

УДК 622.142

Ю.Ф. Васючков, А.Ю. Стулишенко

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ БИОВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ

Исследована возможность достижения внутрислоистой дезинтеграции угольного пласта с использованием методов биотехнологий. В рамках исследований проводится анализ изменения биокинетической константы от условий биохимической реакции биосуспензии с углем и подготовка к лабораторным исследованиям скорости таких реакций в условиях, сходных с пластовыми условиями.

Ключевые слова: биотехнология, кинетика, кинетическая константа скорости, дезинтеграция, выщелачивание, скважинные технологии, физико-химия, уголь.

Скважинные способы разработки угольных месторождений с использованием биотехнологий могут применяться в промышленном масштабе только в том случае, если они обеспечивают объемы добычи товарной продукции (угля) в масштабах, сопоставимых с традиционными технологиями. Поэтому использование скважинных биотехнологий в практике угольной промышленности должно быть обосновано с точки зрения скорости протекания процессов биовыщелачивания угольных минералов, а технологические схемы этих процессов должны быть рассчитаны на основе знания закономерностей изменения биокинетических констант для конкретных угольных месторождений и пластов.

Целью настоящей работы является исследование изменения биокинетической константы от условий биохимической реакции биосуспензии с углем (первый этап) и проведения лабораторных исследований скорости таких реакций в условиях, сходных с пластовыми условиями (второй этап).

Биорастворение твердого минерала в биосуспензии может быть рассмотрено с позиции наличия раство-

ряемого минерала в закрытом объеме. Тогда закон для величины (количества) растворенного минерала x (кг) к моменту времени τ (с) с начала процесса растворения имеет вид:

$$x = a (1 - \exp(-k_c \tau)), \quad (1)$$

где a — количество минерала на начало растворения, ед; k_c — кинетическая константа скорости, зависящая от природы минерала и типа растворения, 1/сут; τ — время процесса биорастворения, сут.

Экспонента в отрицательной степени $k_c \tau$ характеризует долю невыщелоченных за время воздействия τ минералов, при известной константе скорости.

Зная значение кинетической константы, мы могли бы применять данную формулу к любым объемам угля. Но при одних и тех же объемах, в различных временных рамках значение k будет различным. Поиск и установление закономерностей между изменениями времени воздействия τ и кинетической константой скорости выщелачивания k_c является целью настоящей работы.

Выделим из формулы (1) отношение растворенного минерала к исходному его количеству.

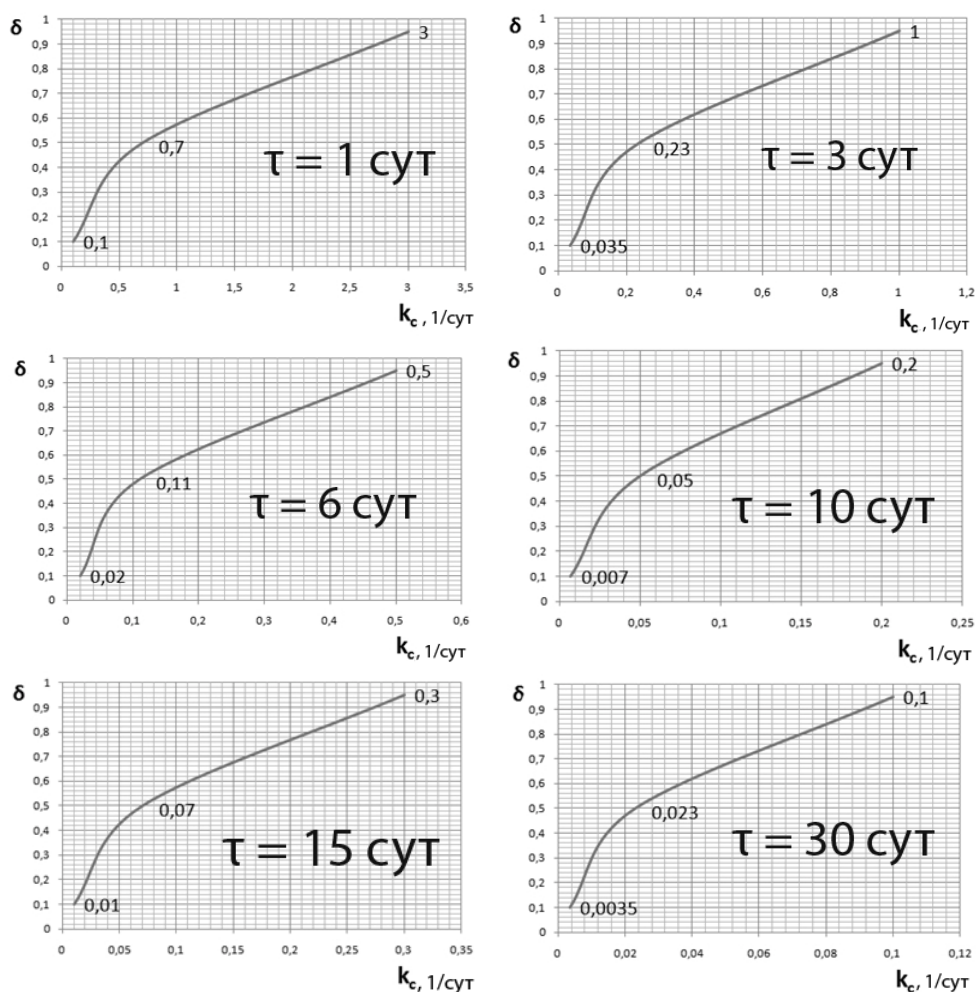


Рис. 1

$$x/a = 1 - \exp(-k_c \tau).$$

Отношение « x/a » характеризует долю выщелоченного минерала, далее обозначаемую символом δ (дельта):

$$\delta = 1 - \exp(-k_c \tau).$$

Поскольку мы имеем дело с экспонентой, то для того чтобы вывести из данного уравнения искомую кинетическую константу, необходимо его прологарифмировать по натуральному основанию:

$$\ln(1 - \delta) = -k_c \tau, \text{ откуда}$$

$$k_c = -\ln(1 - \delta) / \tau. \quad (2)$$

Найдем искомые зависимости. Для этого рассмотрим возможные случаи выщелачивания, в которых доли выщелоченного минерала будут составлять: $\delta_1 = 0,1$ (10 %), $\delta_2 = 0,5$ (50 %) и $\delta_3 = 0,95$ (95 %). По формуле (2) рассчитаем при каких значениях k можно будет добиться искомой доли выщелачивания за время τ , равное 1, 3, 6, 10, 15 и 30 суток и построим соответствующие графики зависимостей (рис. 1).

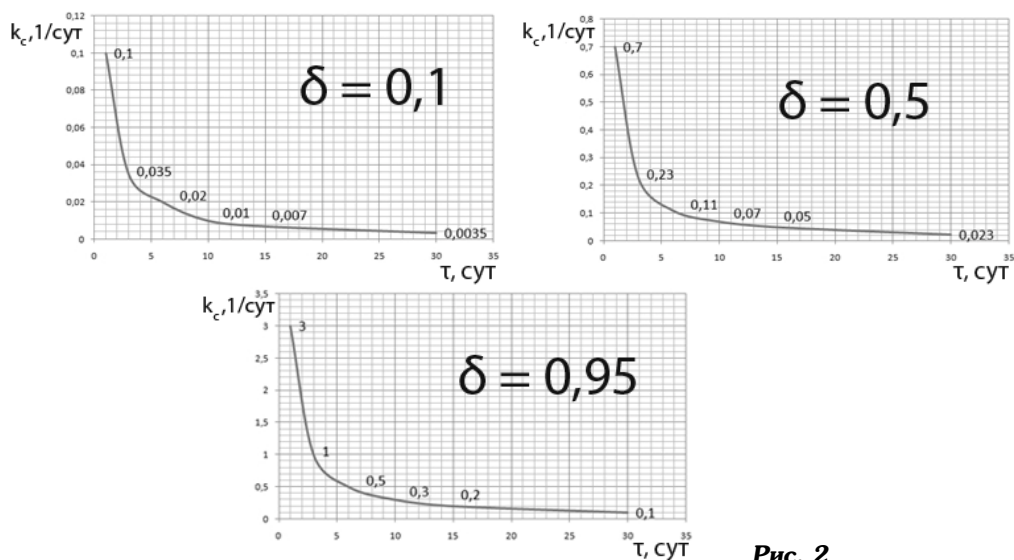


Рис. 2

На основании этих расчетов можно с уверенностью сказать, что между долей δ выщелоченного минерала и константой скорости k_c существует следующая зависимость — чем больше значение константы скорости тем больше доля выщелоченного минерала. Однако каждая зависимость имеет место только на одном и том же промежутке времени ($\tau = \text{const}$). Это обусловлено тем, что все живые организмы имеют свой срок жизни и их концентрация в суспензии в конце этого срока падает, в результате чего скорость выщелачивания и доля выщелачивания минерала уменьшаются.

Увеличение общего времени выщелачивания одинаковой доли минерала требует уменьшения абсолютного значения кинетической константы скорости выщелачивания. В связи с установленной закономерностью рассмотрим изменение кинетической константы скорости биовыщелачивания минерала при постоянном значении доли выщелоченного минерала δ .

На основании расчетов, приведенных выше строим графики зависимо-

сти $k_c = f(\tau)$ для трех исследуемых значений δ (0,1 – 0,5 – 0,95) (рис. 2).

Действительно, анализ вышеприведенных графиков показывает, что при одних и тех же значениях доли выщелачивания минерала, кинетическая константа уменьшается. На графиках видно, что самый значительный спад уровня значений кинетической константы наблюдается в течение первых трех суток, а самый медленный процесс биовыщелачивания скорее всего будет характеризоваться кинетическими константами, проявляющимися во временном промежутке от 10 до 30 суток.

Из анализа обширного литературного материала следует, что скорость биовыщелачивания минералов достаточно мала и значительно меньше скоростей химических реакций хотя бы металлов с кислотами или щелочами. Поэтому при проведении лабораторных исследований биовыщелачивания минералов зольной части ископаемого угля следует ориентироваться на низкие значения кинетической константы скорости реакции.

Этот же вывод может быть весьма важен для промышленного биовыщелачивания минеральной части угля в отношении необходимости использования методов интенсификации процесса биовыщелачивания минералов.

Выводы

1. Данные исследования позволили установить несколько закономерностей протекания процесса биовыщелачивания:

2. При постоянном периоде биовоздействия на уголь возрастание кинетической константы скорости способствует увеличению доли выщелачивания минерала;

3. При постоянной доле извлекаемого минерала увеличение общего времени биовыщелачивания минерала требует уменьшения абсолютного значения кинетической константы скорости этого процесса;

4. В методику лабораторных исследований эффективного биовыщелачивания минералов из угля необходимо включить методы стимулирования скорости биохимических реакций биосуспензии с углем (кислородная стимуляция, оптимизация питания бактерий и температурного режима биореакции, выбор ферментов, более производительных биокультур и др.). **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Васючков Юрий Федорович — профессор, доктор технических наук,
Стулишенко Андрей Юрьевич — аспирант, lq-ice@mail.ru,
Московский государственный горный университет.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

РАЗРАБОТКА ПРОФИЛЕЙ НАКЛОННО НАПРАВЛЕННЫХ СТВОЛОВ СКВАЖИН И СПОСОБОВ ИХ БУРЕНИЯ ДЛЯ РАЗВЕДКИ МЕТАНА В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ КАК САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

Васильев Александр Николаевич — МГРИ-РГГРУ имени Серго Орджоникидзе,
e-mail: A.N.Vasilev@bk.ru.

Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2012. — № 8. — 12 с. — М.: Издательство «Горная книга».

Предлагаемый математический алгоритм расчета оптимального профиля ствола скважин, и выбора комбинаций технологий бурения при проходке отдельных интервалов ствола скважины разработан для наклонно направленных скважин с горизонтальным (субгоризонтальным) окончанием в угольном пласте на основе принципа минимизации затрат.

Ключевые слова: бурение, скважина, разведка угольных пластов.

INCLINED WELL PROFILES AND DRILLING METHODS DESIGN FOR EXPLORATION OF COALBED METHANE AS AN SELF MINERAL RESOURCE

Vasilev Alexander Nikolaevich

A mathematical algorithm for calculating the optimal profile of the wellbore, and the choice of combinations of drilling techniques when drilling certain intervals hole designed for directional wells with horizontal (sub-horizontal) end in the coal on the basis of cost minimization.

Key words: design, profile of the wellbore, drilling, well, exploration, coal seams.