

О. В. Штрімайтіс<sup>1</sup>, О. С. Кухтенко<sup>2</sup>, Д. П. Солдатов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради, Україна

<sup>2</sup> Національний фармацевтичний університет Міністерства охорони здоров'я України

## Визначення реологічних показників гелів, застосовуваних у лікуванні дерматологічних захворювань шкіри

**Мета роботи** – дослідити реологічні показники наявних на фармацевтичному ринку України лікарських і косметичних засобів у формі гелю для лікування дерматологічних захворювань (акне), зокрема визначити критерії прийнятності допускних меж під час оцінювання реологічних властивостей гелів.

**Матеріали та методи.** Як об'єкти дослідження використовували лікарські засоби із вмістом ретиноїдів (адапален та третиноїн) та косметичний засіб (лікувально-профілактичний гель). Реологічні властивості зразків гелів досліджували на ротатійному віскозиметрі Rheolab QC («Anton Paar») з використанням системи коаксіальних циліндрів C-CC27 / SS.

**Результати та їх обговорення.** Результати реологічних досліджень залежать від умов проведення експерименту та використовуваного приладу. Складність оцінювання реологічних властивостей полягає у відсутності конкретних значень, яким повинна відповідати та чи інша м'яка лікарська форма. Тому саме через відсутність універсальних критеріїв оцінювання реологічних параметрів та важливість визначення можливих меж реологічних властивостей для розробки м'яких лікарських форм із вмістом ретиноїдів і виникла потреба окреслити допускні межі реопараметрів на прикладі наявних гелевих форм для лікування акне. Аналізуючи межі значень напруги зсуву, у яких розташовані криві плинину, виявили, що допускними межами нового розроблюваного лікарського засобу є проміжок напруги зсуву 25-100 Па за подібних або наближених умов проведення експерименту. Початкова в'язкість досліджуваних гелів перебуває в межах 30-100 Па·с.

**Висновки.** За допомогою експериментальної роботи виявлено, що представлені в дослідженні гелі мають високі тиксотропні властивості, а тому легко відновлюють свою структуру після механічного руйнування за допомогою внутрішнього циліндра вимірювальної системи. Допускними межами нового розроблюваного лікарського засобу повинен бути проміжок напруги зсуву 25-100 Па за подібних або наближених умов проведення експерименту. З'ясовано, що гелі поведуться, як псевдопластичні дисперсні системи. Початкова в'язкість досліджуваних гелів перебуває в межах 30-100 Па·с, що необхідно врахувати в розробці нового лікарського засобу для лікування дерматологічних захворювань.

**Ключові слова:** м'які лікарські форми; гель; ретиноїди; реологія; адапален; третиноїн; в'язкість

O. V. Shtrimaitis<sup>1</sup>, O. S. Kukhtenko<sup>2</sup>, D. P. Soldatov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Municipal Institution of Higher Education «Rivne Medical Academy» of Rivne Region Council, Ukraine

<sup>2</sup> National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine

### Determination of rheological parameters of gels used in the treatment of dermatological skin diseases

**Aim.** To study the rheological parameters of medicinal and cosmetic products that are available in the Ukrainian pharmaceutical market in the form of a gel for the treatment of dermatological diseases (acne) in order to determine the acceptability criteria when assessing the rheological properties of gels.

**Materials and methods.** The study objects were medicines containing retinoids (adapalene and tretinoin) and a cosmetic product (a therapeutic and preventive gel). The rheological properties of the gel samples were assessed using a Rheolab QC rotational rheometer (Anton Paar) equipped with a C-CC27 / SS coaxial cylinder system.

**Results.** The results of rheological studies depend on the experimental conditions and the equipment used. The challenge in assessing rheological properties lies in the absence of specific values for soft dosage forms, which makes it difficult to assess the values obtained and determine compliance. Therefore, due to the lack of universal criteria for assessing rheological parameters and the necessity to determine acceptable rheological property ranges in the development of soft dosage forms containing retinoids, it became essential to establish acceptable rheological parameter ranges on the example of existing gel forms for treating acne. Analyzing the shear stress range values, in which the flow curves are located, it can be determined that acceptable ranges for the new drug being developed are the shear stress range of 25–100 Pa under similar or approximate experimental conditions. The initial viscosity of the gels studied ranges from 30 to 100 Pa·s.

**Conclusions.** The experimental studies have demonstrated that the gels presented in the study exhibit high thixotropic properties, indicating significant structural recovery after mechanical deformation caused by the measuring system inner cylinder. The acceptable shear stress range for the new drug being developed should be within 25–100 Pa under similar or approximate experimental conditions. The gels have been identified as pseudoplastic dispersed systems. As the initial viscosity of the gels studied ranges from 30 to 100 Pa·s, it must be considered when developing a new pharmaceutical product for the treatment of dermatological diseases.

**Keywords:** soft dosage forms; gel; retinoids; rheology; adapalene; tretinoin; viscosity

**Вступ.** Розробку лікарського засобу регламентує значна кількість настанов Європейського Союзу, імplementованих в Україні на шляху гармонізації фармацевтичної науки та практики [1-3]. Основним постулатом під час створення будь-якого лікарського засобу є «Quality by design», суть якого полягає в закладенні якості препарату на етапі його фармацевтичної розробки [1, 4]. Якісний лікарський засіб – це засіб, який характеризується низкою показників фармакотехнологічного, фізико-хімічного, біологічного, мікробіологічного, споживчого профілів, що гарантують незмінну якість та терапевтичну ефективність. Досягають оптимальних значень за кожною групою властивостей не тільки досліджуючи активну фармацевтичну субстанцію, нову композицію, а і вивчаючи відповідні характеристики тих лікарських засобів, що вже існують на фармацевтичному ринку. Одним із ключових показників фармакотехнологічного та споживчого комплексу властивостей м'яких лікарських форм є реологічні властивості [3-5].

Реологічні показники (в'язкість, пластичність, тиксотропія, плинність тощо) мають важливе значення для розробки лікарських засобів, адже вони впливають на стабільність препарату (визначають здатність лікарської форми зберігати однорідність протягом терміну придатності); технологічність виробництва (в'язкість та плинність важливі для процесів змішування, наповнення, емульгування, нанесення покриття тощо); біодоступність та ефективність (реологія лікарської форми може впливати на швидкість вивільнення активної речовини); комфорт застосування (реологічні показники впливають на тактильні відчуття під час нанесення, легкість розподілу, швидкість всмоктування, а також на органолептичні властивості); контроль дозування (для таких рідких лікарських форм, як суспензії чи

емульсії, реологічні властивості гарантують рівномірний розподіл активної речовини, що забезпечує точність дозування); а в разі створення інноваційних лікарських форм (наприклад, мікрогелів, наночастинок, ліпосом) реологічні властивості є ключовими для забезпечення їх функціональності та стабільності [3, 4, 6-8].

Під час створення лікарських та косметичних засобів із відповідними споживчими властивостями важливо ретельно добирати рівень в'язкості залежно від цільового призначення продукту та очікувань користувачів. Ці параметри впливають на комфортне використання, а тому є ключовими для успіху продукту на ринку [3, 9].

Отже, реологічні показники є важливим інструментом для забезпечення якості, ефективності та зручності використання лікарських засобів на всіх етапах їх створення. Тому для розробки нових лікарських засобів із вмістом ретиноїдів доцільним є дослідити гелеві форми лікарських засобів, зокрема вивчити профілі реологічної поведінки.

**Мета роботи** – дослідити реологічні показники наявних на фармацевтичному ринку України лікарських і косметичних засобів у формі гелю для лікування дерматологічних захворювань (акне), зокрема визначити критерії прийнятності допускних меж під час оцінювання реологічних властивостей гелів.

**Матеріали та методи.** Як об'єкти дослідження використовували такі лікарські засоби: гель «Дерива С» (Гленмарк Фармасьютикалз Лтд., Індія), гель «Дерива С МС» (Гленмарк Фармасьютикалз Лтд., Індія), гель «Еффезел» (Лабораторія Galderma, Франція), гель «Третіонін 0,04%» (Aan Pharma Private limited, Індія) та косметичний засіб (лікувально-профілактичний гель) «ДемоСкін Акне» (компанія Botanica, Україна) [10-13] (табл.).

Таблиця

Дослідні зразки лікарських та косметичних засобів

№ з/п	Назва лікарського засобу	Допоміжні речовини	Діючі речовини
1	Гель «Дерива С»	Динатрію едетат, карбомер 940, пропіленгліколь, метилпарагідроксибензоат (Е 218), полоксамер 407, феноксиетанол, натрію гідроксид, вода очищена	1 г гелю містить адапалену 1 мг, кліндаміцину (у вигляді кліндаміцину фосфату) 10 мг
2	Гель «Дерива С МС»	Динатрію едетат, карбомер 940, пропіленгліколь, метилпарагідроксибензоат (Е 218), полоксамер 407, феноксиетанол, натрію гідроксид, вода очищена	1 г гелю містить адапалену (мікронізованого) 1 мг, кліндаміцину (у вигляді кліндаміцину фосфату) 10 мг
3	Гель «Еффезел»	Симультгель 600 РНА (сополімер акриламід у та натрію акрилоїлдиметилтаурату, ізогексадекан, полісорбат 80, сорбітанолеат), натрію докузат, динатрію едетат, гліцерин, полоксамер 124, пропіленгліколь, вода	1 г гелю містить адапалену 1 мг та бензоїлу пероксиду 25 мг
4	Гель «Третіонін»	ПЕГ-4 оліват; ПЕГ-7 ефіри оливкової олії; метилгідроксибензоат; пропілгідроксибензоат; пропіленгліколь; силіконова олія; каприлик каприловий тригліцерид; карбомер; триетаноламін; вода	Третіоніну 0,04% мікронізованого
5	Гель для обличчя «ДемоСкін Акне»	Полігель СА, пропіленгліколь, вода, діазолідиніл сечовина, метилпарабен, пропілпарабен	Гліколева кислота, D-пантенол, октопірокс, саліцилова кислота, алантоїн, олія жожоба, олія лаванди, екстракти календули та ромашки, цитрат срібла

Реологічні властивості зразків досліджували на реовіскозиметрі Rheolab QC компанії «Anton Paar» з використанням системи коаксіальних циліндрів C-CC27 / SS. Прилад відповідає вимогам стандарту ISO 3219. Реометр Rheolab QC оснащений програмним забезпеченням RheoPlus 32 V3.62, яке дозволяє визначати необхідні умови виконання експерименту (діапазон швидкості зсуву, кількість точок виміру та тривалість виміру однієї точки) [4, 5]. Криву плину вимірювали за лінійного збільшення градієнта швидкості зсуву від 0,7 до 270  $\text{хв}^{-1}$  з 105 точками виміру та тривалістю виміру точки 1 s. Температуру визначили на рівні  $36 \pm 0,5$  °C, щоб відтворити температуру тіла людини під час нанесення лікарського/косметичного засобу.

Статистичну обробку отриманих результатів виконували відповідно до рекомендацій ДФУ [5].

**Результати та їх обговорення.** Профіль реологічної поведінки досліджуваних гелів описує залежність значень напруги зсуву від градієнта швидкості зсуву. Наруга зсуву виражає зусилля, необхідне для плину (течії) гелю, а межа плину (початок плину на осі абсцис) виражає мінімальне значення зусилля, достатнє для початку плину системи. Досліджують

реологічні властивості у двох напрямках: у напрямку зростання величини градієнта швидкості зсуву від 0,7 до 270  $\text{хв}^{-1}$  з наступним зворотним напрямком, з тим же кроком. Тож на графіках зображено дві криві, які утворюють петлю гістерезису. Залежно від комплексу реологічних властивостей, якими характеризується лікарських засіб, петля гістерезису може мати різну площу. Тобто висхідна та низхідна крива можуть накладатись одна на одну, із цим площа петлі гістерезису наближається до нуля, в іншому випадку можливе виникнення «роздутості» петлі гістерезису. Величина площі петлі гістерезису та її форма описують тиксотропні властивості м'яких лікарських форм. На рис. 1-5 наведено реограми плину досліджуваних гелів та результати статистичної обробки за математичною моделлю Herschel [4, 13, 14]. Як видно з кривих плину гелів, усі вони мають високі тиксотропні властивості, тобто високу відновлюваність структури гелів після механічного руйнування за допомогою внутрішнього циліндра вимірювальної системи. Висхідні та низхідні криві майже накладаються одна на одну, площа петлі гістерезису практично відсутня. Така поведінка є характерною для переважної кількості гелевих форм лікарських засобів.

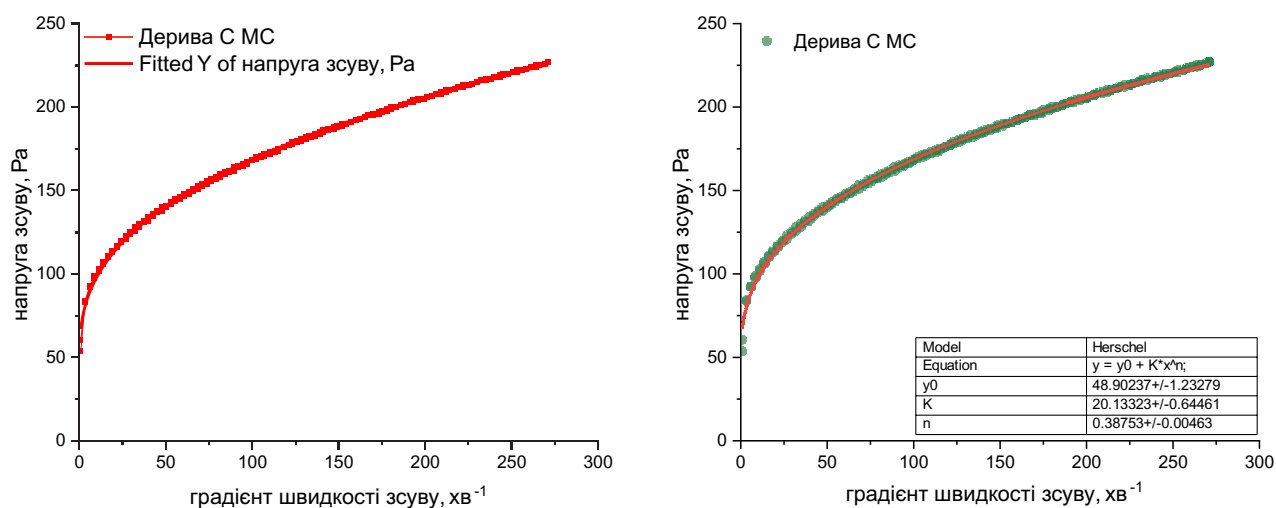


Рис. 1. Експериментальна крива плину гелю «Дерива С МС» та розрахована крива плину за математичною моделлю Herschel ( $n = 5$ )

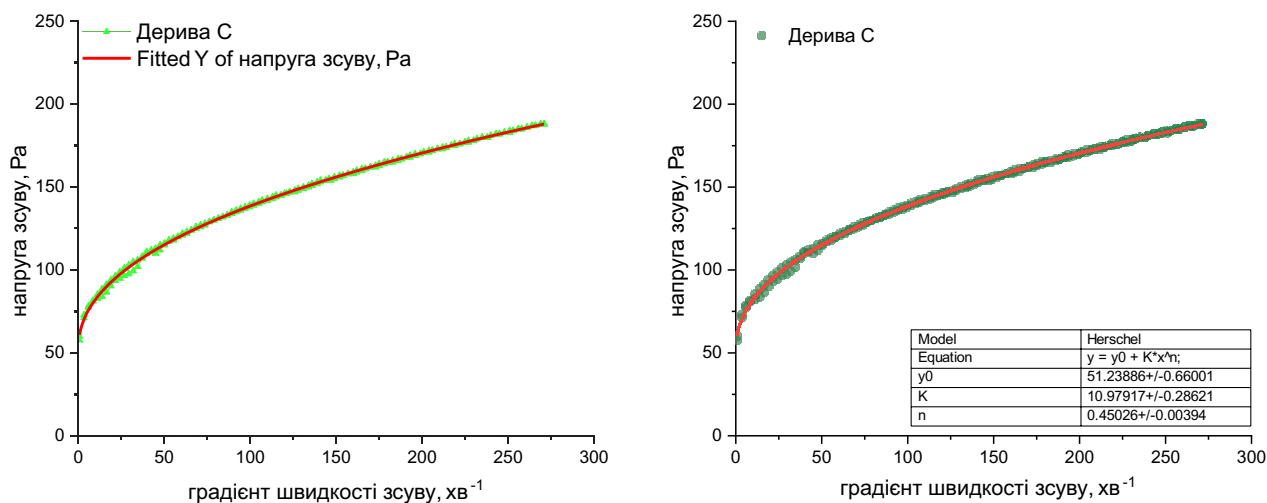


Рис. 2. Експериментальна крива плину гелю «Дерива С» та розрахована крива плину за математичною моделлю Herschel ( $n = 5$ )

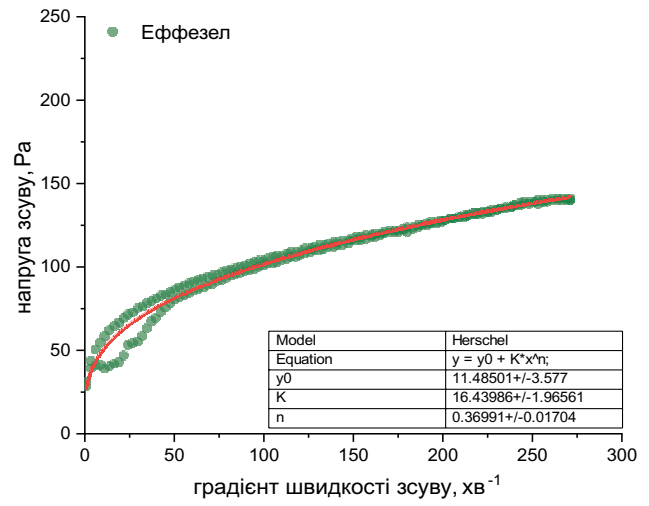
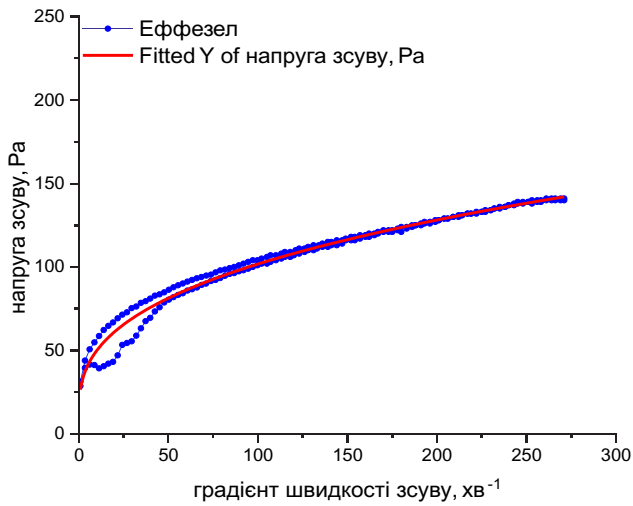


Рис. 3. Експериментальна крива плинущу гелю «Еффезел» та розрахована крива плинущу за математичною моделлю Herschel (n = 5)

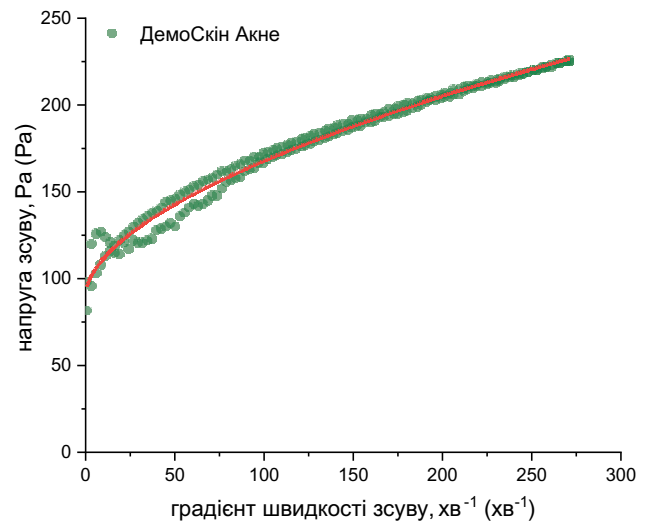
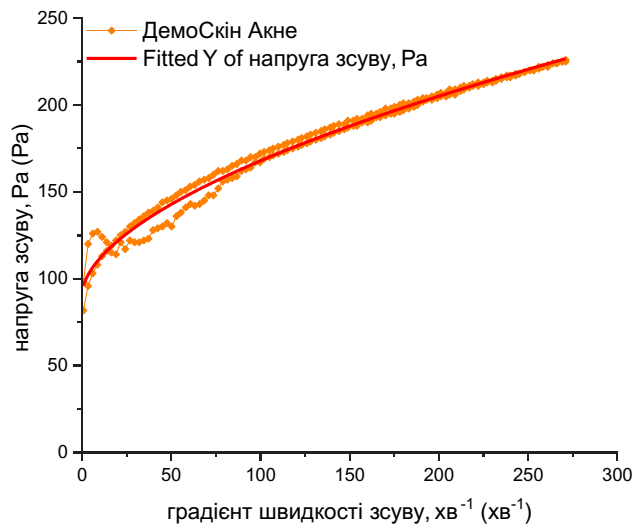


Рис. 4. Експериментальна крива плинущу гелю «ДемоСкін Акне» та розрахована крива плинущу за математичною моделлю Herschel (n = 5)

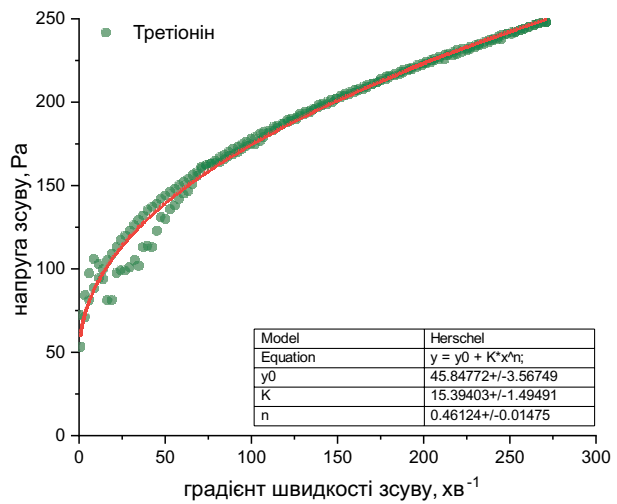
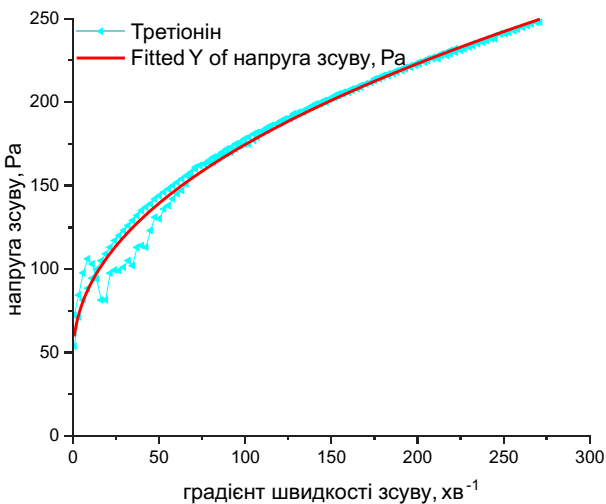


Рис. 5. Експериментальна крива плинущу гелю «Третіонін» та розрахована крива плинущу за математичною моделлю Herschel (n = 5)

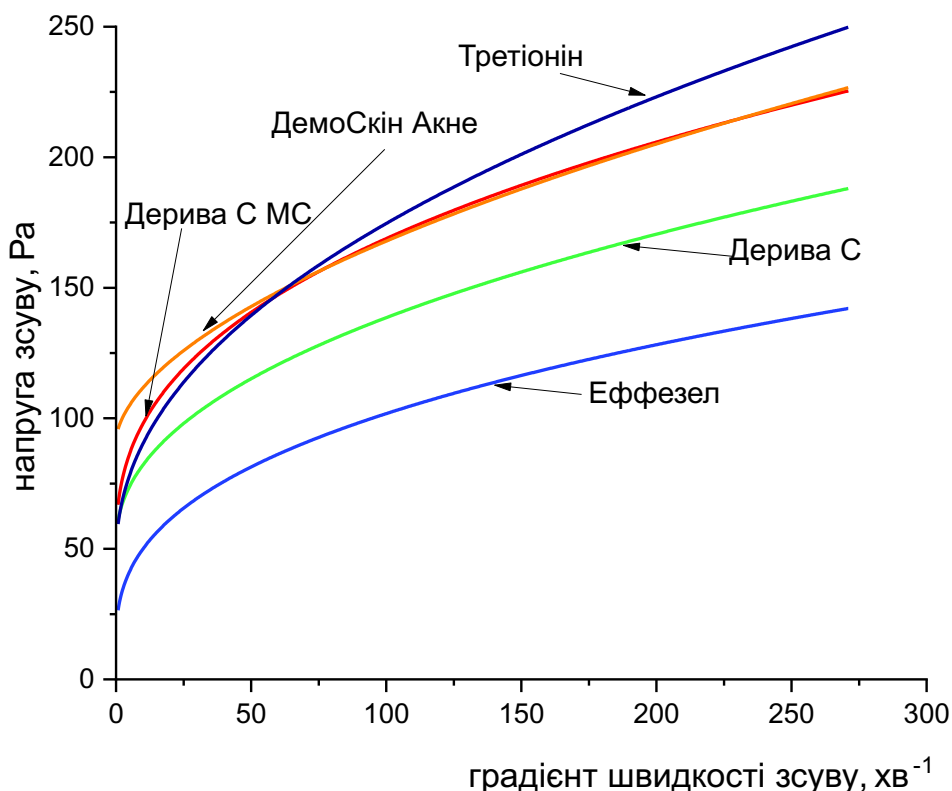


Рис. 6. Розраховані межі плинучості досліджуваних гелів

Результати реологічних досліджень залежать від умов проведення експерименту та використовуваного приладу. Тому під час розроблення м'яких лікарських форм консистентні властивості оцінюють за сукупністю реологічних параметрів [4, 12]. Складність оцінювання реологічних властивостей полягає у відсутності конкретних значень, яким повинна відповідати та чи інша м'яка лікарська форма. Державна фармакопея України містить рекомендації щодо конструкції приладів, на яких треба виконувати реологічні дослідження, та загальні рекомендації щодо необхідності й значення цих досліджень. Науковці виконували дослідження щодо визначення оптимумів намазування для гідрофільних і ліпофільних мазевих форм, а також щодо межі реологічних кривих плинучості. Ці оптимуми актуальні в тих випадках, коли дослідження реологічних параметрів виконують в ідентичних умовах. Тому через відсутність універсальних критеріїв оцінювання реологічних параметрів та важливість визначення можливих меж реологічних властивостей для розробки м'яких лікарських форм із вмістом ретиноїдів виникла потреба в окресленні допускних меж реопараметрів на прикладі наявних гелевих форм для лікування акне (рис. 6).

На рис. 6 наведено розраховані за математичною моделлю Herschel реограми реологічного плинучості зразків. Проаналізувавши межі значень напруги зсуву, у яких розташовані криві плинучості, можемо

констатувати, що допускними межами нового розроблюваного лікарського засобу має бути проміжок напруги зсуву 25-100 Па за подібних або наближених умов проведення експерименту.

Наступним кроком став аналіз величин в'язкості гелів та динаміки зміни за збільшення градієнта швидкості зсуву. Результати досліджень наведено на рис. 7. Як бачимо, всі гелі мають подібний профіль. В'язкість стрімко зменшується за збільшення швидкості зсуву, що свідчить про те, що гелі легко піддаються намазуванню, бо в'язкість, за визначенням, – це міра супротиву переміщення одного шару дисперсної системи щодо іншої. На рис. 7 також наведено криві в'язкості в логарифмічних величинах ( $\ln$ ), що дає змогу детально простежити зміни на досліджуваному проміжку. Під час аналізу лінійних величин за високих швидкостей зсуву може скласти хибне враження, що дисперсна система перейшла в пластичний плин, тобто такий, за якого в'язкість є постійною і не змінюється від збільшення швидкості зсуву.

Проаналізувавши логарифмічні величини залежності в'язкості від градієнта швидкості зсуву, можемо висувати, що гелі й надалі поведуться, як псевдопластичні дисперсні системи. Початкова в'язкість досліджуваних гелів перебуває в межах 30-100 Па·с.

Отже, отримані результати досліджень можна використати для оцінювання реологічних властивостей розроблюваного засобу із ретиноїдами.

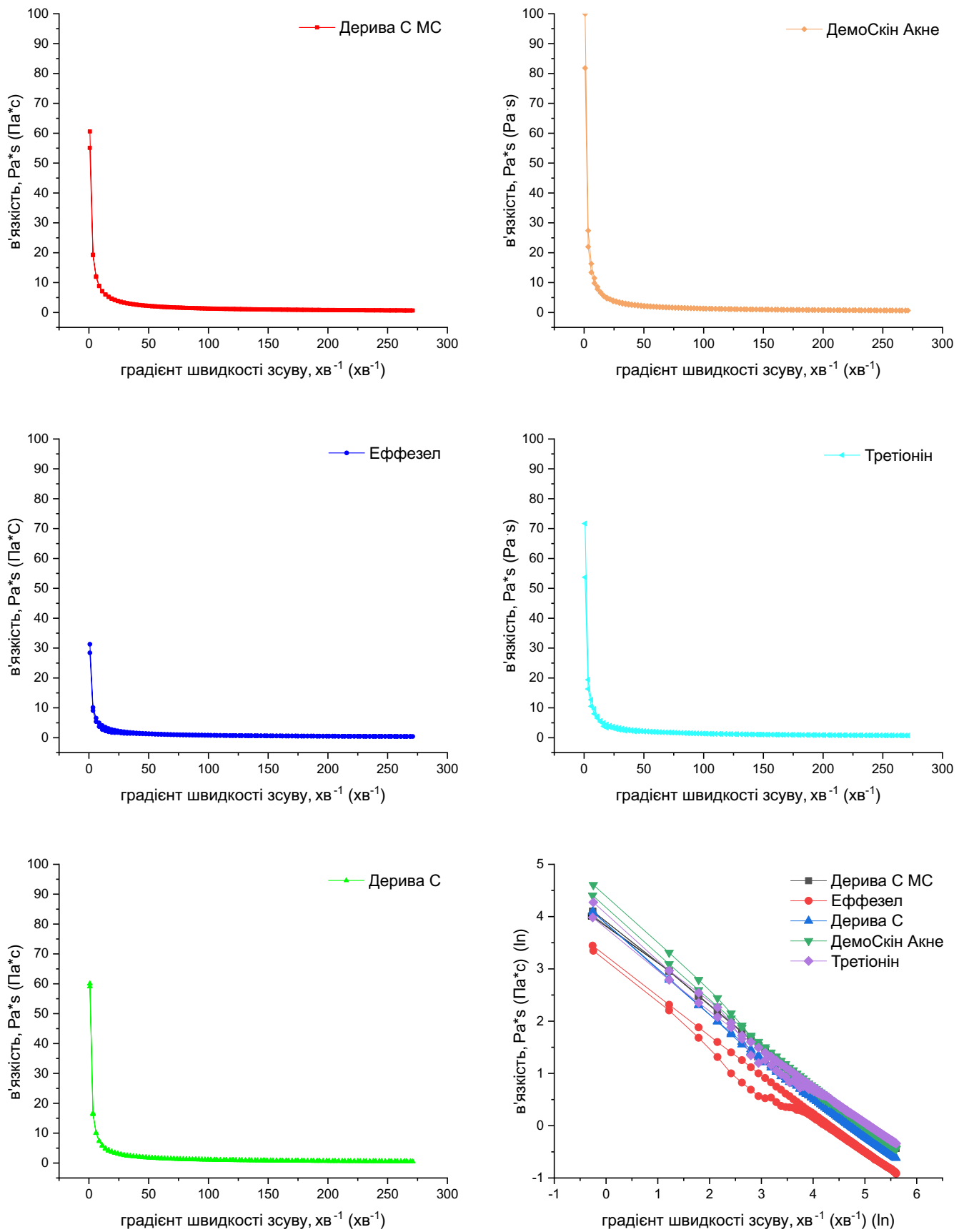


Рис. 7. Залежність в'язкості гелів від градієнта швидкості зсуву в лінійних та логарифмічних значеннях (n = 5), за математичною моделлю Herschel

### Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Досліджено реологічні показники наявних на фармацевтичному ринку України лікарських та косметичних засобів у формі гелю для лікування акне, зокрема визначено критерії прийнятності допускних меж під час оцінювання реологічних властивостей гелів.

2. Обґрунтовано, що за відсутності універсальних критеріїв оцінювання реологічних параметрів та меж реологічних властивостей м'яких лікарських форм необхідно визначати допускні межі реопараметрів на прикладі наявних на фармацевтичному ринку гелевих форм для лікування дерматологічних захворювань.

3. За допомогою експериментальної роботи визначено, що представлені в дослідженні гелі мають високі тиксотропні властивості, тобто високу відновлюваність структури гелів після механічного руйнування

за допомогою внутрішнього циліндра вимірювальної системи. Допускними межами нового розроблюваного лікарського засобу має бути проміжок напруги зсуву 25-100 Pa за подібних або наближених умов проведення експерименту.

4. Проаналізувавши логарифмічні величини залежності в'язкості від градієнта швидкості зсуву, можемо констатувати, що гелі поведуться, як псевдопластичні дисперсні системи. Початкова в'язкість досліджуваних гелів перебуває в межах 30-100 Pa·s, що треба врахувати під час створення нового лікарського засобу для лікування дерматологічних захворювань.

Перспективою подальших досліджень вбачаємо обґрунтування технологічних параметрів виробництва нового лікарського засобу із вмістом ретиноїдів для лікування дерматологічних захворювань.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Лікарські засоби. Фармацевтична розробка (ICH Q8) : Настанова СТ-Н МОЗУ 42-3.0:2011. Вид. офіц. Київ : МОЗ України, 2011. URL: <https://compendium.com.ua/uk/clinical-guidelines-uk/standartizatsiya-farmatsevtichnoyi-produktsiyi-tom-1/st-n-mozu-42-3-0-2011/>.
2. Настанова з виробництва готових лікарських засобів : Настанова СТ-Н МОЗУ 42-3.4:2020 / за ред. М. Ляпунова та ін. Київ, 2020. URL: <https://compendium.com.ua/uk/clinical-guidelines-uk/standartizatsiya-farmatsevtichnoyi-produktsiyi-tom-3/st-n-mozu-42-3-4-2020/>.
3. Промислова технологія лікарських засобів : базовий підруч. для студентів вищ. фармацевт. закл. (фармацевт. ф-тів) / Є. В. Гладух та ін. 2-ге вид., випр. та допов. Харків : НФаУ : Новий світ 2000, 2018. 486 с.
4. Biopharmaceutical and rheometric studies in the development of a gel composition with dimethindene maleate / T. Popova et al. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*. 2021. Vol. 3, Iss. 31. P. 21-32. DOI: 10.15587/2519-4852.2021.234250.
5. Державна фармакопея України. Доповнення 3 / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-ге вид. Харків : «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2018. 416 с.
6. Goodwin J. W., Hughes R. W. Rheology for Chemists. *Applied Rheology*. 2006. Vol. 16, Iss. 2. P. 69.
7. Rheological, mechanical, and bioadhesive behavior of hydrogels to optimize skin delivery systems / F. Carvalho et al. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 2013. Vol. 39, Iss. 11. P. 1750-1757. DOI: 10.3109/03639045.2012.734510.
8. The Design of Experiment Approach, Rheology for Optimization of a Topical Anti-inflammatory and Analgesic Cream / T. P. Do et al. *Curr Drug Deliv*. 2021. Vol. 18(9). P. 1303-1313. DOI: 10.2174/1567201818999210120201006.
9. Karieva E. S., Maksudova F. K. Use of Mathematical Planning Methods for Selecting Optimum Combined Gel Compositions. *Pharm. Chem. J*. 2017. Vol. 51. P. 411-415. DOI: 10.1007/s11094-017-1624-1.
10. Державний реєстр лікарських засобів України. URL: <http://www.drlz.com.ua/ibp/ddsite.nsf/all/shlist>.
11. Компендіум. Лікарські препарати України : офіційний сайт. URL: <https://compendium.com.ua/uk/>.
12. Штрімайтіс О. В., Кухтенко О. С., Нестерук Т. М. Дослідження м'яких лікарських форм із вмістом ретиноїдів. *Health & Education*. 2024. № 1. P. 149-154. DOI: 10.32782/health-2024.1.20.
13. The pharmaceutical market of medicines containing retinoids for the treatment of psoriasis in Ukraine, Poland and Kazakhstan / O. Shtrimaitis et al. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*. 2023. Vol. 1(41). P. 50-57. DOI: 10.15587/25194852.2023.274468.
14. Classification, processing and application of hydrogels: A review / F. Ullah et al. *Mater. Sci Eng. C*. 2015. Vol. 57. P. 414-433. DOI: 10.1016/j.msec.2015.07.053.

### REFERENCES

1. *Likarski zasoby. Farmatsevychna rozrobka (ICH Q8): Nastanova ST-N MOZU 42-3.0:2011.* (2011). MOZ Ukrainy. <https://compendium.com.ua/uk/clinical-guidelines-uk/standartizatsiya-farmatsevtichnoyi-produktsiyi-tom-1/st-n-mozu-42-3-0-2011/>.
2. *Likarski zasoby. Nastanova z vyrobnytstva hotovykh likarskykh zasobiv: Nastanova ST-N MOZU 42-3.4:2020.* (2020). MOZ Ukrainy. <https://compendium.com.ua/uk/clinical-guidelines-uk/standartizatsiya-farmatsevtichnoyi-produktsiyi-tom-3/st-n-mozu-42-3-4-2020/>.
3. Hladukh, Ye. V., Ruban, O. A., Saiko, I. V., Chuieshov, V. I., Liapunova, O. O., Sichkar, A. A., Krutskykh, T. V., Kukhtenko, O. S., Hrubnyk, I. M., & Bezrukavyy, Ye. A. (2018). *Promyslova tekhnolohiia likarskykh zasobiv: bazovyi pidruch. dlia studentiv vyshch. navch. farmatsevt. zakl. (farmatsevt. f-tiv)* (2-he vyd., vypr. ta dopov.). Natsionalnyi farmatsevtichnyi universytet.
4. Popova, T., Kukhtenko, H., Bevez, N., & Kukhtenko, O. (2021). Biopharmaceutical and rheometric studies in the development of a gel composition with dimethindene maleate. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 3(31), 21-32. <http://doi.org/10.15587/2519-4852.2021.234250>.
5. Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv». (2018). *Derzhavna farmakopeia Ukrainy. Dopovnennia 3* (2-he vyd.). Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv.
6. Goodwin, J. W., & Hughes, R. W. (2006). Rheology for Chemists. *Applied Rheology*, 16(2), 69.

7. Carvalho, F. C., Calixto, G., Hatakeyama, I. N., Luz, G. M., Gremião, M. P. D., & Chorilli, M. (2013). Rheological, mechanical, and bioadhesive behavior of hydrogels to optimize skin delivery systems. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 39(11), 1750-1757. <https://doi.org/10.3109/03639045.2012.734510>.
8. Do, T. P.-C., Nguyen, D.-C., Nguyen, T.-D., Bui, Q.-D., Nguyen, C.-H., Nguyen, T.-B., Quyen, D., & Tung, N.-T. (2021). The Design of Experiment Approach, Rheology for Optimization of a Topical Anti-inflammatory and Analgesic Cream. *Curr. Drug. Deliv*, 18(9), 1303-1313. <http://doi.org/10.2174/1567201818999210120201006>.
9. Karieva, E. S., & Maksudova, F. K. (2017). Use of Mathematical Planning Methods for Selecting Optimum Combined Gel Compositions. *Pharm. Chem. J.*, 51, 411-415. <https://doi.org/10.1007/s11094-017-1624-1>.
10. *Derzhavnyi reiestr likarskykh zasobiv Ukrainy*. (n. d.). <http://www.drlz.com.ua/ibp/ddsite.nsf/all/shlist>.
11. *Kompendium. Likarski preparaty Ukrainy*. (n. d.). <https://compendium.com.ua/uk/>.
12. Shtrimaitis, O. V., Kukhtenko, O. S., & Nesteruk, T. M. (2024). Doslidzhennia miakykh likarskykh form iz umistom retinoidiv. *Health & Education*, (1), 149-154. <http://doi.org/10.32782/health-2024.1.20>.
13. Shtrimaitis, O., Kukhtenko, O., Sadovnyk, O., & Kukhtenko, H. (2023). The pharmaceutical market of medicines containing retinoids for the treatment of psoriasis in Ukraine, Poland and Kazakhstan. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 1(41), 50-57. <http://doi.org/10.15587/25194852.2023.274468>.
14. Ullah, F., Hafī Othman, M. B., Javed, F., Ahmad, Z., & Akil, H. M. (2015). Classification, processing and application of hydrogels: A review. *Mater. Sci Eng. C*, 57, 414-433. <http://doi.org/10.1016/j.msec.2015.07.053>.

---

*Відомості про авторів:*

Штримайтіс О. В., кандидат фармацевтичних наук, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри хіміко-фармацевтичних дисциплін, Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради. E-mail: [shtrimaitis.o.v@rma.edu.ua](mailto:shtrimaitis.o.v@rma.edu.ua).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1305-2251>

Кухтенко О. С., доктор фармацевтичних наук, професор кафедри промислової технології ліків та косметичних засобів, Національний фармацевтичний університет Міністерства охорони здоров'я України. E-mail: [kukhtenk@gmail.com](mailto:kukhtenk@gmail.com).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4908-6717>

Солдатов Д. П., кандидат фармацевтичних наук, доцент кафедри промислової технології ліків та косметичних засобів, Національний фармацевтичний університет Міністерства охорони здоров'я України. E-mail: [soldatovdp@gmail.com](mailto:soldatovdp@gmail.com).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2234-9177>

*Information about authors:*

Shtrimaitis O. V., Candidate of Pharmacy (Ph.D.), vice rector for Scientific Affairs, head of the Department of Chemical and Pharmaceutical Disciplines, Municipal Institution of Higher Education "Rivne Medical Academy" of the Rivne Region Council.

E-mail: [shtrimaitis.o.v@rma.edu.ua](mailto:shtrimaitis.o.v@rma.edu.ua). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1305-2251>

Kukhtenko O. S., Doctor of Pharmacy (Dr. habil.), professor of the Department of Industrial Technology of Medicines and Cosmetics, National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine. E-mail: [kukhtenk@gmail.com](mailto:kukhtenk@gmail.com). ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4908-6717>

Soldatov D. P., Candidate of Pharmacy (Ph.D.), associate professor of the Department of Industrial Technology of Medicines and Cosmetics, National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine. E-mail: [soldatovdp@gmail.com](mailto:soldatovdp@gmail.com).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2234-9177>

Надійшла до редакції 21.01.2025 р.