

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 4 (228)
2016**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Сєвєродонецьк 2016

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 4 (228) 2016

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ РАЗІВ НА РІК
Засновник

Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

Журнал зареєстровано
в Міністерстві юстиції України
Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 15607-4079ПР
від 18.08.2009 р.

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 4 (228) 2016

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED EIGHTEEN TIMES A YEAR
Founder

Volodymyr Dahl East Ukrainian National
University

Registered by the Ministry
of Justice of Ukraine
Registration Certificate
KB № 15607-4079PP
dated 18.08.2009

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України (Наказ ВАК № 1328 21.12.2015 р.), (Наказ ВАК №515 16.05.2016 р.), (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №11 2010 р.), (Бюл. ВАК №7 2011 р.) в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з технічних, економічних, історичних, хімічних та фізико-математичних наук відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

Поркуян О.В., докт. техн. наук (головний редактор),
Голубенко О.Л., член-кор. Академії педагогічних наук,
докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Марченко Д.М., докт. техн. наук (заступник головного
редактора),
Бузько І.Р., докт. екон. наук, (заступник головного
редактора),
Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук, (заступник
головного редактора),
Михайлюк В.П., докт. іст. наук, (заступник головного
редактора),
Галстян Г.А., докт. хім. наук, (заступник головного
редактора),
Архипов О.Г., докт. техн. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Горбунов М.І., докт. техн. наук,
Кравченко О.П., докт. техн. наук,
Носко П.Л., докт. техн. наук,
Осенін Ю.І., докт. техн. наук,
Рач В.А., докт. техн. наук,
Рязанцев О.І., докт. техн. наук,
Смолій В.М., докт. техн. наук,
Соколов В.І., докт. техн. наук,
Стенцель Й.І., докт. техн. наук,
Суворін О.В., докт. техн. наук,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,

Даніч В.М., докт. екон. наук,
Заблудська І.В., докт. екон. наук,
Козаченко Г.В., докт. екон. наук,
Костирко Л.А., докт. екон. наук,
Надьон Г.О., докт. екон. наук,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Чернявська Є.І. докт. екон. наук,
Чиж В.І., докт. екон. наук,
Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук,
Ємець О.О., докт. фіз.-мат. наук,
Татарченко Г.О., докт. техн. наук,
Філоненко А.Д., докт. фіз.-мат. наук,
Барабаш Ю.В., докт. іст. наук,
Войтович Л.В., докт. іст. наук,
Довжук І.В., докт. іст. наук,
Дьомін О.Б., докт. іст. наук,
Д'яконіхін А.В., канд. іст. наук,
Сапицька О.М., канд. іст. наук,
Сергієнко Ю.Г., докт. іст. наук,
Стяжкіна О.В., докт. іст. наук,
Чернявський Г.Й., докт. іст. наук,
Голосман Є.З., докт. хім. наук,
Кудюков Ю.П., докт. хім. наук,
Новіков В.П., докт. хім. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Галстян А.Г., докт. хім. наук

Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент Кудрявцев С.О.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 3 від 30.09.2016 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2016
© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2016

ХІМІЧНІ НАУКИ

УДК 546.214:547.7

РЕАКЦІЇ МОНОБЕНЗПОХІДНИХ ПІРИДИНУ З ОЗОНОМ
У РОЗЧИНІ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

Андреев П. Ю., Потапенко Е. В., Ісаєнко І. П.

THE REACTION OF PYRIDINE MONOBENZODERIVATIVES WITH OZONE
IN ACETIC ACID

Andreev P. Yu., Potapenko E. V., Isaienko I. P.

Досліджено реакцію озонування бензопохідних піридину в розчині оцтової кислоти. У якості кінцевих продуктів ідентифіковано дикарбонові кислоти як бензенового, так і гетероциклу. Запропоновано механізм взаємодії озону з наведеними гетаренами. Досліджено кінетику озонолітичних реакцій хіноліну та ізохіноліну, знайдені константи швидкості, експериментальні стехіометричні коефіцієнти по озону.

Ключові слова: хінолін, ізохінолін, озон, окиснення, оцтова кислота, озоноліз, хінолінова кислота, фталева кислота, пероксиди.

Вступ

Бензопохідні піридину – хінолін (I) та ізохінолін (II), що є сполучанням бензенового кільця у положення 2,3 та 3,4 піридинового циклу, поєднують у собі властивості характерні для піридину та нафталіну [1, 2]. Гетарени (I), (II) стійкі до дії більшості м'яких окислювачів, але досить легко окислюється розчином перманганату калію [1-4]. Окиснення перебігає з руйнуванням циклу і, в залежності від умов проведення окисації (I) та (II), можлива деструкція як піридинового так і бензенового ядра з утворенням дикарбонових кислот [4]. Встановлено, що при окисненні надкислотами (наприклад надбензойною) сполуки (I) – (II), як і незаміщений піридин, утворюють відповідні N-оксиди [1, 4].

Експериментальна частина

Окиснення сполук (I) – (III) проводили в скляній колонці з дрібнопористою перетинкою для диспергування газової суміші. У реактор завантажували 40 мл льодяної оцтової кислоти і розрахункову кількість гетаренів, реактор

термостатували і подавали озono-повітряну суміш зі швидкістю $9,3 \cdot 10^{-3}$ дм³/с (концентрація озону у суміші складала $6,0 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³). Концентрацію вихідних (I) – (II) визначали фотометричним методом по інтенсивності забарвлення комплексу з міддю: у пробу реакційної маси додавали 2% водний розчин CuSO₄ та вимірювали оптичну густину на приладі КФК-3, $\lambda = 670$ нм. Кількість пероксидів та концентрацію озону у рідкій фазі визначали йодометричним титруванням 0,05 N розчином натрію тіосульфату описаному у [5]. Концентрацію карбонових кислот визначали лужним титруванням 0,05 N розчином гідроксиду натрію після випаровування розчинника.

Результати та їх обговорення

Раніше було встановлено, що у розчині льодяної оцтової кислоти озон взаємодіє з піридином (III) по двом конкуруючим напрямкам: по C – C зв'язках піридинового кільця і по вільній парі електронів атому нітрогену. Основними продуктами окиснення піридинового кільця є пероксидні сполуки з виходом при вичерпному окисненні – 92%. Продуктом атаки озону атома нітрогену є піридин-N-оксид, максимальний вихід якого не перевищує 17% при ступеню конверсії (III) близько 20% [6, 7].

Нами встановлено, що при озонуванні хіноліну в льодяній оцтовій кислоті при температурі 293 K в якості первинних продуктів утворюється хінолінова (IV) та антранілова кислоти (V).

На більш глибоких стадіях та при вичерпному окисненні ідентифіковано лише (IV) та продукти пероксидного характеру (рис. 1). З рисунку 1 видно, що у початковий період часу продукти окиснення бензенового (IV) (напрямок – А) та піридинового

циклу (V) (напряг – B) накопичуються паралельно, при цьому основним напрямком є озоноліз бензенового ядра (вихід кислоти (IV) при вичерпному озонуванні складає 71%), а вихід (V) не перевищує 19% на прореагований (I) та є максимальним при ступені конверсії 52% і у продуктах реакції при вичерпному озонолізі не знайдено (табл.). Накопичення пероксидних продуктів стає помітним після однієї години озонування, вихід пероксидів при вичерпному окисненні складає близько 25%. На відміну від (III) [6, 7], хінолін-N-оксид на всіх стадіях озонування у продуктах реакції не виявлено.

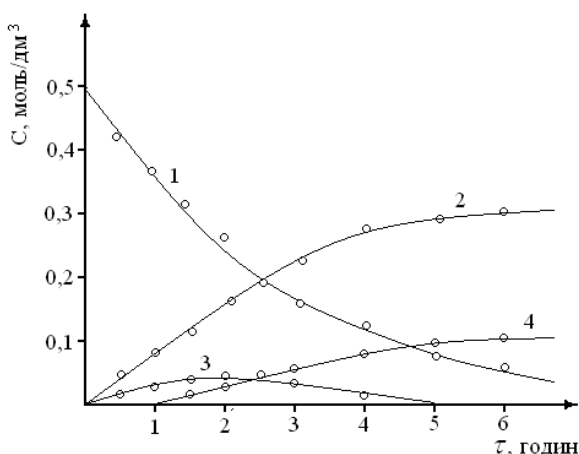


Рис. 1 Окиснення (I) озonom у розчині оцтової кислоти при 293 К:

$W_{O_2}=9,5 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3/\text{с}$; $[ArH]_0=0,5$; $[O_3]_0=6 \cdot 10^{-4} \text{ моль}/\text{дм}^3$.
1 – (I), 2 – (IV), 3 – (V), 4 – пероксидні сполуки

З рисунку 2 видно, що при озонуванні (II) у початковий період часу у оксидаті ідентифіковано продукти окиснення бензенового ядра – цинхомерова кислота (VI), піридинового циклу – фталева кислота (VII) та продукт атаки (II) по вільній парі електронів атому нітрогену – ізохінолін-N-оксид (VIII).

Основними продуктами реакції є дикарбонові кислоти – продукти руйнування карбоциклу (VI) та гетероциклу (VII) (рис. 2) вихід яких при вичерпному озонуванні складає 36,8% та 47,5% відповідно (табл.). У початковий період часу в системі знайдено ізохінолін-N-оксид (VIII), вихід

якого не перевищує 18% на прореагований (II) та є максимальним при ступені конверсії 52% і далі знижується (рис. 2), що добре узгоджується з літературними даними (з прикладу озоноліза (III) відомо що константа швидкості окиснення піридин-N-оксидів на порядок вища за вихідний піридин [8, 9]). У продуктах реакції при вичерпному озонолізі не (VIII) знайдено (табл.). Накопичення пероксидних продуктів стає помітним приблизно за пів години озонування, вихід пероксидів при вичерпному окисненні складає близько 11%.

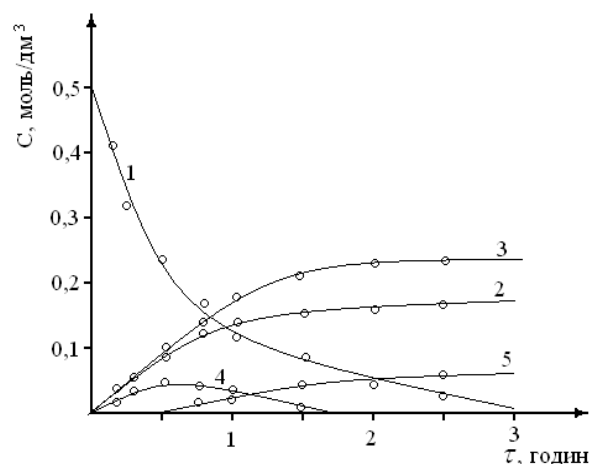


Рис. 2 Окиснення (II) озonom у розчині оцтової кислоти при 293 К:

$W_{O_2}=9,5 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3/\text{с}$; $[ArH]_0=0,5$; $[O_3]_0=6 \cdot 10^{-4} \text{ моль}/\text{дм}^3$.
1 – (II), 2 – (VI), 3 – (VII), 4 – (VIII), 5 – пероксидні сполуки

Будову отриманих пероксидів при озонуванні (I) та (II) на даному етапі чітко не встановлено, але було знайдено, що вони у обох випадках мають вигляд маслянистої в'язкої рідини інтенсивно жовтого кольору, добре розчиняються в оцтовій кислоті, погано в дихлоретані та чотирьоххлористому карбоні, активно реагують з калій йодидом і лугами.

Сумарний експериментально знайдений стехіометричний коефіцієнт озону $n_{\text{екс}}(I) = 4,16$ та $n_{\text{екс}}(II) = 3,63$ молів на моль гетарену (табл.).

Таблиця

Стехіометричні характеристики і продукти взаємодії озону з піридином та його бензпохідними (I) та (II) у льодяній оцтовій кислоті при 293 К. $[ArH]_0 = 0,5$; $[O_3]_0 = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ моль}/\text{дм}^3$

Вихідні гетарени	Вихід продуктів реакції, %								$n_{\text{екс}}$, моль O_3 / моль ArH	$k_{\text{еф}}$, дм ³ /моль·с
	ступінь конверсії – 52%, (III) – 20%				вичерпне окиснення					
	напряг А	напряг В	пероксиди	N-оксиди	напряг А	напряг В	пероксиди	N-оксиди		
(I)	69,4	18,8	9,3	–	71,2	–	25,1	–	4,16	0,292
(II)	36,4	41,2	–	17,6	36,8	47,5	10,7	–	3,63	0,988
(III)			78,2	16,7			92,8	–	1,70	0,230

* для (I): напряг А – (IV), напряг В – (V); для (II): напряг А – (VI), напряг В – (VII).

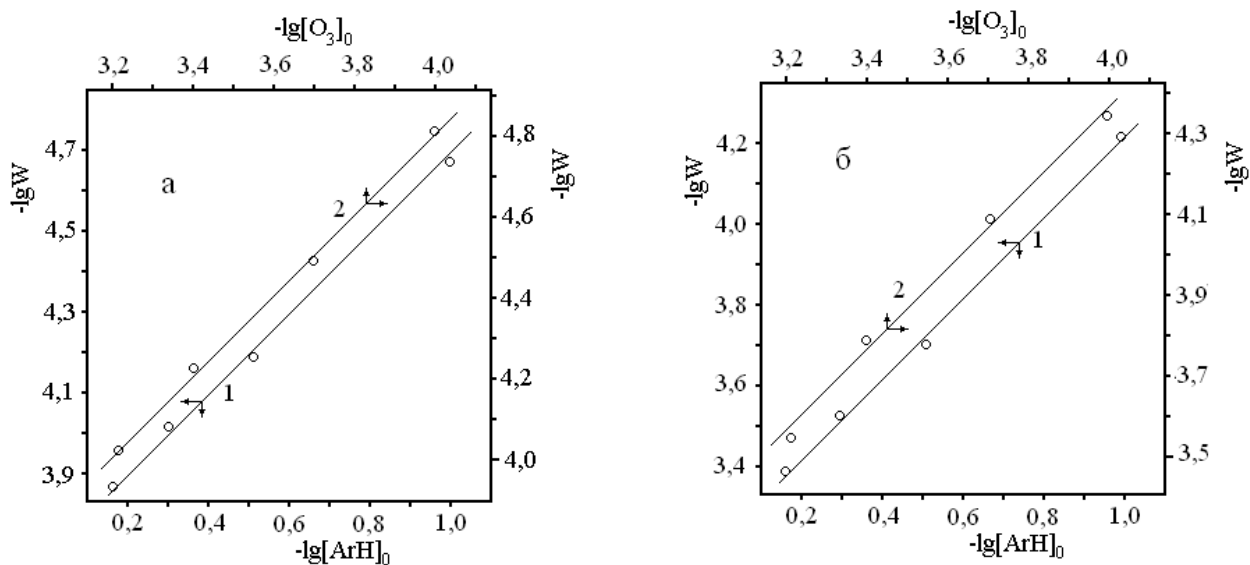
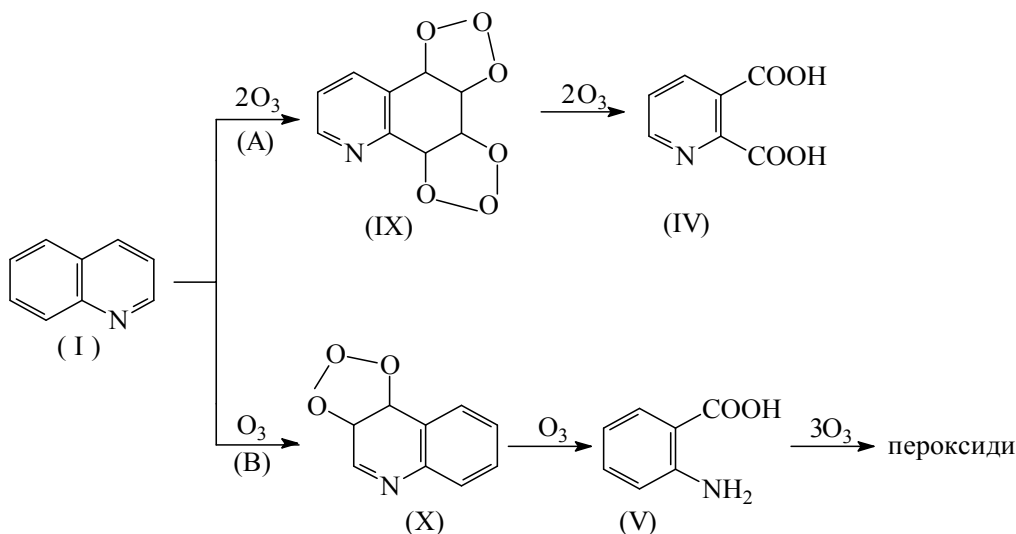


Рис. 3 Залежність початкової швидкості окиснення бензопхідних піридину I – (а), II – (б) від концентрації гетарену (1) та озону (2):
 T=293K ; W_{O₂}=9,5·10⁻³ дм³/с

Схема 1



Для отримання додаткової інформації про механізм досліджуваних реакцій були вивчені кінетичні особливості реакцій (I) та (II) з озonom в середовищі льодяної оцтової кислоти при 293 К. Визначено, що кінетика витрачання озону у реакціях з гетаренами (I) та (II) підпорядковується бімолекулярного закону (рис. 3) і має перший порядок по кожному з вихідних реагентів:

$$-\frac{d[O_3]}{dt} = k_{\text{еф}} \cdot [ArCH_3]_0 \cdot [O_3]_0 \quad (1)$$

де $k_{\text{еф}}$ - ефективна константа швидкості реакції озону з (I) та (II), що враховує всі види взаємодії реагентів, дм³/моль·с

Встановлено що, озон витрачається за неланцюговим механізмом. Припинення подачі озону до реакційної маси повністю зупиняє

окиснення. Ефективна константа швидкості окиснення (I) та (II) озonom у оцтової кислоти (з урахуванням усіх можливих перетворень) була розрахована по початкових швидкостях витрачання гетаренів (табл.).

Аналіз первинних та кінцевих продуктів, а також кінетичних особливостей реакції гетарену (I) з озonom дозволив запропонувати механізм озонлізу, що відповідає схемі 1.

Відповідно до схеми 1 на першій стадії перебігає швидка електрофільна атака озону на π-електронну систему гетарену (I), як по карбоциклу (напряма А) з утворенням діозоніду (IX), так і по гетероциклу (напряма В) з утворенням моноозоніду (X). Вірогідність атаки озону по подвійних зв'язках (3-4, 5-6 та 7-8) підтверджується квантово-

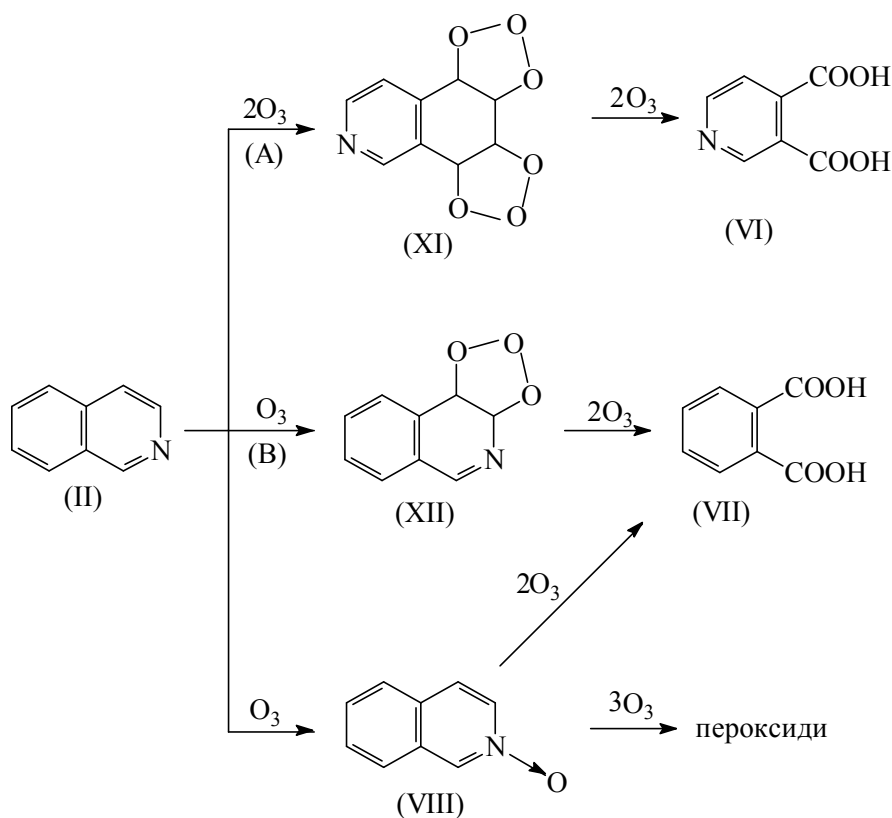
хімічними розрахунками згідно літературних даних [10], які свідчать, що саме ці зв'язки найбільш близькі за характером до подвійних. Надалі відбувається розкриття циклів з утворенням хінолінової (IV) та антранілової кислоти (V). Співвідношення напрям окисації у початковій періоді А:В = 3:1 (табл.). Антранілова кислота (V) в умовах експерименту є нестійкою та трансформується з розкриттям циклу і утворенням пероксидних продуктів (схема 1, напрям В). На користь такого саме такого припущення свідчать наступні факти: по-перше пероксиди з'являються у системі після 1 – 1,5 годин озонування, що співпадає з максимальною концентрацією (V), по-друге їх подальше накопичення відповідає зменшенню (V) (рис. 1), по-третє з літературних даних відомо, що константа швидкості озонування ароматичних амінів на декілька порядків вища за карбонові кислоти [11].

На підставі отриманих експериментальних та літературних даних на схемі 2 запропоновано наступний механізм озонування ізохіноліну (II).

Згідно аналізу продуктів реакції, кінетичних залежностей (рис. 2) та літературних даних [10] первинна атака озону на (II) відбувається по трьох конкуруючих напрямках: по зв'язках (5-6, 7-8)

карбоциклу з утворенням діозоніду (XI) (напряма А), по зв'язку (3-4) гетероциклу з утворення озоніду (XII) (напряма В) та по вільній парі електронів атома нітрогену з утворенням (VIII) (схема 2). Основними кінцевими продуктами озонування (II) є дикарбонові кислоти (VI) та (VII) з виходом 36,8% та 47,5% відповідно (табл.). Ізохінолін-N-оксид (VIII) є проміжним продуктом, концентрація якого проходить через максимум і надалі знижується (крива 4, рис. 2), що узгоджується з наведеними вище літературними даними щодо констант швидкості окиснення N-оксидів та вихідних гетаренів [8, 9]) Продукт N-оксидування (VIII) імовірно приєднує ще три молекули озону та перетворюється на пероксидні продукти, про що свідчить характер кінетичних кривих (крива 4, та 5, рис. 2). Згідно схеми 2 нами не виключається й можливість часткової трансформації (VIII) у кінцевий продукт окиснення гетероцикла (VII) на що може вказувати деяке збільшення виходу (VII) у кінцевих продуктах в порівнянні з виходом у початковий період (табл.) та аналіз кінетичних кривих накопичення (VI) і (VII) (крива 2 і 3, рис. 2) у початковий період та на більш глибоких стадіях після досягнення максимуму концентрації (VIII) (крива 4, рис. 2)

Схема 2



Висновки

1. Встановлено, що у початковий період озон взаємодіє з π -електронною системою хіноліну, як по карбоциклу з утворенням хінолінової кислоти, так і по гетероциклу з утворенням антранілової кислоти. Антранілова кислота в умовах експерименту є нестійкою та трансформується у пероксидні продукти.

2. Показано, що первинна атака озону на ізохінолін відбувається по трьох конкуруючих напрямках: по карбоциклу з утворенням цинхомерової кислоти, по гетероциклу з утворення фталевої кислоти та по вільній парі електронів атома нітрогену з утворенням хінолін-N-оксиду, який є проміжним продуктом і перетворюється на пероксидні продукти та частково на кінцевий продукт окиснення гетероцикла.

3. Визначено, що кінетика витрачання озону у реакціях з гетаренами (I) та (II) підпорядковується бімолекулярного закону (рис. 3) і має перший порядок по кожному з вихідних реагентів.

Литература

1. Дж. Джоуль, Г. Смит. Основы химии гетероциклических соединений / Пер. с англ. Е. С. Головчинская. – М.: Мир. – 1975. – 398 с.
2. Л. Пакет. Основы современной химии гетероциклических соединений / Пер. с англ. Р.Г. Глушкова. – М.: Мир. – 1971. – 352 с.
3. А. Катрицкий, Дж. Лаговская. Химия гетероциклических соединений. – М.: Изд-во иностранной литературы. – 1963. – 288 с.
4. Гетероциклические соединения. Т 1 / Под ред. Р. Эльдерфильда, (пер. с англ. И.Ф. Луценко, О.А. Реутов, Н.А. Кочеткова). – М.: Издательство иностранной литературы. – 1953. – 556 с.
5. Комиссаров В.Д., Комиссарова И.Н., Фарахова Г.Н., Денисов Е.Т. Цепное разложение озона в системе $\text{CH}_3\text{CHO}-\text{O}_3-\text{O}_2$ / Изв. АН СССР. Сер. хим. – 1979. – № 6. – С. 1205-1212.
6. П.Ю. Андреев, М.Ф. Тюпало, Е.В.Потапенко, И.П. Погорелова, М.В. Шипидченко. Реакция пиридина с озоном у рідкій фазі / Вісник СХУ ім. В. Даля., № 15 (169), частина 2, 2011. – с. 37-42.
7. Andreev P.Yu., Potapenko E.V., Pogorelova I.P. Reaction of pyridine with ozone in acetic acid / Modern problem of physical chemistry: V International Conference. Conference proceedings. Donetsk, Ukraine, 5 – 8 September 2011. – P. 104-105.
8. Якоби В. А. Озонирование ароматических соединений / Якоби В. А. - Реакционная способность органических соединений: Сб. труды МХТИ им. Д. И. Менделеева. – 1978. - № 103. – С. 66 – 92.
9. Тюпало Н.Ф., Бернашевский Н.В. Исследование реакции гомологов пиридина в водных растворах / Док. АН СССР. – 1980. – Т. 253. - № 4. – С. 890-894.
10. Машченко Б.Ф. Молекулярные диаграммы органических соединений (Справочник) / К. – Наукова думка. – 1982. – 228 с.
11. Галстян А. Г. Дослідження реакції селективного окиснення аренів озонівмісними газами у рідкій фазі: Дис...док. хім. наук. / Донецьк: – I, –1992. – 368 с.

References

1. Dzh. Dzhoul', G. Smit. Osnovy himii geterocik-licheskih soedinenij / Per. s angl. E. S. Golovchinskaya. – M.: Mir. – 1975. – 398 s.
2. L. Paket. Osnovy sovremennoj himii getero-ciklicheskih soedinenij / Per. s angl. R.G. Glushkova. – M.: Mir. – 1971. – 352 s.
3. A. Katrickij, Dzh. Lagovskaya. Himiya getero-ciklicheskih soedinenij. – M.: Izd-vo inostranoj literatury. – 1963. – 288 s.
4. Geterociklicheskie soedineniya. T 1 / Pod red. R. Ehl'derfil'da, (per. s angl. I.F. Lucenko, O.A. Reutov, N.A. Kochetkova). – M.: Izdatel'stvo inostranoj lite-ratury. – 1953. – 556 s.
5. Komissarov V.D., Komissarova I.N., Farahova G.N., Denisov E.T. Cerpnoe razlozhenie ozona v sisteme $\text{CH}_3\text{CHO}-\text{O}_3-\text{O}_2$ / Izv. AN SSSR. Ser. him. – 1979. – № 6. – S. 1205-1212.
6. P.Yu. Andreev, M.F. Tiupalo, E.V.Potapenko, I.P. Pohorielova, M.V. Shypidchenko. Reaktsiia pirydynu z ozonom u ridkii fazi / Visnyk SNU im. V. Dalia., № 15 (169), chastyna 2, 2011. – s. 37-42.
7. Andreev P.Yu., Potapenko E.V., Pogorelova I.P. Reaction of pyridine with ozone in acetic acid / Modern problem of physical chemistry: V International Conference. Conference proceedings. Donetsk, Ukraine, 5 – 8 September 2011. – P. 104-105.
8. YAkobi V. A. Ozonirovanie aromaticshekikh soe-dinenij / YAkobi V. A. - Reakcionnaya sposobnost' orga-nicheskih soedinenij: Sb. trudy MHTI im. D. I. Men-deleeva. – 1978. - № 103. – S. 66 – 92.
9. Tyupalo N.F., Bernashevskij N.V. Issledovanie reakcii gomologov piridina v vodnyh rastvorah / Dok. AN SSSR. – 1980. – Т. 253. - № 4. – С. 890-894.
10. Mashchenko B.F. Molekulyarnye diagrammy organicheskih soedinenij (Spravochnik) / K. – Naukova dumka. – 1982. – 228 s.
11. Halstian A. H. Doslidzhennia reaktsii selektyvnoho okysnennia areniv ozonovmisnymy hazamy u ridkii fazi: Dys...dok. khim. nauk. / Donetsk: – I, –1992. – 368 s.

Андреев П.Ю., Потапенко Э.В., Исаенко И.П. Реакции монобензпроизводных пиридина с озоном в растворе уксусной кислоты.

Исследованы реакции озонирования бензпроизводных пиридина в растворе уксусной кислоты. В качестве конечных продуктов идентифицированы дикарбоновые кислоты как бензольного, так и гетероцикла. Предложен механизм взаимодействия озона с приведенными гетаренами. Исследована кинетика озонолитических реакций хинолина и изохинолина, найдены константы скорости, экспериментальные стехиомет-ческие коэффициенты по озону.

Ключевые слова: хинолин, изохинолин, озон, окисление, уксусная кислота, озонлиз, хинолиновая кислота, фталевая кислота, пероксиды.

Andreev P.Yu., Potapenko E.V., Isaienko I.P. The reaction of pyridine monobenzoderivatives with ozone in acetic acid

Investigated the reactions of ozonation benzoderivatives of pyridine in acetic acid. As of end-products identified dicarboxylic acids as benzene and heterocycle. Proposed a mechanism of interaction of ozone with the above hetarenes. The kinetics of reactions ozonolitichekikh quinoline and

isoquinoline, found the rate constants, experimental stehiomet-cal co-coefficients of ozone.

Key words: *quinoline, isoquinoline, ozone, oxidation-tion, acetic acid, ozonolysis, quinoline acid, phthalic acid, peroxides.*

Андрєєв Павло Юрійович – к.х.н., доцент, доцент кафедри загальнохімічних дисциплін, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне).

e-mail: panyaa1979@gmail.com, panyaa@rambler.ru

Потапенко Едуард Володимирович - д.х.н., доцент, проректор з наукової роботи Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.

Ісаєнко Ірина Петрівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри загальнохімічних дисциплін, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне).

Рецензент: д.х.н., професор **Кондратов С. О.**

Стаття подана 25. 06. 2016