

## Амидирование триацилглицеринов подсолнечного масла

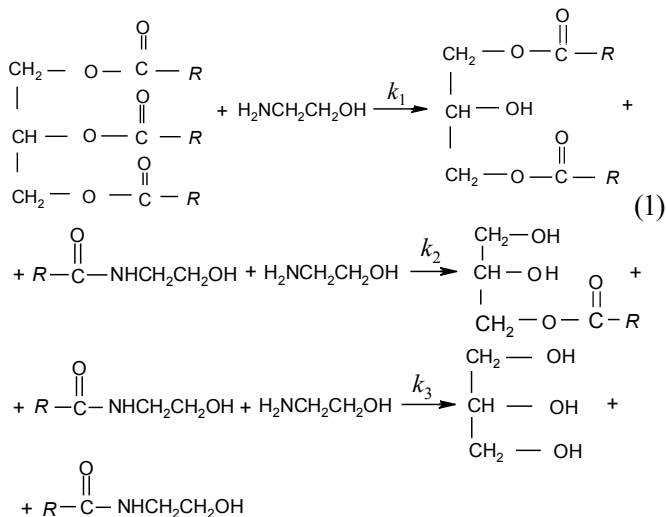
Л.Н. Шкаранута, Л.Л. Митрохина, И.П. Морозова

Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины,  
Украина, 02160 Киев, Харьковское шоссе, 50; тел.: (044) 559-66-47

Показана возможность количественного описания (с погрешностью менее 10 %) закономерностей расходования исходных веществ и получения алкилоламидов подсолнечного масла при условии равенства всех кинетических констант  $k_i$  константе скорости реакции триацилглицеринов с моноэтаноламином  $k_1$ . Для случая каталитического амидирования выявлена зависимость энергии активации от концентрации катализатора, предложены соотношения для расчета процесса и показано, что различие расчетных и экспериментальных значений выхода алкилоламидов не превышает 3–4 %.

Общеизвестна актуальность вытеснения нефтепродуктов за счет вовлечения в производство поверхностно-активных веществ (ПАВ), получаемых на базе возобновляемого сырья. Существует огромное количество работ, посвященных получению ПАВ с использованием растительных масел. Большинство публикаций связано с собственно синтезом, поиском путей получения, вовлечением новых источников сырья [1]. И это целиком оправдано, ведь главная цель синтетика – получение нового вещества, иногда даже “любой ценой”. К сожалению, явно недостаточное внимание уделяется разработке рациональных, экономически оправданных путей массового производства синтезированных веществ. Это приводит к тому, что в ряде случаев в промышленности тиражируют прописи лабораторных синтезов. Как правило, такой перенос оборачивается серьезными издержками. Только с помощью создания и исследования математических моделей, достоверно описывающих закономерности химического превращения, можно выявить пути рационального массового производства новых материалов, решить вопросы масштабирования, выбора аппаратного оборудования и оптимизации.

Представим взаимодействие триацилглицеринов (ТАГ) подсолнечного масла с моноэтаноламином (МЭА) последовательностью реакций (1):



Обозначим концентрацию ТАГ символом  $y(1)$ , МЭА –  $y(2)$ , диацилглицерина –  $y(3)$ , моноацилглицерина –  $y(4)$ , алкилоламида –  $y(5)$ , глицерина –  $y(6)$ .

Стехиометрическая матрица [2] системы реакций (1)

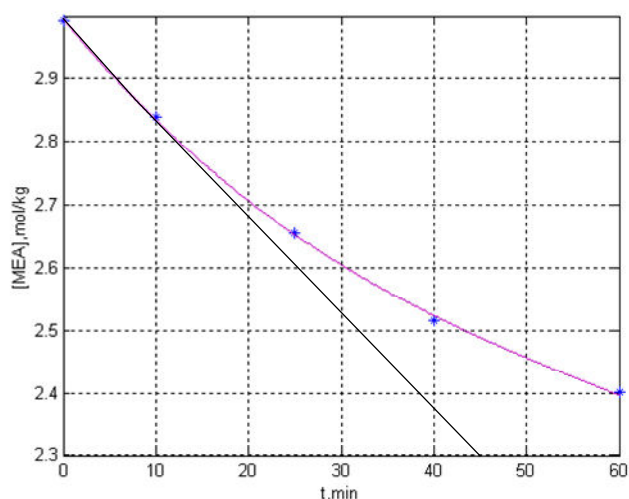
$$\begin{bmatrix}
 y(1) & y(2) & y(3) & y(5) & y(4) & y(6) \\
 -1 & -1 & +1 & +1 & 0 & 0 \\
 0 & -1 & -1 & +1 & +1 & 0 \\
 0 & -1 & 0 & +1 & -1 & +1
 \end{bmatrix}$$

свидетельствует, что для описания процесса достаточно идентификации лишь трех ингредиентов (например,  $y(1), y(2), y(3) - \Delta_{123} = [-1 -1 +1; 0 -1 -1; 0 -1 0] = 1 \neq 0$ ;  $y(1), y(2), y(4) - \Delta_{124} = [-1 -1 0; 0 -1 +1; 0 -1 -1] = -2 \neq 0$ ;  $y(1), y(2), y(6) - \Delta_{126} = [-1 -1 0; 0 -1 0; 0 -1 +1] = +1 \neq 0$ ). Однако это требует построения соответствующих инвариантов системы реакций (1). Представляется более рациональным рассматривать избыточную систему дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}
 \frac{dy(1)}{dt} &= -k_1 y(1) y(2) \\
 \frac{dy(2)}{dt} &= -k_1 y(1) y(2) - k_2 y(3) y(2) - k_3 y(4) y(2) \\
 \frac{dy(3)}{dt} &= k_1 y(1) y(2) - k_2 y(3) y(2) \\
 \frac{dy(4)}{dt} &= k_2 y(3) y(2) - k_3 y(4) y(2) \\
 \frac{dy(5)}{dt} &= k_1 y(1) y(2) + k_2 y(3) y(2) + k_3 y(4) y(2) \\
 \frac{dy(6)}{dt} &= k_3 y(4) y(2)
 \end{aligned} \quad (2)$$

с начальными условиями: при  $\tau = 0$   $y(1) = y(1)_0, y(2) = y(2)_0, y(3) = y(4) = y(5) = y(6) = 0$ .

Общеизвестно, что константы скорости реакций системы (1) разнятся между собой. В работе [3] показано, что в зависимости от длины радикала константы находятся в соотношении 1 : 0,7 : 0,5 (подсолнечное масло) и 1 : 0,9 : 0,3 (триэаноилглицерин). Различие достоверное. Однако представляется актуальной оцен-



**Рис. 1.** Изменение концентрации моноэтаноламина при  $T=353\text{K}$  ( $m=100.22\% \cdot 20.07.17; 80\text{C}$   $m_{\text{MEA}}=22.39$   $m_{\text{NaOH}}=0.0$   $M=m+m_{\text{MEA}}+m_{\text{NaOH}}$   $\text{MEA}_0=100 \cdot m_{\text{MEA}}/M$   $\text{NaOH}_0= m_{\text{NaOH}}/M$   $t=[0 \ 10 \ 25 \ 40 \ 60 \ 90]$   $V=[13.6 \ 17.1 \ 16.6 \ 14.6 \ 14.2]$   $n=[0.479 \ 0.644 \ 0.66 \ 0.608 \ 0.646]$   $g=0.006101 \cdot V$   $P=100 \cdot g/n$   $\text{MEA}=[\text{MEA}_0 \ P]$   $C=10 \cdot \text{MEA}/61.01$   $d=m$   $\text{NaOH}/M$   $v=250 \cdot n \cdot d \cdot \% \text{NaOH}$   $dV=100 \cdot v/V$   $t1=[10 \ 25 \ 40 \ 60 \ 90]$   $\text{plot}(t,C, '*')$   $\text{grid on axis}[0 \ 60 \ 2.3 \ 3]$   $\text{xlabel}(t, 'min')$   $\text{ylabel}([\text{MEA}], \text{mol/kg}')$ )

ка погрешностей в определении концентраций ингредиентов при переходе от хорошо известной модели [3] к соотношениям, предполагающим равенство кинетических констант системы реакций (1),  $k_1 = k_2 = k_3 = k$ . В случае разумно-пренебрежимых отличий откроется возможность отказаться от трудоемких экспериментов по определению  $k_2$  и  $k_3$ , свести анализ системы реакций (1) к экспериментальному определению  $k$  и последующему численному моделированию.

Из системы уравнений (2) следует, что в начальный момент времени

$$k = - \frac{1}{y(1)_0 y(2)_0} \left. \frac{d(y_2)}{dt} \right|_0 \quad (3)$$

На рис. 1 приведена кривая изменения концентрации МЭА при  $y(1)_0 = 0,981$ ,  $y(2)_0 = 3$  моль/кг и температуре 353 К (\* – эксперимент). Найдено, что при 353 К начальная скорость расходования МЭА составляет  $d(y_2)/dt = 0,015$  моль/(кг·мин), а при 403 К –  $d(y_2)/dt = 0,0454$  моль/(кг·мин). Соответственно кинетические константы составили:  $k(353) = 0,0051$  кг/(моль·мин) и  $k(403) = 0,0154$  кг/(моль·мин).

Используя соотношение Аррениуса  $k = k_0 \times \exp(-E/RT)$  и решив систему уравнений

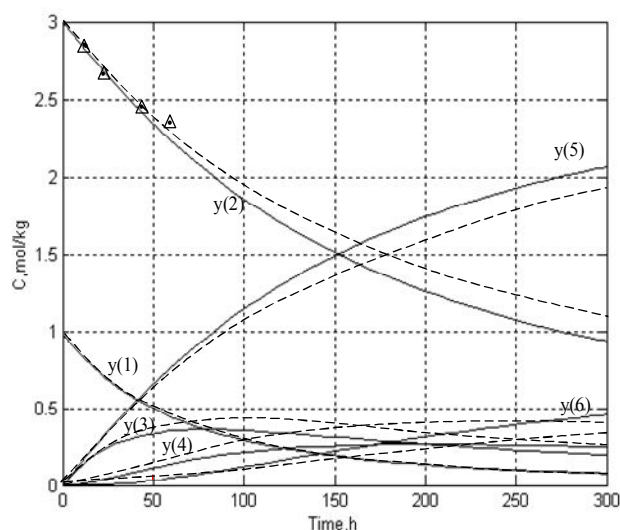
$$\ln 0,0051 = \ln k_0 - E/(8,3143 \cdot 353)$$

$$\ln 0,0454 = \ln k_0 - E/(8,3143 \cdot 403), \text{ получим,}$$

что  $k_0 = 17,29$  кг/(моль·мин);  $E = 23865$  Дж/моль;

$$k = 17,29 \exp(-23865/RT) \text{ кг/(моль·мин)}. \quad (4)$$

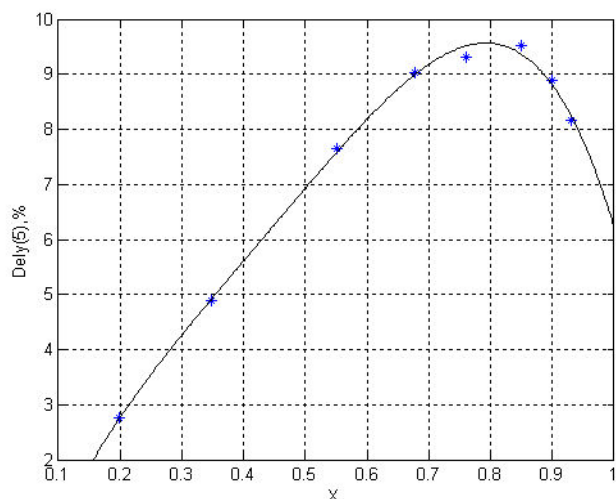
Решение системы уравнений (2) при  $T = 353\text{K}$ ,  $y(1)_0 = 0,981$  моль/кг,  $y(2)_0 = 3$  моль/кг и  $y(3)_0 = y(4)_0 = y(5)_0 =$



**Рис. 2.** Распределение концентраций ингредиентов в ходе амидирования (—  $k_1 = k_2 = k_3 = k$ ,  $k_1 : k_2 : k_3 = 1 : 0,7 : 0,5$ )

$= y(6)_0 = 0$  с использованием (в терминах MATLAB) М-файла:  $\text{function } dy = \text{mono65}(x,y); dy = \text{zeros}(6,1); dy(1) = -51e-4 \cdot y(1) \cdot y(2); dy(2) = -51e-4 \cdot y(1) \cdot y(2) - 51e-4 \cdot y(3) \cdot y(2) - 51e-4 \cdot y(4) \cdot y(2); dy(3) = +51e-4 \cdot y(1) \cdot y(2) - 51e-4 \cdot y(3) \cdot y(2); dy(4) = +51e-4 \cdot y(3) \cdot y(2) - 51e-4 \cdot y(4) \cdot y(2); dy(5) = +51e-4 \cdot y(1) \cdot y(2) + 51e-4 \cdot y(3) \cdot y(2) + 51e-4 \cdot y(4) \cdot y(2); dy(6) = +51e-4 \cdot y(4) \cdot y(2);$  и решателя:  $[x,y] = \text{ode45}(@\text{mono65}, [0 \ 30], [0.981 \ 3 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]); \text{plot}(x,y)$   $\text{grid on}$   $\text{xlabel}('Time, h')$   $\text{ylabel}('C, mol/kg')$  показало близость расчетных значений концентрации МЭА и экспериментально найденных при малых  $t$  (рис. 2). Там же (штриховые линии) представлено решение системы уравнений (2) при соблюдении пропорций, выявленных в работе [3],  $k_1 : k_2 : k_3 = 1 : 0,7 : 0,5$ , иначе вычисления велись при  $k_1 = 0,0051$ ;  $k_2 = 0,00375$ ;  $k_3 = 0,00255$  кг/(моль·мин). Из рис. 2 следует, что имеют место существенные различия в зависимостях концентраций промежуточных веществ, полученных при учете и игнорировании различий в значениях констант. В то же время обе модели дают близкие значения концентрации целевого продукта и исходных веществ. В ходе превращения более 90 % исходного ТАГ погрешность не превышает 10 % (рис. 3). Приняв во внимание подвижность состава подсолнечного масла, погрешности при идентификации ингредиентов, проведении экспериментов представляется оправданным использование посылки о равенстве констант скорости системы реакций (1) при оценке выхода целевого продукта в ходе амидирования ТАГ подсолнечного масла.

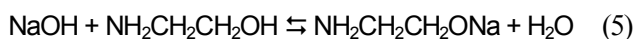
В качестве источника триацилглицеринов использовали масло подсолнечное, рафинированное дезодорированное марки П по ДСТУ 4492-2005. Массовая доля основного вещества в МЭА составляла 99,8 %. Титрование МЭА проводили 0,1N HCl в присутствии



**Рис. 3.** Зависимость относительной разности концентраций целевого продукта при учете и игнорировании равенства кинетических констант от степени превращения исходного триацилглицерина ( $X=[0.1985\ 0.3477\ 0.5509\ 0.677\ 0.76\ 0.85\ 0.9\ 0.93]$  Del=[2.75 4.88 7.64 9.03 9.31 9.51 8.88 8.16] plot(X,Del,'\*') grid on xlabel('X') ylabel('Dely(5),%'))

бромфенолового синего. С учетом угроз искажения результатов титрования МЭА за счет взаимодействия титранта с едким натром были взяты концентрации NaOH, составляющие 1–2 % начальной концентрации МЭА, т.е. даже нейтрализация HCl всей введенной щелочи практически не могла сказаться на точности титрования.

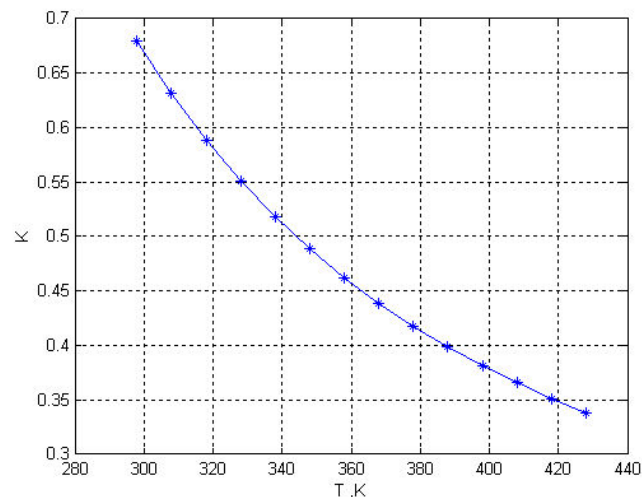
Приведенные на рис. 2 зависимости свидетельствуют, что достижение экономически оправданных превращений требует значительных затрат времени. Это хорошо согласуется с известной практикой применения катализаторов при получении алкилоламидов. В их числе и едкий натр. Очевидно, что в этом случае образуется алкоголят аминокспирта.



Алкоголят атакует связь O–COR триацилглицерина, что ведет к образованию алканоламида R–CONHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH и соответствующего диацилглицерина. В дальнейшем происходит атака катализатора на очередной фрагмент диацилглицерина с получением соответствующего моноглицерина. С целью выявления влияния катализатора на процесс амидирования экспериментально были найдены константы скорости при различных температурах и исходных массах NaOH.

Исходные данные и промежуточные результаты сведены в табл. 1.

Оценка влияния реакции (5) на ход амидирования триацилглицеринов подсолнечного масла может быть получена из сравнительного анализа взаимодействия этанола с едким натром [4]. В работе [5] приводится тепловой эффект реакции этанолиза  $\Delta h_p = -5,7$  кДж/моль,



**Рис. 4.** Зависимость константы равновесия реакции этанолиза от температуры

( $T=[298:10:433]$   $a=5.7 \cdot 1000/8.3143 \cdot (1/T-1/298)$   $K=0.68 \cdot \exp(a)$  plot(T,K,'\*') grid on xlabel('T,K') ylabel('K'))

а в статьях [6, 7] показано, что при 25 °С константа равновесия составляет  $K = 0,68$ .

Используя уравнение Вант-Гоффа [8]

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{\Delta h}{RT^2}$$

$$\int_{K(T_1)}^{K(T_2)} \ln K = \frac{|\Delta h|}{R} \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{RT^2}$$

получили

$$K(T_2) = K(298) \exp \left[ \frac{5,7 \cdot 10^3}{8,3143} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \right]. \quad (6)$$

На рис. 4 приведена зависимость константы равновесия  $K$  от температуры. Например, при температуре  $T = 393\text{K}$  константа равновесия  $K = 0,38$ .

Это дало возможность оценить концентрацию этилата. Исходя из очевидного равенства  $K = [\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}]^* \times [\text{H}_2\text{O}]^* / [\text{NaOH}]^* [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]^*$  и данных табл. 1 ( $[\text{NaOH}]_0 = 0,041$  моль/кг,  $[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]_0 = [\text{МЭА}]_0 = 3$  моль/кг), получили

$$0,38 = \frac{X^2}{(0,041 - X)(3 - X)}, \quad (7)$$

где  $X = [\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}]^* = [\text{H}_2\text{O}]^* = [\text{NaOH}]_0 - [\text{NaOH}]^* = [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]_0 - [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]^*$ , звездочкой (\*) обозначены равновесные концентрации ингредиентов.

Из приведенного на рис. 5 решения уравнения (7) следует, что при  $K = 0,38$  и  $[\text{NaOH}]_0 = 0,041$  моль/кг концентрация  $X = [\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}]^* = 0,0396$  моль/л, т.е. более 96 % едкого натра пребывает в форме этилата. При  $[\text{NaOH}]_0 = 0,06$  моль/кг,  $X = 0,058$  моль/кг – более 95 %.

Таблица 1. Данные для расчета и рассчитанные значения констант скорости

Масса NaOH, г	Температура, К	Начальная концентрация NaOH, моль/кг	Начальная концентрация МЭА, моль/кг	Начальная концентрация триацилглицерина, моль/кг	Скорость расходования МЭА, моль/(кг·мин)	Константа скорости $k$ , кг/(моль·мин)
0	353	–	3,00	0,981	0,0150	0,0051
0	403	–	3,00	0,981	0,0454	0,0154
0,2	353	0,041	3,00	1,000	0,0500	0,0167
0,2	383	0,041	3,00	1,000	0,1000	0,0333
0,2	403	0,041	3,00	1,000	0,1200	0,0400
0,3	383	0,061	3,00	1,000	0,1660	0,0552
0,3	403	0,060	2,95	0,981	0,2110	0,0728

Таким образом, есть основания (в рассмотренном диапазоне [NaOH]) отождествлять его концентрацию с концентрацией катализатора.

Приняв, что введение в систему катализатора с концентрацией [NaOH] снижает энергию активации [9] на некоторую величину  $A$  и используя ранее найденное соотношение (4), можно оценить энергию активации катализируемой реакции.

$$\text{Так как } k(C, T) = k_0 \exp\left(-\frac{E-A}{RT}\right),$$

где:  $E$  – энергия активации реакции в случае отсутствия катализатора, Дж/моль,

$$\text{то } E(C) = E - A = -RT \ln[k(C, T) / k_0] \quad (8)$$

здесь  $E(C)$  – энергия активации реакции при наличии катализатора с концентрацией  $C$ , Дж/моль.

Используя экспериментально найденные кинетические константы при различных температурах и концентрациях реагентов и едкого натра (табл. 1), нашли, что зависимость энергии активации от начальной кон-

центрации NaOH линейна (табл. 2, рис. 6).

$$E = 24 - 88[\text{NaOH}], \text{ кДж/моль.} \quad (9)$$

Таблица 2. Данные для расчета и рассчитанные энергии активации

T	$k$	[NaOH], моль/кг	$E \cdot 10^{-4}$ , Дж/моль
353	0,0051	0	2,3857
403	0,0154	0	2,3533
353	0,0167	0,0410	2,0376
383	0,0333	0,0410	1,9910
403	0,0400	0,0410	2,0335
383	0,0552	0,0610	1,8300
403	0,0728	0,0602	1,8329

В работе [10] приведены результаты амидирования ТАГ, входящих в состав подсолнечного масла: нагревая в течение 3 ч смесь 50 г (0,06 моль) подсолнечного масла с 11 мл (11,2 г, 0,18 моль) МЭА в присутствии 0,1 г едкого натра, получили амид с выходом 95 %.

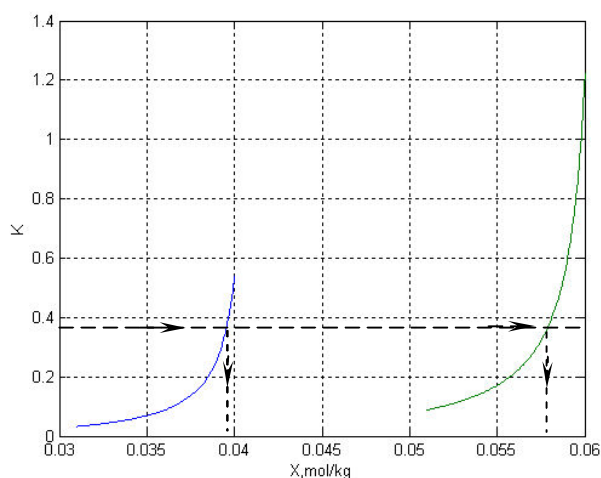


Рис. 5. Зависимость константы равновесия от равновесной концентрации этилата натрия ( $x=[0.031:0.0001:0.04]$   $x1=[0.051:0.0001:0.06]$   $a=x.^2$ ;  $a1=x1.^2$ ;  $b=(0.041-x)$ ;  $b1=(0.061-x1)$   $c=(3-x)$ ;  $c1=(3-x1)$ ;  $d=a/b$ ;  $d1=a1/b1$ ;  $y=d/c$   $y1=d1/c1$   $\text{plot}(x,y,'-',x1,y1,'-')$   $\text{grid on}$   $\text{xlabel}('X,\text{mol/kg}')$   $\text{ylabel}('K')$ )

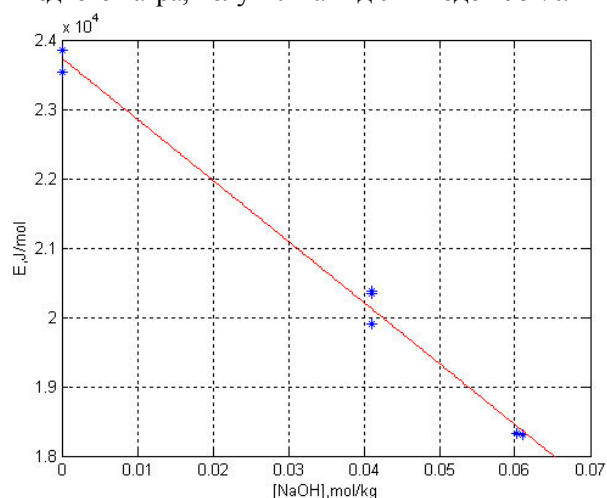


Рис. 6. Зависимость энергии активации реакции от начальной концентрации NaOH ( $T=[353\ 403\ 353\ 383\ 403\ 383\ 403]$   $k=[0.0051\ 0.0154\ 0.0167\ 0.0333\ 0.04\ 0.0552\ 0.0728]$   $[\text{NaOH}]=[0\ 0\ 0.041\ 0.041\ 0.041\ 0.061\ 0.0602]$   $E=8.3143 \cdot T \cdot \log(k/17.29)$   $\text{plot}([\text{NaOH}],E,'*')$   $\text{grid on}$   $\text{xlabel}('[\text{NaOH}],\text{mol/kg}')$   $\text{ylabel}('E,\text{J/mol}')$ )

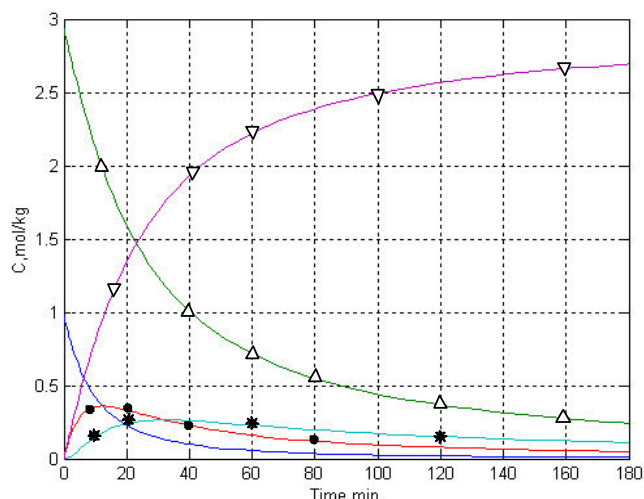


Рис. 7. Расчет концентраций при получении моноэтаноламидов подсолнечного масла (—  $y(1)$ ;  $\triangle$  –  $y(2)$ ; • –  $y(3)$ ; \* –  $y(4)$ ;  $\nabla$  –  $y(5)$ )

Эти результаты были использованы для проверки состоятельности предложенных нами соотношений. Мы исходили из того, что масса реакционной смеси составляет 61,3 г, начальная концентрация ТАГ  $0,06/61,3 = 0,979$  моль/кг; МЭА –  $0,18/61,3 = 2,936$  моль/кг;  $[NaOH]_0 = 0,1/(40 \cdot 61,3) = 0,04078$  моль/кг. Константу скорости с учетом введенного NaOH рассчитывали по соотношениям (4) и (8)

$$k(0,04078, 393) = 17,29 \cdot \exp\left[-\frac{24000 - 88 \cdot 40,78}{8,3143 \cdot 393}\right] = 0,0335 \text{ кг}/(\text{моль} \cdot \text{мин}).$$

Начальные условия для системы уравнений (2) имеют вид  $y(1)_0 = 0,979$ ;  $y(2)_0 = 2,936$ ;  $y(3)_0 = y(4)_0 = y(5)_0 = 0$ .

Решатель: `[x,y]=ode45(@mono63,[0 180],[0.979 2.936 0 0 0]); plot(x,y); grid on; xlabel('Time,min'); ylabel('C,mol/kg');` М-файл: `function dy=mono63(x,y); dy=zeros(5,1); dy(1) = -335e-4.*y(1).*y(2); dy(2)=-335e-4.*y(1).*y(2)-335e-4.*y(3).*y(2)-335e-4.*y(4).*y(2); dy(3) =+335e-4.*y(1).*y(2)-335e-4.*y(3).*y(2); dy(4)=+335e-4.*y(3).*y(2)-335e-4.*y(4).*y(2); dy(5)=+335e-4.*y(1).*y(2)+335e-4.*y(3).*y(2)+335e-4.*y(4).*y(2).`

Приведенные на рис. 7 результаты расчета свидетельствуют о корректности принятых исходных посылок для инженерных расчетов концентрации целевого продукта. Кривые хорошо качественно описывают превращения – в соответствии с системой реакций (1)

ТАГ  $y(1)$  монотонно расходуются, а концентрации ди- $y(3)$  и моноацилглицеринов  $y(4)$  возрастают до локального максимума, затем снижаются вследствие образования целевого продукта. Типичный пример последовательной реакции. И, наконец, расчетный выход целевого продукта на 180-й минуте составляет  $y(5)_{180} \cdot 100/y(2) = 2,693 \cdot 100/2,936 = 91,7\%$ , практически неогличим от полученного экспериментально в работе [16] – 95 % и хорошо согласуется с ранее сделанной оценкой погрешности определения концентрации МЭА (рис. 3).

Полагаем оправданным использование предложенного подхода при описании каталитических и некаталитических процессов получения алкилоламов различных растительных масел.

1. Ланге К.Р., *Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, применение*, Ленинград – Санкт-Петербург, Профессия, 2004.
2. Арис Р. *Анализ процессов в химических реакторах*, Ленинград, Химия, 1967.
3. Матвеева Т.В., 05.18.06 – технология жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів, *Автореф. дис. ... канд. техн. наук, Технологія отримання моноацилглицеринів амідуюванням соняшникової олії*, Харків, 2005.
4. Турова Н.Я., Новоселова А.В., *Успехи химии*, 1965, **34** (3), 385–434.
5. NIST Chemistry WebBook, [webbook.nist.gov/chemistry](http://webbook.nist.gov/chemistry).
6. Caldin E.F., Long G., *J. Chem. Soc.*, 1954, 3737.
7. Murto J., *Suomen Kem.*, 1962, **35** (9), B157.
8. Киреев В.А., *Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций*, Москва, Химия, 1970.
9. Денисов Е.Т., *Кинетика гомогенных химических реакций*, Москва, Высш. школа, 1978.
10. Карпеева И.Э., Зорина А.В., Шихалиев Х.С., *Вестник ВГУ, Сер.: химия, биология, фармация*, 2013, (2), 39–41.

Поступила в редакцию 03.11.2017

## Амідування триацилгліцеринів соняшникової олії

*Л.М. Шкаранута, Л.Л. Митрохіна, І.П. Морозова*

*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України,  
Україна, 02160 Київ, Харківське шосе, 50; тел.: (044) 559-66-47*

Показана можливість кількісного опису (з похибкою менш 10 %) закономірностей витрат вихідних речовин і отримання алкілоламідів соняшникової олії за умови рівності всіх кінетичних констант  $k_i$  константі швидкості реакції триацилгліцеринів з моноетаноламіном  $k_1$ . Для випадку каталітичного амідування виявлена залежність енергії активації від концентрації каталізатора, запропоновані співвідношення для розрахунку процесу і показано, що відмінність розрахункових і експериментальних значень виходу алкілоламідів не перевищує 3–4 %.

## Amidation of triacylglycerines of sunflower oil

*L.M. Shkaraputa, L.L. Mitrokhina, I.P. Morozova*

*Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry, NAS of Ukraine,  
50, Kharkivske shosse, 02160 Kyiv, Ukraine, Tel.: (044) 559-66-47*

The authors have demonstrated a possibility of quantitative description (with 10 % accuracy) of the starting material consumption patterns and synthesis of alkilolamides of the sunflower oil in the case where all kinetic constants  $k_i$  are equal to the constant of the reaction rate of triacylglycerols with monoethanolamine  $k_1$ . For the case of catalytic amidation, the dependency of activation energy on the catalyst concentration has been determined and ratio for the process calculations have been proposed, specifically concluding that the delta between the expected values and experimental results for the alkilolamides yield does not exceed 3–4 %.