

11. Bugaeva, L. N. An application of expert system to choice, simulation and development of gases purification processes [Text] / L. N. Bugaeva, Yu. A. Beznosik, G. A. Statjukha, A. A. Kvitka // J. Computers Chem. Engng. — 1996. — Vol. 20, Suppl. — P. 401–402.
12. Безносик, Ю. А. Абсорбция хлора и хлористого водорода из отходящих газов в производстве хлорметанов [Текст] / Ю. А. Безносик, Т. В. Бойко // Химическое машиностроение. — 1981. — Вып. 34. — С. 77–82.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХЕМОСОРБЦИИ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

В работе приводятся данные по математическому моделированию одновременной абсорбции хлора и хлористого водорода растворами щелочи. При моделировании предположено, что реакции в жидкой фазе являются мгновенными и протекают в области внешней диффузии.

Ключевые слова: хемосорбция, реактивная абсорбция, абсорбция, хлор, хлористый водород, мгновенная реакция.

Безносик Юрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра кибернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: yu_beznosyk@ukr.net.

Безносик Юрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра кибернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

Beznosyk Yuriy, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: yu_beznosyk@ukr.net

УДК 54.126:547.260.2

Бойко В. П.

КИНЕТИЧЕСКОЕ АЦЕТИЛИРОВАНИЕ ГИДРОКСИЛЬНЫХ ГРУПП СОПОЛИМЕРА ИЗОПРЕНА И МОНОМЕТАКРИЛОВОГО ЭФИРА ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

С целью дифференциации гидроксильных групп проведено кинетическое ацетилирование сополимера изопрена и монометакрилового эфира этиленгликоля, полученного с пероксидом водорода как инициатором полимеризации. Найдено содержание двух типов гидроксильных групп, определены константы скорости их ацетилирования. Полученные данные использованы для оценки разветвленности сополимера. Приведена подробная экспериментальная и расчетная методика.

Ключевые слова: гидроксильные группы, метод кинетического ацетилирования, реакционная способность, олигомеры.

1. Введение

Реакционная способность гидроксильных групп (ГГ) имеет первостепенное значение при их превращениях, в том числе и при получении полимерных материалов [1]. Для определения их реакционной способности используются разнообразные методы, включая химический анализ, инфракрасную спектроскопию (ИК-спектроскопию) и спектроскопию ядерного магнитного резонанса (ЯМР-спектроскопию) и др. [2]. Все эти методы имеют те или иные достоинства и недостатки, определяемые особенностями метода. Так, химический контроль титрованием не дает прямой информации о природе ГГ. Метод ЯМР сопряжен с трудностями идентификации ГГ по химическому сдвигу и отсутствием в ряде случаев адекватных модельных спиртов, особенно при интерпретации спектров полимеров. ИК-спектроскопическое исследование как правило затрудняется ассоциацией ГГ по водородным связям, зависящей от их концентрации и растворителя [3]. Эти ограничения особенно присущи олигомерам и полимерам, которые содержат различные типы ГГ.

2. Постановка вопроса

В наших работах исследуются гидроксилсодержащие олигодienes (ОРД), получаемые радикальной полимеризацией

в растворах спиртов под действием пероксида водорода (ПВ) [4]. Определению ГГ в олигодienes ОРД, выполненных различными методами [2], посвящено значительное количество работ. Тем не менее, полная ясность в этом вопросе не достигнута, что требует расширения методов исследования.

3. Анализ литературных данных

Использование метода кинетического ацетилирования (МКА), первоначально предложенного Сиггидом и Ханном [5] для дифференциации ГГ в смесях спиртов, показало, что метод может быть успешно использован для дифференциации ГГ в гидроксилсодержащих олигомерах — полиоксипропиленгликолях [6]. На основании полученных результатов были сделаны выводы о механизме инициирования реакции получения этих олигомеров.

Ранее мы использовали МКА для изучения ГГ в олигодienes ОРД [7] и в нефункциональных олигодienes, модифицированных ПВ и меркаптоэтанолом с целью введения ГГ [8]. Полученные данные позволили использовать их для обсуждения механизма реакции полимеризации диенов или их модификации.

В методике кинетического ацетилирования, используемого для дифференциации ГГ, обычно используется

ацелирование ГГ ацелирующей смесью, представляющей раствор уксусного ангилрида (УА) в пиридине. УА берется в избытке по отношению к ГГ, а для обработки используется уравнение второго порядка. Расчеты в МКА весьма трудоемки, что сдерживает широкое применение метода. В настоящей работе приводится подробная экспериментальная и расчетная методика, позволяющая значительно облегчить практическое использование МКА, с акцентом на анализ гидроксилсодержащих олигомеров.

Ацелирование ГГ подчиняется уравнению второго порядка при $b \neq a$:

$$kt = \frac{1}{(b-a)} \cdot \ln \frac{a(b-x)}{b(a-x)},$$

где k — константа скорости, л моль⁻¹с⁻¹; a — концентрация ГГ, экв/л; b — концентрация УА, моль/л; x — количество реагентов, которые прореагировали за время t , с.

Зависимость $\ln\{[b-x]/[a-x]\} - t$ является прямой [5], если ГГ имеют одинаковую реакционную способность. Если же в молекуле имеются два (или несколько) типов ГГ с разной реакционной способностью, прямая обнаруживает излом(ы), после которых ее наклон уменьшается. Содержание более активных ГГ a_1 находят по отрезку на оси ординат A , отсекаемому менее крутым участком прямолинейной зависимости (после излома):

$$A = \ln \frac{b-a_1}{a-a_1},$$

где a_1 — содержание более активных групп.

Из этой формулы находят a_1 :

$$a_1 = \frac{e^A \cdot a_0 - b_0}{e^A - 1}.$$

Содержание менее активных групп a_2 , естественно, равно:

$$a_2 = a_0 - a_1.$$

Так как:

$$\ln \frac{a(b-x)}{b(a-x)} = \ln \frac{a}{b} + \ln \frac{b-x}{a-x},$$

уравнение можно переписать в форме:

$$\ln \frac{b-x}{a-x} = \ln \frac{b}{a} + (b-a)kt.$$

Это уравнение в координатах $\ln \frac{b-x}{a-x} - t$ является линейным с угловым коэффициентом $\operatorname{tg} \alpha = (b-a)k$, откуда:

$$k_2 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{b-a}.$$

Обе формы записи уравнения второго порядка имеют одинаковый угловой коэффициент, но во второй форме кривая проходит выше, чем в первой, на величину

$\ln \frac{b}{a}$. Использование второй формы позволяет упростить расчеты. При правильном построении кривой отрезок, отсекаемый на оси ординат, равный $\ln \frac{b_0}{a_0}$, должен равняться расчетному значению.

Из наклона второго, более пологого участка зависимости, находится константа скорости реакции ацелирования слабых ГГ k_2 . Константу скорости для сильных групп можно найти из начальной скорости V_0 :

$$V_0 = (k_1 a_1^0 + k_2 a_2^0) b_0,$$

откуда:

$$k_1 = \frac{V_0/b_0 - k_2 a_2^0}{a_1^0}.$$

4. Методика кинетики ацелирования гидроксильных групп

1. Готовят ацелирующую смесь. В предварительно взвешенную колбу на 250 мл вводят 5,8 мл УА и взвешивают для увеличения точности. Добавляют 150 мл пиридина, перемешивают и выдерживают 30 мин. Для проверки совпадения расчетной и экспериментальной концентраций УА рекомендуется оттитровать 10 мл ацелирующей смеси.

2. В конической колбе на 500 мл при перемешивании растворяют ~0,02 экв (в пересчете на ГГ) олигомера (спирта) в 50 мл пиридина. Рекомендуемая величина навески:

$$a_{\text{ол}} = 34/\% \text{ОН}.$$

3. Выливают ацелирующую смесь в колбу с раствором олигомера, перемешивают содержимое и одновременно включают секундомер. Исходные ацелирующую смесь и раствор олигомера термостатируют при 25 °С, а реакционную смесь после сливания компонентов сразу же помещают в термостат.

4. Через заданные промежутки времени отбирают пробы реакционной смеси по 10 мл в конические колбы с притертыми пробками. Добавляют 15–20 мл дистиллированной воды и оставляют на 15–20 мин, после чего титруют 0,5 н щелочью NaOH с фенолфталеином до появления розовой окраски.

Ниже приводится полный расчет концентраций и других величин, необходимых для расчета кинетических параметров при ацелировании ГГ. При расчетах концентрацию ГГ выражали в экв/л, а не в моль/л, так как олигомеры в среднем содержали нецелочисленное количество ГГ в молекуле (функциональность по ГГ). Принимали во внимание тот факт, что при гидролизе одной молекулы УА образуются две гидроксильные группы, поэтому в нужных местах вводили коэффициент 2. Основные расчетные формулы [9] имеют вид (обозначения указаны ниже):

— при кислотно-основном титровании растворов с известной концентрацией или известным объемом:

$$N_{\text{щ}} V_{\text{щ}} = N_{\text{к}} V_{\text{к}};$$

— при титровании навески олигомера:

$$\frac{N_{\text{щ}} V_{\text{щ}}}{1000} = \Theta_{\text{ОН}},$$

где количество эквивалентов гидроксильных групп в навеске находили по формуле:

$$\Theta_i = \frac{m_{\text{ол}} \cdot \% \text{ОН}}{100 \Theta_{\text{ОН}}},$$

где $m_{\text{ол}}$ — навеска олигомера.

Эквивалентная масса гидроксильной группы $\Theta_{\text{ОН}} = 17,01$, карбоксильной группы $\Theta_{\text{СООН}} = 45,02$.

Формулы модифицировали в зависимости от характера титруемого раствора. Объем титруемой смеси везде составлял 10 мл.

5. Расчет концентраций реагентов и результатов ацетилирования

1. Объем реакционной смеси после сливания ацетилирующей смеси $V_{\text{ас}}$ и раствора олигомера в пирине $V_{\text{рол}}$, мл:

$$\Sigma V = V_{\text{ас}} + V_{\text{рол}},$$

где $V_{\text{ас}} = V_{\text{пир}} + V_{\text{УА}}$; $V_{\text{рол}} = 50 + V_{\text{ол}} = 50 + m_{\text{ол}}/d_{\text{ол}}$ ($d_{\text{ол}}$ — плотность олигомера, г/см³). Остаток ацетилирующей смеси в колбе после сливания с раствором олигомера, который составляет около 0,3 мл, игнорировали, так как учет этой поправки не влияет на результат эксперимента.

2. Начальная концентрация уксусного ангидрида в реакционной смеси, полученная при титровании 10 мл реакционной смеси при $t = 0$, моль/л:

$$N_{\text{щ}} V_{\text{щ}} = 2b_0 \cdot 10,$$

откуда:

$$b_0 = [\text{УА}]_0 = \frac{N_{\text{щ}} V_{\text{щ}}}{20}.$$

3. Начальная концентрация гидроксильных групп, полученная при титровании 10 мл реакционной смеси при $t = 0$, экв/л:

$$a_0 = [\text{ОН}]_0 = \frac{m_{\text{ол}} \cdot \% \text{ОН}}{100 \cdot 17,01} \cdot \frac{10}{\Sigma V} \cdot \frac{1000}{10} = \frac{m_{\text{ол}} \cdot \% \text{ОН}}{1,701 \Sigma V}.$$

Первый множитель указывает число эквивалентов ГГ во всей реакционной смеси, второй множитель долю этих групп в 10 мл реакционной смеси, третий является пересчетным коэффициентом для выражения концентрации ГГ в экв/л.

4. Объем щелочи $V_{\text{п}}$, идущей на титрование 10 мл реакционной смеси, при полной конверсии ГГ $\alpha = 1$:

$$N_{\text{щ}} V_{\text{п}} = a_0 \cdot 10, \quad V_{\text{п}} = \frac{10 a_0}{N_{\text{щ}}}.$$

5. Изменение объема щелочи, идущей на титрование при полной конверсии гидроксильных групп по

сравнению с контрольным (холостым) опытом V_0 при $t = 0$, мл:

$$\Delta V_{\text{п}} = V_0 - V_{\text{п}},$$

где V_0 находят экстраполяцией объема щелочи во времени к $t = 0$.

6. Изменение объема щелочи, идущей на текущее титрование, мл:

$$\Delta V_t = V_0 - V_t.$$

7. Конверсия по гидроксильным группам (полная конверсия $\alpha = 1$):

$$\alpha = \frac{\Delta V_t}{\Delta V_{\text{п}}}.$$

8. Количество прореагировавших гидроксильных групп (равное количеству прореагировавшего уксусного ангидрида):

$$x = \alpha \cdot [\text{ОН}]_0 = \alpha \cdot a_0.$$

9. Текущая концентрация гидроксильных групп:

$$a_t = a_0 - x = a_0 - \alpha \cdot a_0 = a_0 (1 - \alpha).$$

10. Текущая концентрация уксусного ангидрида:

$$b_t = b_0 - x = [\text{УА}]_0 - \alpha \cdot [\text{ОН}]_0 = b_0 - \alpha \cdot a_0.$$

Обозначения (в скобках указаны рекомендуемые величины):

- $N_{\text{щ}}$ — концентрация щелочи, н (0,5);
- $m_{\text{УА}}$ — навеска УА для ацетилирующей смеси (6,28 г, 5,8 мл);
- $V_{\text{ас}}$ — объем ацетилирующей смеси, мл (155,8);
- $V_{\text{рол}}$ — объем раствора олигомера, мл;
- V_0 — объем щелочи, идущий на титрование реакционной смеси при $t = 0$, мл;
- $V_{\text{п}}$ — объем щелочи, идущей на титрование, при полной конверсии гидроксильных групп $\alpha = 1$;
- V_t — текущий объем щелочи, идущий на титрование реакционной смеси во время t ;
- $m_{\text{ол}}$ — навеска олигомера, г (зависит от содержания гидроксильных групп). Рекомендуемая величина навески:

$$a_{\text{ол}} = 34\% \text{ОН}.$$

- $V_{\text{ол}}$ — объем олигомера, мл (зависит от навески олигомера);
- $d_{\text{ол}}$ — плотность олигомера, г/см³ (определяется заранее);
- $[\text{ОН}]_0 = a_0$ — начальная концентрация гидроксильных групп, экв/л (~0,1);
- $[\text{УА}]_0 = b_0$ — начальная концентрация уксусного ангидрида, моль/л (~0,25);
- α — конверсия гидроксильных групп;
- x — количество прореагировавших гидроксильных групп, экв/л;
- $(a_0 - x)$ — текущая концентрация гидроксильных групп, экв/л;

— $(b_0 - x)$ — текущая концентрация уксусного ангидрида, моль/л.

Ниже приводим расчеты кинетики ацетилирования сополимера изопрена и монометакрилового эфира этиленгликоля (МЭГ) [10], полученного в растворе изопропилового спирта под действием пероксида водорода, и результаты определения ГГ (табл. 1, 2).

Таблица 1

Исходные загрузки и расчетные концентрации реагентов

$N_{\text{ц}} = 0,5109$	$m_{\text{гв}} = 6,2756$	$V_{\text{хол}} = 10,86$	$b_0 = [YA]_0 = 0,2774$
$m_{\text{ол}} = 7,0000$	$V_{\text{гв}} = 5,8$	$\Delta V_{\text{п}} = 1,90$	$a_0 = [\text{OH}]_0 = 0,0973$
$d_{\text{ол}} = 0,90$	$V_{\text{ас}} = 145,8$	$V_{100} = 8,96$	$b_0 - a_0 = 0,1801$
$V_{\text{ол}} = 7,78$	$\Sigma V = 203,6$	—	$b_0/a_0 = 2,84$
$\% \text{OH}_{\text{ол}} = 4,81$	—	—	$A = \ln(b_0/a_0) = 1,044$

Таблица 2

Кинетические данные реакции ацетилирования

t , мин	V_t	ΔV_t	α	x	$b - x$	$a - x$	$\ln[(b-x)/(a-x)]$
0	10,85	0	0	0	0,2774	0,0973	1,0474
2	10,84	0,01	0,004	0,0005	0,2769	0,0968	1,0508
10	10,7	0,15	0,064	0,0077	0,2697	0,0897	1,1014
20	10,5	0,35	0,094	0,0179	0,2595	0,0794	1,1837
30	10,38	0,47	0,154	0,0240	0,2534	0,0733	1,2401
50	10,2	0,65	0,224	0,0332	0,2442	0,0641	1,3372
70	9,97	0,88	0,314	0,0450	0,2324	0,0524	1,4903
90	9,88	0,97	0,454	0,0496	0,2278	0,0478	1,5622
120	9,74	1,11	0,494	0,0567	0,2207	0,0406	1,6925
180	9,54	1,31	0,554	0,0669	0,2105	0,0304	1,9349
240	9,44	1,41	0,594	0,0720	0,2054	0,0253	2,0943
300	9,3	1,55	0,614	0,0792	0,1982	0,0181	2,3913
360	9,24	1,61	0,654	0,0823	0,1951	0,0151	2,5609
390	9,2	1,65	0,694	0,0843	0,1931	0,0130	2,6961
420	9,2	1,65	0,714	0,0843	0,1931	0,0130	2,6961
450	9,16	1,69	0,734	0,0864	0,1910	0,0110	2,8560
480	9,12	1,73	0,794	0,0884	0,1890	0,0089	3,0512

Типичная зависимость конверсии ГГ сополимера от времени реакции приведена на рис. 1, а, а кинетическая зависимость ацетилирования в координатах уравнения второго порядка — на рис. 1, б.

Как видно из рис. 1, кинетическая зависимость в координатах уравнения второго порядка состоит из двух прямолинейных участков, пересекающихся при $t \approx 60$ мин. Из графика рис. 1, б найдено: наклон менее крутого участка $\text{tg } \alpha = 0,00364$; отрезок на оси ординат $A = 1,248$. Из этих данных рассчитана константа скорости менее активных ГГ $k_2 = 3,37 \cdot 10^{-4}$ л моль $^{-1}$ с $^{-1}$ и содержание более активных ГГ — 0,0248 экв/л (25,5 % от общего содержания ГГ). Следует помнить, что время взято в минутах, поэтому при расчете k_2 $\text{tg } \alpha$ надо разделить на 60.

Рассчитанная по вышеприведенной формуле (4) величина $k_1 = 1,22 \cdot 10^{-3}$ л моль $^{-1}$ с $^{-1}$. Отношение констант скорости $k_1/k_2 = 3,6$.

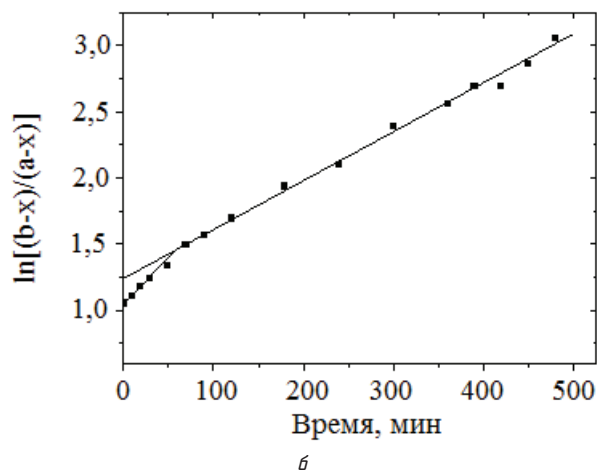
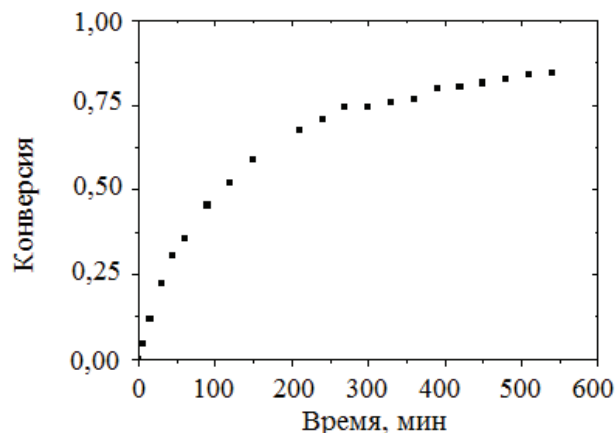


Рис. 1. Зависимость конверсии гидроксильных групп в сополимере изопрена и монометакрилового эфира этиленгликоля (а) и кривая конверсии в координатах уравнения второго порядка (б)

Молекулярные характеристики олигоизопрена и сополимера изопрена с МЭГ представлены в табл. 3.

Таблица 3

Молекулярные характеристики сополимера изопрен-МЭГ и олигоизопрена

Образцы	Молекулярная масса		\bar{M}_w/\bar{M}_n	Содержание ГГ, масс. %	Функциональность по ГГ
	\bar{M}_w	\bar{M}_n			
Сополимер изопрен-МЭГ	4845	2070	2,34	4,80	5,84
Олигоизопрен	3920	2325	1,70	1,47	2,01

Функциональность указывает среднее количество ГГ в одной молекуле. Если принять, что две концевые ГГ отличаются по реакционной способности от ГГ, вводимых звеньями МЭГ, соотношение ГГ составит $2/5,84 = 0,342$, то есть 34,2 % будут составлять концевые ГГ. Логично допустить, что они, как концевые, более активны в реакции ацетилирования, чем находящиеся внутри цепи. Нами получено значение 25,5 % концевых групп, то есть часть концевых ГГ замещена другими группами. В работе [11] было показано, что каждая четвертая концевая ГГ в олигодиенах, полученных с пероксидом водорода, является третичной, которая не вступает

в реакцію ацетилювання. С урахуванням цього обставини первичних кінцевих ГГ, вводимих гідроксильними радикалами, повинно бути $34,2 \cdot 0,75 = 25,6 \%$, що практично збігається з знайденим експериментально значенням. Цей факт є додатковим доказом правильності полімеризаційної схеми, запропонованої в [11], згідно з якою в ініціюванні полімеризації бере участь розчинник. В даному випадку це ізопропіловий спирт, α -радикал якого вводить неактивні третичні ГГ.

6. Висновки

Таким чином, отримані дані дають інформацію про реакційну здатність ГГ різних типів, що важливо при проведенні реакцій олігомерів при їх отриманні з отриманими полімерними композиційними матеріалами. Розподіл груп по типам дозволяє зробити певні висновки про механізм синтезу олігомерів, зокрема, про участь розчинника в ініціюванні полімеризації.

Література

1. Patai, S. The chemistry of hydroxyl, ether and peroxide groups [Text] / Ed. S. Patai // PATAI'S Chemistry of Functional Groups. — Vol. 2., Ch. 16. — 1993. — P. 905–916.
2. Boiko, V. P. Determination of hydroxyl groups in polymers [Text] / V. P. Boiko, V. K. Grishchenko // Acta Polym. — 1985. — Vol. 36, No. 9. — P. 459–472.
3. Атовмян, Е. Г. Исследование ассоциации ОН-групп в α - и ω -гидроксиполитиенах [Текст] / Е. Г. Атовмян, С. М. Батурич, В. П. Лодыгина // Высокомолекулярные соединения. — 1982. — Т. 24, № 2. — С. 131–134.
4. Бойко, В. П. Пероксид водороду в хімії каучука [Текст] / В. П. Бойко, В. К. Грищенко // Хімічна промисловість України. — 2011. — № 3. — С. 65–79.
5. Siggia, S. Use of Differential Reaction Rates to Analyse Mixtures of Organic Materials Containing the Same Functional Group. Application to Mixtures of Alcohols Including Mixtures of Isomeric Primary and Secondary Alcohols and to Mixtures of Aldehydes and Ketones [Text] / S. Siggia, J. G. Hanna // Analyt. Chem. — 1961. — Vol. 33, No. 7. — P. 896–900.
6. Hanna, G. J. Primary and Secondary Hydroxyl Group Content of Propylene Glycols [Text] / G. J. Hanna, S. Siggia // J. Polym. Sci. — 1962. — Vol. 56, No. 164. — P. 297–304.
7. Бойко, В. П. Реакционная способность гидроксильных групп в олигобутадиене, полученном радикальной полимеризацией, инициированной перекисью водорода [Текст] / В. П. Бойко, В. К. Грищенко, Т. С. Яцимирская // Украинский химический журнал. — 1982. — Т. 48, № 4. — С. 415–419.
8. Ермольчук, Л. В. Кинетика ацетилювання гідроксильних груп в олигодієнах, отриманих модифікацією нефункціональних каучуків меркаптоэтанолом і пероксидом водороду [Текст] / В. П. Бойко, В. К. Грищенко, Е. В. Лебедев, Ю. К. Гусев, В. Н. Забористов // Полімерний журнал. — 2008. — Т. 30, № 1. — С. 76–80.
9. Бойко, В. П. Методика проведення розрахунків при отриманні герметиків на основі жидких каучуків шляхом взаємодії функціональних груп компонентів [Текст] // Композиційні полімерні матеріали. — 2002. — Т. 24, № 1. — С. 52–57.
10. Kine, V. B. Acrylic and Methacrylic esters [Text] / V. B. Kine, R. M. Novak // In Encyclopedia of Polymer Science and Technology. — Wiley: New York, 1985. — Vol. 1. — P. 234–305.
11. Grishchenko, V. K. Hydrogen-Peroxide-Initiated Polymerization of Isoprene in Alcohol Solutions [Text] / V. P. Boiko, E. I. Svistova, T. S. Yatsimirskaya, V. I. Valuev, T. S. Dmitrieva // J. Appl. Polym. Sci. — 1992. — Vol. 46, No. 12. — P. 2081–2087.

КІНЕТИЧНЕ АЦЕТИЛЮВАННЯ ГІДРОКСИЛЬНИХ ГРУП КОПОЛІМЕРУ ІЗОПРЕНУ ТА МОНОМЕТАКРИЛОВОГО ЕФІРУ ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

З метою диференціації гідроксильних груп проведено кінетичне ацетилювання кополімеру ізопрена і монометакрилового ефіру етиленгліколю, отриманого з пероксидом водню як ініціатором полімеризації. Знайдено вміст двох типів гідроксильних груп, визначені константи швидкості їх ацетилювання. Отримані дані використані для оцінки розгалуженості кополімеру. Приведена детальна експериментальна і розрахункова методика.

Ключові слова: гідроксильні групи, метод кінетичного ацетилювання, реакційна здатність, олігомери.

Бойко Віталій Петрович, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, Київ, Україна.

Бойко Віталій Петрович, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, Київ, Україна.

Boiko Vitaliy, Institute of Macromolecular Chemistry (IMC) of the National Academy of Sciences (NAS) of Ukraine, Kyiv, Ukraine

УДК 579:636

Даниленко С. Г.

СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДОБАВКИ БК-П

Визначено тип взаємовідносин між штамами лакто- та біфідобактерій. Перевірено здатність до спільного росту у мікскультурах за показниками кислотоутворення та нагромадження життєздатних клітин кожного зі складників композиції. Визначено оптимальне співвідношення штампів при сумісному культивуванні. Створено функціональну добавку БК-П на основі штамів *Bifidobacterium infantis* : *B. longum* subsp. *Suis* : *Lactobacillus acidophilus* : *L. plantarum*.

Ключові слова: антагоністична активність, біфідобактерії, лактобацили, пробіотик, сумісне культивування, співвідношення штампів, функціональна добавка.

1. Вступ

Хвороби, пов'язані з порушеннями діяльності шлунково-кишкового тракту займають одне з основних місць

серед причин загибелі молодняку в господарствах. У цьому зв'язку, проблема профілактики шлунково-кишкових хвороб молодняку, збудниками яких є умовно-патогенні мікроорганізми, вважається однією з найактуальніших