

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЗОНИРОВАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО РАСТВОРА И РАЗЛОЖЕНИЯ ОЗОНА В НЕМ

Глухенькая Т.А.<sup>1)</sup>, Кипенский А.В.<sup>1)</sup>, Король Е.И.<sup>1)</sup>, Назаров Е.И.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Национальный технический университет «ХПИ»,*

*ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, e-mail: kavkri@ukr.net*

<sup>2)</sup> *НПП «Эконика», ул. Лабораторная, 1, г. Одесса, Украина, 65037*

Современная озонотерапия обладает широким спектром методов и методик введения озона в организм человека. Один из методов озонотерапии состоит в проведении процедур внутривенной инфузии озонированного физиологического раствора (ОФР). Эффективность этого метода в значительной степени определяется количеством введенного озона. При передозировке возникает вероятность появления токсических эффектов, а при недостаточной дозе озона возможно снижение терапевтического эффекта. В процессе разработки метода корректной дозировки озона в процедурах внутривенной инфузии ОФР возникла необходимость в анализе процессов озонирования физиологического раствора (ПОФР), которое осуществляется путем барботирования физиологического раствора (ФР) озono-кислородной смесью (ОКС), и процессов разложения озона в ОФР (ПРОФР) при проведении процедур.

Разработке математических моделей ПОФР и ПРОФР предшествовало проведение их экспериментальных исследований. Для исследований использовались образцы ФР, выпускаемые украинской промышленностью:

- образец ФР1 – ООО «Юрия-Фарм», г. Киев;
- образец ФР2 – ООО «Нико», г. Донецк;
- образец ФР3 – ООО «Инфузия», г. Киев;
- образец ФР4 – ООО «Новофарм-Биосинтез», г. Новгород-Волынский.

Кроме того, исследовался «идеальный физиологический раствор» (образец ФР0), полученный путем растворения 9 г соли NaCl квалификации ОСЧ в 1 л бидистиллированной воды (электропроводность < 1 мС/см).

Для барботирования использовалась ОКС с концентрацией озона (КО) 8 мг/л и расходом 0,3 л/мин. Температура окружающей среды 26 °С. Измерение КО в ОФР проводились проточным фотометрическим анализатором типа ДФГ. Анализ ПОФР (рис. 1, а) показал, что наиболее точно они могут быть аппроксимированы полиномиальными функциями:

- для ФР0  $C_0 = (a \cdot b + c \cdot t^d)/(b + t^d)$ ;
- для ФР1  $C_1 = (a \cdot b + c \cdot t^d)/(b + t^d)$ ;
- для ФР2  $C_2 = (a + b \cdot t)/(1 + c \cdot t + d \cdot t^2)$ ;
- для ФР3  $C_3 = (a + b \cdot t)/(1 + c \cdot t + d \cdot t^2)$ ;
- для ФР4  $C_4 = (a + b \cdot t)/(1 + c \cdot t + d \cdot t^2)$ ,

где  $C_i$  – КО в  $i$ -ом образце ОФР,  $t$  – время,  $a, b, c, d$  – коэффициенты.

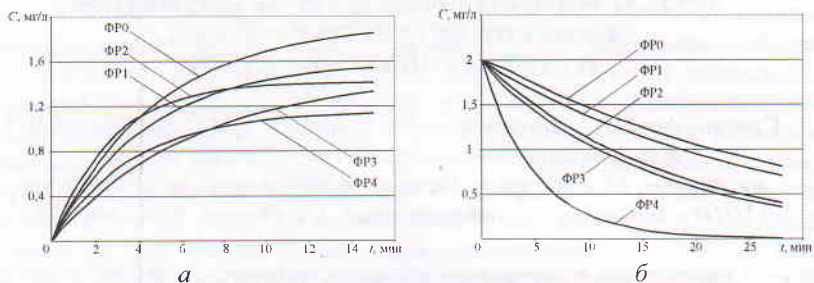


Рисунок 1 – Процессы насыщения озонам ФР (а) и разложения озона в ФР (б)

Дальнейшие исследования показали, что все ПОФР могут быть описаны единым выражением вида

$$C_{\text{ПОФР}} = C_{\text{МАХ}} [1 - \exp(-t/\tau_{\text{ПФ}})], \quad (1)$$

где  $C_{\text{МАХ}}$  – максимальное значение КО в  $i$ -ом ОФР, которое может быть достигнуто при указанных условиях барботирования ( $C_{\text{МАХ0}} = 1,939$  мг/л;  $C_{\text{МАХ1}} = 1,598$  мг/л;  $C_{\text{МАХ2}} = 1,417$  мг/л;  $C_{\text{МАХ3}} = 1,481$  мг/л;  $C_{\text{МАХ4}} = 1,159$  мг/л);  $\tau_{\text{ПОФР}i}$  – постоянная времени ПОФР ( $\tau_{\text{ПОФР0}} = 4,867$  мин,  $\tau_{\text{ПОФР1}} = 4,412$  мин,  $\tau_{\text{ПОФР2}} = 2,696$  мин,  $\tau_{\text{ПОФР3}} = 6,579$  мин,  $\tau_{\text{ПОФР4}} = 3,761$  мин).

Сопоставление расчетных значений КО в ОФР с экспериментальными данными показали, что они коррелируют с коэффициентом не ниже 0,995. Такой результат можно считать вполне приемлемым, поскольку погрешность измерения КО в ОФР существенно выше полученных отклонений.

Исследования ПРОФР проводились в условиях имитации процедуры внутривенной инфузии со скоростью 120 капель в минуту. В результате анализа ПРОФР в различных образцах (рис.1, б), было установлено, что все они также могут быть описаны единым выражением вида

$$C_{\text{ПРОФР}} = C_{\text{НАЧ}} \cdot \exp(-t/\tau_{\text{ПРОФР}i}), \quad (2)$$

где  $C_{\text{НАЧ}i}$  – значение КО в  $i$ -ом ОФР перед началом проведения процедуры ( $C_{\text{НАЧ0}} = 2,043$  мг/л;  $C_{\text{НАЧ1}} = 1,987$  мг/л;  $C_{\text{НАЧ2}} = 1,993$  мг/л;  $C_{\text{НАЧ3}} = 1,938$  мг/л;  $C_{\text{НАЧ4}} = 1,984$  мг/л);  $\tau_{\text{ПРОФР}i}$  – постоянная времени ПРОФР ( $\tau_{\text{ПРОФР0}} = 30,257$  мин,  $\tau_{\text{ПРОФР1}} = 26,954$  мин,  $\tau_{\text{ПРОФР2}} = 17,455$  мин,  $\tau_{\text{ПРОФР3}} = 16,423$  мин,  $\tau_{\text{ПРОФР4}} = 5,022$  мин).

Сравнение расчетных и экспериментальных значений изменения концентрации озона в ОФР показали, что коэффициент корреляции и в данном случае оказывается не ниже 0,995.

Таким образом, процессы насыщения озонам ФР и процессы разложения озона в этих растворах могут быть достаточно точно описаны экспоненциальными функциями. Это обстоятельство упрощает процесс автоматизации дозирования озона при проведении процедур внутривенной инфузии ОФР.