

УДК 622.775

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛАСТОВЫХ ВОД ГИДРОГЕННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Усманов С.Ф., Сабирова Л.Б.

Казахский Национальный технический университет
имени К.И.Сатпаева

Пластовые воды при подземном скважинном выщелачивании (ПСВ) урана и других металлов в объеме обрабатываемой реагентами горнорудной массы претерпевают существенное изменение.

Так если природная пластовая вода имела некоторую сумму солей, то после ПСВ урана их количество существенно возрастает на момент отработки блоков. Однако, через определенное и продолжительное время в отработанном блоке естественная среда приходит в исходное состояние по многим контролируемым параметрам. Это обстоятельство имеет глубокий физический смысл и оценивается количественно вполне определенными закономерностями, которые получены нами в этой статье.

В известной монографии были опубликованы к.т.н. Забазновым В.Л. исключительно редкие результаты многолетних наблюдений за состоянием пластовых вод на месторождении Ирколь Сырдарьинской провинции в Казахстане. Анализ главных параметров восстановления качества пластовых вод без каких-либо вмешательств в эти отработанные участки достаточно надежно подтверждает идею

"самозалечивания" этих участков от вредного вмешательства в естественную среду.

Многие физические процессы приведения их параметров в естественное состояние в течении времени подчиняются экспоненциальному закону в виде известных уравнений:

$$y_j = \alpha_j e^{-\beta_j t}, \quad (1)$$

либо

$$y_j = \alpha_j e^{\beta_j t}, \quad (2)$$

где: t - текущее время;

y_j – контролируемый параметр;

α_j и β_j – статистические константы для каждого параметра y_j ,

$$j = \overline{1, N},$$

где: N – общее число контролируемых параметров.

Так для ПСВ урана кандидатом технических наук В.Л. Забазновым установлены качественные позиции "залечивания" среды во времени по основным параметрам:

- уменьшения сульфат-ионов (г/л) по времени;
- уменьшения нитрат-ионов (г/л) по времени;
- уменьшения суммы солей (г/л) по времени;
- уменьшения концентрации урана в пластовых водах (мг/л) по времени;
- увеличение показателя pH – кислотности пластовых вод по времени.

Используя фактический материал, приведенный в монографиях В.Л.Забазнова, нами была проведена статистическая обработка этих данных. В результате этой обработки были выявлены закономерности на основе статистических данных, отображающие физико-химические процессы, происходящие в пластовых водах после ПСВ.

Как было отмечено выше, по пяти параметрам были установлены определенные зависимости.

Совершенно очевидно, что накопленные минеральные вредные для пластовых вод соединения в виде солей сульфат-ионов и других по истечении времени $t > 0$ будут уменьшать их концентрацию.

Наиболее логичной закономерностью к этим процессам разрушения среды в виде пластовых вод является экспоненциальная функция:

$$y = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot t}, \quad (3)$$

где: y – параметр регистрируемой вредности в пластовых водах;

α, β статистические параметры, устанавливаемые только экспериментальным путем для конкретных месторождений или их части, например, блока;

t – текущее время.

Анализ функции (1) показывает неперенное уменьшение вредностей в пластовых водах или их "залечивание".

Для сульфат-ионов (г/л) для $t = 1$ имеем систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} 6,24 &= \alpha_1 \cdot e^{-\beta_1} \\ 3,10 &= \alpha_1 \cdot e^{-8\beta_1} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Решая систему уравнений (4) относительно α_1 и β_1 , получается:

$$\beta_1 = 0,1; \alpha_1 = 6,69.$$

При этом уменьшение сульфат-ионов от t описывается экспонентой:

$$y_1 = 6,69e^{-0,1 \cdot t}, \text{ г/л,} \quad (5)$$

при

$$t > 0. \quad (6)$$

Аналогичным образом получается закономерность для нитрат-ионов (г/л). Здесь решается система двух уравнений вида:

$$\left. \begin{aligned} 358 &= \alpha_2 \cdot e^{-\beta_2 \cdot 1} \\ 43 &= \alpha_2 \cdot e^{-12\beta_2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Из системы уравнений (7) имеем:

$$\alpha_2 = 432 \text{ и } \beta_2 = 0,192.$$

Уравнение уменьшения нитрат-ионов во времени теперь имеет вид:

$$y_2 = 432e^{-0,192 \cdot t}, \text{ г/л}, \quad (8)$$

при $t > 0$.

В процессе ПСВ урана при взаимодействии серной кислоты образуется в пластовых водах вредное количество солей.

По статистическим данным имеем систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} 15,3 &= \alpha_3 \cdot e^{-\beta_3} \\ 2,5 &= \alpha_3 \cdot e^{-12\beta_3} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Решая систему уравнений относительно α_3 и β_3 , получается:

$$\alpha_3 = 18; \quad \beta_3 = 0,165. \quad (10)$$

Таким образом, солевой состав пластовых вод изменяется от времени t по уравнению:

$$y_3 = 18 \cdot e^{-0,165t}, \text{ г/л}. \quad (11)$$

Содержание урана y_4 в остаточных растворах уменьшается во времени также по экспоненте:

$$y_4 = \alpha_4 \cdot e^{-\beta_4 t}, \text{ мг/л}. \quad (12)$$

Согласно статистическим данным по опытному блоку имеем систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} 58 &= \alpha_4 \cdot e^{-\beta_4} \\ 8 &= \alpha_4 \cdot e^{-12\beta_4} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Из решения системы уравнений (13) получается:

$$\alpha_4 = 69,4; \quad \beta_4 = 0,18$$

и искомое уравнение:

$$y_4 = 69,4 \cdot e^{-0,18t}, \text{ мг/л}. \quad (14)$$

Восстановление пластовых вод характеризуется также показателем их кислотности pH, которая увеличивается с течением времени – t.

Для определения частной закономерности восстановления пластовых вод по pH после ПСВ была получена закономерность в виде линейной функции

$$y_5 = 1,96 + 0,44t, \quad (15)$$

$$y_5 = 0,6 + 0,04t,$$

где: $t > 0$ и $t < 10$.

Приведенные результаты исследований показывают, что существует вполне объективная закономерности "самозалегания" нарушенной естественной среды, которая хорошо описывается экспоненциальным уравнением.

Также нами дано решение обратной задачи по определению времени восстановления пластовых вод

Накладываемые регламентируемые условия по ПДК вредностей позволяют решать обратную задачу из уравнений.

$$t_j^* \geq \frac{1}{\beta_j} \ln \frac{\alpha_j}{\hat{y}_j}. \quad (16)$$

Уравнение (16) является определяющим для вычисления времени реабилитации подземных вод после ПВС урана по четырем составляющим.

Например, для нитрат-ионов ПДК $\hat{y}_j = 45$ мг/л.

Из уравнения (16) получим:

$$t_j^* = \frac{1}{0,192} \ln \frac{432}{45} = 11,77.$$

Из этого следует, что естественное уменьшение нитрат-ионов в пластовой воде до норм ПДК будет достигнуто практически за 12 лет.

В диссертации даны расчеты времени восстановления пластовых вод по всем другим вредностям.

Обозначим допустимые нормы (ПДК) по вредностям y_j через y_j^* , и определим критерий надежности восстановления пластовых вод в общем виде:

$$J_j = 1 - \frac{S_1}{S_2}, \quad (17)$$

или в явном виде:

$$J_j = 1 - \frac{\int_0^{t_j^*} \alpha_j e^{-\beta_j t} dt}{\int_0^{t_j} \alpha_j e^{-\beta_j t} dt}. \quad (18)$$

где S_1 - площадь под кривой $y_j(t)$ от любого $t_j > 0$ до t_j^*

S_2 - общая площадь под кривой $y_j(t)$ от $t_j=0$ до $t_j=t_j^*$

Из уравнения (17) и (18) следует, что при $t=0$, $S_1=S_2$ и $J_j=0$,

при $t = t_j^*$ $S_1 = 0$, тогда $J_j=1, j=\overline{1, N}$.

Эти условия являются необходимыми и достаточными для оценки правильности критерия надежности восстановления пластовых вод. Соотношения (17) и (18) полностью согласуются с физическим смыслом критерия надежности восстановления пластовых вод ПСВ металлов.

Нами получены впервые результаты вычислений частных критериев надежности восстановления пластовых вод для исследуемого объекта ПСВ урана, которые приведены в диссертации

ЛИТЕРАТУРА

1. Рогов Е.И., Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Рогов А.Е. Геотехнология металлов. Алматы, FORTRESS, 2005, 391с.