

№ 2

# "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУКЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ОБРАЗОВАНИИ,  
НОВЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ,  
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ,  
ИЗОБРЕТЕНИЯ

Москва  
2006 г.

*Научно-технический журнал*

**«МГОУ-XXI-НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

**№ 2, 2006**

**выпускается с 1994 года**

**Зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телевидения и  
средств массовых коммуникаций**

регистрационный номер ПИ №77-1883

*Журнал выпускается*

**МОСКОВСКИМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ ОТКРЫТЫМ  
УНИВЕРСИТЕТОМ**

---

**Редакция Научно-технического журнала “Новые технологии”**

Наш адрес: г.Москва ул. Павла Корчагина,22 МГОУ	Для писем: 107996, г.Москва, ул. Павла Корчагина,22 МГОУ, к.308	Телефон (495) 682-84-18	E-mail <a href="mailto:eapu@mail.ru">eapu@mail.ru</a>
--	--	----------------------------	--

**Главный редактор профессор Г.Б.Онищенко**

**Заказ № 146. Отпечатано в типографии ООО «РЕЖАНС»**

Следствие 1. Из (13) с учетом (6) и (7) находим

$$a \int_0^\infty \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) dt = \int_0^\infty \frac{\partial T}{\partial t} dt = -T(x, y, 0) = -\left( \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial y^2} \right), \quad (14)$$

т.е.  $\Delta \Phi_0 = T(x, y, 0) = \begin{cases} \varphi(x, y), & \text{если } (x, y) \in S^+, \\ 0 & \text{если } (x, y) \in S^-. \end{cases}$

Следствие 2. Утверждение 2 сыграет важную роль при решении подобных плоских задач термоупругости, а именно: отпадёт необходимость нахождения частного решения в виде логарифмического потенциала (4), удовлетворяющего уравнению Пуассона ( $\Delta \Phi_0 = \varphi(x, y)$ ) внутри области  $S^+$  и уравнению Лапласа ( $\Delta \Psi_0 = 0$ ) в области  $S^-$ .

#### Литература

1. Михлин С.Г. Курс математической физики. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 1968.
2. Кулиев В.Д. Сингулярная краевая задача. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2005.

## ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ СТАТУСЕ МОДЕЛИ СТАЦИОНАРНОЙ ДИФФУЗИИ ПРИ $\gamma$ -ОБЛУЧЕНИИ ПОЛИЭТИЛЕНА

Доктор тех. наук Ю.М.Плескачевский (Институт тепло- и массообмена НАН Б),  
канд. тех. наук В.П.Селькин (Институт механики металлокомпозитных систем НАН Б),  
А.В.Макаренко (Мозырский гос. пед. университет),  
канд. тех. наук С.В.Копылов, доктор тех. наук В.А.Лурье (МГОУ)

В настоящей работе рассмотрена диффузия кислорода воздуха в полиэтилен в присутствии  $\gamma$ -облучения. Экспериментально подтверждён стационарный режим поглощения кислорода в реакциях радиационного окисления и отсутствие процессов насыщения в окислительных реакциях в широком интервале поглощенных доз.

Полученные экспериментальные результаты сравнивались со стационарной моделью диффузии в материал при наличии стоков диффундирующего вещества в реакциях окисления. Достаточно высокий коэффициент корреляции экспериментальных данных и теоретической зависимости подтверждает правомочность использования этой модели при анализе соответствующих процессов.

Рассматривается диффузия кислорода воздуха в полиэтилен низкого давления (ГОСТ 16338-85) в присутствии  $\gamma$ -излучения. Источником излучения служил изотоп  $^{60}\text{Co}$ , мощность поглощенной дозы составляла около 1 Гр/с, среда в которой осуществляли облучение - воздух. Относительную степень радиационного окисления оценивали с помощью инфракрасной спектроскопии по величине поглощения на час-

тоте  $1720 \text{ см}^{-1}$ , соответствующей кислород содержащим группам полиэтилена. Использовали инфракрасные спектрофотометры SPECORD M-80 и UR-20. Градиент радиационных превращений по объему материала исследовали, используя методику, основанную на применении плотно сложенного пакета пленок, который формировали прессованием под давлением 4-5 МПа при температуре на 5-10°К ниже температуры плавления полимера [1]. Результаты исследования:

1. Показано отсутствие существенного радиационно-инициируемого окисления полиэтилена, которое было бы вызвано изначально растворенным в нем кислородом.

Образец (пленка полиэтилена толщиной 100 мкм) изолировали с обеих сторон от доступа кислорода посредством прессованной алюминиевой фольги и облучали до величины поглощенной дозы 0,1 МГр. После отсоединения фольги оценивали степень окисления полиэтилена. Заметного изменения оптической плотности полосы поглощения  $1720 \text{ см}^{-1}$  не обнаружено.

2. Показано отсутствие насыщения радиационно-инициируемых окислительных процессов в интервале интегральных по-

глощенных доз  $\gamma$ -излучения от 0 до 2 МГр и что время  $t$  переходного процесса установления стационарного состояния много меньше 12 часов.

Образец (пакет пленок толщиной 1 мм из 10 пленок по 100 мкм) облучали до величины поглощенной дозы 2 МГр в непрерывном режиме. Аналогичный образец облучали до той же интегральной дозы, прерывая облучение каждые 12 часов на время 20 минут. Последующий анализ показал идентичность распределения окисления по толщине образцов, и что, зависимость степени окисления полимера от величины поглощенной дозы в исследованном интервале доз является линейной.

Поскольку в дальнейшем рассматривали интегральные дозы, время набора которых превышало 5 суток, исследуемые процессы считали стационарными.

Экспериментальные результаты для соответствующих геометрий образцов сравнивались с математической моделью диффузии, учитывающей процессы радиационной модификации образцов в присутствии кислорода воздуха [1-4].

Ниже приведены экспериментальные данные, полученные при облучении полиэтилена низкой плотности в атмосфере воздуха. Интенсивность гамма-излучения составляла 0,073 МГр/сутки. Облучению подвергался пакет из пленок толщиной  $100 \pm 5$  мкм. Общая толщина пакета составила 1 мм. Торцы пакета оплавлялись с целью предотвращения поступления кислорода воздуха. Облучение проводилось последовательно до достижения суммарных доз: 0,125/0,25/0,5/1/2 МГр.

Таблица 1

## Степень окисления по глубине

МГр	100мкм	200мкм	300мкм	400 мкм	500мкм
0,125	0,1686	0,1076	0,0134	0,0102	0,0102
0,25	0,3931	0,2652	0,0310	0,0203	0,0236
0,50	0,7782	0,4941	0,0580	0,0420	0,0464
0,10	0,8300	0,5229	0,0688	0,0492	0,0479
0,20	1,5378	0,8970	0,1316	0,0894	0,0888

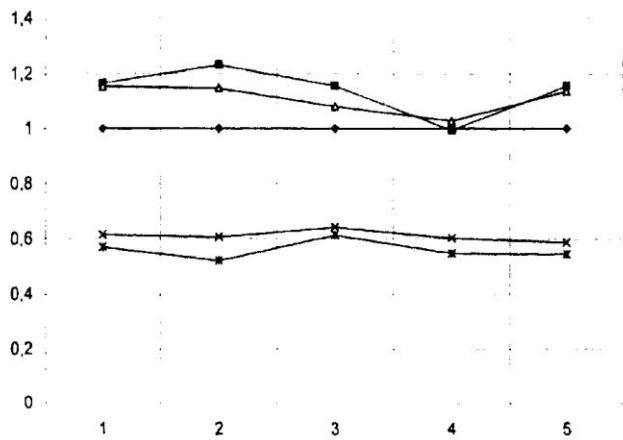


Рис.1. Скорости окисления

Процесс окисления во времени характеризуется графиком (рис.1). Для каждой пленки величина окисления при дозе 0,125 МГр была принята за единицу. Таким образом, при линейном во времени характере окисления величина окисления при дозе 0,25 МГр, делённая на два, должна была бы дать ту же величину, что и при дозе 0,125 МГр. Аналогично были представлены данные и для всех оставшихся доз. Как видно

из рис. 1, для доз 0,25 и 0,50 МГр скорость окисления оказалась выше, чем при дозе 0,125 МГр на 20%. Для доз 1 и 2 МГр скорость уменьшилась почти в два раза по сравнению со скоростью соответствующей 0,25 и 0,50 МГр.

Такое поведение скорости окисления образцов хорошо коррелирует с ходом зависимости степени кристалличности от дозы облучения порошкообразных образцов полиэтилена облучаемых на воздухе [5]. Оно связано с более интенсивными процессами деструкции аморфной составляющей про дозах до 0,70 МГр, чем кристаллической фазы, определяемых методами рентгеноструктурного анализа. Соответствующее поведение степени кристалличности подтверждается также рядом других методов. Тем не менее, корреляция скорости окисления с характером зависимости степени кристалличности облучаемого на воздухе полиэтилена требует отдельного рассмотрения.

Анализ рис.1 позволяет сделать вывод об отсутствии насыщения окислительных процессов в широком диапазоне концентраций, поскольку скорость окисления для разных глубин, и тем самым широкого интервала концентраций, оказывается практически постоянной во всём интервале исследованных доз, вплоть до 2 МГр.

На рис.2 представлены кривые окисления по глубине. Эти кривые получены из экспериментальных данных нормированием (в нашем случае делением) каждого ряда данных для соответствующей дозы на величину степени окисления пятой от поверхности плёнки, то есть на окисление в центре пакета для данной дозы.

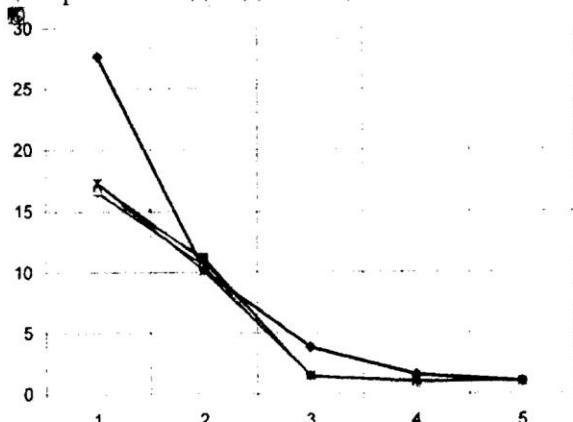


Рис.2. Окисление по глубине образца

Как видно из графика, кривые практически совпадают. Это ещё раз говорит об отсутствии процессов насыщения по всей глубине образца и во всём диапазоне исследованных доз.

Коэффициент корреляции при аппроксимации полученных экспериментальных результатов теоретической кривой соответствующей гиперболическому косинусу, как это и должно быть при двусторонней диффузии в пакет плёнок при наличии воздействия ионизирующего излучения, равен 0,91. Таким образом, аппроксимация полученных экспериментальных результатов теоретической кривой, соответствующей гиперболическому косинусу, приводит к некоторому расхождению теории и эксперимента. Имеет место недоокисление поверхностного слоя около 35%. Коррекция полученных данных с учётом этого эффекта позволяет несколько повысить значения

коэффициента корреляции между теоретической кривой и экспериментальными данными до уровня 0,92.

Кроме того, для всех доз наблюдается несколько менее интенсивное окисление на уровне третьей плёнки, чем это следует из теоретической кривой. Этот эффект имеет место также и для образцов из полиэтилена высокой плотности, хотя коэффициент корреляции в этом случае равен 0,978. Частично этот эффект может быть скомпенсирован посредством учёта зависимости коэффициента окислительной реакции и коэффициента диффузии от температуры образца при использовании активационной модели такой зависимости. При этом достигаются значения коэффициента корреляции для полиэтилена низкой плотности на уровне 0,95. Тем не менее этот эффект несомненно требует дальнейшего экспериментального и теоретического рассмотрения.

### Заключение

Сравнение экспериментальных данных и теоретических оценок проводилось по методу наименьших квадратов. Достаточно высокая степень корреляции с результатами экспериментальных исследований, представленных выше, а также в [1, 2], позволяет считать предложенную модель в достаточной степени корректной для диапазона поглощенных доз в интервале 0,1-2 МГр.

### Литература

1. Плескачевский Ю.М., Копылов СВ., Качалова Н.М., Селькин В.П. // Вести АН БССР. Сер. физ.-тех. наук. 1982. № 1, с. 116.
2. Плескачевский Ю.М., Качалова Н.М., Селькин В.П., Макаренко В.М. // Доклады АН БССР. 1983. Т. XXVII, №3. С. 235 - 237.
3. Копылов СВ., Плескачевский Ю.М., Селькин В.П. // «Новые технологии» 2004, № 5-6, С. 2 - 5.
4. Копылов СВ., Плескачевский Ю.М., Селькин В.П. // «Новые технологии» 2005, № 1, С. 10-13.
5. Копылов СВ.// Доклады АН БССР. 1979. Т. XXIII, №8, С. 709-712.