

И.А. Каримов, К.Ж. Хакимов

РАЗРАБОТКА СЛОЖНОСТРУКТУРНОГО УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

На эффективность отработки гидрогенных месторождений урана способом подземного выщелачивания в значительной степени оказывает влияние фильтрационная неоднородность продуктивного горизонта. От таких факторов, определяющих фильтрационные свойства пород, как гранулометрический состав, общая и эффективная пористость, слоистость. Зависят основные технологические показатели руд, и в первую очередь, степень и динамика извлечения полезного компонента и расход реагента на 1т горнорудной массы. Целью этих исследований являлось определение минимального коэффициента фильтрации, при котором происходит извлечение урана на уровне, сопоставимом с уровнем извлечения из руд с усредненными фильтрационными свойствами по месторождению.

Ключевые слова: подземного выщелачивания, расход реагента, гидродинамика, кольматация, скважина, моделирование, дебит, расход реагента, серная кислота.

Оруденение гидрогенных месторождений урановых руд часто представлено двумя и более продуктивными водоносными горизонтами разделенными маломощными (1–5 м) водоупорами. Водоупоры, как правило, имеют гидрогеологические «окна» – слабопроницаемые литологические разности, в составе которых присутствуют алевролиты и глины с включением песчанистых литологий. Отработка таких месторождений скважинным подземным выщелачиванием (ПВ) проектируется в неэффективном геотехнологическом режиме.

Как правило, наиболее богатые по содержанию полезного компонента (ПК) продуктивные пласти таких типов месторождений связаны с менее проницаемыми литологическими разностями, при отработке которых СПВ происходит разубоживание продуктивных растворов подземными водами смежных водоносных горизонтов, перетекающих через гидрогеологические «окна», что приводит к снижению их качества.

Геологический разрез экспериментального участка представлен следующими литологическими разностями:

- нижний рудный интервал – слабопроницаемые песчаники – 1,5 м;
- непроницаемые алевролиты с гидрогеологическими «окнами» – 2–3 м;
- верхний рудный интервал – хорошо проницаемые гравийные песчаники с невыдержаными по простирианию и падению маломощными прослойками алевролитов с песчаными включениями – 3 м.

Нижний рудный интервал более богатый (на 40%) по содержанию урановой минерализации. Коэффициент фильтрации нижнего водоносного горизонта 1,5 м/сут, соответственно, верхнего 2,7 м/сут.

Опытный участок вскрыт скважинами, фильтры которых перекрывают оба рудных горизонта. Конструкция фильтра за счет переменного коэффициента скважинности обеспечивала разную производительность по растворам. Верхняя часть фильтра позволила обеспечить производительность отка-

чиваемых растворов в два раза выше (12 м³/час), чем нижняя (6 м³/час).

Гидродинамические параметры СПВ контролировали по изменению отмечок пьезометрической поверхности водоносных горизонтов через наблюдательные скважины, пробуренные на соответствующие горизонты.

Проведенные исследования позволили отработать экспериментальный участок ПВ в более эффективном геотехнологическом режиме – меньшие значения Ж:Т и время отработки, соответственно, на 40 и 30%, с более высоким средним содержанием урана в продуктивных растворах.

На эффективность отработки гидрогенных месторождений урана способом подземного выщелачивания в значительной степени оказывает влияние фильтрационная неоднородность продуктивного горизонта. От таких факторов, определяющих фильтрационные свойства пород, как гранулометрический состав, общая и эффективная пористость, слоистость. Зависят основные технологические показатели руд, и в первую очередь, степень и динамика извлечения полезного компонента и расход реагента на 1 т горнорудной массы. Целью этих исследований являлось определение минимального коэффициента фильтрации, при котором происходит извлечение урана на уровне, сопоставимом с уровнем извлечения из руд с усредненными фильтрационными свойствами по месторождению. Эта задача решалась путем определения объема продуктивных растворов, приходящегося на объем горнорудной массы, необходимого для 80%-го извлечения урана из руд с $K_{\phi} \sim 2,5$ м/сут, переведе этой величины во время (t) и расчете извлечения урана за данное время из руд с меньшим K_{ϕ} . По результатам исследований, извлечение урана из руд в зависимости от Ж:Т описывается функцией вида:

$$\varepsilon = 1 - e^{-k(t-t_3)}, \quad (1)$$

где ε – извлечение в долях единицы; t – величина Ж:Т; t_3 – Ж:Т закисления; k – показатель скорости выщелачивания. Тогда расчетная величина Ж:Т для 80 %-го извлечения будет:

$$t_{(80\%)} = t_3 + \frac{\ln 0,2}{k}, \quad (2)$$

Можно определить коэффициент фильтрации каждой литологической разновидности руд, для которой на момент 80%-го извлечения из хорошо фильтруемых разностей извлечение составит менее некоторой принятой величины:

$$K_{\phi \min} = \frac{\left(\frac{\ln(1-\varepsilon_n)}{k_n} \right) \cdot K_{\phi 1}}{\frac{\ln 0,2}{k_1} - t_{31}} \quad (3)$$

где $K_{\phi 1}$ – средний коэффициент фильтрации; $K_{\phi \min}$ – минимальный коэффициент фильтрации; k_1 – показатель скорости выщелачивания из хорошо фильтруемых руд; k_n – показатель скорости выщелачивания из руд с низким коэффициентом фильтрации; t_{3n} – Ж:Т закисления плохо фильтруемых руд; t_{31} – Ж:Т закисления хорошо фильтруемых руд; t_{31} – минимально допустимая величина извлечения. По данным натурных опытных работ и результатам математического моделирования, 80%-е извлечение достигается при Ж:Т = 4,5 и колеблется около этой величины в зависимости от продуктивности. Таким образом, средний показатель скорости выщелачивания составляет 0,357. Это означает, что из руд с коэффициентами фильтрации ниже 1 м/сут на момент времени, соответствующий 80%-му извлечению из руд с $K_{\phi} \sim 2,5$ м/сут, будет извлечено менее 20% урана.

Эффективность эксплуатации месторождения способом ПВ во многих

случаях определяется состоянием прифильтровой зоны закачных скважин, влияющий на их приемистость.

При подаче выщелачивающих растворов в закачные скважины с постоянным расходом со временем наблюдается постоянное повышение уровня раствора в эксплуатационных колонах, уровень раствора может достигнуть устья скважины за период 1,5–2 мес. В зависимости от производительности закачки и положения пьезометрического уровня пластовых вод. При дальнейшей эксплуатации скважин, с целью предупреждения излива раствора на поверхность, приходится снижать расход раствора, который со временем может упасть до нуля, а уровень его в колонне будет удерживаться на устье скважин. Для поддержания проектного расхода выщелачивающего раствора в таких случаях приходится его останавливать и

проводит мероприятия по восстановлению приемистости скважин.

Причины снижения приемистости закачных скважин является изменение проницаемости пород продуктивного горизонта в зоне фильтра в сторону уменьшения естественной проницаемости.

Проницаемость пород изменяется в результате различных физико-химических явлений, происходящих в перед в подачи выщелачивающего в растворе пласт. В химическом отношении подземные воды представляют собой истинные и коллоидальные растворы весьма различного состава и концентрации. В форме ионов не диссоциированных молекул в подземных водах содержатся газы (O_2 : CO_2 : H_2 , CH_4) которые находятся в растворенном состоянии и легко выделяются при изменении физико-химических условий.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Каримов Илхом Арсланович – зав. кафедры,
Хакимов Камол Жураевич – магистр,
Навоийский государственный горный институт, Узбекистан.

UDC 622

DEVELOPMENT OF THE COMPOUND STRUCTURE OF URANIUM MINERALIZATION OF UNDERGROUND LEACHING

Karimov I.A.¹, Head of Chair,
Khakimov K.Zh.¹, Master,
¹ Navoi State Mining Institute, 210100, Navoi, Uzbekistan.

On the efficiency of mining hydrogenic deposits of uranium leaching method largely influenced by seepage heterogeneity of the productive horizon. Such factors determining the filtration properties of rocks, as particle size distribution, total and effective porosity, bedding. Depend on the basic technological parameters of ores, and in the first place, the degree and dynamics of extraction of the useful component and the reagent consumption per 1 ton of ore mass. The purpose of these studies was to determine the minimum filtration coefficient, which results in the extraction of uranium at a level comparable with the level of extraction from ores with average filtration properties of the field.

Key words: underground leaching, hydrodynamics, mudding, well, modeling, flow rate, flow rate of reagent sulfuric acid.

