

УДК 54-44

**К ВОПРОСУ О ПОЛУЧЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО НИКЕЛЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Николай Викторович Бучилин

кандидат технических наук, доцент

isk115599@rambler.ru

Лариса Ивановна Никонорова

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

lenaniknrva@rambler.ru

Наталья Викторовна Картечина

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

kartechnatali@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Получение катализаторов разложения углеводов в условиях предприятий сельского хозяйства является актуальной задачей поскольку оперативное изготовление и применение таких катализаторов позволит в десятки раз сократить выбросы вредных веществ в окружающую среду. Настоящая работа посвящена изучению кинетики реагирования хлорида никеля с металлическим цинком с целью получения катализатора на основе никеля. Показано, что порядок данной реакции является нулевым. Константа скорости реакции в выбранных условиях проведения составляет 0,0077 моль/(л·сек).

Ключевые слова: кинетика реакции, гомогенная реакция, гетерогенная реакция, порядок реакции, хлорид никеля, хлорид цинка.

Для предприятий сельского хозяйства значимой является задача эффективного разложения продуктов сгорания моторного топлива и крекинга углеводородов т.к. указанные вещества являются экологически небезопасными и вызывают загрязнение сельхоз угодий [1, 2]. Одним из методов разложения продуктов сгорания углеводородов является их окисление и разложение с использованием катализаторов.

Одним из распространённых катализаторов разложения является катализатор Урушибары на основе тонкодисперсных порошков никеля и цинка. Однако оперативное получение таких катализаторов в условиях предприятий сельского хозяйства не отработано, поэтому предыдущее исследование [3] было направлено на отработку приёмов синтеза тонкодисперсного порошка никеля в условиях материально-технической базы таких предприятий. Предыдущие исследования показали принципиальную возможность получения катализатора Урушибары из раствора хлорида никеля металлического цинка, однако выход годного продукта составлял порядка 25 %, что является низким показателем. Поэтому отработка методики синтеза порошка никеля и катализатора Урушибары с высоким выходом целевого продукта является актуальной. Одним из этапов повышения эффективности технологии синтеза является изучение кинетики химических реакций, приводящих к получению целевых продуктов.

Настоящая работа посвящена изучению кинетики взаимодействия хлорида никеля с цинком, которое приводит к образованию хлорида цинка и никеля.

Скорость гомогенных реакций, протекающих в растворах, в общем случае описывается законом действующих масс [4]:

$$v = k \times C_A^a \times C_B^b$$

где:

k – константа скорости реакции (удельная скорость реакции).

Размерность определяется порядком реакции;

C_A , C_B – концентрации реагирующих веществ в момент времени τ , (моль/л);

a , b – стехиометрические коэффициенты веществ в соответствующем уравнении реакции.

Скорость реакций в зависимости от порядка реакции в общем виде описывается уравнением:

$$v = -\frac{dC}{d\tau} = k \times C^n$$

где:

n – Порядок реакции – т.е. сумма стехиометрических коэффициентов (показателей степеней концентраций) в элементарных реакциях, составляющих механизм сложного химического превращения. Реакции могут быть нулевого, первого, второго, третьего и дробного порядка.

Кинетику взаимодействия оценивали по снижению концентрации исходного хлорида никеля (моль/л) в реакционной смеси при его взаимодействии с десятикратным избытком (в мольном отношении) порошкообразного цинка. Методика синтеза описана в проведённой ранее работе [3]. Отметим, что реакция хлорида никеля с цинком является гетерогенной и гетерофазной. Приведённые выше формулы строго справедливы для гомогенных реакций, протекающих в объёме одной фазы, а не на границе раздела фаз. Однако в случае избытка реагента, находящегося в твёрдом состоянии, реакцию с участием других реагентов, находящихся в растворённом виде, можно представить как квазигомогенную, часто нулевого либо первого, либо дробного порядка, находящегося между нулевым и первым [4, 5].

Экспериментальная зависимость уменьшения концентрации хлорида никеля во времени протекания реакции изображена на рисунке 1. Данные показывают, что реакция завершается за первые 200 секунд после начала.

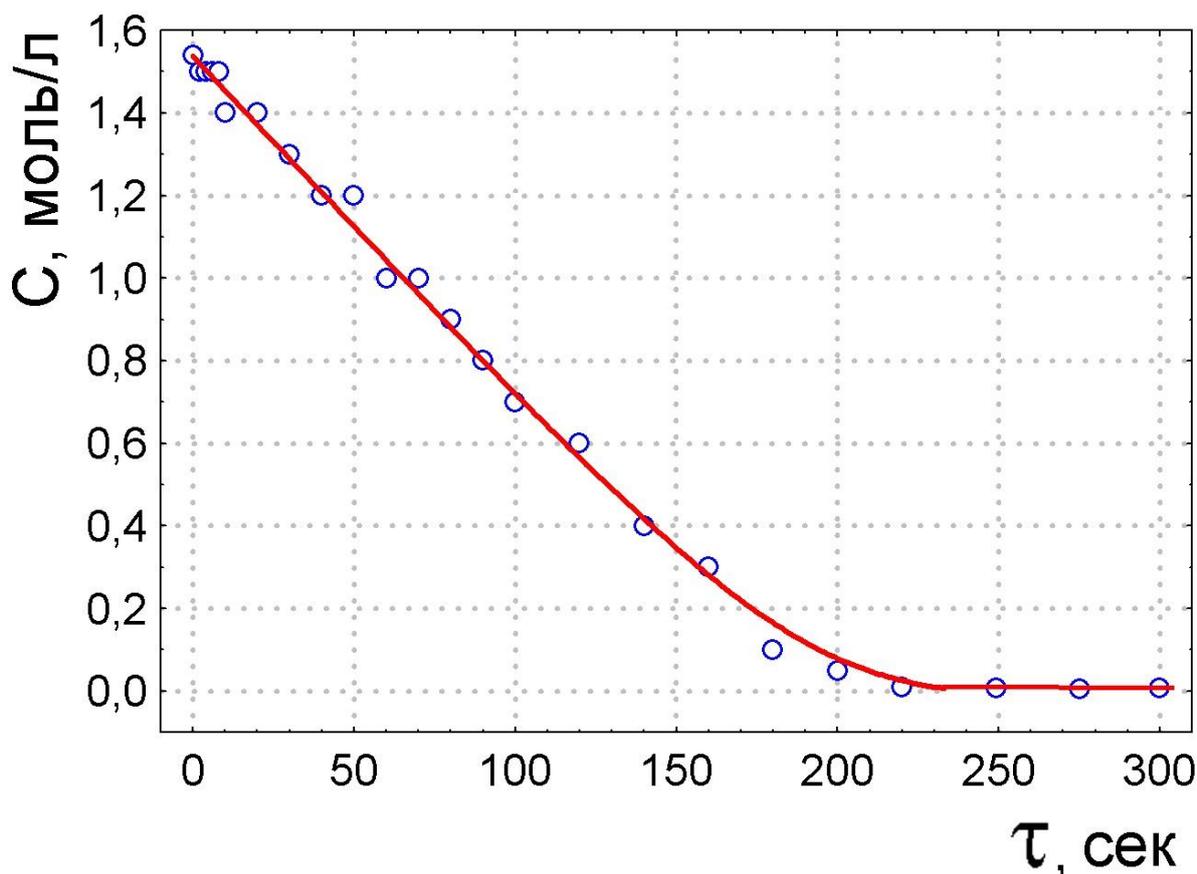


Рисунок 1 - Зависимость концентрации хлорида никеля (С, моль/л) от продолжительности реакции (τ, сек).

Зависимость концентрации от продолжительности реакции –линейная.

Такая зависимость соответствует нулевому порядку реакции и вытекает из зависимости

$$v = -\frac{dC}{d\tau} = k \times C^0 = k$$

Интегрируя данное выражение в пределах $C = C_0$ при $\tau = 0$, и $C = C$ при $\tau = \tau$, получим:

$$C = C_0 - k\tau$$

Из экспериментальных данных $k = 0,0077$ моль/(л·сек).

Таким образом, в ходе проведённых исследований установлено, что порядок реакции между водным раствором хлорида никеля и цинка является нулевым. Константа скорости реакции в выбранных условиях синтеза равна 0,0077 моль/(л·сек).

Список литературы:

1. Торицына В.Н., Картечина Н.В., Яшина Т.К., Васильев В.П. Реализация проектов машинного обучения и искусственного интеллекта // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. Мичуринск-наукоград РФ. 2021. С. 224-225.

2. Щербаков С.Ю., Криволапов И.П., Стрельников Д.И., Коробельников А.П. Характеристика методов проведения анализа риска // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4.

3. Бучилин Н.В., Криволапов И.П., Щербаков С.Ю. Получение металлического никеля с использованием материально-технических ресурсов предприятий сельского хозяйства // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. 2023. С. 24-27.

4. Дьяченко А.Н., Шагалов В.В. Химическая кинетика гетерогенных процессов / Томск: Издательство Томского политехнического университета. 2014. 102 с.

5. Степановских Е.И., Брусницына Л.А., Виноградова Т.В. Химическая кинетика и свойства гетерогенных систем. Учебник / Екатеринбург: Издательство Уральского университета. 2023. 280 с.

UDC 54-44

ON THE ISSUE OF OBTAINING METALLIC NICKEL USING THE MATERIAL AND TECHNICAL RESOURCES OF AGRICULTURE

Nikolai V. Buchilin

candidate of technical sciences, associate professor

isk115599@rambler.ru

Larisa Iv. Nikonorova

candidate of agricultural sciences, associate professor

lenaniknrva@rambler.ru

Natalia V. Kartechina

candidate of agricultural sciences, associate professor

kartechnatali@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. Obtaining catalysts for the decomposition of hydrocarbons in the conditions of agricultural enterprises is an urgent task, since the rapid manufacture and use of such catalysts will reduce emissions of harmful substances into the environment tenfold. This work is devoted to the study of the kinetics of reaction of nickel chloride with metallic zinc in order to obtain a nickel-based catalyst. It is shown that the order of this reaction is zero. The reaction rate constant under the selected conditions is 0.0077 mol/(l·sec).

Keywords: reaction kinetics, homogeneous reaction, heterogeneous reaction, reaction order, nickel chloride, zinc chloride.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.