россия)
Гашимзаде Ф. проф., академик (Азербайджан)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Давлетов А.Е. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Джрбашян Р.Т. проф., академик (Армения)
Калимолдаев М.Н. проф., чл.-корр. (Казахстан), зам. гл. ред.
Лаверов Н.П. проф., академик РАН (Россия)
Лупашку Ф. проф., чл.-корр. (Молдова)
Мохд Хасан Селамат проф. (Малайзия)
Мырхалыков Ж.У. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Новак Изабелла проф. (Польша)
Огарь Н.П. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Полещук О.Х. проф. (Россия)
Поняев А.И. проф. (Россия)
Сагьян А.С. проф., академик (Армения)
Сатубалдин С.С. проф., академик (Казахстан)
Таткеева Г.Г. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умбетаев И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Хрипунов Г.С. проф. (Украина)
Якубова М.М. проф., академик (Таджикистан)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан».

ISSN 2518-1467 (Online),
ISSN 1991-3494 (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK

M. Zh. Zhurinov

E d i t o r i a l b o a r d:

Abiyev R.Sh. prof. (Russia)
Abishev M.Ye. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Avramov K.V. prof. (Ukraine)
Appel Jurgen, prof. (Germany)
Baimukanov D.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Baipakov K.M. prof., academician (Kazakhstan)
Baitullin I.O. prof., academician (Kazakhstan)
Joseph Banas, prof. (Poland)
Bersimbayev R.I. prof., academician (Kazakhstan)
Velikhov Ye.P. prof., academician of RAS (Russia)
Gashimzade F. prof., academician (Azerbaijan)
Goncharuk V.V. prof., academician (Ukraine)
Davletov A.Ye. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Dzhrbashian R.T. prof., academician (Armenia)
Kalimoldayev M.N. prof., corr. member. (Kazakhstan), deputy editor in chief
Laverov N.P. prof., academician of RAS (Russia)
Lupashku F. prof., corr. member. (Moldova)
Mohd Hassan Selamat, prof. (Malaysia)
Myrkhalykov Zh.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nowak Isabella, prof. (Poland)
Ogar N.P. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Poleshchuk O.Kh. prof. (Russia)
Ponyaev A.I. prof. (Russia)
Sagiyani A.S. prof., academician (Armenia)
Satubaldin S.S. prof., academician (Kazakhstan)
Tatkeyeva G.G. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umbetayev I. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Khripunov G.S. prof. (Ukraine)
Yakubova M.M. prof., academician (Tadjikistan)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2518-1467 (Online),

ISSN 1991-3494 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

B. K. Mukhanov¹, Zh. Zh. Omirbekova¹, E. Zh. Orakbayev²

¹Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty, Kazakhstan,
²Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: zhanar_omirbekov@mail.ru, orakbaev_erbol@mail.ru

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF OPTIMAL PROCESS CONTROL SYSTEM OF UNDERGROUND LEACHING

Abstract. This article discusses the synthesis model of optimal process control in-situ leaching (ISL). The effectiveness of this method of mining is largely determined by the operational assessment of the basic parameters of the hydrodynamic condition of wells and reservoirs to modern take certain technological methods and management technology to eliminate the violation. In this connection the development of algorithmic support of relevant structural, parametric identification of the basic parameters of hydrodynamic processes PV and synthesis on the basis of this new and effective management systems. The task includes the problem of geo-technological field control synthesis on the basis of these models. The results of industrial tests and tested algorithms for the identification of the parameters of the control object. The main objectives of management geotechnological now is to increase the profitability of the field development, an increase in the proportion of uranium extracted from the productive horizon, and the reduction of pollution of groundwater. To solve this problem you need to be able to evaluate geochemical and hydrogeological state of the productive horizon and groundwater. In this study, to assess the PT parameters to develop an algorithmic, information and technical support for determining the characteristics of the data systems operating in the framework of the existing SCADA-systems, which allows the synthesis of an effective system of control over the processes PV.

Keywords: underground leaching, control system, software, mathematical models, uranium mining, optimal control model.

УДК 681.513.5

Б. К. Муханов¹, Ж. Ж. Омирбекова¹, Е. Ж. Оракбаев²

¹Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан,
²Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается синтез модели оптимального управлению процессом подземного выщелачивания (ПВ). Эффективность работы этого способа добычи полезных ископаемых во многом определяется оперативной оценкой основных параметров гидродинамического состояния скважин и пластов, чтобы современно принимать те или иные технологические приемы и управление по устранению технологических нарушениях. В связи с этим актуальна разработка алгоритмического обеспечения по структурной, параметрической идентификации основных параметров гидродинамических процессов ПВ и синтез на этой основе новых эффективных систем управления. Задача охватывает проблему синтеза управления геотехнологического поля на основе полученных моделей. Приведены результаты промышленных испытаний и апробированы алгоритмы идентификации параметров объекта управления. Основными задачами управления геотехнологическим предприятием является повышение рентабельности разработки месторождения, увеличение доли урана, извлекаемого из продуктивного горизонта, и снижение загрязнения подземных вод. Для

решения этой задачи нужно уметь оценивать геохимическое и гидрогеологическое состояние продуктивного горизонта и подземных вод. В работе, для оценки параметров ПВ предлагается разработать алгоритмическое, информационное и техническое обеспечение системы по определению данных характеристик работающие в рамках существующих SCADA-систем, что позволяет синтезировать эффективную систему управления процессами ПВ.

Ключевые слова: подземное выщелачивания, система управления, программное обеспечение, математические модели, добыча урана, модели оптимального управления ПВ.

Введение. Геотехнологический способ добычи ископаемых является наиболее эффективным и активно используется в Казахстане. Этот способ характеризуется низкой себестоимостью, возможностью использования высокого уровня автоматизации, а также возможностью вовлечения в отработку месторождений со сложными горно-техническими и гидрогеологическими условиями, в том же числе со значительными глубинами залегания рудных тел в обводненных высоконапорных горизонтах и за балансовыми содержаниями металла в рудах.

В последнее десятилетие в Казахстане все более активно внедряется и используется геотехнологический способ добычи полезных ископаемых. Этот способ характеризуется низкой себестоимостью, невысокими капитальными затратами и их быстрой окупаемостью, комфортными условиями труда и высоким уровнем автоматизации процесса, а также возможностью вовлечения в отработку месторождений со сложными горно-техническими и гидрогеологическими условиями, в том числе со значительными глубинами залегания рудных тел в обводненных высоконапорных горизонтах и забалансовыми содержаниями металла в рудах. Эффективность работы во многом определяется своевременной определением (оценкой) параметров гидродинамического состояния скважин и пластов, что бы своевременно принимать те или иные технологические приемы и управлению по устранению технологических нарушений. Поэтому весьма актуальна разработка алгоритмического обеспечения по параметрической идентификации основных параметров гидродинамических процессов ПВ и разработка новых САУ на их основе.

Скважинное подземное выщелачивание (ПВ) является эффективным и экологически наиболее безопасным способом добычи урана. При подземном выщелачивании по системе скважин через продуктивный пласт прокачивается окислитель (раствор серной кислоты), который переводит соединения урана в растворимое состояние и позволяет производить его добычу путем откачки урансодержащих растворов. Эффективность добычи в значительной мере зависит от качества проработки рудовмещающего пласта раствором окислителя. Основная проблема, возникающая при реализации этого метода, заключается в том, что в настоящее время, как правило, не удается получить достаточно достоверную информацию о строении рудного массива для того, чтобы регулировать технологический процесс с целью максимального извлечения полезного компонента и снижения себестоимости добычи. Закисление продуктивного горизонта и извлечение полезного компонента осуществляется неравномерно, преимущественно из наиболее проницаемых зон. Присутствие окислителя в породах гарантирует извлечение в этой области металла и наоборот. Слабопроницаемые участки не охвачены выщелачиванием и в них остаются неотработанные запасы. Недостаток информации проявляется, прежде всего, в том, что размеры этих зон и их положение в межскважинном пространстве достоверно неизвестны.

1. Характеристика объекта подземного выщелачивания как объекта управления. Методом подземного выщелачивания (ПВ) разрабатывают экзогенные месторождения урана, которые находятся в хорошо проницаемых подземных водоносных горизонтах. Извлечение урана из рудного тела происходит через систему технологических скважин. Через нагнетательные скважины в продуктивный горизонт нагнетается раствор веществ, способных растворять содержащие уран минералы. Образующийся в подземном водоносном горизонте продуктивный раствор извлекается через откачные скважины. Образующиеся после переработки продуктивных растворов маточные растворы до укрепляются выщелачивающими реагентами и снова подаются в нагнетательные скважины в качестве рабочих растворов. Основными задачами управления геотехнологическим предприятием является повышение рентабельности разработки месторождения, увеличение доли урана, извлекаемого из продуктивного горизонта, и снижение загрязнения подземных вод. Для решения этой задачи нужно уметь оценивать геохимическое и гидрогеологическое состояние продуктивного горизонта и подземных вод.

Рассмотрим процесс подземного выщелачивания (ПВ) как объект математического моделирования, с описанием структуры математической модели динамики процесса ПВ и принятых в ней ограничений и допущений.

Процесс подземного выщелачивания как объект управления относится к классу не стационарных, подвержено большому числу случайных возмущений топологически связанных объектов управления.

Управление таким объектом, возможно лишь с применением модели объекта в контуре управления. Существующая практика управления сводится к стабилизации расходных характеристик по закачным и откачным скважинам, то есть

$$Q_{отк} = \sum_{i=1}^6 k Q_{заки} - \Delta \varepsilon, \quad (1.1)$$

где $Q_{отк}$ – расход продуктивного раствора; $Q_{заки}$ – расход выщелачивающих растворов; k – доли расхода на закачную ячейку; $\Delta \varepsilon$ – потери расхода, $k = 1/2, 1/3, 1$.

Постановка задачи управления процессом подземного выщелачивания. В качестве критерия управления выбран показатель отражающий градиент давления в рудном теле от закачной до откачной скважины, запишем выражение для одной гексогональной ячейки

$$F = \sum_{i=1}^6 \frac{\Delta P_{pti}}{l_i} \rightarrow \max_{L, Q_{отк}} \quad (1.2)$$

$$W \frac{dL_i}{dt} = Q_{1i} - Q_{2i} \quad (1.3)$$

$$\Delta P_H = a_0 + a_1 Q_{отк} + a_2 Q_{отк}^2 \quad (1.4)$$

$$\Delta P_{pti} = r_{pti} \cdot Q_{2i} \quad (1.5)$$

$$\Delta P_{pti} = \rho g L_i - (P_1 - \Delta P_H - k P_{наб}) \quad (1.6)$$

$$P_{наб} = \rho g L_{наб} \quad (1.7)$$

$$Q_{отк} = \sum_{i=1}^6 Q_{ii} + \Delta \varepsilon \quad (1.8)$$

$$A \times \bar{Q} = \Phi \quad (1.9)$$

$$B \times \Delta \bar{P} = \Delta P_H \quad (1.10)$$

$$Q_{\min} < Q_{2i} < Q_{\max} \quad (1.11)$$

$$L < L_{\min} \quad (1.12)$$

где ΔP_{pti} – градиент давления в рудном теле (bar); l_i – расстояние от i -той закачной до откачной скважины (м); L_i – уровень выщелачивающего раствора в i -той закачной скважине (м); W – емкость закачной скважины (m^3); Q_{1i} – расход выщелачивающего раствора падающего в закачную скважину ($m^3/ч$); Q_{2i} – расход выщелачивающего раствора поступающий из закачной скважины в рудное тело через фильтр скважины ($m^3/ч$); ΔP_H – перепад давления создаваемый скважинным насосом (bar); a_0, a_1, a_2 – коэффициенты напорно-расходной характеристики скважинного насоса; r_{pti} – коэффициент сопротивления рудного тела в уравнении Дарси; P_1 – давление продуктивного раствора из откачной скважины (bar); $P_{наб}$ – напор создаваемый грунтовыми водами, определяется по уровню наблюдательной скважины; $\Delta \varepsilon$ – разница по расходам в скважинах; A – матрица инцидентности ветвей и вершин структурного графа гексогональной ячейки ПВ и технологических сетей трубопроводов (ТСТ); B – матрица независимых контуров структур графа ПВ и (ТСТ). Постановка задачи (1.2) – (1.12) сводиться к поиску таких уровней в закачных скважинах (L) и расходу в откачной скважине обеспечивающих \max критерия (1.2) по ячейке.

Исследования модели оптимального управления ПВ на программном продукте Matlab. Модель задачи оптимального управлению процессом ПВ представлена выражениями (1.2) – (1.12) была набрана для исследования в среде Matlab. Схема модели для одной ячейки ПВ приведена на рисунках 1.1, 1.2.

Исследования на модели показаны на рис. 1.2 (для пары закачной скважины 14-1-1 и откачной 14-2-1).

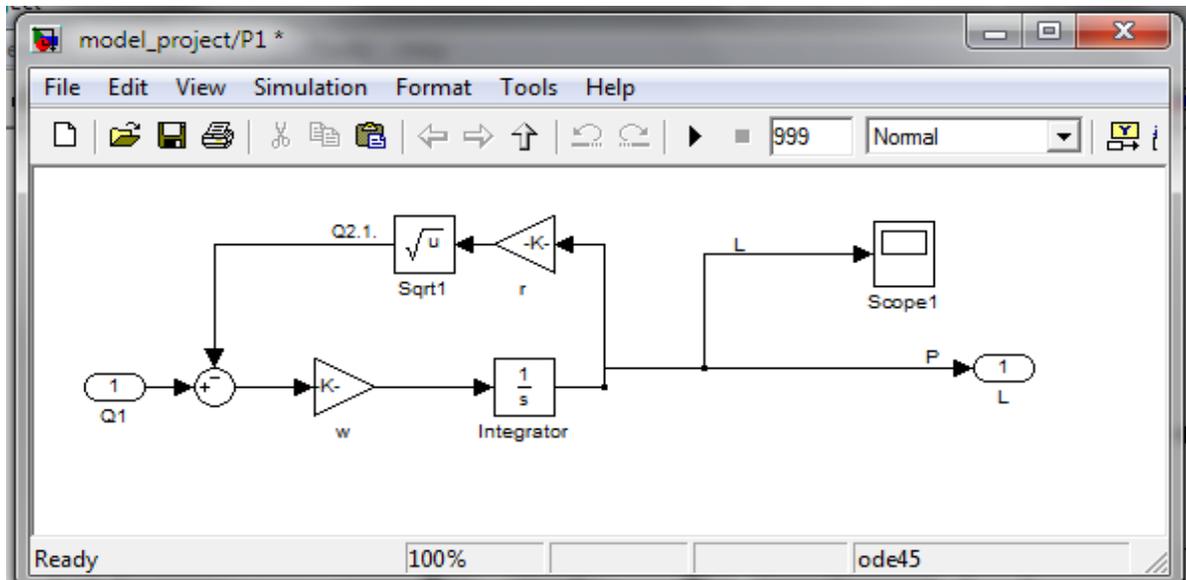


Рисунок 1.1 – Схема расчета уровня в закачной скважине

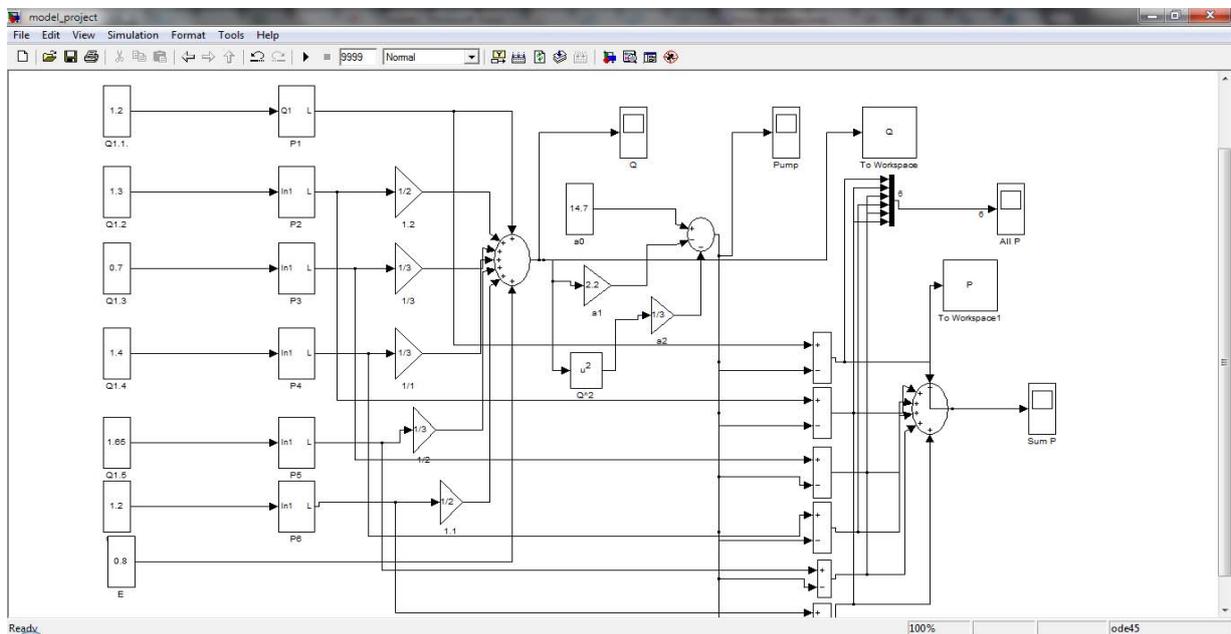


Рисунок 1.2 – Схема расчета критерия управления

2. Проведение испытаний системы управления в промышленных условиях рудник Акдала. По результатам промышленных испытаний были апробированы алгоритмы идентификации параметров объекта управления. В нашем случае была рассмотрена технологическая цепочка: закачная скважина, рудное тело, откачная скважина со скважинным насосом мощностью 7,5 кВт. Упрощенная технологическая схема имеет вид:

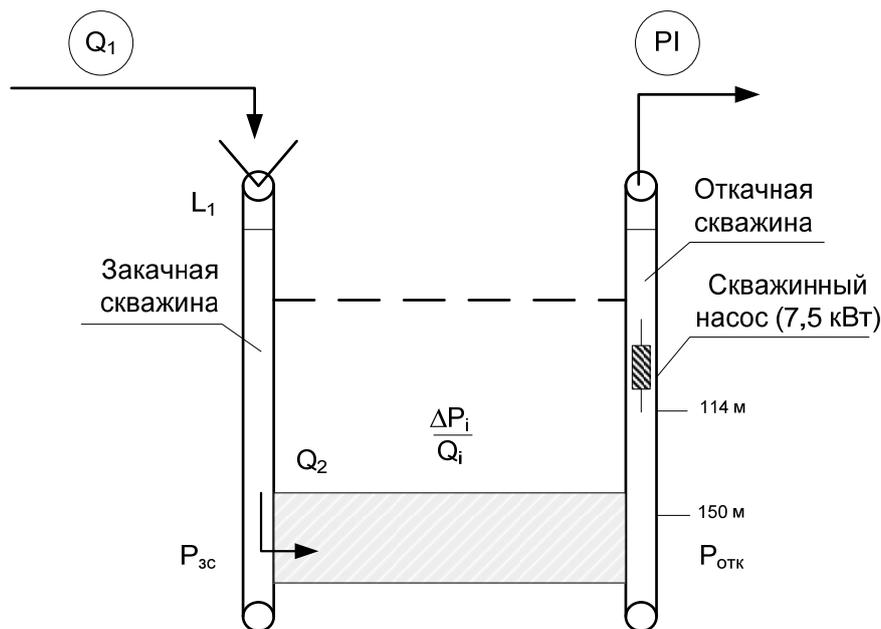


Рисунок 2.1 – Упрощенная технологическая схема ПВ

Для закачной скважины можно записать уравнение:

$$W \frac{dL}{dt} = Q_1 - Q_2,$$

$$P_{зс} = \rho g L, \quad (2.1)$$

где L – уровень выщелачивающего раствора в скважине (м); ρ – плотность выщелачивающего раствора (кг/м^3); g – $9,8 \text{ м/с}^2$; W – ёмкость закачной скважины (м).

Для измерения уровня использовались гидростатические уровнемеры.

Давление на рудное тело со стороны закачной скважины определяется по выражению $P_{зс} = \rho g L$, в нашем случае при $L=130 \text{ м} \Rightarrow 13 \text{ бар}$, если уровень будет падать на 80 м , то $L = 70 \text{ м} \Rightarrow P_{зс} = \rho g L \approx 7 \text{ бар}$.

Коэффициент фильтрации у фильтра закачной скважины будет равен

$$\Delta P = r Q^2 \quad \text{или} \quad r = \frac{\Delta P}{Q^2}; \quad (2.2)$$

при $Q = 1 \text{ м}^3/\text{час}$ или $0,27 \text{ л/с}$, $L = 130 \text{ м}$.

$\Delta P = 13 \text{ бар} - 7 \text{ бар} = 6 \text{ бар}$, где 7 бар давление грунтовых вод.

$$r = \frac{6 \text{ бар}}{0,27^2} = \frac{6 \text{ бар}}{0,729} = 82,3.$$

Для откачной скважины была идентифицирована расходно-напорная характеристика скважинного насоса и самой откачной скважины.

Расходно-напорная характеристика было определена по специальной методике, и имеет вид

$$H_{сн} = 12,8 + 0,03Q - 0,13Q^2, \quad (2.3)$$

где $H_{сн}$ – перепад создаваемый насосом (бар); Q – расход продуктивного раствора ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Расчет перепада давления на рудном теле поводится по следующей схеме:

$$\Delta P_{рт} = H_{сн} + P_{зс} - P_{отк} + P_I, \quad (2.4)$$

где $H_{сн}$ – перепад, создаваемый скважинным насосом (бар); $P_{зс}$ – давление, создаваемое столбом жидкости в закачной скважине (бар); $P_{отк}$ – давление, создаваемое столбом жидкости в откачной

скважине, при $L = 150$ м, примем $P_{oc} = 15$ (bar); PI – показание манометра на выходе с откачной скважины (bar).

Как показали исследования на модели, для рассматриваемой ячейки зависимость перепада давления на рудном теле от расхода растворов имеет вид:

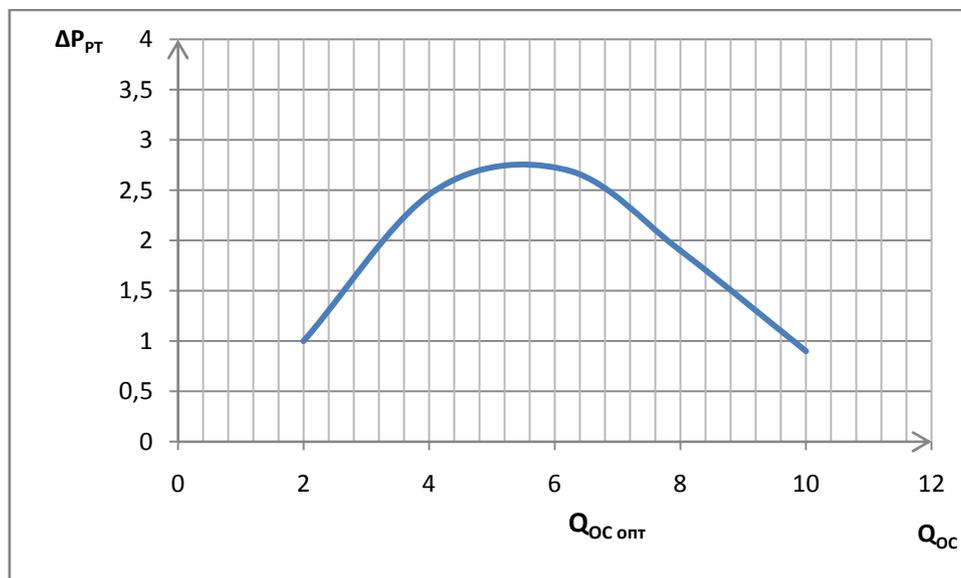


Рисунок 2.2 – Зависимость перепада $\Delta P_{рТ}$ от расхода растворов

Исследования показывают, что для оптимального режима работы ячейки необходимо поддерживать уровень в закачной скважине $L = 60$ м, и расход продуктивного раствора в откачной скважине $6,2$ м³/ч. Что создает перепад давления на рудном теле $\Delta P_{рТ} = 2,8$ bar, это максимальный перепад при сопротивлении фильтра $r = 82,3$.

В настоящее время для определения гидродинамических характеристик скважин и пластов необходимо проводить специальные исследования скважин с применением глубинных приборов.

Для проведения экспериментальных исследований были разработаны технические средства по измерению уровня в закачных скважинах (см. рисунок 2.3). Подключен частотный преобразователь Prostar (см. рисунок 2.4) к скважинному насосу Grundfos.



Рисунок 2.3 – Датчик уровня для закачной скважины



Рисунок 2.4 – ЧРП “Prostar”

На рисунке 1.7 приведена реализация технических средств в виде шкафа управления.



Рисунок 2.5 – Шкаф управления включающий контроллеры Fatek, ОВЕН МЭ110 и модули MOXA беспроводной передачи данных.



Рисунок 2.6 – График экспериментального снижения уровня выщелачивающих растворов в закачной скважине и ее заполнения при увеличении расхода.

Вывод. Оценка основных параметров ПВ, такие как коэффициент фильтрации, уровень насыщенности пластов, расходно-напорные характеристики закачных и откачных скважин можно определить по изменениям технологических переменных на скважинах в процессе эксплуатации. При этом в качестве дополнительной информации используется топологические особенности соединения технологических трубопроводов, то есть в модели процесса ПВ используются сетевые модели, получаемые в соответствии с сетевыми законами Кирхгофа. Особенности этих моделей применяются при синтезе более эффективных систем управления процессом ПВ.

Поставленные цели исследования были выполнены, а разработанные алгоритмы идентификации и управления были проверены в промышленных условиях на руднике «Акдала».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мамилов В.А., Петров Р., Шушания Г.Р. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980. – 248 с.
- [2] Uranium 2007: Resources, Production and Demand/Joint report by OECD NEA. – 2008. – № 6345. – 420 с.
- [3] Перспективы Ядерной Энергии. 2008: Резюме для Руководства. Основные Положения/OECD NEA. – 2008. – 29 с.
- [4] Каримов Х.К., Купченко В.П. О возможности природотехногенного рудоформирования на пластово-инфильтративных месторождениях (урана) // Узбекский геологический журнал. – Ташкент, 1996. – № 3. – С. 101-105.
- [5] Каримов Х.К., Купченко В.П. Природно-техногенный рудогенез на ранее добытых залежах урановородных месторождений учкудукского (песчаникового) типа. – Ташкент, 1996. – № 3. – С. 28-32.
- [6] Швидлер М.И. О решении типа источника в задаче нестационарной фильтрации в среде со случайной неоднородностью // Изв. АН СССР, Механика жидкости и газа. – М.: Недра, 1966. – № 4. – С. 57-64.
- [7] Швидлер М.И., Леви В.И. О статистических характеристиках дебитов фильтрационных потоков в неоднородных средах. – М.: Недра, 1966. – № 3. – С. 22-27.

- [8] Аликулов Ш.Ш. Совершенствование гидродинамического режима подземного выщелачивания урана с учетом коагуляции руд: Автореф. ... канд. техн. наук. – М., 2011. – 87 с.
- [9] Истратов В.А., Колбенков А.В., Лях Е.В., Перекалин С.О. Радиоволновой метод мониторинга технологических процессов в межскважинном пространстве // Вестник краунц. науки о земле. – 2009. – № 2(14). – С. 59-63.
- [10] Колбенков А.В. Применение радиоволнового метода для контроля за разработкой урановых месторождений способом подземного выщелачивания: Автореф. ... канд. техн. наук. – М., 2010. – 215 с.
- [11] Ентов В.М. Теория фильтрация // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 2. – С. 57-59.
- [12] Bommer P.M., Schechter R.S. Mathematical modeling of in-situ uranium leaching // SPE Journal. – 1979. – № 19. – P. 34-45.
- [13] Schechter S., Bommer P.M. Optimization of uranium leach mining // SPE Journal. – 1982. – № 22. – P. 133-141.
- [14] Kabir M.I., Lake L.W., Schechter R.S. Evaluation of one-well uranium leaching test restoration // SPE Journal. – 1982. – № 22. – P.43-56
- [15] Кумеев С.С., Дорджиев А.Г., Сангаджиев М.М., Дорджиев А.А. Характеристика фильтрации жидкости в слабopоницаемых грунтах // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 4 (47). – С. 112-124.

REFERENCES

- [1] Mamilov V.A., Petrov R., Shushaniya G.R., Dobycha urana metodom podzemnogo vyshchelachivaniya.M.: Atomizdat, 1980.248 s (in Russ).
- [2] Uranium 2007.: Resources, Production and Demand/Joint report by OECD NEA. 2008. № 6345. 420 s (in Eng).
- [3] Perspektivy YAdemoyi EНnergii 2008: Rezyume dlya Rukovodstva. Osnovnye Polozheniya/OECD NEA. 2008. 29 c (in Russ).
- [4] Karimov H.K., Kupchenko V.P. O vozmozhnosti prirodno tekhnogennoyo rudoformirovaniya na plastovo-infiltratsionnyh mestorozhdeniyah (urana) Uzbekskiy geologicheskij zhurnal. Tashkent, 1996.№ 3.S.101-105 (in Russ).
- [5] Karimov H.K., Kupchenko V.P., Prirodno-tekhnogennyj rudogenez na ranee dobytyh zalezah uranovorudnyh mestorozhdenij uchkudukskogo (peschanikovogo) tipa. Tashkent, 1996. №3 . S. 28-32 (in Russ).
- [6] SHvidler M.I., O reshenii tipa istochnika v zadache nestacionarnoy fil'tracii v srede so sluchajnoy neodnorodnost'yu, Izv. AN SSSR, Mekhanika zhidkosti i gaza.M: Nedra 1966.-№4. S.57-64 (in Russ).
- [7] SHvidler M.I., Levi V.I., O statisticheskikh harakteristikah debitov fil'tracionnyh potokov v neodnorodnyh sredah. M: Nedra 1966. №3. S.22-27 (in Russ).
- [8] Alikulov Sh.Sh. Sovershenstvovanie gidrodinamicheskogo rezhima podzemnogo vyshchelachivaniya urana s uchetom kol'matacii rud: avtoref....: kand. tekhn. nauk. M., 2011. 87 s (in Russ).
- [9] Istratov V.A., Kolbenkov A.V., Lyah E.V., Perekalin S.O. Radiovolnovoj metod monitoringa tekhnologicheskix processov v mezhskvazhinnom prostranstve ,Vestnik kraunc. nauki o zemle. 2009. № 2(14). S. 59-63 (in Russ).
- [10] Kolbenkov A.V. Primenenie radiovolnovogo metoda dlya kontrolya za razrabotkoj uranovyh mestorozhdenij sposobom podzemnogo vyshchelachivaniya: avtoref....: kand. tekhn. nauk. M., 2010. 215 s (in Russ).
- [11] Entov V.M. Teoriya fil'traciya, Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal, 1998. №2. S. 57-59 (in Russ).
- [12] Vommer R.M., Schechter R.S. Mathematical modeling of in-situ uranium leaching, SPE Journal. 1979. № 19. P. 34-45 (in Eng).
- [13] Schechter S., Bommer P.M. Optimization of uranium leach mining, SPE Journal. 1982. №22. PP. 133-141 (in Eng).
- [14] Kabir M.I., Lake L.W., Schechter R.S. Evaluation of one-well uranium leaching test restoration , SPE Journal. 1982. № 22. P.43-56 (in Eng).
- [15] Kumeev S.S., Dordzhiev A.G., Sangadzhiev M.M., Dordzhiev A.A. Harakteristika fil'tracii zhidkosti v slabopronicaemyh gruntah, Geologiya, geografiya i global'naya ehnergiya. 2012. № 4 (47). C. 112-124 (in Eng).

Б. К. Муханов¹, Ж. Ж. Омирбекова¹, Е. Ж. Оракбаев²

¹ Алматы Энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

² Қ. И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

**ЖЕРАСТЫ ҰНҒЫМАЛЫ ШАЙМАЛАУ ҮРДІСІН ТИІМДІ БАСҚАРУ
ЖҮЙЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ҚҰРУ**

Аннотация. Мақалада гидродинамикалық параметрлердің анализі жүйенің басқарылуы негізінде сипатталған. Мақаланың тапсырмасы геотехнологиялық саласындағы уранды жерасты ұнғымалы шаймалау әдісі арқылы автоматты басқару процесі үшін әзірленген әдістері мен құралдарын бақылау мәселесін қамтиды.

Тірек сөздер: жерасты шаймалау, басқару жүйесі, бағдарламалық қамтамасыз ету, математикалық модельдер, уран өндіру, тиімді бақылау моделі.

Сведения об авторе:

Муханов Бахыт Каскабаевич – кандидат технических наук, Алматинский университет энергетики и связи, инженер НИС, доцент кафедры Инженерная кибернетика. E-mail: bmukhanov@verbulak.com.

Омирбекова Жанар Жумахановна – доктор PhD, Алматинский университет энергетики и связи, инженер НИС, доктор PhD кафедры Инженерная кибернетика. E-mail: zhanar_omirbekov@mail.ru.

Оракбаев Ербол Жумагельдиевич – магистр, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сәтпаева, г. Алматы. Докторант, “Автоматизации и управление”. E-mail: orakbaev_erbol@mail.ru

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-1467 (Online), ISSN 1991-3494 (Print)

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. М. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 11.10.2016.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

17,9 п.л. Тираж 2000. Заказ 5.