

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛЫ КИСЛОТЫ НА КИНЕТИКУ ГИДРОЛИЗА САХАРОЗЫ

*С.Ю. Лебедев, доцент;*

*А.С. Кулиш, студент*

*Сумский государственный университет, г. Сумы*

*На основании экспериментального изучения предложено уравнение для расчёта константы скорости реакции гидролиза сахарозы в интервале температур 17–35°C при концентрациях азотной кислоты 0,7 – 3,0 моль/л.*

**Ключевые слова:** кинетика, сахароза, скорость реакции.

*На основі експериментального вивчення запропоновано рівняння для розрахунку константи швидкості реакції гідролізу сахарози в інтервалі температур 17 – 35°C при концентраціях нітратної кислоти 0,7 – 3,0 моль/л.*

**Ключові слова:** кінетика, сахароза, швидкості реакції.

Процессы, протекающие при гидролизе дисахаридов, имеют огромное научное и практическое значение. В сахарной промышленности важными являются знания о гидролизе сахарозы в условиях производства той или иной продукции.

Ранее нами изучен процесс гидролиза сахарозы в присутствии двух разных минеральных кислот – соляной и серной [1,2]. Эксперименты показали близость значений констант скоростей реакции гидролиза для всего исследованного нами интервала температур и концентраций кислот-катализаторов. Вместе с тем эмпирические итоговые уравнения для разных кислот несколько отличны:

$$k = 2,815 \cdot 10^{14} \cdot \exp(-11510/T) \cdot \exp(1,028 \cdot C) \text{ [мин}^{-1}\text{] для HCl,} \quad (1)$$

$$k = 5,290 \cdot 10^{14} \cdot \exp(-11750/T) \cdot \exp(1,166 \cdot C) \text{ [мин}^{-1}\text{] для H}_2\text{SO}_4. \quad (2)$$

Настоящая работа ставит своей целью получить дополнительную информацию о кинетике гидролиза сахарозы. Нами изучена кинетика гидролиза сахарозы в присутствии азотной кислоты. Известно, что азотная кислота не относится к сильным, а является кислотой средней силы.

Исследование кинетики гидролиза сахарозы проводили в соответствии с методикой, описанной в [1]. Используемые в экспериментах сахароза и азотная кислота имели квалификацию «чда».

Концентрацию исходной азотной кислоты определяли по стандартной методике, описанной в [3]. Плотности растворов сахарозы определяли в соответствии с методикой [4].

Эксперименты проводили при температурах 17 – 35°C, при концентрациях азотной кислоты в реакционных смесях  $\approx 0,7 – 3$  моль/л. Полученные в кинетических экспериментах временные зависимости углов вращения плоскости поляризации обрабатывали по стандартным математическим методикам и представляли в виде уравнений

$$\ln(\alpha_t - \alpha_\infty) = -k \cdot t + \ln(\alpha_0 - \alpha_\infty), \quad (3)$$

где  $k$  – константа скорости реакции гидролиза сахарозы,  $\alpha_0$ ,  $\alpha_t$  и  $\alpha_\infty$  – углы вращения плоскости поляризации в моменты времени  $t=0$  (неизменяемая величина), в произвольный момент времени протекания реакции и в момент времени, соответствующий концу реакции. Погрешности отдельных экспериментов при 95%-й доверительной вероятности составляли 2 – 5%. Коэффициенты линейной аппроксимации всех зависимостей превышали 0,99. Результаты экспериментов представлены в табл.1.

Таблица 1 - Константы скорости реакции гидролиза сахарозы в растворах азотной кислоты  
 $k$  [мин<sup>-1</sup>] ( $\omega$ (сахарозы) = 10%)

Концентрация азотной кислоты в растворе (С), моль/л	$T = 290,9^\circ\text{K}$	$T = 296,1^\circ\text{K}$	$T = 301,2^\circ\text{K}$	$T = 306,1^\circ\text{K}$	Концентрация ионов $\text{H}^+$ в растворе $\text{C}(\text{H}^+)$ , моль/л
0,734			0,01187±0,00037 0,01198±0,00046	0,02342±0,00087	0,722
0,761	0,00293±0,00018	0,00594±0,00008		0,02302±0,00049	0,748
0,979			0,01807±0,00068 0,01875±0,00056		0,958
1,468			0,03580±0,00146 0,03427±0,00116	0,06042±0,00178 0,05733±0,00162	1,422
1,522	0,00757±0,00028	0,01549±0,00093 0,01526±0,00039			1,472
1,908			0,05038±0,00139 0,04851±0,00157		1,831
1,968	0,01210±0,00033	0,02526±0,00112		0,09236±0,00173	1,886
2,348			0,06941±0,00148 0,06706±0,00398	0,11995±0,00477 0,13235±0,00357	2,234
2,422	0,01739±0,00044	0,03691±0,00078 0,03659±0,00128		0,1368±0,00264	2,301
2,879			0,10438±0,00560 0,10458±0,00838 0,12045±0,00375	0,19429±0,00576 0,19966±0,00988	2,710
3,028	0,02620±0,00079 0,02713±0,00043	0,0826±0,0023 0,0843±0,0023			2,843

Проведённые нами эксперименты подтвердили нелинейность зависимости константы скорости реакции от концентрации азотной кислоты в исследованном нами интервале. Коэффициенты уравнения  $k=k_1 \cdot \exp(b \cdot C)$  для данного исследования приведены в табл.2. В этой же таблице для сравнения представлены данные [1].

Таблица 2 - Коэффициенты уравнения  $k=k_1 \cdot \exp(b \cdot C)$ <sup>1</sup>

Т, К	Коэффициент	Кислота	
		Соляная [1]	Азотная
290,9	$k_1$	0,00181	0,00164
	$b$	1,007	0,946
296,1	$k_1$	0,00398	0,00333
	$b$	0,971	0,969
301,2	$k_1$	0,00793	0,00689
	$b$	1,015	0,984
306,1	$k_1$	0,0115	0,01220
	$b$	1,104	0,991

Обработка экспериментальных данных позволила установить формулу для расчёта константы скорости реакции гидролиза сахарозы  $k$  (мин<sup>-1</sup>) в зависимости от температуры  $T$  и концентрации азотной кислоты  $C$ :

$$k = 6,500 \cdot 10^{14} \cdot \exp(-11780/T) \cdot \exp(0,973 \cdot C). \quad (3)$$

Учитывая, что азотная кислота – слабая, мы рассчитали истинную концентрацию ионов водорода в растворах азотной кислоты. При этом мы использовали значение константы диссоциации азотной кислоты [5]. С учётом неполной диссоциации азотной кислоты уравнение (3) превращается в

$$k = 7,180 \cdot 10^{14} \cdot \exp(-11830/T) \cdot \exp(1,054 \cdot C(\text{H}^+)). \quad (4)$$

Для наглядности данные, полученные нами в этой работе, мы сопоставили с данными, опубликованными нами в [1]. На рис.1 представлены данные зависимости константы скорости реакции гидролиза сахарозы от концентрации кислоты, полученные в данной работе и в работе [1] для  $T = 306,1\text{К}$ .

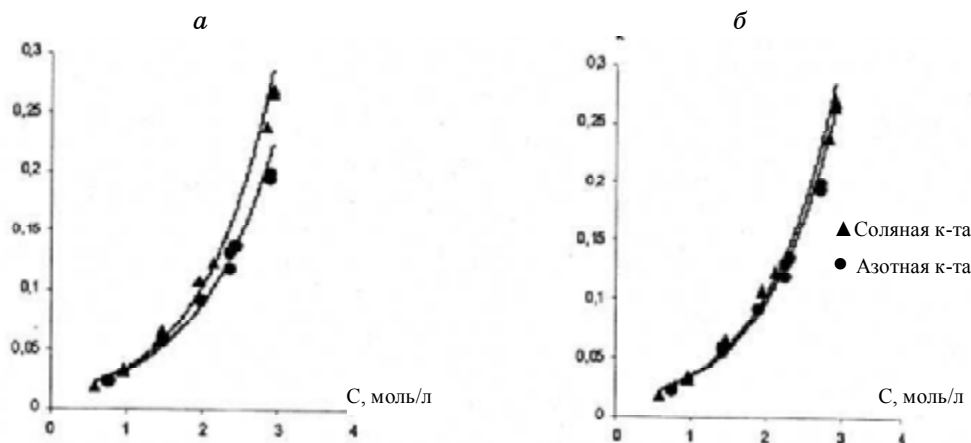


Рисунок 1 - Зависимость  $k - C$  для разных катализаторов:  
 а – без учёта неполной диссоциации  $\text{HNO}_3$ ;  
 б – с учётом неполной диссоциации  $\text{HNO}_3$

<sup>1</sup> Погрешности коэффициентов  $k_1$  и  $b$  не превышают 5 %

Из рис. 16 видно, что данные по обеим кислотам практически совпадают. Такая же картина наблюдается и для других исследованных нами температур. Поэтому мы, объединив данные по двум кислотам, получили общее для соляной и азотной кислот уравнение

$$k = 1,805 \cdot 10^{14} \cdot \exp(-11400/T) \cdot \exp(1,047 \cdot C). \quad (5)$$

В результате нашего исследования получено большое количество значений констант скоростей изучаемой реакции, протекающей в растворах азотной кислоты. Показано практическое совпадение значений констант скоростей реакции гидролиза сахарозы, протекающей в растворах соляной и азотной кислот.

## SUMMARY

### RESEARCH OF INFLUENCING OF FORCE OF ACID ON KINETICS OF HYDROLYSIS OF SACCHAROSE

*S.Yu. Lebedev, A.S. Kulish*  
*Sumy State University, Sumy*

*On the basis of experimental studies the equation for velocity reaction constant calculation of saccharose hydrolysis within the temperature interval of 17 – 35°C at nitric acid concentration of 0,7 – 3,0 mol/l is suggested.*

**Key words:** *kinetics, saccharose, velocity reaction.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев С.Ю. Исследование кинетики гидролиза сахарозы в растворах соляной кислоты // Вісник СумДУ. – 2007. - №1. - С. 93 – 96.
2. Лебедев С.Ю. Исследование кинетики гидролиза сахарозы в растворах серной кислоты / С.Ю. Лебедев, Т.А. Хижняк, А.С. Кулиш // Вісник СумДУ. – 2008. - №1. - С. 112 – 115.
3. Сусленникова В.М. Руководство по приготовлению титрованных растворов / В.М. Сусленникова, Е.К. Киселёва. – Л.: Химия, 1978. – 184 с.
4. Кудряшов И.В. Практикум по физической химии. – М.: Высшая школа, 1986. – 495 с.
5. Равдель А.А. Краткий справочник физико-химических величин / А.А. Равдель, А.М. Пономарёва. – Л.: Химия, 1983. – 232 с.

*Поступила в редакцию 23 марта 2009 г.*