

А.Е. РОГОВ, Л.Б. САБИРОВА

(Институт Горного дела имени Д.А. Кунаева, г. Алматы)

Представлена академиком НАН РК, д.т.н., проф. Роговым Е.И.

**К ТЕОРИИ ОБОСНОВАНИЯ КРИТЕРИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПЛАСТОВЫХ ВОД
ПРИ ПОДЗЕМНОМ СКВАЖИННОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ**

Аннотация

Ранее нами в [1] было показано, что критерий надежности восстановления пластовых вод после ПСВ (подземное скважинное выщелачивание) урана в основном определяется состоянием пластовых вод после техногенеза.

Ключевые слова: подземное скважинное выщелачивание, пластовые воды, критерий надежности.

Кілт сөздер: жерасты ұңғымалық сілтілеу, такталы сулар, сенімділік критерийі.

Keywords: in-situ leaching, formation water, the reliability test.

При самом первом рассмотрении качества подземных вод до и после добычи урана способом ПСВ стало ясно, что техногенез существенно и по множеству параметров влияет на подземные воды. При этом, если бы эти воды были источниками снабжения населенных пунктов, то их употребление грозит экологической катастрофой – разными болезнями и многими негативными явлениями.

Надежный прогноз состояния пластовых вод после техногенеза ПСВ урана остается пока открытым. В этой связи в настоящей статье сделана первая попытка ответить на важный и первостепенный вопрос – какова же величина КЭН (коэффициент экологической надежности) для реальных блоков ПСВ урана и как его максимизировать.

Будем рассматривать отдельный блок ПСВ урана с параметрами, обозначенными ниже.

Основные вредности в пластовых водах блока после отработки продуктивного пласта и извлечения урана следующие:

- сульфат иона;
- нитрат иона;
- сумма солей;
- остаточное содержание растворенного урана в пластовых водах;
- кислотность (Ph) остаточных растворов.

На все перечисленные параметры установлены ПДК – предельно допустимые концентрации в пластовых водах, подвергнутых техногенезу в виде ПСВ урана. При этом существуют ПДК для питьевого и хозяйственного назначения. Хотя в этом исследовании эти различные ПДК не являются специальным вопросом для обсуждения.

1. Теория проблемы

В соответствии с современным уровнем знаний о процессах диффузионного растворения урана в продуктивных пластах и его фильтрационного переноса к откачным скважинам, предлагается следующая модель.

После извлечения урана из ячейки или блока выключается вся гидродинамическая система ЗС и ОС. Наступает период естественного восстановления пластовых вод или период «заживления». Этот процесс характерен для любых экосистем, в том числе и для пластовых вод, состояние и качество которых нарушено ПСВ урана.

Однако, как показывают наблюдения за процессом «заживления» по широкому спектру параметров [1], они все подчинены экспоненциальному закону в функции от времени t вида:

$$\bar{y}_j = \alpha_j e^{-\beta_j t}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где \bar{y}_j – параметр экологической вредности, есть математическое описание; α_j ; β_j – статические коэффициенты, которые следует установить; t – время, годы или сутки.

Причем величины \bar{y}_j здесь в уравнениях $j = \overline{1, N}$ являются математическими ожиданиями параметров вредности пластовых вод после техногенеза.

Установить коэффициенты α_j и β_j , $j = \overline{1, N}$ для уравнений (1) можно всего по двум достаточно удаленным по времени – t состояниям, лучше всего граничных:

$$\begin{aligned} t_j &= T_{\text{в}j} \\ &\text{è} \quad \text{П} \\ & \quad \text{Э}, \\ t_j &= \hat{T}_j \text{ П} \\ & \quad \text{Ю} \end{aligned} \quad (2)$$

где $T_{\text{в}j}$ - нижняя граница для отсчета времени, например $T_{\text{в}j} = 1$ год;

\hat{T}_j - верхняя граница времени, например $\hat{T}_j = 17$ лет [1].

Если для этих значений зафиксированы математические ожидания параметров \bar{y}_j , то для определения статических коэффициентов α_j и β_j следует решать системы из двух уравнений:

$$\begin{aligned} \bar{y}_j(T_j) &= \alpha_j e^{-\beta_j T_j} \\ \bar{y}_j(\hat{T}_j) &= \alpha_j e^{-\beta_j \hat{T}_j} \end{aligned} \quad (3)$$

Поделим второе уравнение (3) на первое, тогда получим N уравнений вида:

$$\begin{aligned} \bar{y}_j(\hat{T}_j) / \bar{y}_j(T_j) &= e^{-\beta_j(\hat{T}_j - T_j)} \\ j &= \overline{1, N} \end{aligned} \quad (4)$$

Решая уравнение (4) относительно параметра β_j , будем иметь

$$\begin{aligned} \beta_j &= \frac{1}{\hat{T}_j - T_j} \ln \frac{\bar{y}_j(\hat{T}_j)}{\bar{y}_j(T_j)} \\ j &= \overline{1, N} \end{aligned} \quad (5)$$

Эта операция допустима, если вредности \bar{y}_j все по своему абсолютному значению возрастают.

В противном случае при убывании \bar{y}_j делить следует первое на второе, тогда будем иметь:

$$\beta_j = \frac{1}{\hat{T}_j - T_j} \ln \frac{\bar{y}_j(T_j)}{\bar{y}_j(\hat{T}_j)} \quad (6)$$

Подставляя 5 и 6 в уравнение (3) находим статистические параметры α_j :

$$\alpha_j = \frac{\bar{y}_j(T_j)}{e^{\beta_j T_j}}, \quad j = \overline{1, N},$$

где β_j определяется по формулам (5 и 6). Для контроля α_j следует определить из уравнений:

$$\alpha_j = \frac{\bar{y}_j(\hat{T}_j)}{e^{\beta_j \hat{T}_j}}, \quad (7)$$

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

При этом следует обязательно проверить, чтобы α_j определяемые численно для конкретных блоков для ПСВ урана из (6) в точности совпадали бы с численными значениями α_j , определяемые из (7). Если нарушаются эти условия, то задачу по расчету статистических параметров β_j и α_j , $j = \overline{1, N}$ следует повторить.

Так, в соответствии с изложенными теоретическими позициями функции параметров математических ожиданий для $\overline{y_j}$ от времени нами получены в виде конкретных зависимостей для α_j и β_j :

- сульфат-ионы в пластовых водах:

$$\overline{y_1} = 6,69e^{-0.1t}, \text{ г/л} \quad (8)$$

- нитрат-ионы:

$$\overline{y_2} = 432e^{-0.192t}, \text{ г/л} \quad (9)$$

- сумма солей:

$$\overline{y_3} = 18e^{-0.165t}, \text{ г/л} \quad (10)$$

- остаточное содержание урана в пластовых водах:

$$\overline{y_4} = 69,4e^{-0.18t}, \text{ мг/л} \quad (11)$$

- кислотность остаточных растворов пластовых вод:

$$\overline{y_5} = 1,96 + 0,44t, \quad (12)$$

Кандидатом технических наук В.Л.Забазновым [2] было установлено на основании длительных наблюдений за состоянием пластовых вод в отработанных блоках, что в среднем за 15 лет происходит «закисление» пластовых вод, пораженных техногенезом по пяти пересекающимся параметрам:

$$\overline{y_1} \div \overline{y_5} .$$

Подставив в формулы (8) ÷ (12), срок $t = 15$ лет, нами получены оценки по параметрам вредности техногенеза для пластовых вод:

- уравнение (8) – сульфат-ионы:

$$\overline{y_1} = 6,69e^{-0.1 \cdot 15} = 1.22, \text{ г/л}$$

- уравнение (9) – нитрат-ионы:

$$\bar{y}_2 = 432e^{-0.192 \cdot 15} = 24,3, \text{ г/л}$$

- уравнение (10) – сумма солей:

$$\bar{y}_3 = 18e^{-0.165 \cdot 15} = 1,5, \text{ г/л}$$

- уравнение (11) – содержание урана:

$$\bar{y}_4 = 69,4e^{-0.18 \cdot 15} = 4,7, \text{ мг/л}$$

Для остаточной величины кислотности пластовых вод нами доказано, что лучшим будет линейное уравнение вида

$$\bar{y}_5 = a + bt \quad (13)$$

или после решения $\bar{y}_5 = 1,96 + 0,44t$.

- уравнение (12) – кислотность Ph

$$\bar{y}_5 = 1,96 + 0,44 \cdot 15 = 8,6. \quad (14)$$

Все показатели по $\bar{y}_1 \div \bar{y}_5$ через 15 лет в блоке будут находиться в пределах ПДК [2].

Нами также предлагается критерий надежности восстановления пластовых вод в течение отработки блоков ПСВ урана в виде:

$$J_{j,b} = 1 - \frac{\int_{t_j}^{T_j} \alpha_j \cdot e^{-\beta t} \cdot dt}{\int_{\hat{T}_j}^{T_j} \alpha_j \cdot e^{-\beta t} \cdot dt}, \quad (15)$$

$j = \overline{1, N}$

где все параметры, входящие в уравнение (15), уже оговорены ниже.

Здесь крайние значения при $t_j = T_{\checkmark j}$, $J_j = 0$, так как вторая часть уравнения (15) равна единице.

И, наоборот, при $t_j = \hat{T}_j$, будем иметь:

$$J_{j,b} = 1 - \frac{\int_{T_j}^{\hat{T}_j} \alpha_j \cdot e^{-\beta_j t} \cdot dt}{\int_{T_j}^{\hat{T}_j} \alpha_j \cdot e^{-\beta_j t} \cdot dt} = 1, \quad (16)$$

Так как вторая часть $J_j=0$, максимум надежности $J_j=1$ достигается через T_k лет.

Выводы

Предложены теоретические основы оценки уровня надежности восстановления пластовых вод, зараженных техногенезом ПСВ урана, и даны аналитические формулы для вычисления всех необходимых для этого параметров α_j , β_j и $j = \overline{1, N}$.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Рогов А.Е., Рыспанов Н.Б. Математические основы геотехнологий. Алматы, FORTRESS, 2007, 368 с.
- 2 Забазнов В.Л. Диссертация, к.т.н., 2006, 147 с.

REFERENCES

- 1 Rogov E.A., Ryspanov. N.B. *Matematicheskie osnovy geotekhnologii*. Almaty. FORTRESS, 2007, 368 s.
- 2 Zabaznov V.L. *Dissertatsiia, k.t.n.*, 2006, 147 s.

Резюме

A.E. Rogov, L.B. Sabirova

(Д.А.Қонаев атындағы Тау-кен институты, Алматы қ.)

ЖЕРАСТЫ ҰҢҒЫМАЛЫ СІЛТІЛЕУДЕ ТАҚТАЛЫ СУЛАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ СЕНІМДІЛІК КРИТЕРИЙІНІҢ ТЕОРИЯСЫН НЕГІЗДЕУ

Уранды ЖҰС нақты блоктарда ЭСК (экологиялық сенімділік коэффициенті) шамасы қандай және оны қалай жоғарылатуға болады деген бірінші ретті және маңызды сұраққа жауап берудің алғашқы талпынысы берілген.

Кілт сөздер: жерасты ұңғымалық сілтілеу, тақталы сулар, сенімділік критерийі.

Summary

A.E. Rogov, L.B. Sabirova

(Mining Institute named after D.A.Kunaev, Almaty)

EDGE WATER ECOLOGICAL SAFETY CASE THEORY WHEN DRILLHOLE ISL

First effort to have an answer on major primal question – what is ecological safety coefficient's value for uranium drilling ISL real blocks and how to minimize it – was taken.

Keywords: in-situ leaching, formation water, the reliability test.

Поступила 25.01.2013 г.

