

УДК 581.192(571.1)

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЭКСТРАКТА *ALFREDIA CERNUA*, ОБЛАДАЮЩЕГО ПСИХОТРОПНЫМ ДЕЙСТВИЕМ

© *И.В. Шилова*<sup>1\*</sup>, *Н.В. Барановская*<sup>2</sup>, *Р.Н. Мустафин*<sup>2</sup>, *Н.И. Суслов*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга, ТНИМЦ РАН, пр. Ленина, 3, Томск, 634028 (Россия), e-mail: inessashilova@mail.ru

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, пр. Ленина, 30, Томск, 634050 (Россия)

Экстракт надземной части альфредии поникшей *Alfredia cernua* (L.) Cass. (*Asteraceae*) на 95% этаноле проявляет выраженную антидепрессантную, ноотропную и анксиолитическую активности. Целью работы явился качественный и количественный анализ макро-, микроэлементов и ультрамикроэлементов фармакологически активного экстракта надземной части растения. Исследование элементного состава экстракта выполняли после озоления с помощью инструментального нейтронно-активационного анализа с облучением тепловыми нейтронами. В результате исследования определено 26 элементов, из которых восемь являются (условно) эссенциальными, два – макро- и четыре – микроэлементами. Полученные результаты указывают на превалирование в фармакологически активном экстракте альфредии кальция, цинка, натрия, стронция, брома, а также железа, бария, кобальта, хрома и лантана. В экстракте происходит концентрирование специфической группы элементов (цинк, кобальт, торий, гафний, бром, хром, лутеций, лантан, стронций, самарий) в сравнении с исходным сырьем, что может объясняться образованием прочных металлоорганических соединений и хелатных комплексов. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы способны оказывать существенное влияние на обменные процессы, нервную, иммунную, эндокринную, сердечно-сосудистую системы, они являются составной частью ферментов, придают другим биологически активным веществам легкоусвояемую форму и потенцируют их эффекты.

*Ключевые слова:* обнаружение и определение элементов, кальций, цинк, натрий, бром, кобальт, хром, лантан, метод нейтронно-активационного анализа.

### Введение

Альфредия поникшая *Alfredia cernua* (L.) Cass. (*Asteraceae*) является реликтом третичной неморальной флоры и узким эндемиком юга Западной Сибири, Средней Азии (Джунгаро-Тарбагатай) и Северо-Восточного Китая. Альфредия поникшая – многолетнее травянистое растение, произрастающее на высокотравных лугах и в разреженных пихтово-еловых лесах в южной части Западной Сибири и Средней Азии. Растение введено в культуру [1, 2]. Исследования фармакологической активности показали, что водный и водно-этанольные экстракты надземной части растения обладают ноотропными, антидепрессантными, анксиолитическими, антиок-

*Шилова Инесса Владимировна* – доктор фармацевтических наук, старший научный сотрудник фармацевтической группы лаборатории фитофармакологии и специального питания, e-mail: inessashilova@mail.ru

*Барановская Наталья Владимировна* – доктор биологических наук, профессор отделения геологии, e-mail: natalya.baranovs@mail.ru

*Мустафин Рустам Ниязович* – кандидат биологических наук, ассистент отделения химической инженерии, e-mail: rustamustaf@sibmail.com

*Суслов Николай Иннокентьевич* – доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией фитофармакологии и специального питания, e-mail: nis-51@mail.ru

сидантными, диуретическими и антигрибковыми свойствами [1, 3–7]. Экстракт надземной части растения на 95% этаноле проявляет выраженную антидепрессантную, ноотропную и анксиолитическую активность [1, 3, 5–7]. Химический состав экстракта растения достаточно изучен. Исследование химического состава экстракта альфредии поникшей показало присутствие простых фенолов, флавоноидов, фенолкарбоновых кислот, кумаринов, тритерпеновых соединений, стероидов, аминокислот и неорганических компонентов [7–11]. Примечательным является выделение из хлороформной фракции экстракта

\* Автор, с которым следует вести переписку.

тритерпеновых спиртов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -амирины, моретенол, лупеол) и бутиролигнана (арктиин). В ней также обнаружены различные представители простых фенолов (*m*-крезол, бензиловый и кониферилловый спирты, ванилин, сиреневый альдегид), органических кислот и их эфиров (бензойная, салициловая и ее этиловый эфир, ванилиновая, галловая, коричная, капроновая, пальмитиновая, линолевая,  $\alpha$ -линоленовая, диэтилфталат, моно(2-этилгексил)фталат, диметилсукцинат, диметилазелаинат), ациклические терпеноиды (фитол), моноциклические циклогексановые монотерпеноиды (сильвестрен, дигидроактинидиолид), бициклические терпены (3-карен) [10, 11]. При фракционировании экстракта выявлена концентрация основного количества азотсодержащих соединений (амины, аминокислоты), а также макро- и микроэлементов в водной фракции. Учитывая, что неорганические компоненты могут вносить весомый вклад в фармакологическую активность, целью работы явился качественный и количественный анализ макро-, микроэлементов и ультрамикроэлементов фармакологически активного экстракта надземной части альфредии поникшей.

### Экспериментальная часть

Надземную часть альфредии поникшей *Alfredia cernua* (L.) Cass. собирали в фазу цветения – начала плодоношения в окрестностях перевала Ябочанский Усть-Канского района Республики Алтай. Высушенное воздушным способом сырье измельчали и просеивали через сито с диаметром отверстий 2–4 мм (влажность  $11.6 \pm 0.2\%$ ). Зола надземной части растения, полученная после сжигания, составляет  $10.0 \pm 0.1\%$ .

Выраженной психотропной активностью обладает экстракт растения на 95% этаноле. Для его получения измельченную надземную часть растения обрабатывали 95% этанолом трижды на водяной бане с обратным холодильником в течение 30 мин при температуре 80 °С и соотношении сырье-экстрагент 1 : 15. Полученные извлечения объединяли, фильтровали и упаривали в вакууме при температуре не выше 60 °С. Выход экстракта по отношению к растительному сырью составляет  $14.8 \pm 0.3\%$ .

Исследование элементного состава экстракта растения выполняли после озоления образцов в муфельной печи при температуре 500 °С. В основу аналитических исследований элементов положен современный высокочувствительный ядерно-физический метод – инструментальный нейтронно-активационный анализ с облучением тепловыми нейтронами [12–14]. Анализ выполняли по аттестованной методике (НСАМ ВИМС № 410-ЯФ) в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т Национального исследовательского Томского политехнического университета под руководством с.н.с. Судыко А.Ф. Влияние матричных и других элементов исключается или значительно нивелируется варьированием продолжительности облучения и охлаждения. Навеску золы упаковывали в алюминиевую фольгу и облучали потоком нейтронов при плотности  $2.2 \times 10^{14}$  нейтр./ $(\text{см} \times \text{с})$  в течение 5 ч. Измерения осуществляли на многоканальном анализаторе импульсов «Canberra» с полупроводниковым германиевым детектором GX3518. Наведенный гамма-спектр исследовали дважды: короткоживущие изотопы определяли через 8–10 дней, долгоживущие – через 22 дня. В анализе использовали стандартный образец состава листа березы (ЛБ-1, ГСО 8923-2007). Относительная погрешность определения составила от 1% до 17%. Достоверность результатов анализа обеспечена удовлетворительным внутренним лабораторным контролем в количестве 5% от общего числа рядовых проб. Коэффициент концентрации элемента в экстракте рассчитывали как отношение содержания элемента в золе экстракта альфредии к таковой надземной части растения.

Для обработки результатов, полученных в пяти параллельных измерениях, использовали пакет статистического анализа программу «Statistica 8.0».

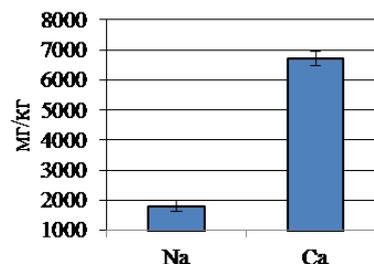
### Обсуждение результатов

Зола экстракта альфредии на 95% этаноле, полученная после сжигания, составляет  $14.6 \pm 0.1\%$ . В исследуемом экстракте, применяя нейтронно-активационный анализ, установлено наличие 26 элементов.

Макроэлементы (рис. 1) [15, 16] в золе экстракта представлены кальцием и натрием, причем содержание первого в 3.7 раза выше такового другого элемента. Оба элемента являются эссенциальными.

В золе экстракта альфредии выявлено наличие шести микроэлементов (рис. 2) [15, 16]. Наибольшим содержанием в образце отличается цинк. Примечательным, на наш взгляд, является обнаружение в экстракте альфредии рубидия. Среди выявленных микроэлементов альфредии два являются эссенциальными – цинк и железо, а другие два микроэлемента представляются условно эссенциальными – бром и стронций.

Рис. 1. Диаграмма распределения макроэлементов в золе экстракта надземной части альфредии поникшей на 95 % этаноле. По оси абсцисс – элемент. По оси ординат – содержание элементов в золе, мг/кг



Наибольшим разнообразием выделяется группа ультрамикроэлементов. В золе экстракта альфредии она представлена 18 компонентами (рис. 3) [15, 16]. Наибольшим содержанием отмечаются барий, кобальт и хром. Интересным фактом, по нашему мнению, является обнаружение лантана и гафния. При этом выявленные кобальт и хром относят к эссенциальным и условно эссенциальным элементам соответственно.

В целом среди обнаруженных элементов восемь являются эссенциальными или условно эссенциальными. По полученным данным составлен ряд предпочтительного содержания элементов в фармакологически активном экстракте альфредии поникшей:

$Ca > Zn > Na > Sr > Br > Fe > Ba > Co > Cr > La > Rb > Th > Hf > As > Sc > Sm > Ce = Ag > U > Cs > Lu > Sb > Yb > Ta > Tb > Eu > Au$ . В результате проведенного исследования выявлено, что при обработке надземной части растения 95% этанолом в получаемом экстракте накапливаются кальций, цинк, натрий и стронций в максимальной концентрации. Бром, железо, барий, кобальт и хром – микро- и ультрамикроэлементы, которые представляют также большую часть зольного остатка фармакологически активного экстракта и, предположительно, характерны для данного вида. Элементы, которые представлены в ряду далее и содержатся в экстракте в меньших концентрациях, вероятно, отражают геохимическую специфику (природную) среды произрастания растения [14]. На уровне предела обнаружения указанным методом в золе экстракта выявлены барий (50 мг/кг), рубидий (5 мг/кг), цезий (0.2 мг/кг), тантал (0.08 мг/кг), иттербий (0.1 мг/кг), тербий (0.05 мг/кг), церий (0.5 мг/кг), европий (0.04 мг/кг), сурьма (0.1 мг/кг), золото (0.004 мг/кг), серебро (0.5 мг/кг), мышьяк (2 мг/кг) и уран (0.4 мг/кг).

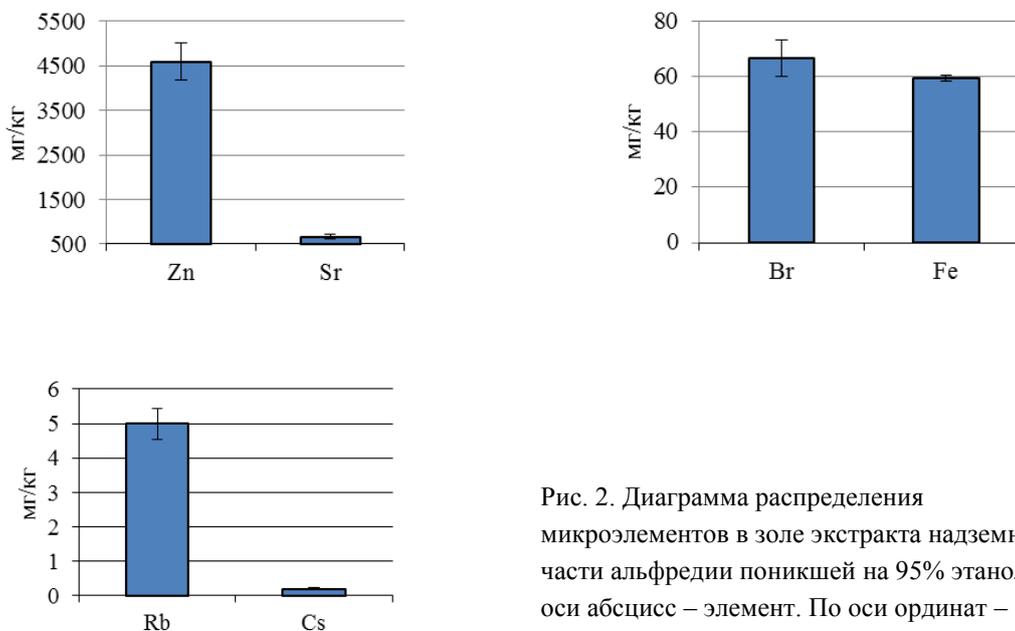


Рис. 2. Диаграмма распределения микроэлементов в золе экстракта надземной части альфредии поникшей на 95% этаноле. По оси абсцисс – элемент. По оси ординат – содержание элементов в золе, мг/кг

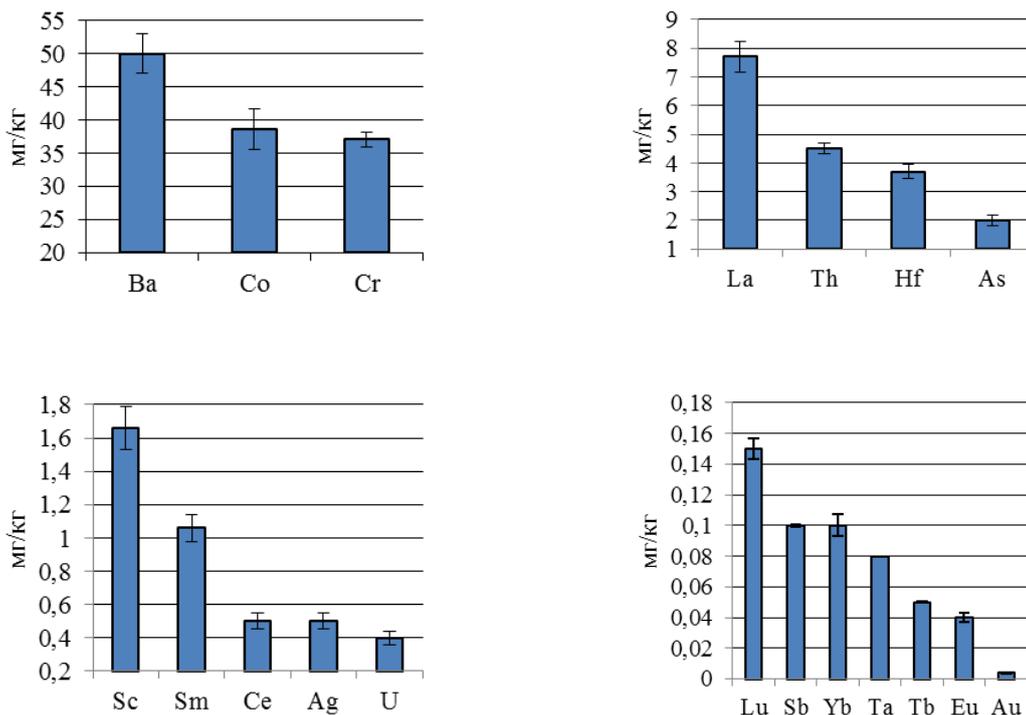


Рис. 3. Диаграмма распределения ультрамикроэлементов в золе экстракта надземной части альфредии поникшей на 95% этаноле. По оси абсцисс – элемент. По оси ординат – содержание элементов в золе, мг/кг

Элементная специфика фармакологически активного экстракта альфредии поникшей (рис. 4) относительно надземной части растения представлена по коэффициенту концентрации следующим образом:  $Zn_{23.8} - Co_{8.8} - Th_{5.6} - Hf_{5.2} - Br_{2.9} - Cr_{2.5} - Lu_{2.1} = La_{2.1} - Sr_{2.0} - Sm_{1.1} - Sc_{0.61} \dots$ . Наибольшей концентрацией в экстракте характеризуются первые десять элементов, имеющие значение коэффициента концентрации более 1. Интересным, на наш взгляд, является присутствие в фармакологически активном экстракте альфредии в высокой концентрации цинка, кобальта и, кроме того, тория, гафния, брома, хрома и некоторых редкоземельных элементов (лютеция, лантана и самария). В обогащенном фармакологически активном экстракте [7–9, 11, 17] происходит концентрирование специфической группы элементов в сравнении с исходным сырьем, что может объясняться образованием прочных металлорганических соединений и хелатных комплексов.

Таким образом, в золе экстракта альфредии поникшей на 95% этаноле, обладающего антидепрессантным, ноотропным, анксиолитическим эффектами, определено 26 элементов, восемь из которых являются эссенциальными или условно эссенциальными, включая два макро- и четыре микроэлемента. Результаты проведенного исследования указывают на превалирование в фармакологически активном экстракте альфредии кальция, цинка, натрия, стронция, брома, а также железа, бария, кобальта, хрома и лантана. Примечательным является концентрирование специфической группы элементов (цинк, кобальт, торий, гафний, бром, хром, лютеций, лантан, стронций, самарий) в экстракте относительно надземной части растения.

Для человека и животных растения являются одним из основных источников элементов, содержащихся преимущественно в виде комплексных соединений, реже в металлорганической форме, которые способны выполнять роль ключевых интермедиатов в физиологических и биохимических процессах. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы (табл.) могут оказывать существенное влияние на обменные процессы, нервную, иммунную, эндокринную, сердечно-сосудистую системы. Они являются составной частью ферментов, придают другим биологически активным веществам легкоусвояемую форму и потенцируют их эффекты [15, 16, 18]. Мозговая ткань является лидером по способности накапливать микроэлементы. Доказано усиление действия многих нейротропных средств под влиянием микроэлементов [19–26].

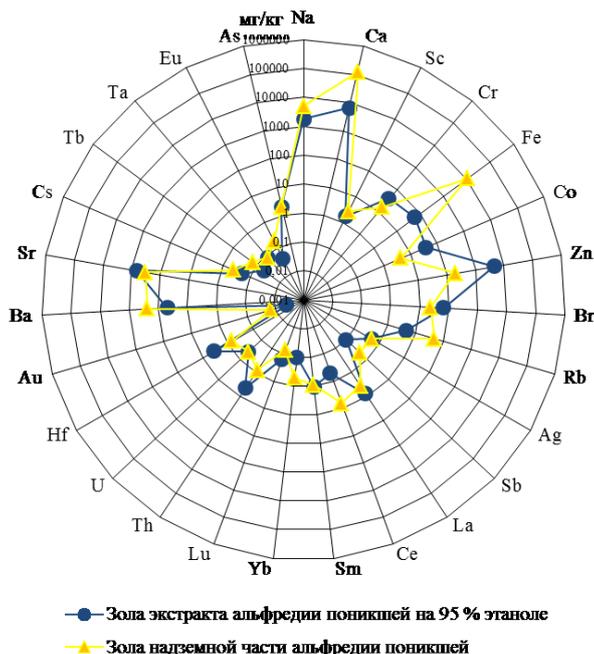


Рис. 4. Содержание элементов в золе экстракта надземной части альфредии поникшей на 95 % этаноле и золе надземной части растения (среднее). По оси – количественное содержание, мг/кг

Макро-, микро и ультрамикроэлементы и их роль в физиологических, биохимических процессах организма человека

Элемент	Роль
Кальций	Участвует в процессах передачи нервных импульсов, обеспечивает равновесие между процессами возбуждения и торможения в коре головного мозга, необходим для функционирования клеточных мембран, работы ядерного аппарата клетки, способствует стабилизации тучных клеток и тормозит высвобождение гистамина, является фактором свертываемости крови, снижает холестерин крови [19–21, 23, 24]
Натрий	Играет значительную роль в нервной проводимости [15, 18–20, 23]
Цинк	Оказывает влияние на течение основных нервных процессов коркового возбуждения и торможения в коре больших полушарий головного мозга. Способствует значительному снижению реакции на стрессор в стадии тревоги, улучшению памяти и лучшему выполнению когнитивных функций, играет важную роль в контролировании эпилептических приступов вследствие регуляции связи между нейронами гиппокампа. Входит в состав фермента супероксиддисмутазы, играющего ключевую роли в антиоксидантной защите клеток и тканей, металлоферментов – оксидоредуктазы, трансферазы, гидроксилазы [16, 19–21, 23]
Кобальт	Оказывает влияние на течение основных нервных процессов коркового возбуждения и торможения в коре больших полушарий головного мозга. Является стимулятором эритропоэза и синтеза гемоглобина. Комплекс Co с АТФ оказывает антигипоксическое и нейропротекторное действие при диффузной хронической церебральной ишемии. Нейротропный витамин B <sub>12</sub> содержит Co [19–21, 24, 25]
Железо	Оказывает влияние на течение основных нервных процессов коркового возбуждения и торможения в коре больших полушарий головного мозга. Входит в состав фермента каталазы, играющего ключевую роль в антиоксидантной защите клеток и тканей. Участвует в процессах кроветворения [16, 19–25]
Бром	ЦНС наиболее чувствительна к ионам Br, которые равномерно накапливаются в различных отделах мозга и способствуют восстановлению нарушенного равновесия между процессами возбуждения и торможения [15, 19, 20, 23]
Рубидий	Является синергистом и аналогом K, поэтому активизирует пируватфосфокиназу, альдегиддегидрогеназу и другие ферменты; способствует насыщению крови кислородом [15, 16, 18–21]
Хром	Усиливает липолитическую активность сыворотки крови и является кофактором инсулина (глюкозный фактор толерантности) в организме [15, 16, 18–23, 25]
Торий	Участие в проявлении противоопухолевой активности экстрактов растений [1, 18]
Сурьма	Ее соединения токсичны, но она обнаружена в растениях, в организмах животных и человека, причем избирательно концентрируется в печени, селезенке и щитовидной железе. В плазме крови преимущественно накапливается Sb <sup>5+</sup> , а в эритроцитах – Sb <sup>3+</sup> [1, 18]
Лантан	Его соединения проявляют церебропротекторное действие при экспериментальной ишемии мозга [18, 26]

### Выводы

1. В результате исследования элементного состава экстракта альфредии поникшей *Alfredia cernua* (L.) Cass. (*Asteraceae*), обладающего психотропным эффектом, выявлено наличие 26 элементов, восемь из них характеризуются как эссенциальные или условно эссенциальные. Среди обнаруженных компонентов два являются макро-, а четыре микроэлементами.

2. Полученные результаты свидетельствуют о доминировании в фармакологически активном экстракте альфредии кальция, цинка, натрия, стронция, брома, а также железа, бария, кобальта, хрома и лантана.

3. В экстракте происходит концентрирование специфической группы элементов (цинк, кобальт, торий, гафний, бром, хром, лютеций, лантан, стронций, самарий) в сравнении с исходным сырьем, что может объясняться образованием прочных металлоорганических соединений и хелатных комплексов, а также рациональными условиями экстракции.

4. Экспериментальные данные указывают на перспективность использования экстракта растения в качестве источника макро-, микро- и ультрамикроэлементов, включая эссенциальные, способных принимать участие в проявлении психотропной активности.

*Авторы выражают благодарность доктору геолого-минералогических наук, профессору Национального исследовательского Томского политехнического университета Рихванову Л.П. за помощь в организации аналитических исследований и обсуждению полученных результатов.*

### Список литературы

1. Шилова И.В., Суслов Н.И., Самылина И.А. Химический состав и ноотропная активность растений Сибири. Томск, 2010. 236 с.
2. Амельченко В.П., Шилова И.В., Кувачева Н.В. Особенности развития и компонентный состав *Alfredia cernua* (*Asteraceae*) в условиях интродукции (г. Томск) // Растительные ресурсы. 2009. Т. 45, вып. 2. С. 23–31.
3. Патент № 2292214 (РФ). Средство, обладающее антиоксидантной активностью / И.В. Шилова, Е.А. Краснов, Н.В. Кувачева, Т.П. Новожеева / 27.01.2007.
4. Патент № 2347580 (РФ). Средство, обладающее ноотропным действием / И.В. Шилова, Н.И. Суслов, Р.Н. Мустафин, В.А. Хазанов, Н.В. Кувачева / 27.02.2009.
5. Мустафин Р.Н., Шилова И.В., Суслов Н.И. Антидепрессантные и анксиолитические свойства экстракта *Alfredia cernua* (*Asteraceae*) // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47, вып. 3. С. 130–136.
6. Патент № 2560517 (РФ). Средство, обладающее антигрибковым действием / И.В. Шилова, И.В. Федько / 20.08.2015.
7. Шилова И.В., Самылина И.А., Суслов Н.И. Разработка ноотропных средств на основе растений Сибири. Томск, 2013. 268 с.
8. Шилова И.В. Рациональные подходы к поиску и созданию ноотропных средств растительного происхождения // Вестник РУДН. Серия Медицина. 2007. №6. С. 236–240.
9. Шилова И.В. Химический состав растений Сибири и разработка ноотропных средств на их основе: автореф. дис. ... докт. фарм. наук. Пятигорск, 2011. 48 с.
10. Shilova I.V., Semenov A.A., Kuvacheva N.V., Suslov N.I., Mustafin R.N. Isolation, identification, and nootropic activity of compounds in *Alfredia cernua* chloroform extract // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2012. Vol. 46. N6. Pp. 363–368.
11. Shilova I.V., Kukina T.P., Suslov N.I., Salnikova O.I., Mustafin R.N. Studies of the lipophilic components of a dense extract of the herb *Alfredia cernua* and its nootropic properties // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2014. Vol. 48. N3. Pp. 181–185.
12. Shilova I.V., Krasnov E.A., Baranovskaya N.V., Pyak A.I., Nekratov N.F. Amino acid and mineral composition of the above-ground part of *Atragene speciosa* Weinm. // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2002. Vol. 36. N11. Pp. 613–616.
13. Шилова И.В., Краснов Е.А., Барановская Н.В., Пяк А.И., Некратов Н.Ф. Элементный состав надземной части *Atragene speciosa* Weinm. // Растительные ресурсы. 2002. Т. 38, вып. 4. С. 69–74.
14. Шилова И.В., Барановская Н.В., Суслов Н.И. Элементный состав надземной части *Alfredia cernua* (*Asteraceae*) // Растительные ресурсы. 2012. Т. 48, вып. 3. С. 414–420.
15. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М., 1991. 478 с.
16. Anke M. Mengen- und Spurenelemente. Jena, 1998. 1055 p.
17. Кувачева Н.В., Шилова И.В. Стандартизация травы альфредии поникшей // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2011. №5. С. 9–12.
18. Шилова И.В. Фармакологические аспекты изучения химических элементов в растениях // Геохимия живого вещества: материалы Международной молодежной школы-семинара, посвященной 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского (1863–2013). Томск, 2013. С. 111–115.
19. Кудрин А.В., Громова О.А. Микроэлементы в неврологии. М., 2006. 304 с.

20. Райцес В.С. Нейрофизиологические основы действия микроэлементов. Л., 1981. 152 с.
21. Jomova K., Vondrakova D., Lawson M., Valko M. Metals, oxidative stress and neurodegenerative disorders // *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2010. Vol. 345. N1–2. Pp. 91–104.
22. Суслов Н.И., Шилова И.В., Афанасьева О.Г. Влияние состава из макро- и микроэлементов на ориентировочно-исследовательское поведение и условно-рефлекторную деятельность животных // *Традиционная медицина*. 2011. №5. С. 388–393.
23. Afanasieva O.G., Suslov N.I., Shilova I.V. Psychostimulant and nootropic effect of major and trace element composition // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2012. Vol. 154. N2. Pp. 224–227.
24. Krebs N., Langkammer C., Goessler W., Ropelec S., Fazekas F., Yene K., Scheurer E. Assessment of trace elements in human brain using inductively coupled plasma mass spectrometry // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2014. Vol. 28. N1. Pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.jtemb.2013.09.006
25. Otmakhov V.I., Kataeva N.G., Kuskova I.S., Petrova E.V., Shilova I.V. Spectral Analysis of Hair to Determine the Elemental Status of Human // *Key Engineering Materials: Multifunctional Chemical Materials and Technologies*. 2016. Vol. 670. Pp. 207–212. DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.670.207
26. Гуляев С.М. Церебропротекторное действие лантана ацетата при экспериментальной ишемии головного мозга : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2004. 21 с.

Поступила в редакцию 4 апреля 2019 г.

После переработки 22 мая 2019 г.

Принята к публикации 11 июня 2019 г.

**Для цитирования:** Шилова И.В., Барановская Н.В., Мустафин Р.Н., Суслов Н.И. Особенности элементного состава экстракта *Alfredia cernua*, обладающего психотропным действием // *Химия растительного сырья*. 2019. №4. С. 191–198. DOI: 10.14258/jcrpm.2019045422.

*Shilova I.V.*<sup>1\*</sup>, *Baranovskaja N.V.*<sup>2</sup>, *Mustafin R.N.*<sup>2</sup>, *Suslov N.I.*<sup>1</sup> FEATURES OF THE COMPOSITION MACRO ELEMENTS AND TRACE ELEMENTS OF THE EXTRACT OF *ALFREDIA CERNUA* (L.) CASS., POSSESSING PSYCHOTROPIC EFFECT

<sup>1</sup> *Institute of Pharmacology Research and Regenerative Medicine named after E.D. Goldberg, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, pr. Lenina, 3, Tomsk, 634028 (Russia), e-mail: inessashilova@mail.ru*

<sup>2</sup> *National Research Tomsk Polytechnical University, pr. Lenina, 30, Tomsk, 634050 (Russia)*

The 95% ethanol extract of *Alfredia* drooping *Alfredia cernua* (L.) Cass. (*Asteraceae*) aerial part exhibits pronounced antidepressant, nootropic and anxiolytic activity. The aim of the work was the qualitative and quantitative analysis of macro-, trace and ultra trace elements of the pharmacologically active extract of the aerial part of the plant. The study of the elemental composition of the extract was performed after ashing using instrumental neutron activation analysis with irradiation with thermal neutrons. The study found 26 elements, of which eight are (conditionally) essential, two macro elements and four trace elements. The obtained results indicate the prevalence of *Alfredia cernua* of calcium, zinc, sodium, strontium, bromine, as well as iron, barium, cobalt, chromium and lanthanum in the pharmacologically active extract. The extract concentrates a specific group of elements (zinc, cobalt, thorium, hafnium, bromine, chromium, lutetium, lanthanum, strontium, samarium) in comparison with the feedstock, which can be explained by the formation of strong organometallic compounds and chelate complexes. Macro-, trace and ultra trace elements can have a significant impact on metabolic processes, nervous, immune, endocrine, cardiovascular systems, they are an integral part of enzymes, give other biologically active substances an easily digestible form and potentiate their effects.

**Keywords:** detection and definition of elements, calcium, zinc, sodium, bromine, cobalt, chromium, lanthanum, method of neutron activation analysis.

---

\* Corresponding author.

## References

1. Shilova I.V., Suslov N.I., Samylina I.A. *Khimicheskiy sostav i nootropnaya aktivnost' rasteniy Sibiri*. [Chemical composition and nootropic activity of Siberian plants]. Tomsk, 2010, 236 p. (in Russ.).
2. Amel'chenko V.P., Shilova I.V., Kuvacheva N.V. *Rastitel'nyye resursy*, 2009, vol. 45, no. 2, pp. 23–31. (in Russ.).
3. Patent 2292214 (RU). 27.01.2007. (in Russ.).
4. Patent 2347580 (RU). 27.02.2009. (in Russ.).
5. Mustafin R.N., Shilova I.V., Suslov N.I. *Rastitel'nyye resursy*, 2011, vol. 47, no. 3, pp. 130–136. (in Russ.).
6. Patent 2560517 (RU). 20.08.2015. (in Russ.).
7. Shilova I.V., Samylina I.A., Suslov N.I. *Razrabotka nootropnykh sredstv na osnove rasteniy Sibiri*. [Development of nootropic drugs based on Siberian plants]. Tomsk, 2013, 268 p. (in Russ.).
8. Shilova I.V. *Vestnik RUDN. Seriya Meditsina*, 2007, no. 6, pp. 236–240. (in Russ.).
9. Shilova I.V. *Khimicheskiy sostav rasteniy Sibiri i razrabotka nootropnykh sredstv na ikh osnove: avtoref. dis. ... dokt. farm. nauk*. [The chemical composition of Siberian plants and the development of nootropic drugs based on them: abstract. dis. ... doctor farm. sciences]. Pyatigorsk, 2011, 48 p. (in Russ.).
10. Shilova I.V., Semenov A.A., Kuvacheva N.V., Suslov N.I., Mustafin R.N. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2012, vol. 46, no. 6, pp. 363–368.
11. Shilova I.V., Kukina T.P., Suslov N.I., Salnikova O.I., Mustafin R.N. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2014, vol. 48, no. 3, pp. 181–185.
12. Shilova I.V., Krasnov E.A., Baranovskaya N.V., Pyak A.I., Nekratov N.F. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2002, vol. 36, no. 11, pp. 613–616.
13. Shilova I.V., Krasnov Ye.A., Baranovskaya N.V., Pyak A.I., Nekratov N.F. *Rastitel'nyye resursy*, 2002, vol. 38, no. 4, pp. 69–74. (in Russ.).
14. Shilova I.V., Baranovskaya N.V., Suslov N.I. *Rastitel'nyye resursy*, 2012, vol. 48, no. 3, pp. 414–420. (in Russ.).
15. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. *Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya*. [Human microelementoses: etiology, classification, organopathology]. Moscow, 1991, 478 p. (in Russ.).
16. Anke M. *Mengen- und Spurenelemente*, Jena, 1998, 1055 p.
17. Kuvacheva N.V., Shilova I.V. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2011, no. 5, pp. 9–12. (in Russ.).
18. Shilova I.V. *Geokhimiya zhivogo veshchestva: materialy Mezhdunarodnoy molodezhnoy shkoly-seminara, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya V.I. Vernadskogo (1863–2013)*. [Geochemistry of living matter: materials of the International Youth School-Seminar dedicated to the 150th birthday of V.I. Vernadsky (1863–2013)]. Tomsk, 2013, pp. 111–115. (in Russ.).
19. Kudrin A.V., Gromova O.A. *Mikroelementy v nevrologii*. [Trace elements in neurology]. Moscow, 2006, 304 p. (in Russ.).
20. Raytses V.S. *Neyrofiziologicheskiye osnovy deystviya mikroelementov*. [Neurophysiological basis of the action of trace elements]. Leningrad, 1981, 152 p. (in Russ.).
21. Jomova K., Vondrakova D., Lawson M., Valko M. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 2010, vol. 345, no. 1–2, pp. 91–104.
22. Suslov N.I., Shilova I.V., Afanas'yeva O.G. *Traditsionnaya meditsina*, 2011, no. 5, pp. 388–393. (in Russ.).
23. Afanasieva O.G., Suslov N.I., Shilova I.V. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2012, vol. 154, no. 2, pp. 224–227.
24. Krebs N., Langkammer C., Goessler W., Ropelec S., Fazekas F., Yene K., Scheurer E. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2014, vol. 28, no. 1, pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.jtemb.2013.09.006
25. Otmakhov V.I., Kataeva N.G., Kuskova I.S., Petrova E.V., Shilova I.V. *Key Engineering Materials: Multifunctional Chemical Materials and Technologies*, 2016, vol. 670, pp. 207–212. DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.670.207
26. Gulyayev S.M. *Tserebroprotektornoye deystviye lantana atsetata pri eksperimental'noy ishemii golovnogo mozga: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*. [The cerebroprotective effect of lanthanum acetate in experimental cerebral ischemia: abstract. dis. ... cand. biol. sciences]. Ulan-Ude, 2004, 21 p. (in Russ.).

Received April 4, 2019

Revised May 22, 2019

Accepted June 11, 2019

**For citing:** Shilova I.V., Baranovskaya N.V., Mustafin R.N., Suslov N.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 4, pp. 191–198. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpm.2019045422.