Аликулов Ш.Ш., Хамидов С.Б., Бакоева Г.Б., Мансурова Д.З.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС КОЛЬМАТАЦИИ СКВАЖИН

Аликулов Шухрат Шарофович - проректор по международным связям Навоийский государственный горно-технологический университет, **Хамидов Сухраб Ботирович -** лектор кафедры, **Бакоева Гульноза Бурхановна -** студентка горного факультета, **Мансурова Дильфуза Закировна -** студентка горного факультета

Аннотация: Технология подземного выщелачивания металлов из недр основана на бурении сетей закачных и откачных скважин с последующим нагнетанием различных растворителей и откачкой насыщенных ценным компонентом флюидов. В ходе этих манипуляции твердые частички минералов выщелачиваются и переходит в состав жидкости. При этом наблюдется процесс просачивания жидкости через горные породы. Изучаемый процесс называется фильтрацией и является одним из основных условий пород для эффективного извлечения металлов из руд, при этом важно контролировать гидродинамические показатели системы порода-жидкость. Данный материал описывает исследования по выявлению зависимости снижения водопроницаемости пород продуктивного горизонта от динамики закачки/откачки технологических растворов на рудниках подземного выщелачивания урана в Узбекистане.

Ключевые слова: скважины, уран, кольматация, дебит скважин, гидродинамический режим, алевролиты, коэффициент фильтрации

Annotatsiya: Yer ostidan metallarni eritmaga o'tkazish texnologiyasi bilan ajratib olishda oldindan burg'ulangan quduqlar tizim orqali yuboriladigan ishchi eritlmalar hamda so'rib olinadigan mahsuldor eritmlar orqali ajratib olishga asoslangan. Ushbu jarayonlar natijasida qattiq holatdagi foydali komponent eritma tarkibiga o'tadi. Bu holatda ishchi eritmalar doimiy ravishda tog' jinslarining g'ovaklik qismlari orqali sizib o'tadi. O'rganilayotgan jarayon filtratsiya deb ataladi va madanlardan metallarni samarali ajratib olish uchun foydali komponentni ajratishdagi asosiy shartlaridan biri bo'lib, ma'danda kechadigan gidrodinamik parametrlarini nazorat qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu tadqiqotda mahsuldor qatlam ma'danlarining suv o'tkazuvchanligining pasayishi O'zbekistondagi uranni yer osti eritmaga o'tkazish konlarida texnologik eritmalarni yuborish hamda so'rib olish dinamikasiga bog'liqligini aniqlash bo'yicha ishlar bayon etadi.

Tayanch iboralar: quduqlar, uran, kolmatatsiya, quduq debiti, gidrodinamik rejim, alevrolitlar, filtratsiya koeffitsienti

Abstract: The technology of in-situ leaching of metals from the bowels is based on drilling networks of injection and extraction wells, followed by injection of various solvents and pumping out fluids saturated with a valuable component. During these manipulations, solid particles of minerals are leached and become part of the liquid. In this case, the process of seepage of liquid through the rocks is observed. The process under study is called filtration and is one of the main conditions of rocks for the effective extraction of metals from ores, while it is important to control the hydrodynamic parameters of the rock-liquid system. This article describes studies to identify the dependence of the decrease in the water permeability of the rocks of the productive horizon on the dynamics of injection/pumping out of technological solutions in the mines of in-situ leaching of uranium in Uzbekistan.

Key words: wells, uranium, colmatation, well's debit, hydrodynamic mode, siltstones, filtration coefficient

Для проведения исследований по выявлению зависимости снижения водопроницаемости пород продуктивного горизонта от гидродинамических показателей был выбран опытный блок, природные (геологические) показатели которого соответствовали средним по месторождению Тухумбет.

Экспериментальный блок, состоял из четырех откачных и 11 нагнетательных скважин. Геометрические границы ячеек и расположение скважин соответствовало морфологическим границам рудных тел, оконтуренных по содержанию урана в интервале 0,04 – 0,05 %. Средняя мощность продуктивного горизонта составила 10,5 м.

Выбор расположения опытного блока обусловлен также тем, что необходимо было оценить влияние кольматации на породы с различной величиной фильтрационных показателей $K_ф$ и K_m.

В блоке были выбраны скважины, в которых средние величины коэффициентов фильтрации составляли: $K_ф \leq 2,5$ м / сут.

Глубина залегания продуктивного пласта – 147 м.

Продолжительность эксперимента определялась временем достижения величины Ж: Т – 0,6 $м^3$/т.

Чтобы исключить влияние нагнетательных и откачных скважин соседних ячеек на работу опытных скважин, данный эксперимент проводился только на ячейке с откачной скважиной 10-5-2. До подачи рабочих растворов было проведено нагнетание пластовой воды в скважины – 10-5-3; 10-5-9 и 10-5-11, для определения начальных удельных значений (q) производительности (дебитов) скважин, которые составили:

скв. 10-5-3 - q = 0,76 $м^3$/сут·м;
скв. 10-5-9 - q = 0,84 $м^3$/сут·м;
скв. 10-5-11 - q = 1,0 $м^3$/сут·м.

Исходя из средней мощности рудного пласта – 10,5 м и среднего удельного дебита - 0,85 $м^3$/сут·м, начальный дебит каждой из нагнетательной

DOI 10.24412/2181-1431-2022-4-25-27

скважины составлял: 0,85 м^3/сут·м - 10,5 м = 8,7 м^3/сут. Таким образом, на начальной стадии эксперимента в ячейку опытного блока подавали 34,8 м^3/сут выщелачивающих растворов.

Параметры опытной ячейки: площадь – 375 м^2, мощность рудного пласта – 10,5 м, объем рудной массы – 3937,5 м^3, плотность пород – 2,3 м^3/т, вес рудной массы – 9056,3 т.

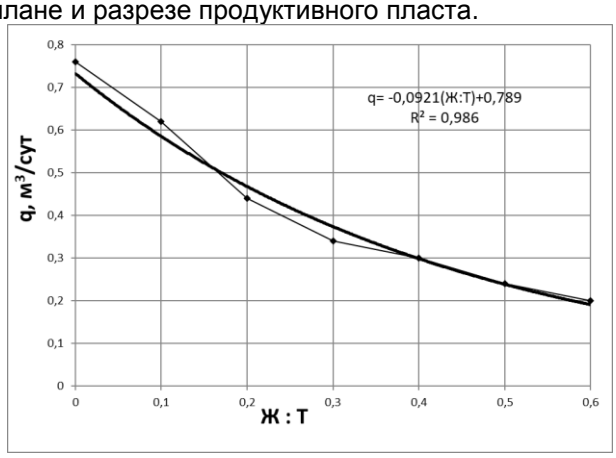
На заключительной стадии опытных работ удельная производительность скважин составила:

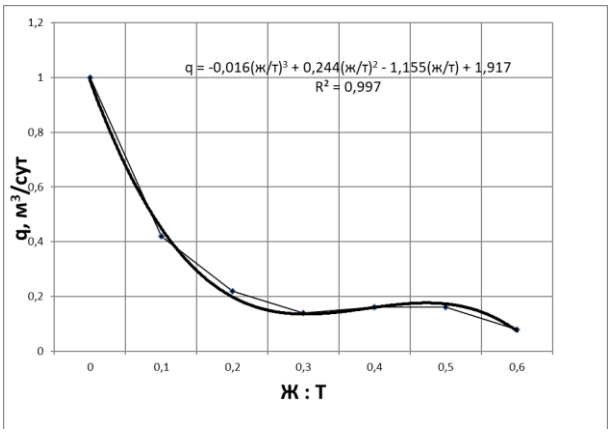
скв. 10-5-3 - q = 0,20 м^3/сут·м;
скв. 10-5-9 - q = 0,12 м^3/сут·м;
скв. 10-5-11 - q = 0,08 м^3/сут·м,

т.е. уменьшилась, соответственно, в 3,8; 7,0 и 12,5 раза. Таким образом, на заключительной стадии эксперимента средняя величина q составила 0,13 м^3/сут·м, а средний дебит каждой из скважин – 1,365 м^3/сут, т.е. уменьшился, в среднем в 6,37 раза. Продолжительность опытных работ составила около 7 мес, при этом было достигнуто значение Ж: Т равное 0,6 м^3/т.

В процессе эксперимента контролировали величины дебитов нагнетательных скважин, а дебит откачной скважины изменялся (снижался) в зависимости от снижения суммарной производительности подающих скважин. Такой гидродинамический режим обеспечивал максимальную проработку рудного пласта выщелачивающими растворами. До минимума сокращался, объем фильтрации растворов за геометрические границы ячейки и минимизировалась, степень разбавления продуктивных растворов законтурными пластовыми водами.

Равенство величин откачиваемых и подающих растворов – одно из основных условий поддержания гидродинамических параметров на эффективном уровне: скорость фильтрации, гидравлический градиент, равномерность распределения потока раствора по линиям тока гидродинамической сетки; одновременность достижения растворами откачных скважин и формирование равнозначных значений Ж:Т в плане и разрезе продуктивного пласта.





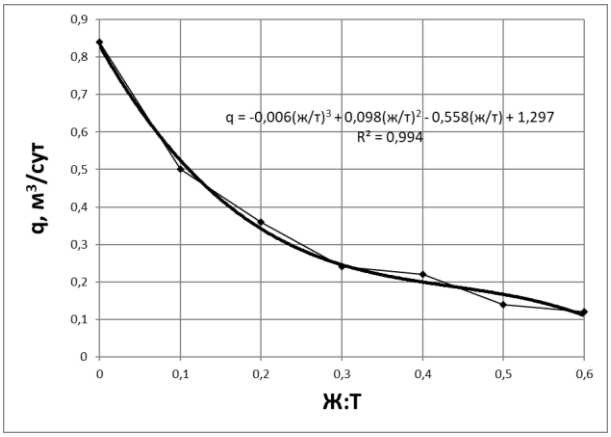


Рис. 1. Зависимость велечины Ж:Т от удельного расхода (q).

Величины значений q и Ж: Т по каждой опытной нагнетательной скважине приведены на следуюўих рисунках.

Одновременно с выделением рудных интервалов по величинам значений $K_ф$ оценивалось влияние на гидравлическую проводимость содержание в литологических разностях пород примесей алевропелитов [3].

Таким образом, из 4-х скважин было отобрано 46 образцов керна, по 10–12 образцов из каждой скважины. В среднем, по одному образцу из рудного интервала мощностью ≈1м. В основе отбора использовался визуальный метод, после зачистки поверхности столбика керна от бурового раствора. В лаборатории опытный образец разделывался на 2 части: одна часть использовалась для определения величины коэффициента фильтрации, другая для определения содержания алевропелитов – тонкого, глинистого связующего материала.

Полученные 46 значений $K_ф$ были сгруппированы по трем интервалам. При выборе граничных значений интервалов $K_ф$ исходили из равнозначной представительности каждого из полученных значений коэффициентов фильтрации. Так, количество образцов в интервале 1- $K_ф$ ≤2,5 м/сут составило 16 шт.; в интервале 2- 2,5 > $K_ф$ < 5 м/сут - 18 шт.; в интервале 3- $K_ф$ ≥ 5 м/сут - 12 шт. Среднее

значение $К_ф$ для: интервала 1–2,2 м/сут ; интервала 2–3,9 м/сут ; интервала 3–8,5 м/сут, максимальное значение – 11,3 м/сут.

Содержание алевропелитов определялось по второй части кернового материала в объемах выделенных значений $К_ф$ 3-х интервалов.

Интервал1 – содержание алевропелитов более 9,5%, максимальное значение – 18,5 %, среднее значение – 12,5 %.

Интервал 2 – содержание алевропелитов в интервале менее 9,5 % и более 5 5,3 %, среднее значение – 7,0 %.

Интервал 3 – содержание алевропелитов менее 5,3 %, среднее значение – 2,1%.

Такой методический подход к оценке водопроводимости пород продуктивного пласта позволил выделить гидродинамический параметр, характеризующий одновременно литологические и фильтрационные свойства: литолого-гидравлическую проводимость.

Введем коэффициент $К_{л-г}$, характеризующий гидравлическую проводимость пород рудного пласта в зависимости от содержания алевропелитов, выраженное в %. Разделив величину $К_ф$ на содержание алевропелитов ($С_{пл}$), получим удельное значение проводимости на 1% алевропелитов. Тогда, для выделенных интервалов получим следующие значения литолого-гидравлической проводимости:

интервал 1 - $К_{л-г} = К_ф / С_{пл}$ = 2,2/12,5 = 0,18 м/сут·%;

интервал 2 - $К_{л-г}$ = 0,56 м/сут·%;

интервал 3 - $К_{л-г}$ = 4,0 м/сут·%.

Коэффициент литолого-гидравлической проводимости – интегральная величина, характеризующая удельное значение коэффициента фильтрации пород в зависимости от содержания алевропелитов.

Выявленные в процессе исследований зависимости между удельной приемистостью (q) скважин и значениями показателя Ж:Т (временной параметр) для каждого из установленных и рассчитанных средних значений $К_ф$, свидетельствуют, что более интенсивно процесс кольматации проявляется в литологических разностях с высокой гидравлической проводимостью ($К_ф$ >5 м/сут).

Выделение интервалов с различной гидравлической проводимостью основывалось на определении в составе песчаных литологий примесей алевропелитов [2-3].

Необходимо отметить, что значения содержаний примесей алевропелитов и величины $К_ф$ приведены средними при статистической обработке.

Введем коэффициент $К_{л-г}$, характеризующий гидравлическую проводимость пород рудного пласта в зависимости от содержания алевропелитов, выраженное в %. Разделив величину $К_ф$ на содержание алевропелитов, получим удельное значение проводимости на 1% алевропелитов. Сравнивая величины $К_{л-г}$ различных интервалов значений $К_ф$ можно прогнозировать изменение производительности скважин во времени, используя выявленные зависимости.

Интегральный коэффициент $К_{л-г}$ характеризует процессы кольматации порового объема пород, зависящие от присутствия в растворах твердых взвесей – пелитовых глинистых частиц и выпадающих из растворов солей, в виде гелеобразных субстанций, при смене физико-химических условий фильтрующей жидкости.

Таким образом, выявленные зависимости удельной приемистости нагнетательных скважин (q) от величины Ж: Т позволяют прогнозировать снижение производительности скважин в зависимости от водопроницаемости руд. Также установлена зависимость между содержанием в породах продуктивного пласта алевропелитов и коэффициентами фильтрации, что позволило комплексно оценить коллекторские свойства рудного пласта и ввести понятие о коэффициенте литолого-гидравлической проводимости $К_{л-г}$.

Использованная литература

[1]. Толстов Е.А., Толстов Д.Е. «Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в кызылкумском регионе». Москва «ГЕОИНФОРМЦЕНТР», 2002. 47 стр.

[2]. Аликулов Ш.Ш. Халимов И.У. Алимов М.У. Хамидов С.Б. «Интенсификация параметров подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд на примере урановых месторождений» Universum: технические науки. Выпуск №75, Москва - 2020, 57 стр.

[3]. Аликулов Ш.Ш. Халимов И.У. Раббимов Х.Т. Каримов Н. М. «Исследования и разработка мероприятий по предотвращению механической кольматации пласта при подземном выщелачивании урана» Горный вестник Узбекистана. Выпуск №89, Навои – 2022 г. С.33-40.