

УДК 621.762.3.(088.8)

ISSN 1729-4428

О.Г. Сіренко¹, Н.І. Джуренко¹, О.В. Кузишин², О.В. Шийчук², Г.О. Сіренко²

Рослинні оливи як мастильні матеріали для металевих поверхонь: ІЧ-спектральний аналіз ріпакової олії, олій горішків карпатського та сибірського кедру

¹Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка Національної Академії Наук України,
вул. Тимірязєвська, 1, Київ, 01014, Україна

²Прикарпатський національний університет імені В. Стефаника,
вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76025, Україна

Розглянуто доцільність використання рослинних олив у якості мастильних матеріалів для металевих поверхонь. Досліджено ІЧ-спектри рослинних олив у порівнянні з ріпаковою олією. Наведені результати дослідження ІЧ-спектрів кедрової олії з двох гір Карпат у порівнянні з кедровою олією з гір Алтаю.

Ключові слова: ІЧ-спектроскопія, кедрова олія, рослинна олива.

Стаття поступила до редакції 22.09.2007; прийнята до друку 15.02.2008.

Вступ

Рослинні оливи перспективні як самостійні мастильні матеріали, так і дисперсійні середовища для композиційних рідких і пластичних мастил та рідких палив. Сучасний стан використання рослинних олій як мастильних матеріалів – машинних олив, пластичних мастил, мастильно-охолоджуючих технологічних засобів (МОТЗ), мастильних паст, брикетів і покриттів – періодично висвітлюється в публікаціях [1-37]. Дослідження фізико-хімії і технології рослинних олив як антифрикційних матеріалів та створення композиційних мастил на їх основі стимулює прогнозована у майбутньому вичерпаність розвіданих покладів вугілля, нафти та газу. Крім того, мінеральні і синтетичні мастила, які використовує сучасна техніка, є потужними забруднювачами навколишнього середовища. Окрім того, базові мінеральні і синтетичні оливи (за виключенням полігліколів), більшість їх загущувачів і добавок спеціального призначення мають низьку швидкість біологічного розкладу, малий коефіцієнт хімічного і біологічного поглинання кисню та часто-густо токсичні [2,10]. Рослинні, в т.ч. і ріпакова, оливи значно перевищують мінеральні і синтетичні оливи за екологічними властивостями [4,11].

У роботі [3] на чотирикульовій машині тертя (число обертів верхньої кульки 1460 за хв., час випробувань на одному ступені навантаження 10 с, кульки зі сталі ШХ-9; HRC 60-62) досліджено протизадирні та антифрикційні властивості

рослинних олив: оливкової, кукурудзяної, соняшnikової, рицинової олій, а також олій з плодів кісточок сливи, вишні, абрикоса та насіння арахісу, ріпаку, томатів і винограду.

Виконаний нами графічний аналіз результатів дослідження [3] дозволив виявити деякі закономірності [5,9,31,32], які не були обговорені авторами [3].

Оцінка протизадирних та протизносних властивостей рослинних олив дана за індексом зношування кульок зі сталі ШХ-15, а антифрикційним властивостям – за індексом антифрикційності [5,9]. Комплексна оцінка цих властивостей олив дозволяє виділити сім рядів ефективності рослинних олій [9,31,32].

Оцінки (в балах) за місцем олії в рядях ефективності дали такі результати [9,31,32]:

ріпакова	13
кукурудзяна, арахісова	22
соняшnikова, оливкова	23
вишнева	24
рицинова, сливова	25
виноградна, томатна	26
абрикосова	28.

Таким чином, ріпакова олива за комплексом антифрикційних властивостей значно переважає інші досліджені олії.

Але ріпакова олива, хоча і важлива з позиції техніко-економічної доцільності її промислового використання, має низку суттєвих недоліків з точки зору як самостійного мастильного матеріалу, так і дисперсійного середовища для пластичних мастил:

а) досить високу хімічну активність, отже, термодинамічну нестабільність за рахунок, перш за все, великої кількості ненасичених зв'язків в структурі тригліцеридів кислот; б) високого вмісту ерукової кислоти; в) недостатню для дисперсійного середовища в'язкість; г) відносно низькі протизадирні і протизношувальні властивості та захист металевих поверхонь від зварювання в контактних точках при терті та зношуванні [12].

Відомі [13-37] методи покращення цих властивостей ріпакової оливи:

- створення технологічних композицій на основі поліоксипропіленгліколів та ріпакової оливи [13];
- трибоактивація хімічних процесів на металічному контакті в присутності ріпакової оливи [14], наприклад, введенням трибopolімеризаційної добавки на основі циклічного іміну [15];
- регулювання полярності і функціональних властивостей ріпакової оливи і її модифікацій при обробці електромагнітним полем [16];
- оксіетилювання ріпакової оливи або її хімічних модифікацій [17-19];
- хімічні модифікації ріпакової оливи, а саме: зниження ненасиченості шляхом димеризації і полімеризації, які приводять до отримання двоосновних кислот [4]; реакція переестерифікації [20] одноатомними спиртами (алкоголіз) та заміна ацильних груп естеру (ацидоліз); можливі обмінні реакції між гліцеридами [20]; підвищення стабільності ненасичених молекул рослинних олив можна досягти шляхами геометричної ізомеризації подвійних зв'язків та оксидацією її нестабільних компонентів з наступною очисткою активованим вугіллям або бентонітами [4]; окремим напрямком є багатостадійна хімічна переробка ріпакової оливи з утворенням естерів, моно- та дикарбонових кислот тощо;
- ефективним способом модифікації гліцеридів ріпакової оливи є введення в їх структуру трибо-хемоактивних елементів S, P, Cl, які разом з наданням їм високих протизадирних і протизношувальних властивостей, покращують стійкість мастил до оксидації [2,4];
- оптимізація багатокомпонентних композицій на основі ріпакової оливи або її хімічних модифікацій [21-23,37].

Технологія сульфидування ріпакової оливи розглянута в [12,21,24,25], властивості отриманих продуктів – в [26-30], вплив концентрації сірки на властивості продуктів – в [12,21,24,25,31,32], а склад композицій – в [33-36].

Разом з тим, існує низка рослинних олій, зокрема кедрова, хемотрибологічні властивості яких не вивчено.

Мета роботи полягає в тому, щоб дослідити

структуру кедрової олії Карпат, як матеріалу для створення мастил, у порівнянні зі структурою кедрової олії з Алтаю та інших рослинних олій (ріпакової, оливкової, соняшникової та кукурудзяної) методом ІЧ-спектроскопічного аналізу.

I. Експериментальна частина

1. Вихідні матеріали. Досліджували хімічну структуру ріпакової, оливкової, соняшникової і кукурудзяної олій.

Рослинні оливи являють собою естери гліцерину та вищих одноосновних карбонових кислот. У рослинних олив тригліцериди завжди з парним числом атомів Карбону у ацилатній групі. Хімічний склад рослинних олив за насиченими та ненасиченими жирними кислотами наведений в [1,10]. За [1,10] основні хімічні компоненти олив складають олеїнова, лінолева, пальмітинова, стеаринова, арахінова, бегенова і ліноленова кислоти. Крім того, ріпакова олива містить також ерукову, гадолієнову, лігноцерінову і міристинову кислоти. У жирах олив, крім 95-97% гліцеридів, присутні воски, вільні жирні кислоти, спирти, мила, фосфатиди, вітаміни, барвники, ліпохроми, токофероли тощо [10]. Досліджували хімічну структуру олій горішків: кедрова сибірського (алтайського) (50 г) у вигляді оливи імерсійної кедрової (ТУ 13-4000177-79-85) [50,51] Барнаульського каніфольного (живиці) заводу та сосни кедрової європейської (*Pinus sembra L.*) з Карпатських гір Грофа (18,3 г) та Кізя (24,4 г). За даними досліджень [48,49] вага ядра кедрового горіха складає в середньому 43 % від його загальної ваги, у ядрі міститься до 64 % жиру і 19 % азотистих речовин. Власне на вуглеводні припадає в середньому 15 %, у тому числі 12 % нецукрових та 2-2,5 % мінеральних речовин. Найбільш рухомі компоненти ядра – жири складають ~ 4%, азотисті речовини ~ 5%, цукри ~ 3%. Інші складові частини сухої речовини (крохмалі, декстрини, пентозани тощо) не перевищують 1 %. Відносна особливість жирів кедрових горішків – високий вміст поліненасичених жирних кислот, особливо лінолевої. Азотисті речовини ядра в основному представлені білками (90%), які легко засвоюються і мають підвищений вміст амінокислот, серед яких переважає аргінін (20%). Ядро горіха містить: жиророзчинні вітаміни E (токофероли) і F, комплекс B і D, особливо B₆, та мікроелементи Mn, Cu, Zn, Co, I. За фосфатидним фосфором кедровий горіх перевищує інші горіхи та насіння олійних культур і рівноцінний сої (джерело лецитину).

За [48] вміст ліпідів в кедровій олії становить (від сухої речовини ядра):

насичені кислоти	5,0-6,14 %
олеїнова	10,44-22,30 %
лінолева	50,79-67 %
ліноленова	14,86-27,39 %
токофероли	47,8-68,2 мг%
фосфатиди	1,16-1,41%

від сухого ядра.

За [48,49] вміст вуглеводів у кедровій олії (у % від сухої речовини) становить (від сухої речовини ядра):

фруктоза	0,11-0,42 %
глюкоза	1,69-3,82 %
сахароза	0,23-0,71 %
декстрини	2,07-2,53 %
крохмаль	5,26-6,14 %
пентозани	1,68-2,13 %
клітковина	1,93-2,31 %
Загальний Нітроген	2,79-3,26 %
Білковий Нітроген	2,51-2,93 %

За [48,49] вміст жиру в кедровій олії становить у середньому 59,2-66,4 % (в алтайській кедровій олії – 59,2-62,2 %), сума цукрів – 2,93-4,13 % (в алтайській – 4,26-4,93 %), речовин, що містять Нітроген – 17,44-20,44 % (в алтайській – 20,06-20,40 %) тощо.

2. ІЧ-спектральний аналіз. ІЧ-спектри ріпакової, оливкової, соняшникової, кукурудзяної та кедрової олій отримані на ІЧ-спектрометрі VECTOR-

22 фірми «BRUKER» у діапазоні хвильових чисел 360-4500 cm^{-1} (довжина хвилі $\lambda = 27,8\text{-}2,2$ μm відповідно) з використанням призми (пігульки) KBr. Розгортку спектра за хвильовими числами $\lambda^{-1} = \nu'$ здійснювали на діаграмі в межах 210 мм у діапазоні 360-1700 cm^{-1} та 225 мм у діапазоні 360-4500 cm^{-1} . Хвильові числа визначалися за допомогою комп'ютерної програми Get Data. Помилка при визначенні ν' становила $\Delta\nu' = \pm 1 \text{ cm}^{-1}$ у діапазоні $\nu' = 360\text{-}1700 \text{ cm}^{-1}$ та $\Delta\nu' = \pm 1,5 \text{ cm}^{-1}$ у діапазоні $\nu' = 1700\text{-}4500 \text{ cm}^{-1}$. Вихід частоти смуги або певної ділянки спектра за межі $\nu \pm 2\Delta\nu'$ розцінювали як зсув смуги та звуження чи розширення ділянки спектру. Помилка при визначенні інтенсивності поглинання не перевищувала 0,25 %. Спектр олеїнової кислоти взятий з [45] (спектрометр Н-800 фірми Гілгер і Уотс, призма (пігулька) NaCl, рідина та роздавлена крапля $\sim 0,01$ мм, діапазон хвильових чисел $\nu' = 650\text{-}3800 \text{ cm}^{-1}$).

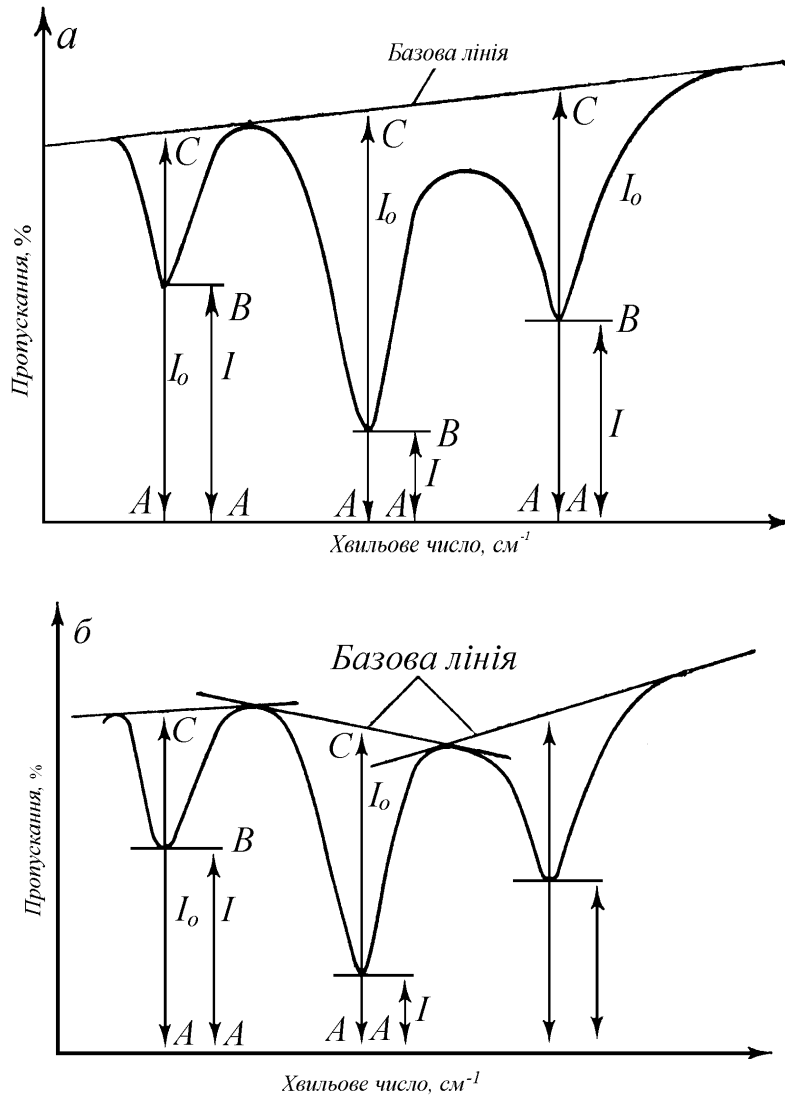


Рис. 1. Способи побудови базової лінії на ІЧ-спектрах за [42]

Таблиця 1

ІЧ-спектральний аналіз рослинних олив та олеїнової кислоти

Олеїнова кислота		Ріпакова олія		Оливкова олія		Соняшникова олія		Кукурудзяна олія	
ν =см ⁻¹	A, в.о.	ν =см ⁻¹	A, в.о.	ν =см ⁻¹	A, в.о.	ν =см ⁻¹	A, в.о.	ν =см ⁻¹	A, в.о.
-	-	-	-	428	0,017	425	0,016	419	0,021
-	-	463	0,013	455	0,024	455	0,024	458	0,004
-	-	582	0,021	581	0,030	581	0,042	581	0,047
-	-	620	0,024	616	0,034	615	0,050	615	0,055
723	0,154	723	0,229	723	0,314	723	0,375	723	0,410
-	-	-	-	-	-	844	0,058	838	0,063
-	-	-	-	869	0,054	869	0,067	869	0,073
-	-	-	-	-	-	915	0,107	914	0,115
940	0,169	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	962	0,114	962	0,162	962	0,151
-	-	-	-	981	0,117	981	0,131	981	0,154
-	-	-	-	1031	0,172	1031	0,186	1031	0,212
1097	0,033	1098	0,310	1097	0,489	1100	0,548	1100	0,590
1125	0,031	1120	0,336	1120	0,561	1121	0,550	1120	0,606
-	-	1165	0,628	1164	0,929	1164	1,010	1164	1,062
1221	0,192	-	-	-	-	-	-	-	-
1250	0,295	1241	0,355	1239	0,517	1239	0,536	1239	0,600
-	-	1276	0,264	1275	0,360	1275	0,381	1275	0,434
1290	0,310	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	1316	0,266	1316	0,266	1316	0,309
1380	0,082	1378	0,243	1378	0,384	1378	0,382	1378	0,436
-	-	1400	0,150	1403	0,185	1398	0,225	1398	0,251
1419	0,322	1419	0,217	1417	0,251	1418	0,263	1418	0,301
1463	0,379	1466	0,473	1467	0,678	1467	0,676	1466	0,744
-	-	-	-	1647	0,048	1647	0,061	1647	0,068
-	-	1654	0,049	1656	0,056	1657	0,068	1656	0,068
1708	1,581	1712	0,422	-	-	-	-	-	-
-	-	1746	1,228	1746	1,554	1746	1,742	1746	1,049
-	-	-	-	2037	0,009	2046	0,009	2028	0,005
2314	0,038	-	-	2305	0,008	2287	0,004	2324	0,008
2667	0,196	2680	0,043	2681	0,042	2667	0,035	2685	0,046
-	-	2729	0,039	2722	0,042	2722	0,038	2740	0,050
2844	0,993	2854	1,326	2854	1,552	2854	1,564	2855	1,564
2917	1,778	2925	2,028	2924	2,029	2926	2,039	2926	2,040
3005	0,520	3008	0,373	3006	0,420	3009	0,586	3009	0,642
-	-	3469	0,033	3470	0,031	3470	0,020	3471	0,029
-	-	4258	0,024	4260	0,041	4260	0,028	4259	0,045
-	-	4335	0,026	4334	0,046	4337	0,040	4331	0,054

Розшифровка ІЧ-спектрів виконана за [38-45]. В основу кількісного аналізу ІЧ-спектрів покладений закон Ламберта-Бера (рис. 1) [40-42]:

$$A = \lg\left(\frac{I_0}{I}\right) = ach = \lg\left(\frac{AC}{AB}\right), \quad (1)$$

де А – коефіцієнт поглинання (безрозмірна величина), в.о.; I_0 – інтенсивність падаючого інфрачервоного випромінювання (або інтенсивність опромінювання, яке пройшло через кювету порівняння); І – інтенсивність інфрачервоного випромінювання, яке пройшло через зразок; а – коефіцієнт поглинання (л/(с·см)); с – концентрація розчину (г/л); h – товщина кювети зі зразком (см).

Для введення в результат досліджень поправок на часткове розсіювання інфрачервоного випромінювання та перекриття сусідніх піків поглинання за методикою [42] будували базову лінію

і оцінювали I_0 як інтенсивність пропускання відносно базової лінії (рис. 1).

При розшифровці спектрів виходили з такого хімічного складу ріпакової оливи за насиченими і ненасиченими жирними кислотами [4,5,20,46,47]:

- насичені жирні кислоти: 2-4 % пальмітинова; ~ 1 % стеаринова, бегенова і лігноциринова; ~0,5% міристинова і арахінова;
- ненасичені жирні кислоти: 15-60 % олеїнова; 5-60 % ерукова; 15-20 % лінолева; 7-9 % лінолена і 2-7 % гадолеїнова.

Вибрана ріпакова олива з низьким вмістом ерукової кислоти. У жирах олії, крім 95-97 % гліцеридів, присутні воски, вільні жирні кислоти, спирти, мила, фосфатиди, вітаміни, барвники, ліпохроми, токоферолі тощо, що, безумовно, вплинуло на ІЧ-спектри вихідної ріпакової оливи та її хімічні модифікації.

II. Результати та обговорення

Проведений ІЧ-спектральний аналіз ріпакової, оливкової, соняшникової, кукурудзяної олій підтвердив їх хімічний склад (табл. 1). Смуги за інтенсивністю A розділили на 4 групи:

- $A < 0,2$ слабкої інтенсивності (сл.);
- $0,2 \leq A < 0,4$ середньої інтенсивності (ср.); (2)
- $0,4 \leq A < 0,8$ сильної інтенсивності (с.);
- $A \geq 0,8$ надсильної інтенсивності (нс.).

Виявлено 14 піків середньої, сильної та надсильної інтенсивностей (крім одного піка при хвильовому числі $\nu = 1712 \text{ см}^{-1}$ з інтенсивністю $A = 0,42$ в.о. для ріпакової оливи), що характерні для ріпакової, оливкової, соняшникової, кукурудзяної олій при 723 см^{-1} ($A = 0,23-0,41$ в.о.); $1097-1100 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,31-0,59$ в.о.); $1120-1121 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,34-0,61$ в.о.); $1162-1165 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,63-1,06$ в.о.); $1239-1241 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,36-0,60$ в.о.); $1275-1276 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,26-0,43$ в.о.); 1378 см^{-1} ($A = 0,24-0,44$ в.о.); $1398-1403 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,15-0,25$ в.о.); $1417-1419 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,22-0,30$ в.о.); $1466-1467 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,47-0,74$ в.о.); 1746 см^{-1} ($A = 1,05-1,74$ в.о.); $2854-2855 \text{ см}^{-1}$ ($A = 1,33-1,56$ в.о.); $2924-2926 \text{ см}^{-1}$ ($A = 2,03-2,04$ в.о.); $3006-3009 \text{ см}^{-1}$ ($A = 0,37-0,64$ в.о.). При цьому, як правило, при певному хвильовому числі зростає інтенсивність піку в ряду олій від ріпакової до оливкової, соняшникової та кукурудзяної.

За класифікацією (2) у вихідній ріпаковій олії спостерігаються такі характеристичні смуги (табл. 1):

- 1) $A < 0,2$: 463, 582, 620, 1400, 1654, 2680, 2729, 3469, 4258 і 4335 см^{-1} .
- 2) $0,2 \leq A < 0,4$: 723, 1098, 1120, 1241, 1378, 1419 і 3008 см^{-1} ;
- 3) $0,4 \leq A < 0,8$: 1165, 1466 і 1712 см^{-1} ;
- 4) $A \geq 0,8$: 1746, 2854 і 2825 см^{-1} .

В ІЧ-спектрах вихідної ріпакової оливи смуга на ділянці 3469 см^{-1} вказує на можливий внутрішньомолекулярний водневий зв'язок, а інтенсивні смуги на ділянці 3008, 2925 і 2854 см^{-1} підтверджують наявність сильних внутрішньомолекулярних водневих зв'язків, навіть присутність хелатних утворень (слабка смуга в області 1654 см^{-1} знову вказує на утворення хелатних сполук і водневих зв'язків). Смуга на ділянці 1746 см^{-1} вказує на присутність нормальних насичених естерів, можливо α -дикетоноестерів, а смуга на ділянці 1712 см^{-1} вказує на наявність насичених аліфатичних кислот (насичених одноосновних жирних кислот, що не містять електрофільних замісників із розгалуженими ланцюгами). Смуги на ділянці «відбитків пальців», характерні для деформаційних коливань COO^- ($1466, 1419, 1400$ і 1378 см^{-1}), підтверджують наявність естерів ($1165, 1120$ і 1098 см^{-1}) та відповідають деформаційним коливанням C-H ($723, 620$ і 463 см^{-1}). Смуга на ділянці 1241 см^{-1} , можливо вказує на утворення епоксигрупи, що відповідає початку процесу окиснення ріпакової оливи, проте ця смуга середньої інтенсивності, а підтвердження цих даних на інших ділянках спектра не знайдено.

Порівняння ІЧ-спектрів чистої олеїнової кислоти та ріпакової, оливкової, соняшникової та кукурудзяної олій (табл. 1) показало, що в спектрах існує 11 однакових смуг в ділянках: 723 см^{-1} , інтенсивність яких зростає у 1,5-2,7 рази у ряду ріпакова – оливкова – соняшникова – кукурудзяна олії порівняно з чистою олеїновою кислотою; $1097-1100 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зростає у 9,4-17,9 рази у відповідному ряду; $1120-1125 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зростає у 10,8-19,6 рази у відповідному ряду; $1239-1250 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зростає у 1,2-2,0 рази у відповідному ряду; $1378-1380 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зростає у 3,0-5,3 рази у відповідному ряду; $1417-1419 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зменшується у 1,5-1,1 рази у відповідному ряду; $1463-1467 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зростає у 1,3-2,0 рази у відповідному ряду; $2667-2685 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зменшується у 5,6-4,3 рази у відповідному ряду; $2844-2855 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зростає у 1,3-1,6 рази у відповідному ряду; $2917-2926 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких зростає у 1,1-1,2 рази у відповідному ряду; $3005-3009 \text{ см}^{-1}$, інтенсивність яких змінюється від 0,7 до 1,2 рази у відповідному ряду.

Результати розшифровки ІЧ-спектрограм кедрових олій (рис. 2,3,4) наведено в табл. 2.

Як видно з табл. 2, ділянки інтенсивних смуг спостерігаються в межах: $360-2120 \text{ см}^{-1}$, $2120-3690 \text{ см}^{-1}$, $3750-4500 \text{ см}^{-1}$ (для алтайської олії); $360-1940 \text{ см}^{-1}$, $2456-3693 \text{ см}^{-1}$ (для карпатської олії з гори Грофа); $360-1925 \text{ см}^{-1}$, $2609-3674 \text{ см}^{-1}$, $3842-4500 \text{ см}^{-1}$ (для карпатської олії з гори Кізя).

За класифікацією (2) у кедровій олії з Алтаю спостерігаються такі характеристичні смуги (рис. 2):

- 1) (сл.) $A < 0,2$: 401, 432, 456, 544, 556, 600, 660, 720, 748, 1081, 1593, 1612, 4061, 4332;
- 2) (ср.) $0,2 \leq A < 0,4$: 778-787, 801, 833, 844, 942-949, 967, 995, 1314, 1344, 1418, 1644, 2655, 2730, 3298;
- 3) (с.) $0,4 \leq A < 0,8$: 873, 888, 911, 1028, 1142-1181, 1238, 1366, 1385, 1515, 3078;
- 4) (нс.) $A \geq 0,8$: 1262, 1450-1465, 1693, 2858-2952.

За класифікацією (2) у кедрових олій з Карпат спостерігаються такі характеристичні смуги (рис. 3 і 4):

- 1) (сл.) $A < 0,2$: 459, 616, 635-637, 844, 868-870, 914, 970-972, 1038, 1650-1656, 2035-2036, 2674, 2726-2728, 3059-3060, 3469-3470, 4260, 4334;
- 2) (ср.) $0,2 \leq A < 0,4$: 724, 1263, 1313, 1363, 1378, 1398-1399, 1417-1418;
- 3) (с.) $0,4 \leq A < 0,8$: 1099-1100, 1238, 1453-1466, 1712 (лише з г. Кізя), 3009-3010;
- 4) (нс.) $A \geq 0,8$: 1142-1180, 1746, 2854-2855, 2953-2954, 2925-2927.

Як видно з табл. 2, спектр кедрової олії з Алтаю містить більшу кількість смуг (47), з яких 14 (сл.), 14 (ср.), 13 (с.), 6 (нс.) інтенсивності, ніж з Карпат: г. Кізя (35), з яких 15 (сл.), 8 (ср.), 8 (с.), 4 (нс.) інтенсивності; г.Грофа (34), з яких 15 (сл.), 8 (ср.), 8 (с.), 4 (нс.) інтенсивності.

Як видно з табл. 2, у спектрах кедрової олії з Алтаю, Карпат гір Кізя і Грофа містяться 26 смуг з

однаковими частотами:

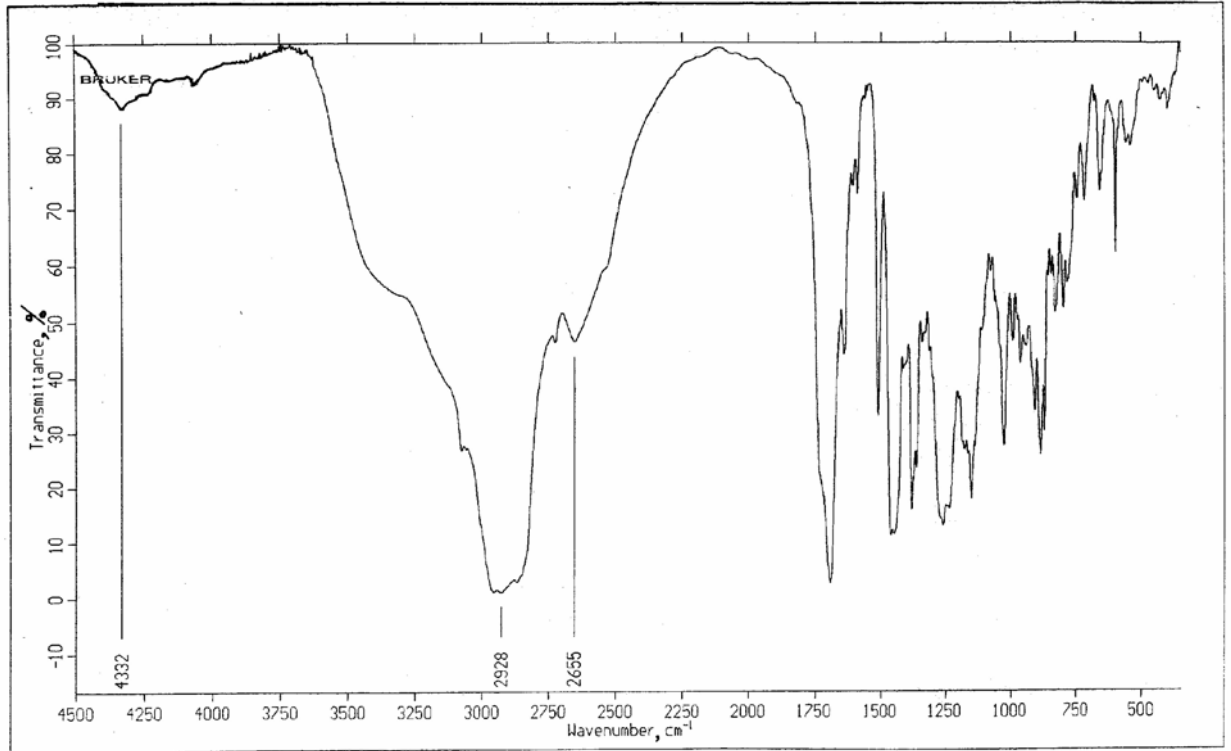
(сл.) або майже (сл.) 456-459, 600-616, 635-660, 4332-4334 cm^{-1} ;

(сл.) для Алтаю і (сп.) або (с.) для Карпат 720-724, 1081-1100 cm^{-1} ;

(сп.) 1313-1314, 1417-1418 cm^{-1} ;

(сп.) для Алтаю і (сл.) для Карпат 967-972, 2726-2730 cm^{-1} ;

а



б

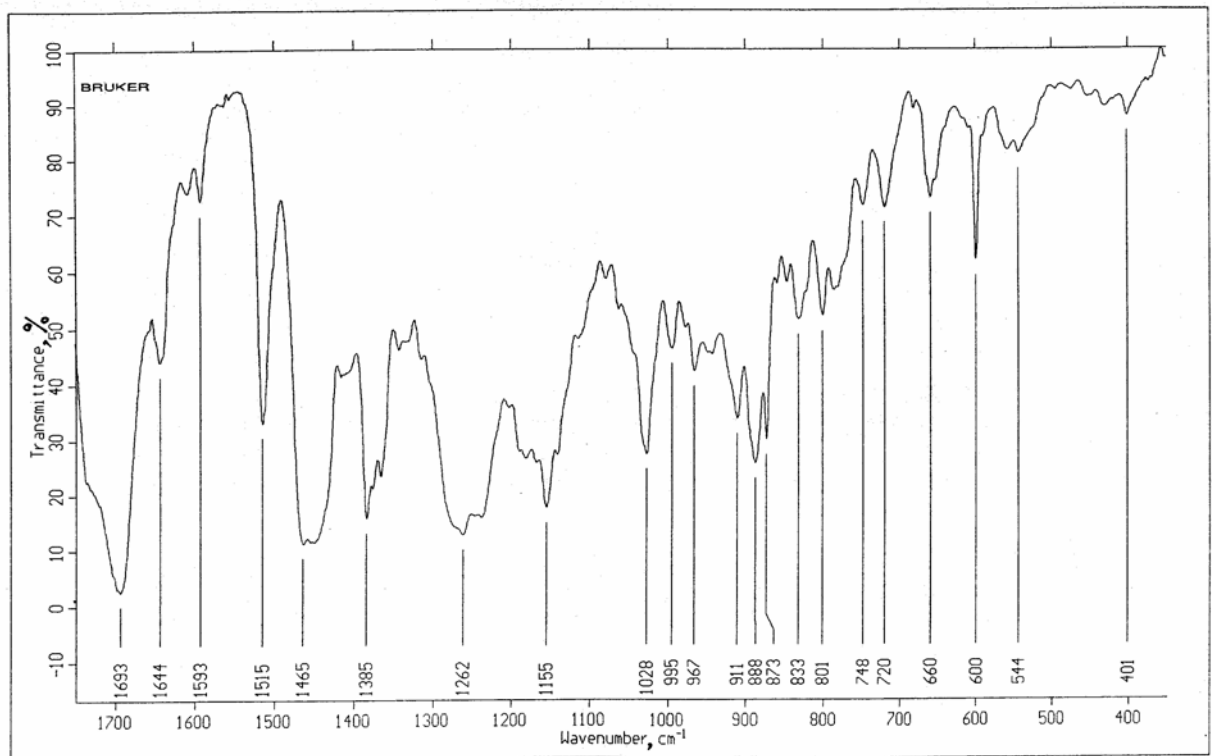
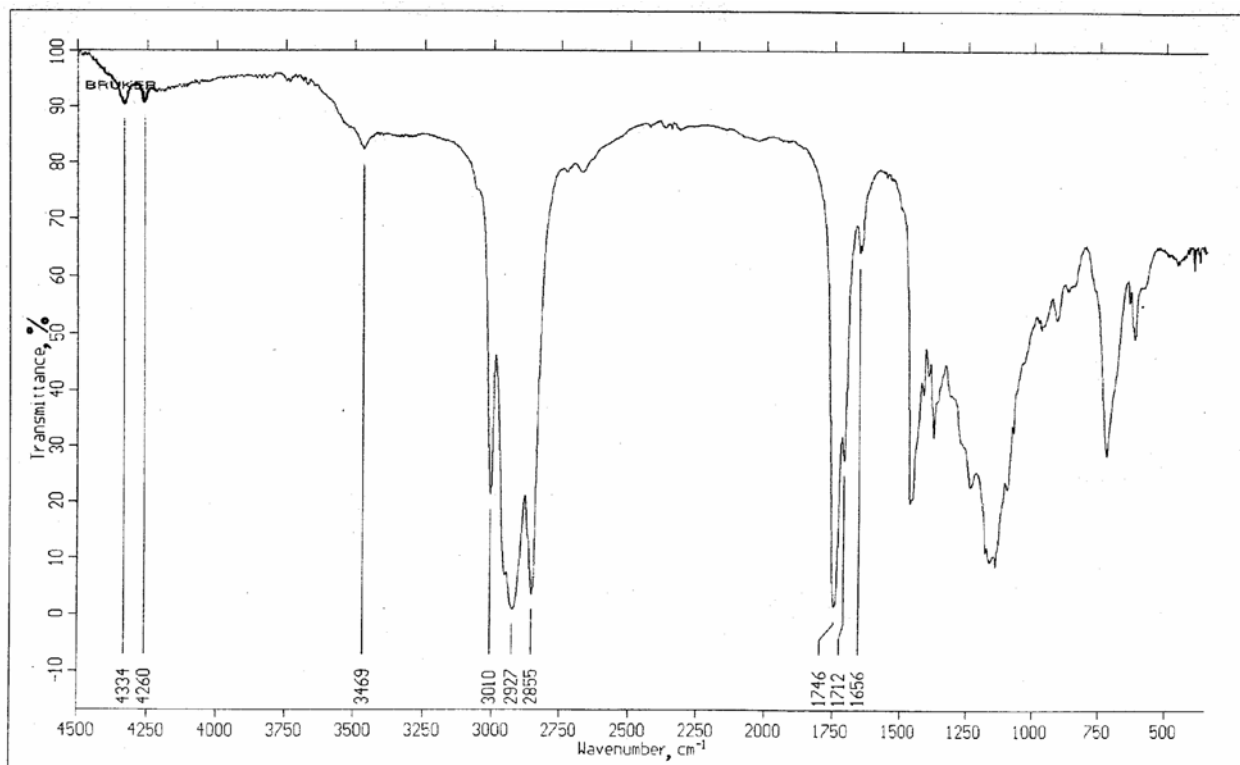


Рис 2. ІЧ-спектри олії горішків кедра сибірського з гір Алтаю у вигляді оливи імерсійної кедрової: а – в ділянці 4500-360 cm^{-1} ; б – в ділянці 1750-360 cm^{-1} .

а



б

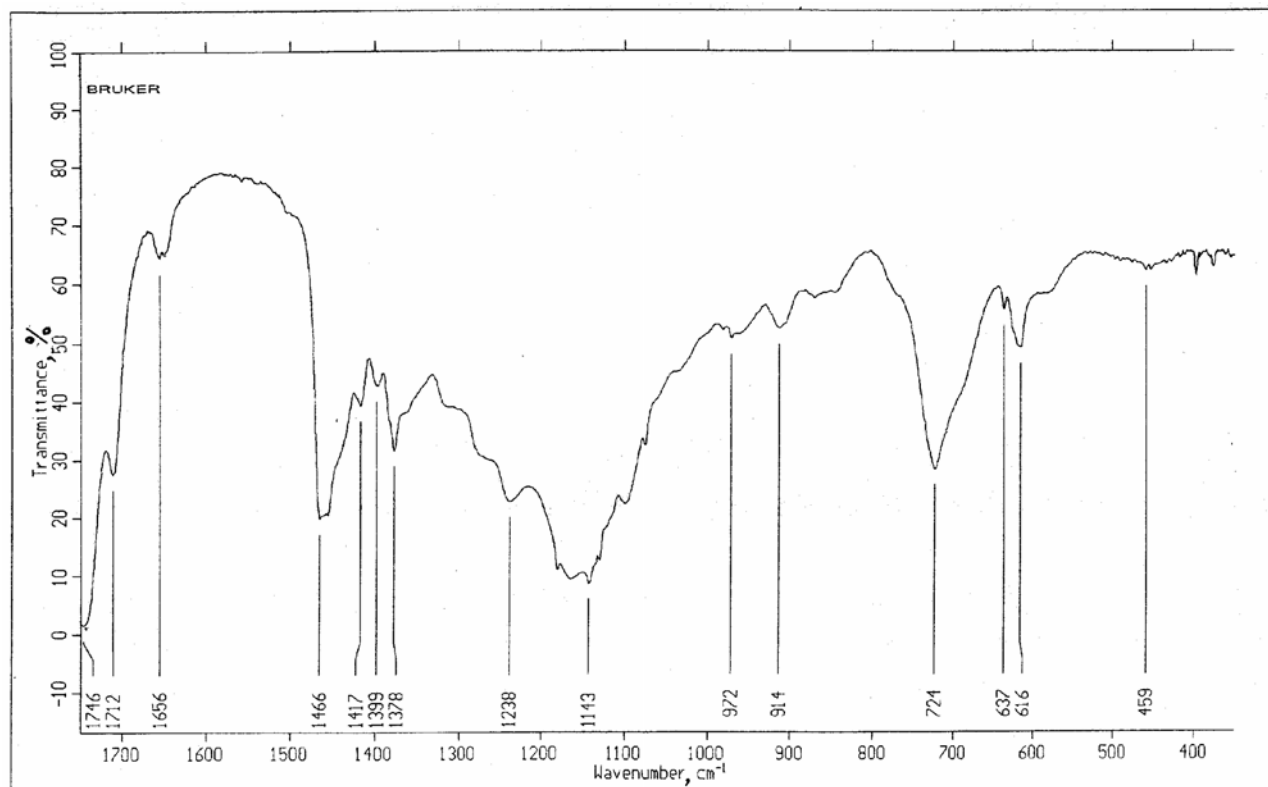
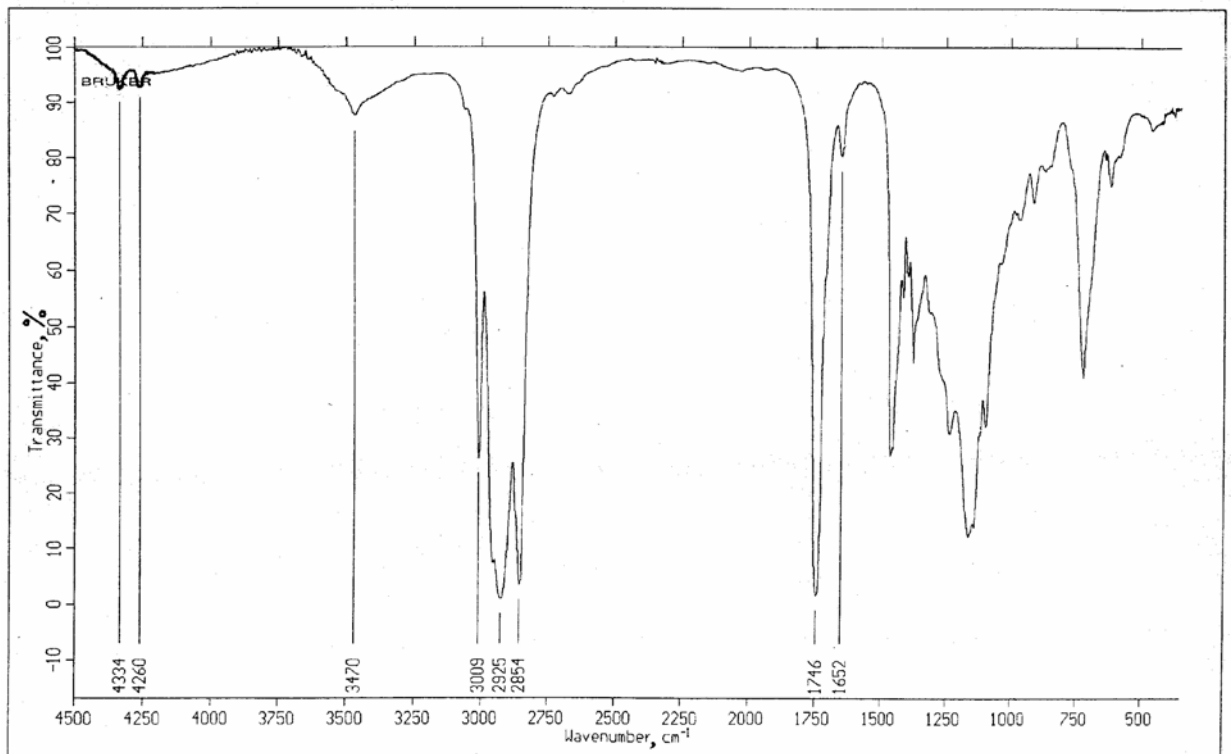


Рис. 3. ІЧ-спектри олії горішків сосни кедрової європейської (*Pinus sembra L.*) з карпатської гори Кізя: а – в ділянці 4500-360 cm^{-1} ; б – в ділянці 1750-360 cm^{-1} .

а



б

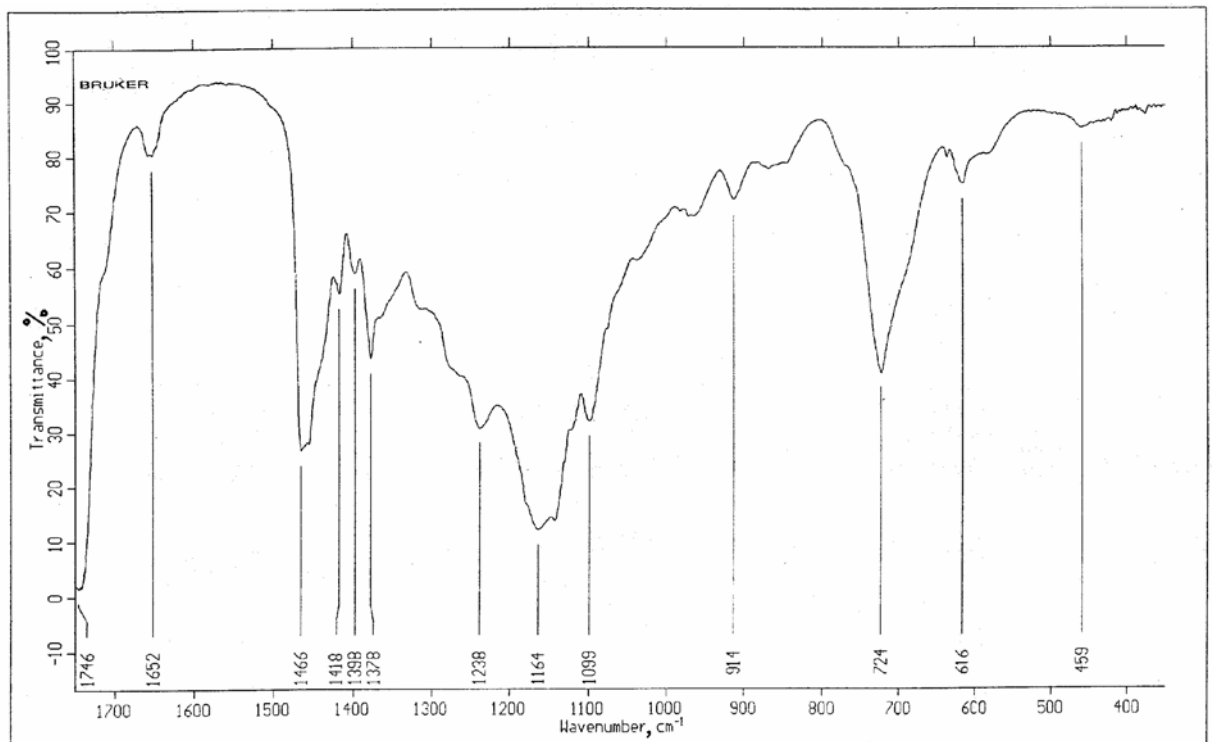


Рис. 4. ІЧ-спектри олії горішків сосни кедрової європейської (*Pinus cembra* L.) з карпатської гори Трофа: а – в ділянці 4500-360 cm^{-1} ; б – в ділянці 1750-360 cm^{-1} .

(с) або (нс.) 1142-1143, 1163-1166, 1179-1181, 1238, 1450-1466, 2854-2858, 2925-2928, 2952-2954 cm^{-1} ;

(с.) для Алтаю і (сл.) для Карпат 868-873, 911-914, 1028-1038, 3059-3078 cm^{-1} ;

(с.) або (нс.) для Алтаю і (ср.) для Карпат 1262-1263, 1363-1366, 1378-1385 cm^{-1} .

Порівнюючи спектри кедрових олій з Карпатського регіону з гір Кізя та Трофа (табл. 2), можна стверджувати, що майже всі (34) смуги

співпадають за частотою (459, 616, 635-637, 724, 844, 868-870, 914, 970-972, 1038, 1099-1100, 1142-1143, 1163-1164, 1179-1180, 1238, 1263, 1313, 1363, 1378, 1398-1399, 1417-1418, 1453-1466, 1650-1656, 1746, 2035-2036, 2674, 2726-2728, 2854-2855, 2925-2927, 2953-2954, 3009-3010, 3059-3060, 3469-3470, 4260-4334 cm^{-1} , окрім 1712 cm^{-1} (с.) для г.Кізя) та за інтенсивністю:

(сл.) або майже (сл.) 459, 616, 635-637, 844, 868-870, 914, 970-972, 1038, 1398-1399, 1650-1656, 2035-2036, 2674, 2726-2728, 3059-3060, 3469-3470, 4260, 4334 cm^{-1} ;

(ср.) 724, 1263, 1313, 1363, 1378, 1417-1418 cm^{-1} ;

(с.) або (нс.) 1099-1100, 1142-1143, 1163-1164, 1179-1180, 1238, 1453-1466, 1746, 2854-2855, 2925-2927, 2953-2954, 3009-3010 cm^{-1} .

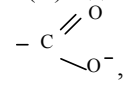
При цьому, інтенсивність смуг зменшується від 1,2 до 2 разів для (сл.), від 1,1 до 1,3 рази для (ср.) та майже не змінюється для (с.) і (нс.) при переході від олії з г. Кізя до г. Грофа.

Смуги 2952-2954 cm^{-1} (нс.) можна віднести до коливань С-Н в CH_3 -групах (за [28] $2962 \pm 10 \text{ cm}^{-1}$ (с.)); 2854-2858 cm^{-1} (нс.) та 2925-2928 cm^{-1} (нс.) – до коливань С-Н в групах CH_2 (за [28] $2853 \pm 10 \text{ cm}^{-1}$ (с.) і 2926 cm^{-1} (с.)); валентних коливань С-Н в С-Н (третинних) групах не виявлено (за [28] $2890 \pm 10 \text{ cm}^{-1}$ (сл.)). До деформаційних коливань С-Н віднесені смуги:

1450-1466 cm^{-1} (нс.) для Алтаю і (с.) для Карпат для С- CH_3 антисиметричних коливань (за [28] $1450 \pm 20 \text{ cm}^{-1}$ (ср.)); $-\text{CH}_2-$ 1465-1466 cm^{-1} (нс.) для Алтаю і (с.) для Карпат (за [28] $1465 \pm 20 \text{ cm}^{-1}$ (ср.)); С- CH_3 симетричних коливань 1363-1366 cm^{-1} та 1378-1385 cm^{-1} (с.) для Алтаю і (ср.) для Карпат (за [28] 1370-1380 cm^{-1} (с.)); С-(CH_3)₂ 1363-1366 cm^{-1} (с.) для Алтаю і (ср.) для Карпат (за [28] 1365-1370 cm^{-1} (с.) і 1380-1385 cm^{-1} (с.)); С-(CH_3)₃ 1366 cm^{-1} (с.) для Алтаю і (ср.) для Карпат (за [28] 1365 cm^{-1} (с.)) та 1385 (с.) для Алтаю і (ср.) для Карпат (за [28] 1385-1395 cm^{-1} (ср.)). Коливання скелету (CH_3)₃-С- R (1200-1250 cm^{-1} (с.) і $1250 \pm 5 \text{ cm}^{-1}$ (с.)); (CH_3)₂-С (1140-1170 cm^{-1} (с.) та $1700 \pm 5 \text{ cm}^{-1}$ (с.)); $-(\text{CH}_2)_4-$ (720-750 cm^{-1} (с.)) [28] у досліджених спектрах ускладнено іншими групами. Присутність спектральної ділянки 1200-1300 cm^{-1} підтверджує наявність довгого ланцюга метиленових груп.

Незважаючи на те, що в ділянці спектру 400-1500 cm^{-1} (ділянка „відбитків пальців”) розшифровка смуг вимагає додаткових досліджень набору модельних сполук, проведемо аналіз віднесення смуг, виходячи із основного складу кедрових олій. Смуги 900-950 cm^{-1} змінної інтенсивності в карбонових кислотах відносять до деформаційних позаплощинних коливань ОН-групи (спектри кедрових олій мають 911-914 cm^{-1} (с.) з Алтаю і (сл.) з Карпат). Для частот 1000-1332 та 1332-1425 cm^{-1} спостерігається широка ділянка смуг пропускання з підмаксимумами (с.) і (ср.). Смуги в ділянці спектру 1210-1320 cm^{-1} (с.) та 1395-1440 cm^{-1} (сл.) відносяться до валентних коливань С-О та деформаційних коливань О-Н. На досліджених спектрах кедрових олій спостерігаються смуги 1238 cm^{-1} (с.) 1262 cm^{-1}

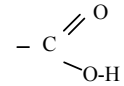
¹(нс.) для Алтаю та (ср.) для Карпат, 1313-1314 cm^{-1} (ср.), 1417-1418 cm^{-1} (ср.), 1398-1399 cm^{-1} (ср.) для г. Кізя і (сл.) для г. Грофа (лише для Карпат). За [28] ділянка 1300-1420 cm^{-1} (с.) відноситься до групи



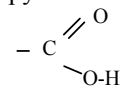
що і спостерігається на досліджених спектрах: 1313-1314 cm^{-1} (ср.); 1363-1366 cm^{-1} (с.) для Алтаю і (ср.) для Карпат; 1378-1385 cm^{-1} (с.) для Алтаю і (ср.) для Карпат; 1398-1399 cm^{-1} (ср.) для г. Кізя і (сл.) для г. Грофа (лише для Карпат); 1417-1418 cm^{-1} (ср.) для обох регіонів.

Для олії з Алтаю в спектрах спостерігається (табл. 2): на ділянці 2928 cm^{-1} проявляються валентні коливання С₃ – Н груп. Плече при 3250 – 3500 cm^{-1}

¹ можна віднести до валентних коливань груп –ОН, зв'язаних водневими зв'язками. Для спектрів кедрової олії з Алтаю вірогідно, що смуги при 3250-3500 cm^{-1} та 2655 cm^{-1} можна віднести до валентних коливань водню в карбоксильній групі



Смугу при 4332-4334 cm^{-1} можна віднести до валентних коливань «вільної», тобто не зв'язаної водневими зв'язками, групи



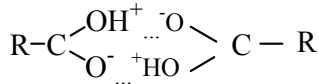
Смуги при 1644 cm^{-1} та 1693 cm^{-1} у цій олії можна віднести до валентних коливань карбонільної групи. Ці смуги можуть також бути складовими валентних коливань ізольованих С=С зв'язків.

Жирним кислотам, що мають внутрішній водневий зв'язок, характерні смуги при 1650-1670 cm^{-1} (с.). Для досліджених олій спостерігається смуга 1650-1656 cm^{-1} (сл.). Насиченим аліфатичним кислотам характерні коливання груп С=О при 1700-1725 cm^{-1} (с.). У спектрах досліджених олій спостерігається смуга 1746 cm^{-1} (нс.). За результатами дослідження [28] великої кількості жирних кислот, що поглинають, що пов'язане з коливанням групи О-Н, проявляється у вигляді широкої смуги з низкою більш мілких піків в інтервалі 2500-3000 cm^{-1} . Для досліджених олій широка смуга спостерігається в інтервалі 2120-3625 cm^{-1} (Алтай), 2440-3150 cm^{-1} (Карпати, г.Кізя), 2456-3120 cm^{-1} (Карпати, г.Грофа). На ділянці 2500-2700 cm^{-1} (сл.) піки відповідають коливанням зв'язаної О-Н групи карбоксилу. У досліджених оліях спектри містять смугу 2726-2730 cm^{-1} (ср.) для Алтаю та (сл.) для Карпат та смугу 2674 cm^{-1} (сл.) лише для Карпат. Смуга 3010 cm^{-1} (с.) характерна лише для олії з Карпат і, згідно [28], свідчить про димерний характер жирних кислот (на що вказують і смуги при 2500-2700 cm^{-1}

Характеристичні смуги та їх інтенсивності за ІЧ-спектральним аналізом кедрових олій з Алтаю і Карпат (гори Кізя та Грофа)

Кедрова олія з Алтаю		Кедрова олія з Карпат (г. Кізя)		Кедрова олія з Карпат (г. Грофа)	
ν' =см ⁻¹	A, в.о.	ν' =см ⁻¹	A, в.о.	ν' =см ⁻¹	A, в.о.
401	0,030	-	-	-	-
432	0,023	-	-	-	-
456	0,015	459	0,025	459	0,016
544	0,065	-	-	-	-
556	0,064	-	-	-	-
600	0,183	616	0,139	616	0,072
660	0,109	637	0,088	635	0,052
720	0,120	724	0,394	724	0,350
748	0,118	-	-	-	-
778-787	0,219	-	-	-	-
801	0,253	-	-	-	-
833	0,260	-	-	-	-
844	0,208	844	0,079	844	0,060
873	0,494	870	0,089	868	0,067
888	0,557	-	-	-	-
911	0,441	914	0,131	914	0,067
942-949	0,319	-	-	-	-
967	0,346	970	0,149	972	0,120
995	0,302	-	-	-	-
1028	0,534	1038	0,207	1038	0,175
1081	0,199	1100	0,518	1099	0,453
1142	0,535	1143	0,924	1142	0,832
1155	0,716	-	-	-	-
1166	0,550	1163	0,899	1164	0,869
1181	0,540	1179	0,815	1180	0,727
1238	0,767	1238	0,514	1238	0,474
1262	0,862	1263	0,392	1263	0,359
1314	0,318	1313	0,288	1313	0,244
1344	0,301	-	-	-	-
1366	0,587	1363	0,306	1363	0,261
1385	0,762	1378	0,383	1378	0,323
-	-	1399	0,253	1398	0,193
1418	0,347	1417	0,291	1418	0,221
1450-1465	0,923	1453-1466	0,583	1456-1466	0,528
1515	0,447	-	-	-	-
1593	0,105	-	-	-	-
1612	0,095	-	-	-	-
1644	0,319	-	-	-	-
-	-	1650-1656	0,087	1652-1656	0,068
1693	1,537	-	-	-	-
-	-	1712	0,462	-	-
-	-	1746	1,737	1746	1,712
-	-	2035	0,010	2036	0,009
2655	0,330	-	-	-	-
-	-	2674	0,058	2674	0,032
2730	0,329	2728	0,056	2726	0,033
2858	1,583	2855	1,402	2854	1,379
2928	1,966	2927	1,966	2925	1,962
2952	1,931	2954	1,082	2953	1,106
-	-	3010	0,630	3009	0,573
3063-3078	0,568	3060	0,084	3059	0,044
3298	0,260	-	-	-	-
-	-	3469	0,056	3470	0,054
4061	0,028	-	-	-	-
-	-	4260	0,033	4260	0,032
4332	0,050	4334	0,035	4334	0,034

[28]). Полінг [28] свідчить, що підвищена міцність водневого зв'язку в димерах жирних кислот обумовлена впливом йонної резонансної структури:



що приводить до зміщення смуг O-H в кислотах порівняно з спиртами, у яких водневий зв'язок не стабілізований впливом зарядів. Поглинання в інтервалі 2500-2700 cm^{-1} свідчить про наявність у жирних кислотах груп O-H із сильним водневим зв'язком.

Валентні коливання вільної групи O-H карбоксилу відбиваються на спектрі у ділянці 3500-3560 cm^{-1} (ср.). На спектрах досліджених олій з Карпат в інтервалі 3250-3693 cm^{-1} (г.Кізя) спостерігається смуга 3469 cm^{-1} (сл.) та в інтервалі 3450-3674 cm^{-1} (г.Профа) – смуга 3470 cm^{-1} (сл.), а також для обох спектрів крило піка 3298-3646 cm^{-1} . Смуга 1712 cm^{-1} (за Фриманом 1712±6 cm^{-1} [28]) характерна для жирних кислот із розгалуженими ланцюгами, що спостерігається лише для олії з г.Кізя.

За [28] всі жирні кислоти дають смуги в ділянці приблизно 1300 cm^{-1} , які супроводжуються більш інтенсивною смугою (при більш низьких частотах), яка є інтенсивнішою, ніж перша. У всіх досліджених оліях маємо смугу 1313-1314 cm^{-1} (ср.). Смуга, що відповідає більш високій частоті (1363-1366 cm^{-1}), ймовірно, виникає внаслідок комбінування площинних деформаційних коливань O-H та C-O. Смуги в інтервалі 1150-1170 cm^{-1} (у дослідних оліях 1142 та 1166 cm^{-1}) свідчать про переважне парне число атомів Карбону в жирних кислотах. Смуги в ділянці спектру 9844-953 cm^{-1} (у досліджених оліях 844, 873, 911, 967 cm^{-1} (ср.), (с.), (с.), (ср.) відповідно для Алтаю та (сл.) для Карпат) свідчать теж про переважне парне число карбонових атомів.

Спектри не відбивають валентні коливання C=O у альдегідів 1720-1740 cm^{-1} . Смуги валентних коливань C-H в альдегідах відрізняються від частот цих коливань в метильних групах і виявляються в інтервалі 2700-2900 cm^{-1} (частіше поблизу 2720 та 2820 cm^{-1}): у досліджених оліях виявлені смуги 2726-2730 cm^{-1} (ср.) для Алтаю і (сл.) для Карпат; 2854-2858 cm^{-1} (нс.) та 2925-2928 cm^{-1} (нс.). Деформаційні коливання альдегідної групи характерні в ділянці спектру 825-975 cm^{-1} (у досліджених оліях виявлена смуга 844 (ср.) для Алтаю і (сл.) для Карпат); 873 cm^{-1} (с.) для Алтаю і (сл.) для Карпат; 911 cm^{-1} (с.) для Алтаю і (сл.) для Карпат; 967 cm^{-1} (ср.) для Алтаю і (сл.) для Карпат), а також 1325-1440 cm^{-1} для аліфатичних альдегідів [28] (у досліджених оліях 1314, 1366, 1385, 1418, 1450-1466 cm^{-1} (ср.), (с.), (нс.)

відповідно).

Білкова форма в оліях виявлена слабо: не знайдено смуг для первинних амідів валентних коливань вільних груп NH (3400 (ср.) та 3500 (ср.) cm^{-1}) та зв'язаних груп NH (3180 (ср.) та 3350 (ср.) cm^{-1}); не знайдено смуг валентних коливань груп NH вторинних амідів (3140-3460 (ср.) cm^{-1}); не знайдено смуг CO первинних, вторинних та третинних амідів (1630-1700 (с.) cm^{-1}); не знайдено смуг деформаційних коливань NH₂ (1510-1650 (с.) cm^{-1}) і лише виявлені деформаційні коливання групи NH у первинних і вторинних амідах (600, 620, 720, (ср.) cm^{-1}). Звичайна смуга для амінокислот білків 3300 cm^{-1} не виявлена. З рентгенографічних досліджень [28] відомо, що прості пептиди існують у вигляді біполярного йона з відкритим ланцюгом, про що свідчать смуги у ділянці ~ 3080 cm^{-1} (для досліджених олій спостерігається смуга 3059-3078 cm^{-1}), що можна пов'язати з валентними коливаннями групи NH; а також ~ 1630-1650 cm^{-1} (1650-1656 cm^{-1}), що пов'язана з коливаннями груп NH₃⁺, та смугою в ділянці 1240 cm^{-1} (1238 cm^{-1}).

Висновки

1. Рослинні олії (ріпакова, оливкова, соняшникова кукурудзяна), а також олії із сосни кедрової європейської у вихідному стані за хімічним складом придатні для використання в якості дисперсійного середовища для мастильних матеріалів та хімічної модифікації для присадок рідких і пластичних мастил.

2. Кедрові олії з Алтаю і Карпат відрізняються за хімічним складом. В ІЧ-спектрах цих олій виявлені як однакові, так і різні смуги пропускання за частотами та інтенсивностями.

Сіренко О.Г. – провідний інженер відділу природної флори;
Джуренко Н.І. – завідувач лібораторії медичної ботаніки, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник;
Кузишин О.В. – асистент кафедри теоретичної і прикладної хімії, магістр;
Шийчук О.В. – доктор хімічних наук, професор кафедри теоретичної і прикладної хімії.
Сіренко Г.О. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної і прикладної хімії;

- [1] И.Е. Виноградова. *Противоизносные присадки к маслам*. Химия, М. 272с. (1972).
 [2] И.Г. Фукс. *Добавки к пластичным смазкам*. Химия, М. 248с. (1982).
 [3] А.Т. Крачун, В.Е. Морарь, С.В. Крачун. Исследование смазочных свойств некоторых растительных и животных жиров // *Трение и износ*, **11**(5), сс. 929-932 (1990).
 [4] А.Ю. Евдокимов, И.Г. Фукс, Л.Н. Багдасаров. *Смазочные материалы на основе растительных и животных жиров*. ЦНИИТЭИМС, М. 47с. (1992).

- [5] Г. Сіренко, О. Сав'як. Рослинні оливи як альтернативні мастильні матеріали і присадки // *Вісник Прикарпат. ун-ту ім. Василя Стефаника. Сер. "Хімія"*, **III**, сс.117-141 (2002).
- [6] О.Л. Сав'як. Рослинні оливи як альтернативні мастильні матеріали // *Тези допов., IV Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії»*, сс. 106 (2003).
- [7] О.Л. Сав'як. Дослідження антифрикційних властивостей рослинних олив // *Тези допов., V регіональної конференції молодих вчених та студентів з актуальних питань хімії*, сс. 41 (2003).
- [8] О.Сав'як. Мастильні матеріали на основі ріпакової оливи // *Вісник Прикарпатського університету. Серія «Хімія»*. **IV**, сс. 63-66 (2004).
- [9] Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як. Дослідження рослинних олив у якості мастильних матеріалів // *Полімерний журнал*, **28**(1), сс.69-78 (2006).
- [10] В.В. Сеницын. *Подбор и применение пластичных смазок*. Химия, М. 376с. (1969).
- [11] И.Г. Фукс, А.Ю. Евдокимов, А.А. Джамалов. Экологические аспекты использования топлив и смазочных материалов растительного и животного происхождения // *Химия и технология топлив и масел*, **6**, сс. 36-38 (1992).
- [12] Л.М. Кириченко, Г.О. Сіренко, В.І. Кириченко. Триботехнічні характеристики нових мастильних композицій на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи // *Наук. зб.:«Всеукр.наук. та проф. тов-ва ім. М.Міхновського»*, **8**, сс. 25-39 (1998).
- [13] Т.В. Дмитрієва, Л.О. Сироватка, В.І. Бортницький. Властивості технологічних композицій на основі поліоксипропіленгліколів і ріпакового масла // *Композиційні полімерні матеріали*, **25**(1), сс. 66-71 (2003).
- [14] В.І. Кириченко, Г.О. Сіренко, Л.М. Кириченко. Трибоактивація хімічних процесів у нових високоефективних композиціях // *Тези допов. наук.-практ. конф. "Наукомістки технології подвійного призначення"*, сс. 76 (1994).
- [15] Т.В. Дмитриева, Л.А. Сыроватка, Р.Л. Гайдук. Физико-химические свойства бинарных систем на основе полимеризующейся присадки и рапсового масла // *Полімерний журнал*. **26**(2), сс. 139-143 (2004).
- [16] Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський, Г.О. Сіренко, В. Ковтун. Регулювання полярності і функціональних властивостей мастильних матеріалів на основі ріпакової оливи в результаті обробки їх електромагнітним полем // *Зб. "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах"*. **1**(9), сс. 100-103 (2002).
- [17] Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як. Вплив ступеня оксидилювання на антифрикційні властивості ріпакової оливи // *Тези допов. V Міжнародної науково-технічної конференції «Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин (ЗНМ-2003)»*, сс. 64-65 (2003).
- [18] Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як. Створення мастильних матеріалів на основі сульфидованої оксидилюваної ріпакової оливи // *Тези допов. Десятої української конференції з високомолекулярних сполук*, сс. 162 (2004).
- [19] О.Л. Сав'як. Залежність антифрикційних властивостей ріпакової оливи від ступеня оксидилювання // *Тези допов. V Української конференції молодих вчених з високомолекулярних сполук*, сс. 39-40 (2003).
- [20] Б.Н. Тютюнников. *Химия жиров*. Пищепром, М. 448с. (1974).
- [21] Л.М. Кириченко, Г.О. Сіренко. Оптимізація технології мастильних матеріалів на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи // *Наук. зб.:«Всеукр.наук. та проф. тов-ва ім. М.Міхновського»*, **8**, сс. 40-47 (1998).
- [22] Л.М. Кириченко, Г.О. Сіренко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський. Раціональний метод оптимізації нових мастильних композицій// *Матеріали 39-го Міжнарод. семінару по моделюванню та оптимізації композитів "Раціональний експеримент у матеріалознавстві"*, сс. 54-55 (2000).
- [23] В.І. Кириченко, Л.М. Кириченко, Г.О. Сіренко, В.П. Свідерський. Вітчизняні мастильні матеріали: нові базові компоненти для якісних мастильних композицій // *Тези допов. Міжнарод. наук.-техн. конференц. "Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин"*, сс. 49-51 (2001).
- [24] Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський, Г.О. Сіренко, В. Ковтун. Дослідження трибомеханічної ефективності нових мастильних композицій на основі модифікованої ріпакової оливи в контексті протизношувально-протизадирних її властивостей // *Праці Міжнародного симпозіуму "Трибофатика"*, **2**, сс. 733-738 (2002).
- [25] Г.О. Сіренко, Л.М. Кириченко. Хімічна модифікація ріпакової оливи // *Тези доповід. Укр. конф. "Актуальні питання органічної та елементарноорганічної хімії та аспекти викладання органічної хімії у вищій школі"*, сс. 15 (2002).
- [26] Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, Г.О. Сіренко, В.П. Свідерський. Триботехнічні характеристики нових мастильних композицій на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи // *Темат. зб. наук. праць техн.ун-ту Поділля «Проблеми сучасного машинобудування»*, сс. 143-145 (1996).
- [27] Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський. Нові мастильно-охолоджуючі засоби для механічної обробки металів: проблеми одержання і застосування // *Вісник ТУП*, **3**(1), сс. 95 (2001).

- [28] Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський, В.В. Ковтун. Теплотехнічні, триботехнічні і технологічні характеристики мастильних матеріалів на основі нових базових олій // *Проблеми трибології*, 1, сс. 34-38 (2002).
- [29] О.Л. Сав'як. Дослідження інгібіторного ефекту модифікованої ріпакової оливи // *Тези допов. Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії»*, сс. 198 (2005).
- [30] Б.Л. Литвин, Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як, Р.М. Вишневецький. Інгібіторний ефект модифікованої ріпакової оливи та фенольних і хіноїдних похідних бензотриазолу // *Вопросы химии и химической технологии*, 4, сс. 144-147 (2005).
- [31] Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як, О.В. Шийчук. Вплив концентрації сірки на властивості ріпакової оливи // *Проблеми трибології*, 2, сс. 139-146 (2005).
- [32] Г.А. Сиренко, О.Л. Сав'як, А.В. Шийчук. Влияние концентрации серы на реологические и триботехнические свойства рапсового масла // *Трение и износ*. 27(6), сс. 659-664 (2006).
- [33] Г.О. Сіренко, В.І. Кириченко, Л.М. Кириченко, В.П. Свідерський. Мастильна композиція: Пат. 18077А (Україна), МКІ С10М1/28; С10М1/18. - №95031240. - Заявл. 20.03.95. - Опубл. 17.06.97. - Бюл. "Промислова власність". - №5. - 1997.
- [34] Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський. Пластична паста подвійного призначення для процесів механічної обробки металів: Пат. №71073 (Україна), МКІ С10М 129/56, С 10М133/08, С10М 135/00. - №2003076712.- Опубл. 15.11.2004.- Бюл.№11.
- [35] Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, В.П. Свідерський. Спосіб одержання базової оливи для мастильних композицій: Пат. №65753 (Україна), МКІ С10М 177/00, С 10М111/06, С07С67/00, С07С319/24. - №2003043787.- Опубл. 15.08.2005.- Бюл.№8.
- [36] Концентрат-паста подвійного призначення для процесів механічної обробки металів: Пат. №37362А.- Пр. від 5.03.1999р.
- [37] Г.О.Сіренко, О.В.Кузишин, Л.Я.Мідак, Л.М.Кириченко, В.І.Кириченко. Зношування металічних поверхонь при мащенні полікомпонентними композиціями на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи // *Фізика і хімія твердого тіла*, 8 (3), сс. 641-650 (2007).
- [38] Л. Беллами. *Инфракрасные спектры сложных молекул*. Изд-во ин. л-ры, М. 591 с. (1963).
- [39] Ю.А.Пентин, Л.В.Волков. *Физические методы исследования в химии*. Мир, М. 683 с. (2003).
- [40] Л.Беллами. *Новые данные по ИК-спектрам сложных молекул*. Мир, М. 318 с. (1971).
- [41] Б.Л.Литвин, А.Л.Романюк. *Фізичні методи дослідження органічних речовин*. Прикарп. ун-т ім. В.Стефаника, Івано-Франківськ. 117 с. (2003).
- [42] Я.Рабек. *Экспериментальные методы в химии полимеров*. - Ч.1. Мир, М. 384 с. (1983).
- [43] А.Смит. *Прикладная ИК-спектроскопия*. Мир, М. 432 с. (1982).
- [44] А.Финч, П.Гейтс, К.Редклиф и др. *Применение длинноволновой ИК-спектроскопии в химии*. Мир, М. 468 с. (1973).
- [45] Г.С.Попова, Л.И.Тарутина, Л.Н.Пирожная и др. *Инфракрасные спектры поглощения полимеров и вспомогательных веществ*. Химия, Л. 356 с. (1969).
- [46] Ю.Л.Ищук. *Технология пластических смазок*. Наук. Думка, К. (1986).
- [47] Д.Клеманн. *Смазки и родственные продукты*. Химия, М. (1988).
- [48] В.А.Руш, В.В.Лизунова. Некоторые закономерности химического состава семян сибирского кедра // *Растительные ресурсы*. 5(4). Наука, Л. сс. 519-527 (1969).
- [49] И.А.Бех, И.В.Таран. Сибирское чудо-дерево. Наука, Новосибирск, сс.105-106 (1979).
- [50] Л.А.Федин. Иммерсионная система // БСЭ. 10, сс. 144-145 (1972).
- [51] В.Б.Татарский. Иммерсионный метод // БСЭ. 10, с. 145 (1972).

О.Н. Sirenko¹, N.I. Jurenko¹, O.V. Kuzyshyn², , O.V. Shyichuk², H.O. Sirenko²

Investigation of Lubricating Properties of Vegetable Oils for Metal Surfaces: IR-Spectrums Decode of Carpathian Cedar and Siberian Stone Pine Oil

¹National botanical gardens named after M.M.Grishko Natinal Academy of Science of UKRAINE, 1, Timirjazeva st., 01014, Kyiv, Ukraine

²Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University, 57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine

The vegetable oils as lubricating materials for metal surfaces have been considered. Infrared spectrums of vegetable oils in comparison with rape (seed) oil are investigated. The investigation results of infrared spectrums of cedar (tree) oil from the Carpathian mountains in comparison with Siberion stone pine are shown.