

*Gevus' O.I., Voronov S.A. Synthesis of peroxide monomers based on unsaturated carboxylic acids // Russ. J. Org. Chem. – 2003. – Vol. 39. – No. 12. – P. 1799–1800 8. Флейчук Р.І. Мономери на основі гідроксилвмісних пероксидів: Дис...канд. хім. наук: 02.00.03. – Львів, 2004. – 163 с. 9. Гаттерман Л., Виланд Г. Практические работы по органической химии. – М., 1967. 10. Методы химии углеводов / Под ред. Н.К. Кочеткова. – М.: Мир, 1967.*

УДК 547.525-39

І.О. Гевусь, З.Г. Піх, В.В. Кочубей  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра технології органічних продуктів

## СИНТЕЗ ТА ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ ПЕРОКСИДІВ РЯДУ КУМІЛСУКЦИНАТІВ

© Гевусь І.О., Піх З.Г., Кочубей В.В., 2007

Під час послідовної обробки кумілбурштинового ангідриду 3-трет-бутилперокси-3-метил-1-бутанолом та 1,3-пропансультоном і триетиламіном синтезовано новий поверхнево-активний ініціатор – (3-трет-бутилперокси-3-метилбутил)(триетиламоній-3-сульфопропіл)кумілсукцинат. Досліджено поверхнево-активні властивості синтезованого сукцинатного ініпару, отримано ізотерму поверхневого натягу на межі повітря – водний розчин, визначено критичну концентрацію міцелутворення та поверхневий натяг у точці, що відповідає ККМ. Проведено комплексний термічний аналіз ініпару, запропоновано імовірний механізм розкладу його пероксидної групи.

During successive treatment of cumylsuccinic anhydride with 3-tert-butylperoxy-3-methyl-1-butanol and 1,3-propane sulton with triethylamine a novel surface-active initiator – 3-tert-butylperoxy-3-methylbutyl triethylammonium-3-sulphopropyl cumylsuccinate has been synthesized. Surfactant properties of the synthesized inisurf have been studied, surface tension isotherm on the air – water solution interface has been obtained, critical micelle concentration as well as surface tension at the cmc have been determined. Complex thermal analysis of the inisurf has been carried out, the possible mechanism of decomposition of its peroxy group has been proposed.

**Постановка проблеми.** Функціональні поверхнево-активні речовини (ПАР), зокрема поверхнево-активні ініціатори (ініпари), мають переваги перед традиційними ПАР під час одержання та стабілізації полімерних колоїдних систем. Молекули ініпарів містять не тільки гідрофільні та гідрофобні фрагменти, але й радикалоутворювальну (пероксидну, азо- або іншу) групу, тому вони можуть ковалентно прищеплюватись до поверхні полімерних частинок на стадії ініціювання полімеризації. У такий спосіб ці реакційноздатні ПАР стають не здатними до подальшої міграції, тобто вони не можуть десорбуватись із поверхні частинки або виштовхуватись із плівки. Це знижує процеси сольобілізації води всередині полімерної плівки, а також піноутворення. На додаток до цих переваг вони можуть забезпечити стабільність колоїдних систем у широкому діапазоні рН і температур.

Отже, актуальним завданням є проблема синтезу нових ефективних ініпарів з прогнозованими температурними межами генерування вільних радикалів на основі промислово доступної сировини.

Тепер у промисловості для стабілізації полімерних суспензій та емульсій досить широко застосовуються ПАР ряду сукцинатів. З іншого боку, відомо, що поверхнево-активні речовини, що містять у молекулі ароматичні (бензенові, нафталенові) фрагменти, мають корисні властивості, особливо під час одержання стиренових колоїдних систем, стабілізації дисперсій мінеральних пігментів (Титан (IV) оксиду, Цинк оксиду тощо). Оскільки отримання колоїдів на основі полімерів стиренового ряду (стирену,  $\alpha$ -метилстирену, дивінілбензену тощо) займає значне місце у промисло-

вості високомолекулярних сполук, то для одержання ефективних стабілізаторів таких систем доцільним є синтез сукцинатних ініпарів з ароматичними фрагментами.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Останнім часом вийшли друком праці, присвячені синтезу та використанню різноманітних функціональних поверхнево-активних речовин, зокрема ініпарів [1–6]. Відома приблизно однакова кількість азо- [2, 3] та пероксидних [4, 5] ініпарів, також синтезовано поверхнево-активні фотоініціатори [6]. Серед відомих ініпарів є як низько-, так і високомолекулярні речовини. Використання ініпарів в емульсійній та суспензійній полімеризації дозволяє хімічно прищепити поверхнево-активні фрагменти до молекули полімеру, що забезпечує надійну стабілізацію отриманої полімерної колоїдної системи. Перевагою сполук цього типу над іншими функціональними ПАР є можливість зменшення кількості компонентів у рецептурі емульсійної полімеризації до мономера, води та поверхнево-активного ініціатора.

**Мета роботи.** Синтез нового поверхнево-активного ініціатора – (3-*трет*-бутилперокси-3-метилбутил)(триетиламоній-3-сульфопропіл)кумілсукцинату та вивчення його властивостей, зокрема, ізоТЕРМИ поверхневого натягу та реакційної здатності пероксидної групи.

**Результати й обговорення.** Як напівпродукти для одержання цільового ініпару використовували кумілбурштиновий ангідрид (1) і 3-*трет*-бутилперокси-3-метил-1-бутанол (2), на основі яких у дві стадії згідно із наведеною нижче схемою синтезували (3-*трет*-бутилперокси-3-метилбутил)(триетиламоній-3-сульфопропіл)кумілсукцинат (4):

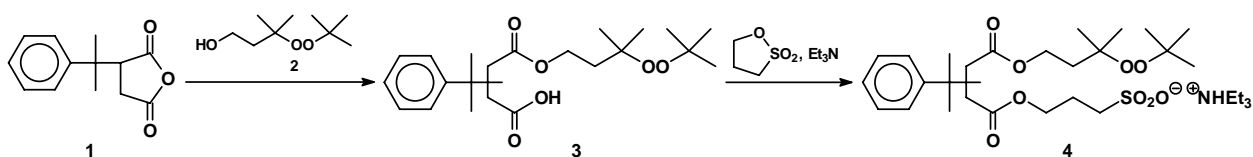
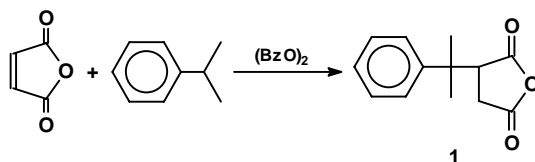


Схема 1. Синтез (3-*трет*-бутилперокси-3-метилбутил)  
(триетиламоній-3-сульфопропіл)кумілсукцинату (4)

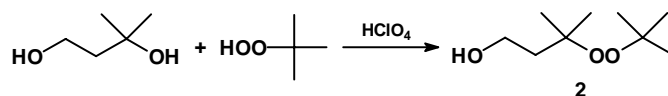
Вибір як вихідної речовини кумілбурштинового ангідриду зумовлений тим, що цю сполуку можна одержати на основі комерційно доступних кумену та малеїнового ангідриду (МА). Так, у літературі описано метод синтезу ангідридів цього ряду під час взаємодії алкіларенів з МА у присутності ди-*трет*-бутилпероксиду (ДТБП) при 150°C та мольному співвідношенні реагентів арилалкан : МА : ДТБП як 10...15 : 1 : 0,007 [7]. При цьому максимальний вихід аралкілбурштинових ангідридів зростає під час переходу від первинних до третинних арилалканів та становив у випадку *n*-цимену 76%, а у випадку *n*-етилізопропілбензену – 87% при конверсії МА 85% та 88% відповідно. Проте продукти приєднання, як правило, були виділені не у вигляді ангідридів, а у вигляді відповідних дикарбонівих кислот.

Тому для одержання кумілбурштинового ангідриду було розроблено нову методику з використанням як ініціатора бензоїлпероксиду (ПБ) та мольного співвідношення реагентів кумен : МА : ПБ як 7...10 : 1 : 0,007 при температурі 80–120°C.



Встановлено, що в цих умовах вихід ангідриду (1) зростає зі збільшенням температури. Як побічні продукти утворюються олігомерні адукти ангідриду (1) з іншими молекулами МА. Вихід цих сполук знижується зі зменшенням тривалості синтезу та збільшенням надлишку кумену щодо МА. Ця тенденція спостерігається для усіх реакцій такого типу за участю алкілароматичних вуглеводнів.

Інший реагент для синтезу ініпару (**4**) – 3-*трет*-бутилперокси-3-метил-1-бутанол (**2**) – одержували алкілюванням *трет*-бутилгідропероксиду (ТБГП) 3-метил-1,3-бутандіолом. У зв'язку з тим, що існуюча методика його синтезу із використанням як каталізатора 65%-ї сульфатної кислоти [8] не забезпечує необхідної чистоти продукту, було запропоновано нову методику отримання цього гідроксипероксиду у присутності перхлоратної кислоти.



Встановлено, що під час використання 56%-ї  $\text{HClO}_4$  і проведення реакції при 10–15°C цільовий продукт реакції одержується з високим виходом (85,5%) та вмістом основної речовини не менше 98,6%.

Взаємодію кумілбурштинового ангідриду з 3-*трет*-бутилперокси-3-метил-1-бутанолом проводили за еквімолярного співвідношення реагентів у присутності як каталізатора триетиламіну в розчині диметилформаміду (ДМФА) при температурі 20–40°C. При цьому застосовували як каталітичні, так і еквімолярні щодо реагентів кількості триетиламіну. Продуктами реакції були, відповідно, моноестер кумілбурштинової кислоти (**3**) або його триетиламонієва сіль. Ці продукти, які також проявляють поверхневу активність, виділяли з реакційної суміші у індивідуальному вигляді або використовували для синтезу ініпару (**4**) *in situ*. Для досягнення повної конверсії ангідриду під час синтезу сполуки (**3**) реакцію проводили при незначному надлишку 3-*трет*-бутилперокси-3-метил-1-бутанолу та мінімальній, достатній для гомогенізації суміші, кількості розчинника ДМФА, або у розчині 3-*трет*-бутилперокси-3-метил-1-бутанолу. Надлишок пероксидовмісного спирту після завершення реакції в обох випадках відганяли у вакуумі масляного насосу.

Взаємодію одержаних моноестеру (**3**) або його амонієвої солі з 1,3-пропансультоном у присутності триетиламіну проводили *in situ* при тій же температурі, що і на першій стадії (20–40°C) та еквімолярному співвідношенні реагентів. Ініпар (**4**) одержували з практично кількісним виходом.

Синтезований поверхнево-активний ініціатор стабільний під час зберігання, його будову підтверджено даними елементного аналізу, а також ІЧ та ЯМР<sup>1</sup>H спектроскопією.

Було досліджено поверхнево-активні характеристики ініпару (**4**). Ізотерму поверхневого натягу водного розчину цієї сполуки, визначену за відривом кільця (методом Дю Нуї) при температурі 20°C, зображено на рис. 1. Як видно з ізотерми, ініпар (**4**) проявляє поверхневу активність, знижуючи поверхневий натяг на межі розділу фаз повітря – водний розчин. З точки перегину на ізотермі визначено критичну концентрацію міцелоутворення сполуки ( $C_{ККМ} = 0,0387$  моль/л або 3,83% мас.) та поверхневий натяг у точці, що відповідає ККМ ( $\sigma_{ККМ} = 41,48$  мН/м).

З метою дослідження термічної стійкості пероксидної групи синтезованого ініпару було проведено його комплексний термічний аналіз. Криві комплексного термічного аналізу зображено на рис. 2.

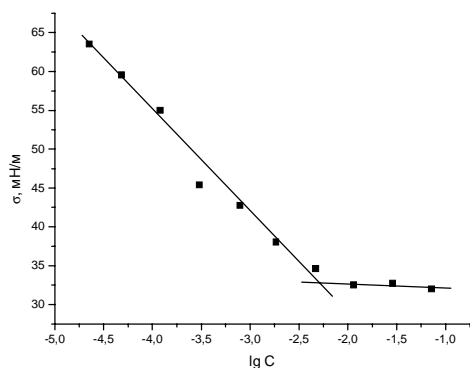


Рис. 1. Ізотерма поверхневого натягу на межі повітря – водний розчин ініпару (**4**)

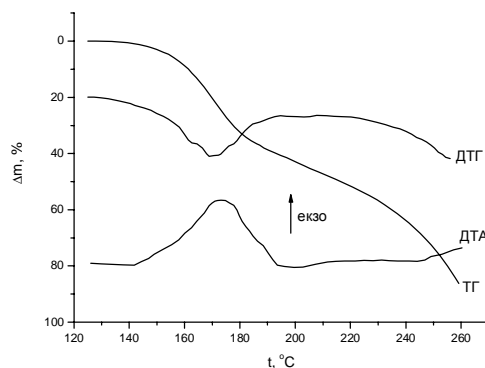


Рис. 2. Криві комплексного термічного аналізу зразка пероксидовмісного сукцинату (**4**)

Термоліз зразка супроводжувався появою екзотермічного ефекту на кривій ДТА в області температур 133–198°C з максимумом при 171°C. На кривій ТГ в цьому температурному інтервалі спостерігається втрата маси зразка близько 22%. У разі підвищення температури згідно з даними кривої ТГ спостерігається подальша втрата маси зразка, що пов'язано з глибшою деструкцією сполуки.

Враховуючи дані про втрату маси, було запропоновано такий механізм термічного розкладу ініпару (4):

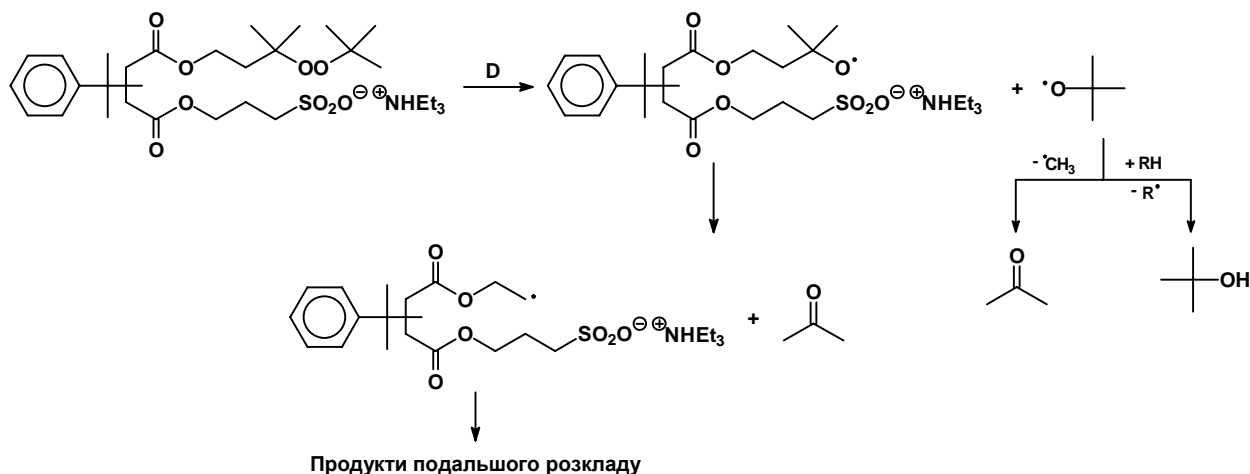


Схема 2. Імовірний механізм розкладу пероксидовмісного сукцинату (4)

Правильність наведеного механізму було підтверджено аналізом летких продуктів розкладу за допомогою газорідинної хроматографії. За даними розрахунку хроматограм вміст у газовій суміші ацетону перевищував вміст *трет*-бутилового спирту майже в два рази, що свідчить на користь запропонованої схеми.

На основі кривих комплексного термічного аналізу за допомогою диференційного методу Ліпскіса [9, 10] було визначено кінетичні параметри процесу розкладу пероксидної групи ініпару (4). Розрахунок здійснювали за методикою [10] із застосуванням програмного пакета “MathCAD Professional” на базі модифікованого кінетичного рівняння в комплексі з методом найменших квадратів:

$$\frac{dW}{W_k dt} = \ln \frac{Z}{q} - \frac{E}{RT} + n \ln \left( 1 - \frac{W}{W_k} \right),$$

де  $W$  – втрата маси зразка за температури  $T$ , визначена за кривою ТГ, мг;  $W_k$  – загальна втрата маси зразка на певній стадії, мг;  $T$  – абсолютна температура, К;  $E$  – енергія активації зразка, кДж/моль;  $n$  – порядок реакції;  $Z$  – передекспоненційний множник;  $q$  – швидкість нагрівання зразка, К/с.

Розрахована енергія активації розкладу становила  $E = 150,3$  кДж/моль, передекспоненційний множник  $Z = 8,26 \cdot 10^{16}$ , а порядок реакції  $n = 1,67$ , що є характерним для індукованого розкладу.

### Експериментальна частина

**Матеріали.** Малейновий ангідрид і кумен перед використанням очищали вакуумною перегонкою. N,N-Диметилформамід очищали за відомою методикою [11]. Триетиламін переганяли при атмосферному тиску. 3-Метил-1,3-бутандіол та 1,3-пропансультон використовували без додаткового очищення. Вимірювання поверхневого натягу здійснювали в дейонізованій воді.

**Перебіг реакцій** контролювали методом газорідинної хроматографії за витратою реагентів.

**ІЧ спектри** знімали на спектрофотометрі “Specord M80” у тонкій плівці (для рідких речовин), у розчині тетрачлорометану при концентрації речовин 0,05 моль/л і товщині поглинаючого шару 0,998 мм або у вазеліновому маслі (для кристалічних речовин).

**Спектри ЯМР<sup>1</sup>H** записували на приладі “Bruker 150” з робочою частотою 300 МГц в ДМСО-*d*<sub>6</sub> при концентрації речовин 5–10%, внутрішній стандарт – гексаметилдисилоксан.

**Колоїдні властивості.** Критичну концентрацію міцелоутворення визначали за допомогою вимірювань поверхневого натягу водних розчинів поверхнево-активного ініціатора різної концентрації при температурі 20°C за відривом кільця (методом Дю Нуї) [12].

Комплексний термічний аналіз проводили на приладі "Derivatograph Q-1500D" системи Paulik-Paulik-Erdey фірми MOM, Будапешт. Досліджували у динамічному режимі із швидкістю нагрівання 1,25°C/хв в атмосфері кисню. Маса зразка становила 200 мг, чутливість за шкалою ТГ – 200 мг, ДТГ – 500 мкВ, а ДТА – 100 мкВ. Зразки нагрівали до температури 250°C. Як еталон використовували Алюміній оксид.

*трет-Бутилгідропероксид* синтезували за методикою [13]. Т. кип. 35°C/13 кПа,  $d_4^{20}$  0,8963,  $n_D^{20}$  1,4010 (літ. т. кип. 133°C,  $d_4^{20}$  0,8960,  $n_D^{20}$  1,4006).

*Кумілбуртиновий ангідрид (1)*. До розчину 13,0 г (0,13 моль) малеїнового ангідриду у 98,0 г (0,820 моль) кумену в атмосфері аргону при 85°C та інтенсивному перемішуванні додавали 0,17 г (0,0007 моль) бензоїлпероксиду. Суміш витримували при перемішуванні протягом 6 год при 85°C в атмосфері аргону, відганяли у вакуумі непрореаговані кумен та малеїновий ангідрид. Кубовий залишок розбавляли 30 мл безводного бензену і фільтрували від кристалів, що випадали при цьому. З фільтрату під час додавання порціями по 20 мл безводного гексану (сумарно 60 мл) фракційно осаджували коричнево-жовті олігомерні продукти. Від одержаного розчину відганяли розчинники, одержаний залишок витримували 3 год при залишковому тиску 1,3 гПа. Отримували 24,6 г жовтуватих кристалів продукту (вихід 85%). Знайдено, %: С 71,31; Н 6,62.  $C_{13}H_{14}O_3$ . Обчислено, %: С 71,54; Н 6,47.

ІЧ спектр,  $cm^{-1}$ : 704 і 768 (С–Н у монозаміщеному бензолному ядрі), 1220 (С–О в ангідриді), 1376 і 1392 ( $C(CH_3)_2$ ), 1448, 1496 і 1600 (бензолне ядро), 1792 і 1860 (С=О в ангідриді), 3086 (С–Н в бензолному ядрі).

$^1H$  ЯМР спектр,  $\delta$ , м.ч.: 1,41 с (3H,  $CH_3$ ); 1,47 с (3H,  $CH_3$ ); 2,60 м, 2,90 м (2H,  $CH_2$ ); 3,66 м (1H,  $CH$ ); 7,34 м (5H,  $C_6H_5$ ).

*3-трет-Бутилперокси-3-метил-1-бутанол (2)*. До суміші 20,8 г (0,2 моль) 3-метил-1,3-бутандіолу та 25,1 г (0,292 моль) *трет*-бутилгідропероксиду при температурі не вище 15°C та перемішуванні по краплях додавали 53,16 г (0,2 моль) 56%-го водного розчину перхлоратної кислоти. Суміш витримували при перемішуванні та температурі 10–15°C протягом 4 год, розбавляли гексаном у співвідношенні 1:1 і нейтралізували Натрій гідрокарбонатом. Органічний шар відділяли, промивали три рази по 5 мл Натрій гідроксидом та 4 рази по 5 мл водою, сушили над Магній сульфатом, відганяли розчинник і переганяли у вакуумі (залишковий тиск 1,3 гПа). Відбирали фракцію з т. кип. 64°C. Отримували 30,1 г цільового продукту. Вихід 85,5%. Знайдено, %: С 61,57; Н 11,59.  $C_9H_{20}O_3$ . Обчислено, %: С 61,33; Н 11,44.

$^1H$  ЯМР спектр,  $\delta$ , м.ч.: 1,22 с (9H,  $C(CH_3)_3$ ); 1,25 с (6H,  $C(CH_3)_2OO$ ); 1,84 т (2H,  $HOCH_2CH_2$ ); 2,57 с (1H, OH); 3,76 т (2H,  $HOCH_2$ ).

*(3-трет-Бутилперокси-3-метилбутил)(триетиламоній-3-сульфопропіл)кумілсукцинат (4)*.

Метод 1.

1. *(3-трет-Бутилперокси-3-метилбутил)кумілсукцинат (3)*. До розчину 2,18 г (0,01 моль) кумілбуртинового ангідриду (1) у 6 мл безводного ДМФА послідовно при перемішуванні додавали 1,85 г (0,0105 моль) *3-трет*-бутилперокси-3-метил-1-бутанолу (2) та 0,20 г (0,002 моль) триетиламіну і одержану суміш витримували при перемішуванні без доступу вологи при 40°C протягом 12 год. Відганяли у вакуумі надлишок *3-трет*-бутилперокси-3-метил-1-бутанолу (3) та розчинник. Отримували 4,14 г продукту (вихід кількісний).

$^1H$  ЯМР спектр,  $\delta$ , м.ч.: 1,10 с (6H,  $C(CH_3)_2OO$ ); 1,12 с (9H,  $C(CH_3)_3$ ); 1,32 м (6H,  $PhC(CH_3)_2$ ); 1,70 м (2H,  $CHCH_2$ ); 1,83 м (1H,  $CHCH_2$ ); 2,51 т (2H,  $CH_2C(CH_3)_2$ ); 4,01 т (2H,  $C(O)OCH_2$ ); 7,33 м (5H,  $C_6H_5$ ); 10,34 с (1H, OH).

2. *(3-трет-Бутилперокси-3-метилбутил)(триетиламоній-3-сульфопропіл)кумілсукцинат (4)*. До розчину 4,14 г (0,01 моль) моноестеру (3) у 6 мл ДМФА додавали 1,22 г (0,01 моль) 1,3-пропансульфону та 1,01 г (0,01 моль) триетиламіну. Суміш витримували при перемішуванні без доступу вологи при 40°C протягом 6 год, відганяли у вакуумі надлишок триетиламіну та розчинник. Отримували 6,17 г цільового продукту (вихід кількісний). Знайдено, %: С 58,08; Н 8,59.  $C_{31}H_{55}NO_9S$ . Обчислено, %: С 58,28; Н 8,53.

ІЧ спектр,  $\text{cm}^{-1}$ : 704 і 776 (C–H у монозаміщеному бензольному ядрі), 880 (O–O), 930 (COOC), 1040 і 1164 (S=O), 1200 (C–O в пероксиді), 1230 (C–O в естері), 1360 і 1392 (C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> і C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>), 1472 (бензольне ядро), 1728 (C=O), 2500, 2683 (NH<sup>+</sup>), 3080 (C–H в бензольному ядрі).

<sup>1</sup>H ЯМР спектр,  $\delta$ , м.ч.: 1,10 с (6H, C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>OO); 1,11 с (9H, C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>); 1,19 т (9H, <sup>+</sup>NH(CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>); 1,32 м (6H, PhC(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); 1,84 м (2H, СНСН<sub>2</sub>); 1,97 м (1H, СН); 2,44 т (2H, СН<sub>2</sub>C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); 2,50 м (2H, СН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>); 3,09 кв (6H, <sup>+</sup>NH(СН<sub>2</sub>СН<sub>3</sub>)<sub>3</sub>); 3,40 т (2H, СН<sub>2</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>); 3,98 т (2H, С(О)ОСН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>); 4,02 т (2H, С(О)ОСН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>С(СН<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); 7,31 м (5H, С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>); 9,11 с (1H, <sup>+</sup>NH).

Метод 2.

1. Триетиламоній (3-трет-бутилперокси-3-метилбутил)кумілсулцинат. До розчину 2,18 г (0,01 моль) кумілбурштинового ангідриду (1) у 6 мл безводного ДМФА послідовно при перемішуванні додавали 1,85 г (0,0105 моль) 3-трет-бутилперокси-3-метил-1-бутанолу (3) та 1,01 г (0,01 моль) триетиламонію і одержану суміш витримували при перемішуванні без доступу вологи при 40°C протягом 12 год. Відганяли у вакуумі надлишок 3-трет-бутилперокси-3-метил-1-бутанолу (3) та розчинник. Отримували 4,95 г продукту (вихід кількісний).

<sup>1</sup>H ЯМР спектр,  $\delta$ , м.ч.: 1,10 с (6H, C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>OO); 1,12 с (9H, C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>); 1,14 т (9H, <sup>+</sup>NH(CH<sub>2</sub>СН<sub>3</sub>)<sub>3</sub>); 1,31 м (6H, PhC(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); 1,73 м (2H, СНСН<sub>2</sub>); 1,84 м (1H, СНСН<sub>2</sub>); 2,50 т (2H, СН<sub>2</sub>C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); 2,97 кв (6H, <sup>+</sup>NH(СН<sub>2</sub>СН<sub>3</sub>)<sub>3</sub>); 3,98 т (2H, С(О)ОСН<sub>2</sub>); 7,30 м (5H, С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>); 9,14 с (1H, <sup>+</sup>NH).

2. (3-трет-Бутилперокси-3-метилбутил)триетиламоній-3-сульфопроніл)кумілсулцинат (4). До розчину 4,95 г (0,01 моль) триетиламоній (3-трет-бутилперокси-3-метилбутил)кумілсулцинату у 6 мл ДМФА додавали 1,22 г (0,01 моль) 1,3-пропансультону. Суміш витримували при перемішуванні без доступу вологи при 40°C протягом 6 год, розчинник відганяли у вакуумі. Отримували 6,17 г цільового продукту (вихід кількісний).

**Висновки.** На основі доступної сировини синтезовано нові пероксидовмісні ініпари ряду сулцинатів. Показано, що синтезовані речовини проявляють поверхневу активність, знижуючи поверхневий натяг на межі повітря – водний розчин та здатні генерувати радикали під час термічного розкладу.

1. Tauer K., Kosmella S. *Synthesis, Characterization and Application of Surface Active Initiators // Polym. Int.* – 1993. – Vol. 30. – No. 2 – P. 253–258. 2. Kusters J.M.H., Napper D.H., Gilbert R.G. e. a. *Kinetics of particle growth in emulsion polymerization systems with surface-active initiators // Macromolecules.* – 1992. – Vol. 25. – No. 23. – P. 7043–7050. 3. Tauer K., Kosmella S. *Synthesis, Characterization and Application of Surface Active Initiators // Polym. Int.* – 1993. – Vol. 30. – No. 2 – P. 253–258. 4. Iwantschew S.S., Pawljutschenko W.N. *Herstellung, Eigenschaften, Reaktionen und Anwendung der Butylakrylatkautschuk-Wasser-Dispersionen mit funktionellen Gruppen vom Peroxidtyp // Plaste Kautschuk.* – 1979. – Vol. 26. – No. 6. – P. 314–317. 5. Воронов С.А., Киселев Е.М., Токарев В.С. и др. *Полимерные поверхностно-активных вещества, содержащие пероксидные группы // Коллоид. журн.* – 1980. – Т. 42. – № 3. – С. 452–457. 6. Wang L., Liu X., Li Y. *Microemulsion Polymerisation of Styrene Using Surface-Active Peresters as Photoinitiators // Langmuir.* – 1998. – Vol. 14. – No. 24. – P. 6879–6885. 7. Shechter H., Barker H. *Addition Reactions of Arylalkanes and Maleic Anhydride Occuring by Chain Processes // J. Org. Chem.* – 1956. – Vol. 21. – P. 1473–1477. 8. Fleischuk R.I., Gevus' O.I., Voronov S.A. *Synthesis of peroxide monomers based on unsaturated carboxylic acids // Russ. J. Org. Chem.* – 2003. – Vol. 39. – No. 12. – P. 1799–1800. 9. Липскис А.Л., Квинкис А.В., Липскене А.М., Мачюлис А.Н. *Расчет кинетических параметров термической деструкции полимеров // Высокомолекул. соединения технологии.* – 1976. – Т.(А)XVIII. – № 2. – С. 426–431. 10. Семеншин Д.И., Кочубей В.В., Борова О.Я., Возняк З.Р. *Сравнение кинетических параметров термической деструкции 1,4-фенилендиамингексацианоферрата (II) // Координационная химия.* – 2003. – Т.29. – № 3. – С. 209–212. 11. *Органикум: В 2 т.: Пер. с нем. / Под ред. К. Шветлика.* – М.: Мир, 1979. – Т. 2. – С. 360–361. 12. *Практикум по коллоидной химии латексов и поверхностно-активных веществ / Нейман Р.Э., Вережников В.Н., Кирдеева А.П. и др.* – М.: Высшая школа, 1972. – 176 с. 13. Milas N.A., Surgenor D.M. *Studies in Organic Peroxides. VIII. t-Butyl Hydroperoxide and Di-t-Butyl Peroxide // J. Am. Chem. Soc.* – 1946. – Vol. 68. – No. 1. – P. 205–208.