

А. В. Лавровский, Р. И. Лукашов

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТСХ-АНАЛИЗ ИЗВЛЕЧЕНИЙ ИЗ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО И БОРЩЕВИКА СИБИРСКОГО

Белорусский государственный медицинский университет,
г. Минск, Республика Беларусь

В работе исследован химический состав биологически активных веществ (флавоноидов, кумаринов и гидроксикоричных кислот) растений рода борщевик (*Heracleum*) – борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) и борщевика сибирского (*Heracleum sibiricum*) методом тонкослойной хроматографии (ТСХ). Объектами исследования являлись трава, стебли, листья, соцветия, семена и корни указанных видов растений. Для получения извлечений применяли 70% и 96% этанол, хлороформ и воду. Разделение веществ проводилось на пластинках со слоем силикагеля с использованием трех различных подвижных фаз. В корнях, соцветиях и траве борщевика Сосновского идентифицированы кумарины: 5-метоксипсорален (бергаптен), ксантотоксин и ангелицин. В траве борщевика сибирского данные вещества не выявлены. В траве, соцветиях и листьях борщевика Сосновского, а также в траве, стеблях и семенах борщевика сибирского обнаружен флавоноид рутин. В траве, корнях, соцветиях, листьях и стеблях борщевика Сосновского и траве, семенах и стеблях борщевика сибирского была выявлена гидроксикоричная кислота: хлорогеновая кислота.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, борщевик сибирский, кумарины, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, тонкослойная хроматография.

ВВЕДЕНИЕ

Растения рода Борщевик (*Heracleum*) семейства Зонтичные (*Apiaceae*) включают виды с разными биологическими характеристиками и химическим составом. На территории Республики Беларусь наиболее распространены борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) – инвазивный вид, представляющий собой угрозу для различных экосистем, – и борщевик сибирский (*Heracleum sibiricum*) – аборигенный представитель местной флоры [1].

Вышеупомянутые растения содержат широкий спектр биологически активных веществ, что делает их важным объектом для научных исследований. Изучение химического состава этих растений открывает перспективы для использования их ресурсоемкого потенциала в фармацевтической и других отраслях. В частности, заготовка борщевика Сосновского может способствовать уменьшению угрозы для местных экосистем, предотвращая его распространение [2].

В различных частях борщевика Сосновского идентифицировано более 20 разных кумаринов, включая бергаптен, ксантотоксин, умбеллиферон, ангелицин,

псорален, пимпинеллин, императорин изопсорален, сфондин и др. В борщевике сибирского обнаружены более 10 представителей кумаринов, таких как бергаптен, изопимпинеллин, пимпинеллин, сфондин, императорин, биокангелицин, биокангеликол, геракленин, геракленол и другие. Во всех исследованиях для идентификации используются методы высокоэффективной жидкостной хроматографии, хромато-масс-спектрометрии и спектроскопии ядерного магнитного резонанса. Также в борщевиках содержатся другие биологические активные вещества, такие как эфирные масла, полимерные соединения различных классов, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, дубильные вещества и фенольные соединения [3–18].

Однако, несмотря на высокий уровень изученности химического состава борщевиков, в настоящее время отсутствуют стандартизированные методики, основанные на тонкослойной хроматографии (ТСХ), для идентификации биологически активных веществ в представителях данного рода. В связи с этим стоит вопрос о разработке унифицированной методики тонкослойной хроматографии для включения ее в нормативную документацию,

что обеспечит более доступный и экономичный контроль качества растительного сырья.

Целью данного исследования является определение химического состава кумаринов, флавоноидов и гидроксикоричных кислот различных частей борщевика Сосновского и борщевика сибирского методом тонкослойной хроматографии (ТСХ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили соцветия, трава, стебли, листья и семена борщевика Сосновского, а также трава, стебли и семена борщевика сибирского. Сырье для исследования заготовлено в два периода: в 2022 году – в окрестностях деревни Новое Поле Горанского сельсовета Минского района, а в 2024 году – в окрестностях деревни Прудки Гайненского сельсовета Логойского района Минской области. Надземные части заготавливались в период цветения, подземные – в период отмирания надземной части. Сырье высушивалось воздушно-теньевым способом.

Для анализа методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) использованы пластинки на алюминиевой подложке, покрытые слоем силикагеля, размером 10 × 10 см, фирмы Macherey-Nagel (размер частиц: от 5 до 17 мкм). Извлечения получали на водяной бане при температуре 80 °С в течение 1,5 ч с последующим охлаждением до комнатной температуры. В качестве экстрагентов использовали 70% этанол, 96% этанол, хлороформ (CHCl₃) и воду очищенную (H₂O). Соотношение сырья и экстрагента 1 : 25 [19].

В качестве подвижных фаз для разделения кумаринов изучали несколько систем растворителей: петролейный эфир : диэтиловый эфир (4 : 1); толуол : диэтиловый эфир : уксусная ледяная кислота (4 : 4 : 1); этилацетат : муравьиная кислота : уксусная ледяная кислота : вода (100 : 11 : 11 : 26); петролейный эфир : этилацетат : бензол : этанол (6 : 3 : 3 : 1); петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5). Все соотношения использованы по объему. Полученные хроматограммы высушивали на воздухе и просматривали в УФ-свете при длине волны 365 нм [3, 4, 20, 21].

Для разделения рутина и хлорогеновой кислоты изучали подвижные фазы: хлороформ : этанол : вода (26 : 16 : 3); муравьи-

ная кислота : вода : этилацетат (7 : 7 : 26); муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50). Полученные хроматограммы высушивали при температуре 105 °С и последовательно проявляли раствором аминоэтилового эфира дифенилборной кислоты в метаноле и макроголом-400. Затем хроматограммы просматривали в УФ-свете с длиной волны 365 нм [20, 22, 23].

Для разделения кверцетина и мирицетина изучали подвижные фазы: бутанол : уксусная ледяная кислота : вода (5 : 1 : 4); толуол : этилацетат : уксусная ледяная кислота (36 : 12 : 5). Полученные хроматограммы высушивали на воздухе при комнатной температуре и проявляли раствором 20 г/л алюминия хлорида (AlCl₃) в 96% этаноле. Далее хроматограммы просматривали в УФ-свете с длиной волны 365 нм [20].

Испытуемые извлечения и растворы сравнения наносили на хроматографическую пластинку в виде полос объемом 10–15 мкл. В качестве растворов сравнения использовали стандартные образцы кумаринов фирмы Sigma-Aldrich: умбеллиферон (кат. № 54826-50MG); бергаптен (кат. № GL5991-50MG); ксантотоксин (кат. № 56448-50MG), ангелицин (кат. № A0956-10MG) и псорален (кат. № P8399-10MG). Растворы сравнения флавоноидов фирмы Sigma-Aldrich: рутин (кат. № PHL89270-50MG), кверцетин (кат. № PHL1488-1G), мирицетин (кат. № 70050-25MG). Растворы сравнения гидроксикоричной кислоты фирмы Sigma-Aldrich: хлорогеновая кислота (кат. № PHL89175-50MG). Все вещества растворяли в 96% этаноле (1 мг вещества на 5 мл 96% спирта). Фронт подвижной фазы для всех хроматограмм: не менее 8 см.

Для идентификации соединений сопоставляли окраску (флуоресценцию), расположение R_f зон веществ в исследуемых извлечениях и стандартных образцах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для разделения кумаринов оптимальной подвижной фазой оказалась фаза петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5). На рисунке 1 представлена ТСХ-хроматограмма извлечений из корней борщевика Сосновского. В таблице 1 приведены коэффициенты подвижности веществ, обнаруженных с использованием указанной выше подвижной фазы.

Подвижные фазы петролейный эфир : диэтиловый эфир (4 : 1); толуол : диэтиловый эфир : уксусная ледяная кислота (4 : 4 : 1); этилацетат : муравьиная кислота : уксусная ледяная кислота : вода (100 : 11 : 11 : 26); петролейный эфир : этилацетат : бензол : этанол (6 : 3 : 3 : 1) разделения не продемонстрировали, исследуемые кумарины продвигались с фронтом растворителя.

В хлороформных извлечениях соцветий, корней и травы борщевика Сосновского с использованием системы растворителей петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5) обнаружены 5-метоксисорален (бергаптен), ксантотоксин, ангелицин. Кумарины в хлороформном извлечении травы борщевика сибирского не были обнаружены.

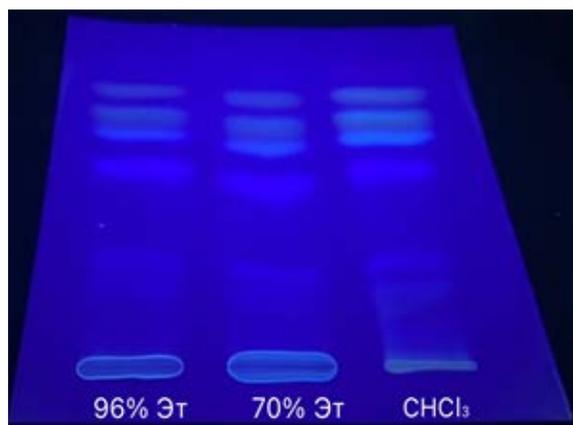


Рисунок 1. – ТСХ-хроматограмма извлечений из корней борщевика Сосновского в системе петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5)

Таблица 1. – Коэффициент подвижности веществ (R_f) на ТСХ-хроматограмме извлечений из корней борщевика Сосновского

Экстрагент					
96% этанол		70% этанол		Хлороформ (CHCl ₃)	
Цвет зоны (365 нм)	R_f^*	Цвет зоны (365 нм)	R_f^*	Цвет зоны (365 нм)	R_f^*
Голубовато-синий	0,73	Голубовато-синий	0,73	Голубовато-синий	0,73
Голубовато-синий	0,67	Голубовато-синий	0,64	Голубовато-синий	0,67
Голубой	0,6	Голубой	0,56	Голубой	0,6
Синий	0,5	Синий	0,44	Синий	0,5
Синевато-голубой	0,24	Синевато-голубой	0,21	Синевато-голубой	0,24
Синевато-голубой	0,17	Синевато-голубой	0,17	Синевато-голубой	0,17

Примечание* – Коэффициенты подвижности веществ.

На рисунках 2–4 представлены ТСХ-хроматограммы хлороформных извлечений корней, соцветий и травы борщевика Сосновского.

В хлороформном извлечении из травы борщевика сибирского с использованием

системы растворителей петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5) исследуемые кумарины не обнаружены (рисунок 5).

Подвижная фаза хлороформ : этанол : вода (26 : 16 : 3) эффективно разделила только хлорогеновую кислоту, при этом

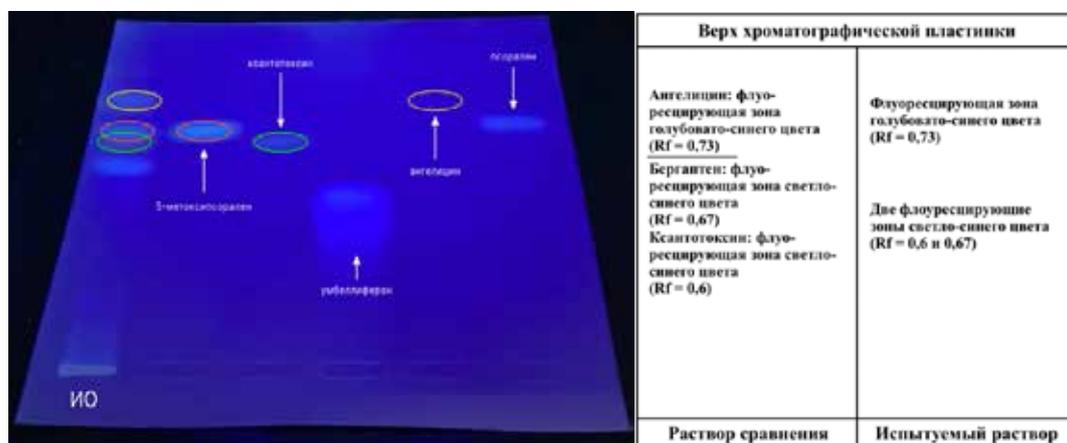


Рисунок 2. – ТСХ-хроматограмма хлороформного извлечения из корней борщевика Сосновского в системе петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5)

рутин переместился с фронтом растворителя. В то же время система муравьиная кислота : вода : этилацетат (7 : 7 : 26) разделила только рутин, при этом хлорогеновая кислота также двигалась с фронтом

растворителя. Однако подвижная фаза муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50) показала оптимальное разделение одновременно обоих веществ.

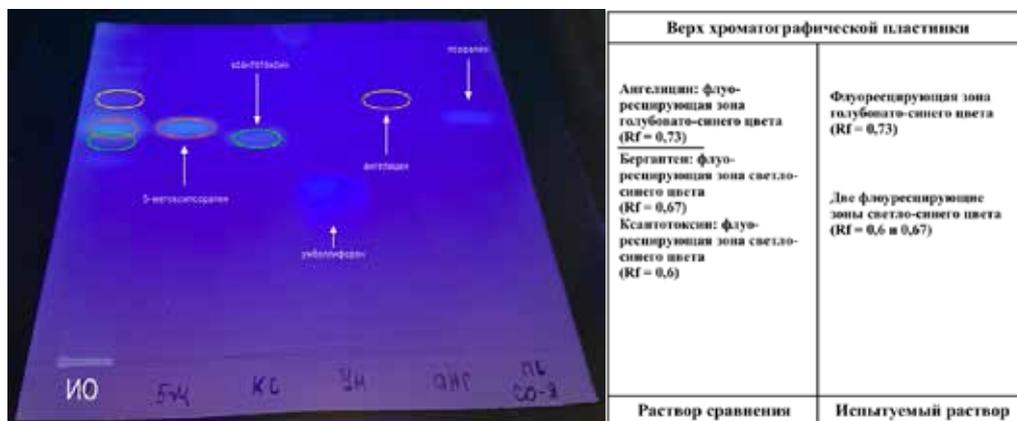


Рисунок 3. – ТСХ-хроматограмма хлороформного извлечения из соцветий борщевика Сосновского в системе петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5)

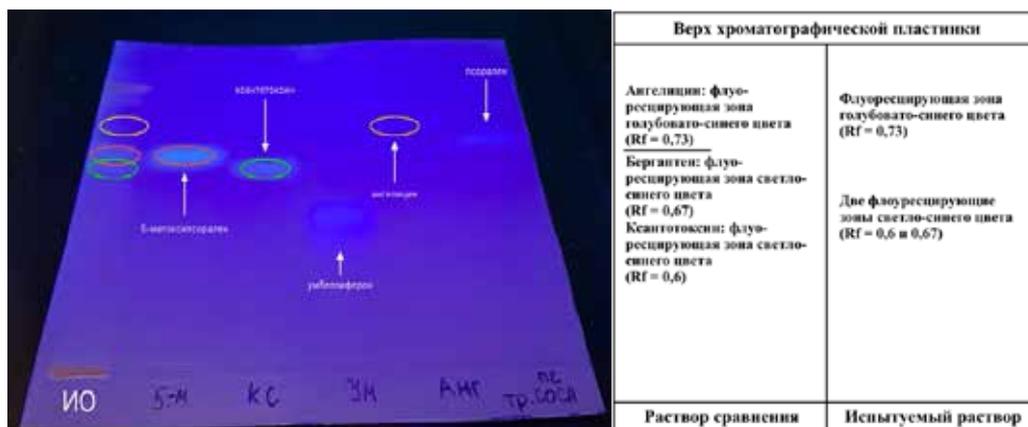


Рисунок 4. – ТСХ-хроматограмма хлороформного извлечения из травы борщевика Сосновского в системе петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5)

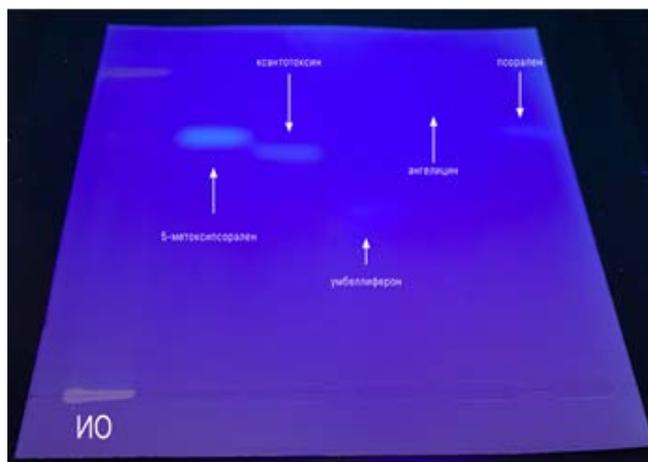


Рисунок 5. – ТСХ-хроматограмма хлороформного извлечения из травы борщевика сибирского в системе петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5)

В извлечениях из травы, соцветий и листьев борщевика Сосновского, полученных с использованием 96% этанола, 70% этанола и воды, был идентифицирован рутин. Кроме того, в извлечениях из травы, корней, соцветий, листьев и стеблей борщевика Сосновского, полученных с ис-

пользованием 96% этанола, 70% этанола и воды, обнаружена хлорогеновая кислота.

На рисунках 6–11 представлены ТСХ-хроматограммы извлечений, полученных с использованием 96% этанола, 70% этанола и воды из травы, корней, соцветий и стеблей борщевика Сосновского.

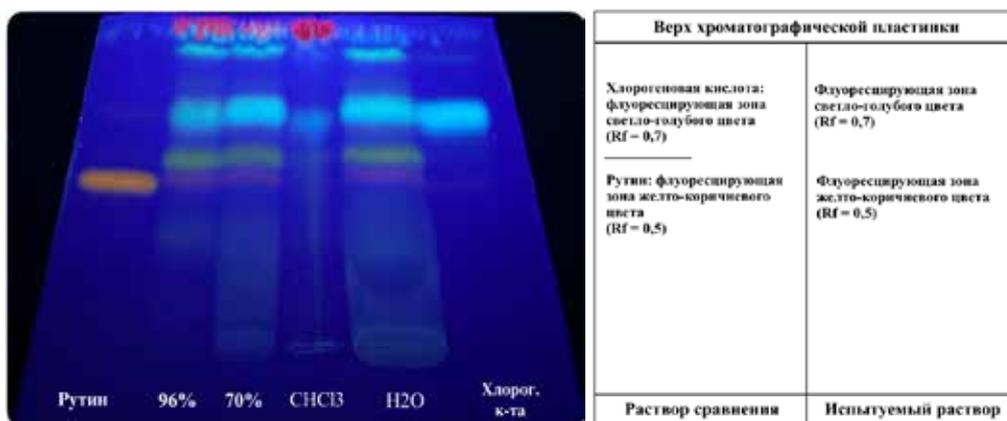


Рисунок 6. – ТСХ-хроматограмма извлечений из травы борщевика Сосновского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)

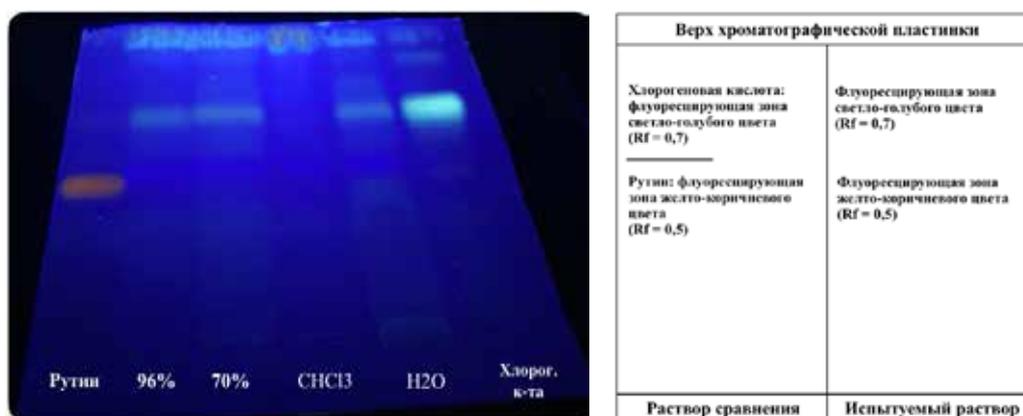


Рисунок 7. – ТСХ-хроматограмма извлечений из корней борщевика Сосновского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)

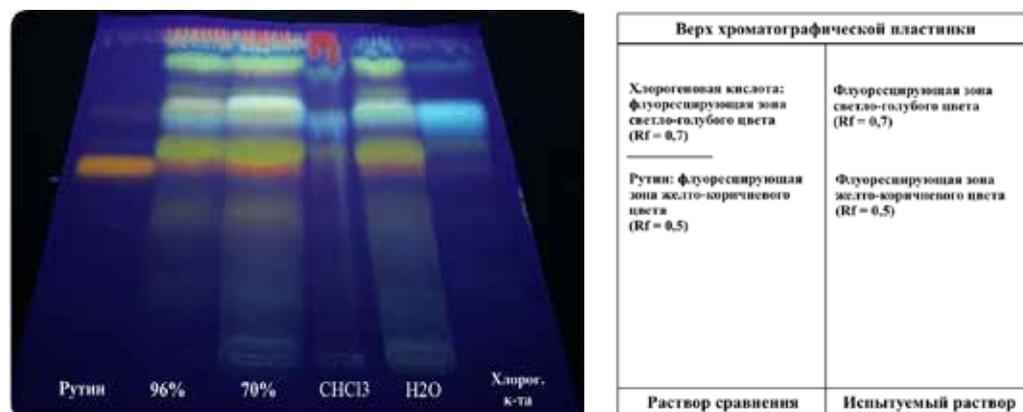
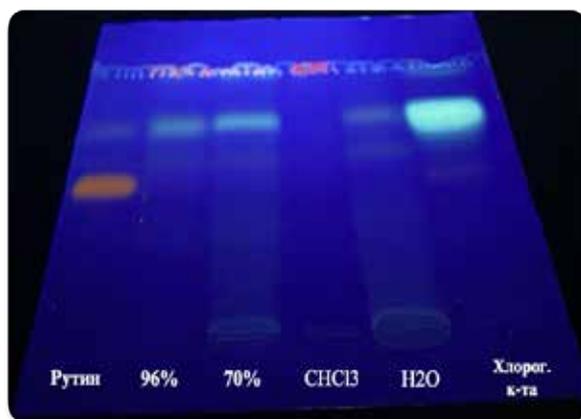
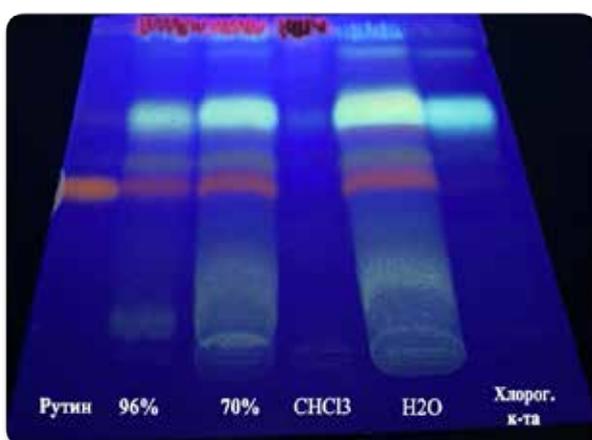


Рисунок 8. – ТСХ-хроматограмма извлечений из соцветий борщевика Сосновского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)



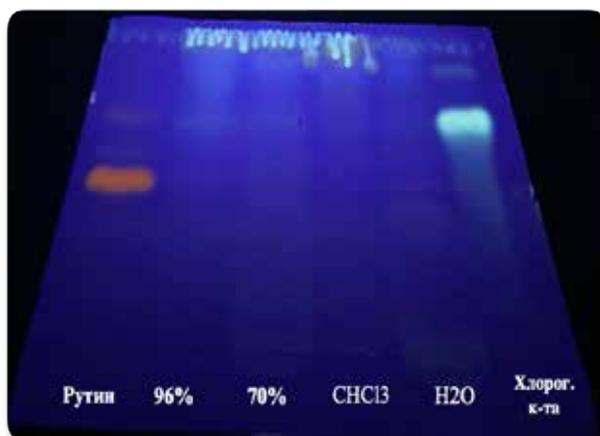
Верх хроматографической пластинки	
Хлорогеновая кислота: флуоресцирующая зона светло-голубого цвета (Rf = 0,7)	Флуоресцирующая зона светло-голубого цвета (Rf = 0,7)
Рутин: флуоресцирующая зона желто-коричневого цвета (Rf = 0,5)	Флуоресцирующая зона желто-коричневого цвета (Rf = 0,5)
Раствор сравнения	Испытуемый раствор

Рисунок 9. – ТСХ-хроматограмма извлечений из стеблей борщевика Сосновского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)



Верх хроматографической пластинки	
Хлорогеновая кислота: флуоресцирующая зона светло-голубого цвета (Rf = 0,7)	Флуоресцирующая зона светло-голубого цвета (Rf = 0,7)
Рутин: флуоресцирующая зона желто-коричневого цвета (Rf = 0,5)	Флуоресцирующая зона желто-коричневого цвета (Rf = 0,5)
Раствор сравнения	Испытуемый раствор

Рисунок 10. – ТСХ-хроматограмма извлечений из листьев борщевика Сосновского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)



Верх хроматографической пластинки	
Хлорогеновая кислота: флуоресцирующая зона светло-голубого цвета (Rf = 0,7)	Флуоресцирующая зона светло-голубого цвета (Rf = 0,7)
Рутин: флуоресцирующая зона желто-коричневого цвета (Rf = 0,5)	Флуоресцирующая зона желто-коричневого цвета (Rf = 0,5)
Раствор сравнения	Испытуемый раствор

Рисунок 11. – ТСХ-хроматограмма извлечений из семян борщевика Сосновского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)

В извлечениях из травы, стеблей и семян борщевика сибирского, полученных с использованием 96% этанола, 70% этанола и воды, также идентифицирован рутин. Аналогично в извлечениях из травы,

стеблей и семян борщевика сибирского, полученных с использованием тех же экстрагентов, подтверждено присутствие хлорогеновой кислоты.

На рисунках 12–14 представлены ТСХ-хроматограммы извлечений, полученных с использованием 96% этанола, 70% этанола и воды из травы, стеблей и семян борщевика сибирского.

ка сибирского.

Для разделения кверцетина и мирицетина была использована подвижная фаза толуол : этилацетат : уксусная ледяная

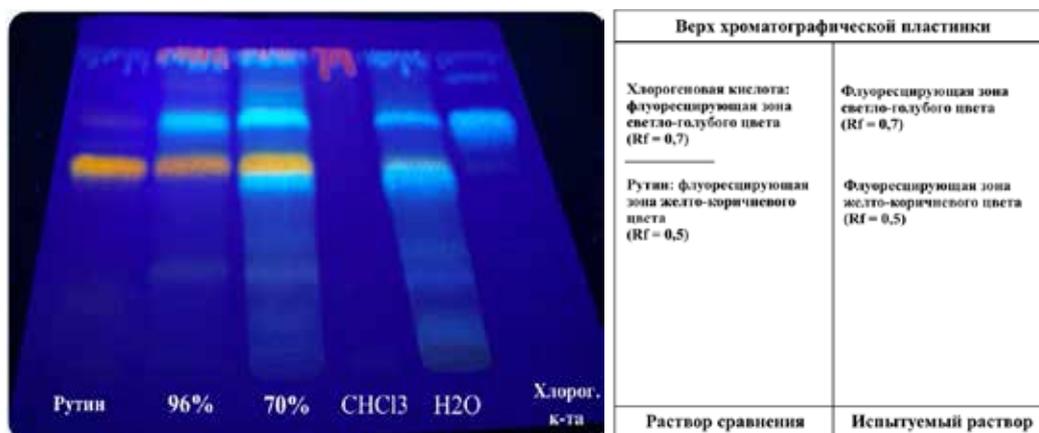


Рисунок 12. – ТСХ-хроматограмма извлечений из травы борщевика сибирского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)

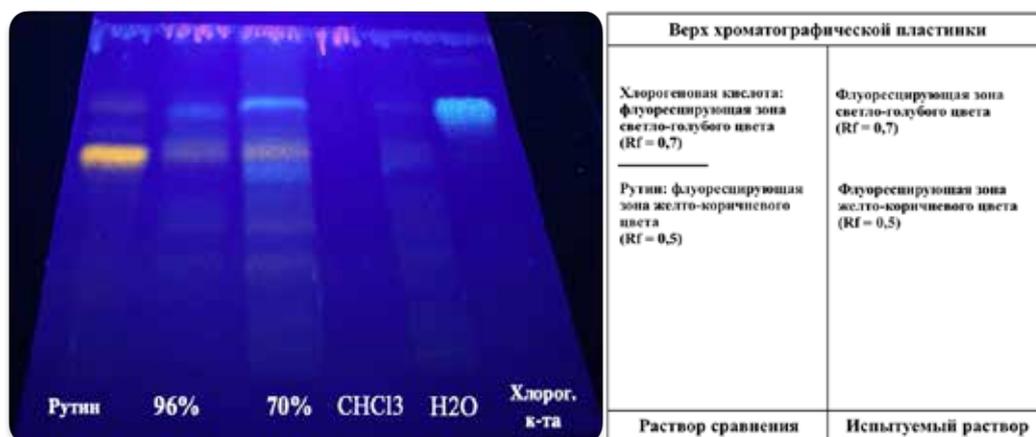


Рисунок 13. – ТСХ-хроматограмма извлечений из стеблей борщевика сибирского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)

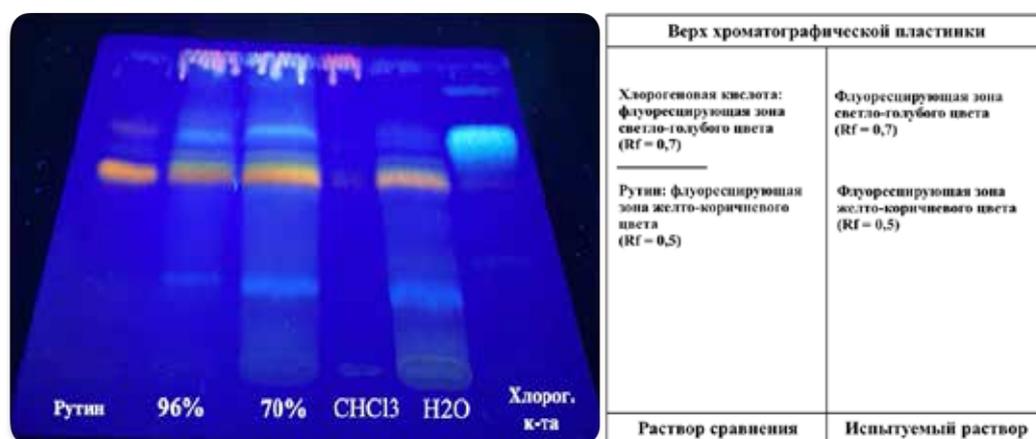


Рисунок 14. – ТСХ-хроматограмма извлечений из семян борщевика сибирского в системе муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50)

кислота (36 : 12 : 5). При использовании системы растворителей бутанол : уксусная ледяная кислота : вода (5 : 1 : 4) исследуемые флавоноиды перемещались с фронтом растворителя. На рисунке 15 представлена ТСХ-хроматограмма, демонстрирующая разделение кверцетина и мирицетина в системе толуол : этилацетат : уксусная ледяная кислота (36 : 12 : 5).

Однако в системе растворителей толуол : этилацетат : уксусная ледяная кислота (36 : 12 : 5) кверцетин и мирицетин не выявлены ни в одном из извлечений борщевика Сосновского и борщевика сибирского.

В ходе исследования борщевика Сосновского были обнаружены кумарины, такие как бергаптен, ксантотоксин и ангелицин, что подтверждает существующие данные об этих соединениях, приведенные в литературе [3, 4, 6, 7, 9]. Также в борщевике Сосновского были обнаружены рутин и хлорогеновая кислота. Данные о содержании этих соединений являются новыми, ранее не описанными. В борщевике сибирском обнаружены рутин и хлорогеновая кислота, что также является новой информацией о его химическом составе.

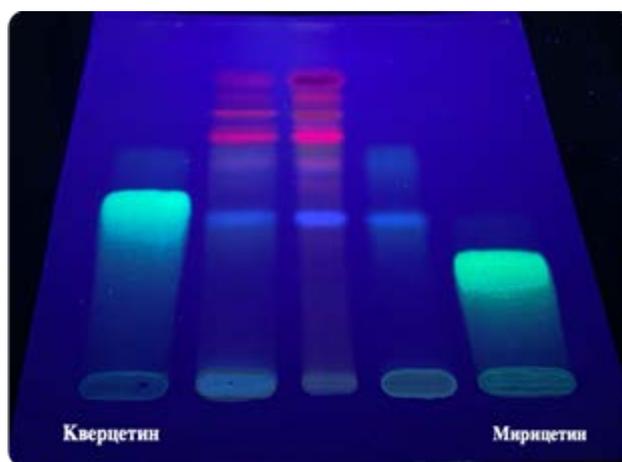


Рисунок 15. – ТСХ-хроматограмма извлечений из травы борщевика Сосновского в системе толуол : этилацетат : уксусная ледяная кислота (36 : 12 : 5)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, направленные на разделение и идентификацию биологически активных веществ в хлороформных извлечениях борщевика Сосновского и борщевика сибирского с использованием метода тонкослойной хроматографии показали, что оптимальное разделение кумаринов демонстрирует система растворителей петролейный эфир : этилацетат : бензол (2 : 1 : 0,5). В хлороформных извлечениях соцветий, корней и травы борщевика Сосновского были обнаружены 5-метоксипсорален (бергаптен), ксантотоксин, ангелицин. В хлороформном извлечении травы борщевика сибирского исследуемые кумарины не обнаружены.

Оптимальное разделение рутина и хлорогеновой кислоты продемонстрировала система растворителей муравьиная кислота : метилэтилкетон : вода : этилацетат (10 : 30 : 10 : 50). В извлечениях из травы,

соцветий и листьев борщевика Сосновского, полученных с использованием 96% этанола, 70% этанола и воды, был идентифицирован рутин и хлорогеновая кислота. В извлечениях из травы, стеблей и семян борщевика сибирского, полученных с использованием 96% этанола, 70% этанола и воды, был идентифицирован рутин и хлорогеновая кислота.

Наилучшее разделение кверцетина и мирицетина продемонстрировала система растворителей толуол : этилацетат : уксусная ледяная кислота (36 : 12 : 5). Кверцетин и мирицетин не выявлены ни в одном из извлечений борщевика Сосновского и борщевика сибирского.

SUMMARY

A. V. Laurouski, R. I. Lukashou
COMPARATIVE TLC-ANALYSIS
OF EXTRACTS FROM HERACLEUM
SOSNOWSKIY AND HERACLEUM
SIBIRICUM

The chemical composition of biologically active substances (specifically, flavonoids, coumarins, and hydroxycinnamic acids) in plants of the genus *Heracleum*, namely *heracleum Sosnowskyi* and *heracleum sibiricum*, was investigated using thin-layer chromatography (TLC). The study focused on various plant parts, including the herb, stems, leaves, inflorescences, seeds, and roots of the mentioned species. Extractions were prepared using 70% and 96% ethanol, chloroform, and water. The separation of substances was performed on silica gel plates with three different mobile phases. Coumarins such as 5-methoxypsoralen, xanthotoxin, and angelicin were identified in the roots, inflorescences, and herb of *heracleum Sosnowskyi*. These compounds were not detected in the herb of *heracleum sibiricum*. The flavonoid rutin was found in the herb, inflorescences, and leaves of *heracleum Sosnowskyi* as well as in the herb, stems, and seeds of *Heracleum sibiricum*. Hydroxycinnamic acid, specifically chlorogenic acid, was detected in the herb, roots, inflorescences, leaves, and stems of *heracleum Sosnowskyi* and in the herb, seeds, and stems of *heracleum sibiricum*.

Keywords: *heracleum Sosnowskyi*, *heracleum sibiricum*, coumarins, flavonoids, hydroxycinnamic acids, thin-layer chromatography.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ламан, Н. А. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси / Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров, О. М. Масловский. – Минск: Ин-т эксперимент. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, 2009. – 40 с.
2. Кондратьев, М. Н. Физиолого-экологические механизмы инвазивного проникновения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в неиспользуемые агроэкосистемы / М. Н. Кондратьев, С. Н. Бударин, Ю. С. Ларинова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 36–49.
3. Ламан, Н. А. Локализация и состав кумаринов в корнях борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) / Н. А. Ламан, А. В. Усик // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 71–75.
4. Копылова, Н. А. Биологически активные соединения в экстрактах тканей борщевика сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) / Н. А. Копылова, Н. А. Ламан, В. Н. Прохоров //

Ботаника (исследования): сб. науч. трудов. – 2014. – Вып. 43. – Минск: Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси. – С. 250–259.

5. Репнин, А. Ф. Сравнение компонентного состава фенольных соединений корней борщевика Сосновского осеннего и летнего сборов / А. Ф. Репнин, В. И. Рошин // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы VI Всерос. науч.-технич. конф., Санкт-Петербург, 26–28 мая 2021 г. – Санкт-Петербург: С.-Петерб. гос. лесотехнич. ун-т им. С. М. Кирова, 2021. – Т. 2. – С. 112–114.

6. Юрлова, Л. Ю. Фурокумарины *Heracleum sosnowskyi* и *Heracleum moellendorffii* / Л. Ю. Юрлова, Д. М. Черняк, О. П. Кутовая // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2013. – № 2. – С. 91–93.

7. Bogucka-Kocka, A. The furanocoumarins in the roots of *Heracleum sibiricum* L. / A. Bogucka-Kocka, T. Krzaczek // Acta poloniae pharmaceutica. – 2003. – Vol. 60, N 5. – P. 391–393.

8. Chemosystematic significance of essential oil constituents and furanocoumarins of underground parts and fruits of nine *Heracleum* L. taxa from Southeastern Europe / L. J. Usjak, M. M. Drobac, M. S. Niketić, S. Petrović // Chemistry & biodiversity. – 2018. – Vol. 15, N 12. – P. e1800412.

9. Furanocoumarin content, antioxidant activity and inhibitory potential of *Heracleum verticillatum*, *H. sibiricum*, *H. angustisectum* and *H. ternatum* extracts against enzymes involved in Alzheimer's disease and type II diabetes / G. Ozek, S. Yur, F. Goger [et al.] // Chemistry & biodiversity. – 2019. – Vol. 16, N 4. – P. e1800672.

10. Шеплякова, В. Э. Групповой состав и фенольные соединения листьев борщевика Сосновского / В. Э. Шеплякова // Проблемы и перспективы устойчивого развития промышленности в XXI веке: от теории к практике: материалы студенческой конф., Санкт-Петербург, 22 апр. 2021 г. – Санкт-Петербург: С.-Петерб. гос. лесотехнич. ун-т им. С. М. Кирова, 2021. – С. 106–109.

11. Мелкова, Л. Изучение биохимического состава наземной части борщевика / Л. Мелкова, М. В. Зайцева, Е. А. Агафонова // Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция «Общество, наука, инновации» (НПК-2015), 13-24 апр. 2015 г.: сб. материалов / ред. С. Г. Литвинцев. – Киров: Вятский гос. ун-т, 2015. – С. 13–24.

12. Ткаченко, К. Г. Эфирные масла плодов *Heracleum ponticum* (Lipsky) Schischk и *Heracleum sosnowskyi* Manden. / К. Г. Ткаченко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. – 2010. – № 3, вып. 10. – С. 23–27.

13. Павлов, А. В. Особенности экстракции плодов борщевика сосновского / А. В. Павлов, В. В. Соловьев // От химии к технологии: шаг

за шагом. – 2021. – Т. 2, № 2. – С. 81–88.

14. Synowiec, A. Composition and herbicidal effect of *Heracleum sosnowskyi* essential oil / A. Synowiec, D. Kalemba // *Open life sciences*. – 2015. – Vol. 10, N 1. – P. 425–432.

15. Дерендяева, А. С. Краткий обзор состава метаболитов борщевика Сосновского / А. С. Дерендяева, З. В. Касьянов // *Молодой ученый*. – 2023. – № 31. – С. 67–71.

16. Шахматов, Е. Г. Структурно-химическая характеристика и биологическая активность полисахаридов *Heracleum sosnowskyi* Manden. / Е. Г. Шахматов, Е. А. Михайлова, Е. Н. Макарова // *Химия растительного сырья*. – 2015. – № 4. – С. 15–22.

17. Васильева, Е. Н. Сравнение химического состава отдельных органов борщевика Сосновского / Е. Н. Васильева, Д. С. Миксон, В. И. Рошин // *Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы VII Всерос. науч.-технич. конф., Санкт-Петербург, 25–27 мая 2022 г.* – Санкт-Петербург: С.-Петербург. гос. лесотехнич. ун-т им. С. М. Кирова, 2022. – С. 88–90.

18. The phytochemical composition of Kuzbass medicinal plants / N. S. Velichkovich, N. I. Dunchenko, A. A. Stepanova [et al.] // *Foods and raw materials*. – 2025. – Vol. 13, N 2. – P. 219–232.

19. Ложкин, А. В. Природные кумарины: методы выделения и анализа (обзор) / А. В. Ложкин, Е. И. Саканян // *Химико-фармацевтический журнал*. – 2006. – Т. 40, № 6. – С. 47–56.

20. Государственная фармакопея Республики Беларусь (ГФ РБ II) : разраб. на основе Европ. Фармакопеи : в 2 т. : введ. в действие с 1 июля 2016 г. приказом М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31.03.2016 г. № 270. – Т. 2: Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении ; [под общ. ред. С. И. Марченко]. – Молодечно: Победа, 2016. – 1368 с.

21. Харлампович, Т. А. Фитохимическое изучение и стандартизация донника лекарственного травы, произрастающего на территории Алтайского края : дис. ... канд. фармацевт. наук : 14.04.02 / Харлампович Татьяна Анатольевна ; Алтайский гос. мед. ун-т. – Барнаул, 2014. – 156 л.

22. Мартынов, А. М. Перспективные виды рода *Viola* L. флоры Восточной Сибири, их фармакогностическое исследование и стандартизация : дис. ... д-ра фарм. наук : 14.04.02 – фармацевтическая химия, фармакогнозия / Мартынов Альберт Михайлович ; Иркутский гос. мед. ун-т. – Иркутск, 2021. – 299 л.

23. Федосеева, Л. М. Идентификация фенольных соединений сухого экстракта, полу-

ченного из сбора одуванчика лекарственного травы и лопуха большого листа / Л. М. Федосеева, Ю. И. Чистова // *Российский биотерапевтический журнал*. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 73–77.

REFERENCES

1. Laman NA, Prokhorov VN, Maslovskii OM. Giant hogweeds are dangerous invasive species for natural complexes and the population of Belarus. Minsk, RB: In-t eksperiment botaniki im. V. F. Kuprevicha NAN Belarusi; 2009. 40 s. (In Russ.)

2. Kondrat'ev MN, Budarin SN, Larikova IuS. Physiological and ecological mechanisms of invasive penetration of *Sosnowsky's* hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) into unused agroecosystems. *Izvestiia Timiriazevskoi sel'skokhoziaistvennoi akademii*. 2015;(2):36–49. (In Russ.)

3. Laman NA, Usik AV. Localization and composition of coumarins in the roots of *Sosnowsky's* hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.). *Vesti Natsyianal'nai akademii navuk Belarusi. Seriiia biial navuk*. 2020;65(1):71–5. doi: 10.29235/1029-8940-2020-65-1-71-75. (In Russ.)

4. Kopylova NA, Laman NA, Prokhorov VN. Biologically active compounds in tissue extracts of *Heracleum sosnowskyi* Manden. V: *Botanika (issledovaniia): sb nauch trudov*. 2014. Vyp. 43. Minsk, RB: In-t eksperiment botaniki NAN Belarusi. s. 250–9. (In Russ.)

5. Replin AF, Roshchin VI. Comparison of the component composition of phenolic compounds of the roots of *Sosnowski's* hogweed of autumn and summer collections. V: *Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie. Materialy VI Vseros nauch-tekhnich konf; 2021 Mai 26–28; Sankt-Peterburg. Sankt-Peterburg, RF: S-Peterb gos lesotekhnich un-t im. S. M. Kirova; 2021. T. 2. s. 112–4.* (In Russ.)

6. Iurlova Llu, Cherniak DM, Kutovaia OP. Furocoumarins of *Heracleum sosnowskyi* and *Heracleum moellendorffii*. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal*. 2013;(2):91–3. (In Russ.)

7. Bogucka-Kocka A, Krzaczek T. The furanocoumarins in the roots of *Heracleum sibiricum* L. *Acta Pol Pharm*. 2003;60(5):391–3

8. Usjak LJ, Drobac MM, Niketić MS, Petrović S. Chemosystematic significance of essential oil constituents and furanocoumarins of underground parts and fruits of nine *Heracleum* L. taxa from Southeastern Europe. *Chem Biodiver*. 2018;15(12):e1800412. doi: 10.1002/cbdv.201800412

9. Ozek G, Yur S, Goger F, Ozek T, Andjelkovic B, D. Godjevac D et al. Furanocoumarin content, antioxidant activity and inhibitory potential of *Heracleum verticillatum*, *H. sibiricum*,

- H. angustisectum* and *H. ternatum* extracts against enzymes involved in Alzheimer's disease and type II diabetes. *Chem Biodiver.* 2019;16(4):e1800672. doi: 10.1002/cbdv.201800672
10. Shepliakova VE. Group composition and phenolic compounds of Sosnowsky's hogweed leaves. V: Problemy i perspektivy ustoichivogo razvitiia promyshlennosti v XXI veke: ot teorii k praktike. Materialy studencheskoi konf, 2021 Apr 22; Sankt-Peterburg. Sankt-Peterburg, RF: S-Peterb gos lesotekhnich un-t im. S. M. Kirova; 2021. s. 106–109. (In Russ.)
11. Melkova L, Zaitseva MV, Agafonova EA. Study of the biochemical composition of the above-ground part of hogweed. V: Litvinets SG, redaktor. Vserossiiskaia ezhegodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia «Obshchestvo, nauka, innovatsii» (NPK-2015): sb materialov; 2015 Apr 13–24. Kirov, RF: Viatskii gos un-t; 2015. s. 13–24. (In Russ.)
12. Tkachenko KG. Essential oils of the fruits of *Heracleum ponticum* (Lipsky) Schischk and *Heracleum sosnowskyi* Manden. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia: Estestvennye nauki.* 2010;(3 Vypusk 10):23–7. (In Russ.)
13. Pavlov AV, Solov'ev VV. Features of the extraction of the fruits of *Heracleum sosnowskyi*. *Ot khimii k tekhnologii: shag za shagom.* 2021;2(2):81–8. doi: 10.52957/27821900_2021_02_81. (In Russ.)
14. Synowiec A, Kalemba D. Composition and herbicidal effect of *Heracleum sosnowskyi* essential oil. *Open Life Sci.* 2015;10(1):425–32. doi: 10.1515/biol-2015-0044
15. Derendiaeva AS, Kas'ianov ZV. A brief overview of the metabolite composition of *Heracleum sosnowskyi*. *Molodoi uchenyi.* 2023;(31):67–71. (In Russ.)
16. Shakhmatov EG, Mikhailova EA, Markarova EN. Structural and chemical characteristics and biological activity of polysaccharides of *Heracleum sosnowskyi* Manden. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia.* 2015;(4):15–22. (In Russ.)
17. Vasil'eva EN, Mikson DS, Roshchin VI. Comparison of the chemical composition of individual organs of Sosnowsky's hogweed. V: Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie. Materialy VII Vseros nauch-tekhnich konf; 2022 Mai 25–27; Sankt-Peterburg. Sankt-Peterburg, RF: S-Peterb gos lesotekhnich un-t im. S. M. Kirova; 2022. s. 88–90. (In Russ.)
18. Velichkovich NS, Dunchenko NI, Stepanova AA, Kozlova OV, Faskhutdinova ER, Yustratov VP et al. The phytochemical composition of Kuzbass medicinal plants. *Foods and Raw Materials.* 2025;13(2):219–32. doi: 10.21603/2308-4057-2025-2-649
19. Lozhkin AV, Sakanian EI. Natural coumarins: methods of isolation and analysis (review). *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal.* 2006;40(6):47–56. (In Russ.)
20. Ministerstvo zdravookhraneniia Respubliki Belarus', Tsentri ekspertiz i ispytaniia v zdravookhraneniia. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus: v 2 t. T. 2. Quality control of substances for pharmaceutical use and medicinal herbal raw materials. Marchenko SI, redaktor. *Molodechno, RB: Pobeda;* 2016. 1368 s. (In Russ.)
21. Kharlampovich TA. Phytochemical study and standardization of sweet clover, a medicinal herb growing in the Altai region [dissertatsiia]. Barnaul, RF; 2014. 156 l. (In Russ.)
22. Martynov AM. Promising species of the genus *Viola* L. of the flora of Eastern Siberia, their pharmacognostic study and standardization [dissertatsiia]. Irkutsk; 2021. 299 l. (In Russ.)
23. Fedoseeva LM, Chistova IuI. Identification of phenolic compounds of dry extract obtained from the collection of dandelion herb and burdock leaf. *Rossiiskii bioterapevticheskii zhurnal.* 2019;18(2):73–7. doi: 10.17650/1726-9784-2019-18-2-73-77. (In Russ.)

Адрес для корреспонденции:

220083, Республика Беларусь,
г. Минск, пр-т Дзержинского, 83,
лабораторный корпус, 15,
УО «Белорусский государственный
медицинский университет»,
кафедра фармацевтической химии с курсом
повышения квалификации и переподготовки,
тел. 8(017) 2794218,
e mail: pharmtic@bsmu.by,
Лукашиов Р. И.

Поступила 13.09.2024 г.