

Применение рентгенофлуоресцентного и радиационного методов для анализа лекарственного растительного сырья на примере *Achilleae millefolii herba*

И. Ю. Каликина✉, А. Ю. Турышев, В. Д. Белоногова, А. В. Курицын, С. В. Пучнина, Н. А. Бузмакова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО ПГФА Минздрава России). 614990, Россия, г. Пермь, ул. Полевая, д. 2

✉ Контактное лицо: Каликина Ирина Юрьевна. E-mail: kalikinaira@yandex.ru

ORCID: И. Ю. Каликина – <https://orcid.org/0000-0002-4495-0118>; А. Ю. Турышев – <https://orcid.org/0000-0003-3867-5305>; В. Д. Белоногова – <https://orcid.org/0000-0001-8414-4367>; А. В. Курицын – <https://orcid.org/0000-0001-8529-1123>; С. В. Пучнина – <https://orcid.org/0000-0002-8591-4615>; Н. А. Бузмакова – <https://orcid.org/0000-0003-3171-0438>.

Статья поступила: 10.10.2023

Статья принята в печать: 15.12.2023

Статья опубликована: 27.12.2023

Резюме

Введение. Экологический мониторинг является важным направлением современных исследований. Это связано с антропогенным воздействием на окружающую среду, что зачастую негативно сказывается на разнообразии лекарственной флоры регионов России. В связи с интенсивным развитием науки актуально использование современных инструментальных методов анализа лекарственного растительного сырья. Содержание тяжелых металлов, элементный состав, а также уровень радиационного фона являются важными характеристиками экологической чистоты и безопасности ЛРС. Именно они и представляют интерес для оценки возможности заготовки и использования лекарственных растений на местности.

Цель. Исследование возможностей применения рентгенофлуоресцентного и радиационного методов в рамках экологического мониторинга лекарственного растительного сырья.

Материалы и методы. Объект исследования – тысячелистника обыкновенного трава (*Achilleae millefolii herba*). Заготовка ЛРС проведена в Бардымском, Чернушинском, Уинском, Кишертском, Октябрьском, Суксунском, Ординском, Сивинском районах Пермского края летом 2022–2023 года в соответствии с общепринятыми инструкциями по заготовке. Для определения тяжелых металлов и оценки элементного состава растений использовался прибор – рентгенофлуоресцентный анализатор (РФА) ARL QUANT'X EDXRF. Анализ проводили по методике, отработанной сотрудниками кафедры фармакогнозии ПГФА. Оценку радиационного фона ЛРС проводили с использованием специального дозиметра RADEX RD 1503.

Результаты и обсуждение. В результате исследования установлено, что на территории изученных районов Пермского края возможна заготовка тысячелистника обыкновенного травы. Наиболее рекомендуемые районы заготовки являются Бардымский, Уинский, Кишертский, Ординский, Чернушинский поскольку заготовленная на данной местности тысячелистника трава является экологически чистой и безопасной для использования в качестве лекарственного сырья, имеет разнообразный элементный состав. Содержание тяжелых металлов не превышает предельно допустимых концентраций согласно требованиям нормативной документации. Уровень радиационного фона не превышает пороговое значение по РФ.

Заключение. Рентгенофлуоресцентный анализ является подходящим и надежным аналитическим методом определения элементов в растительном сырье. РФА является многоэлементным экспрессным методом, позволяющим анализировать образец с минимальной пробоподготовкой. Достоинствами метода являются хорошая воспроизводимость результатов, высокая чувствительность определений, эффективность. Исследования продолжаются.

Ключевые слова: рентгенофлуоресцентный анализ, радиационный фон, тяжелые металлы, лекарственное растительное сырье, тысячелистника трава

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. В. Д. Белоногова – концепция и дизайн исследования. И. Ю. Каликина, А. Ю. Турышев, А. В. Курицын, С. В. Пучнина, Н. А. Бузмакова провели заготовку и исследование лекарственного растительного сырья, обзор публикаций по теме статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов и написании текста статьи.

Финансирование. Исследование проведено при финансовой поддержке Пермского научно-образовательного центра «Рациональное недропользование», 2023 год.

Для цитирования: Каликина И. Ю., Турышев А. Ю., Белоногова В. Д., Курицын А. В., Пучнина С. В., Бузмакова Н. А. Применение рентгенофлуоресцентного и радиационного методов для анализа лекарственного растительного сырья на примере *Achilleae millefolii herba*. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2023;12(4–1):104–111. [https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4\(1\)-1597](https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4(1)-1597)

Application of X-ray Fluorescence and Radiation Methods for the Analysis of Medicinal Plant Raw Materials on the Example of *Achilleae millefolii herba*

Irina Yu. Kalikina✉, Alexey Yu. Turyshev, Valentina D. Belonogova, Alexey V. Kuritsyn, Svetlana V. Puchnina, Nadezhda A. Buzmakova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Pharmaceutical Academy" of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2, Poleyaya str., Perm, 614990, Russia

✉ Corresponding author: Irina Yu. Kalikina. E-mail: kalikinaira@yandex.ru

ORCID: Irina Yu. Kalikina – <https://orcid.org/0000-0002-4495-0118>; Alexey Yu. Turyshev – <https://orcid.org/0000-0003-3867-5305>; Valentina D. Belonogova – <https://orcid.org/0000-0001-8414-4367>; Alexey V. Kuritsyn – <https://orcid.org/0000-0001-8529-1123>; Svetlana V. Puchnina – <https://orcid.org/0000-0002-8591-4615>; Nadezhda A. Buzmakova – <https://orcid.org/0000-0003-3171-0438>.

Received: 10.10.2023

Revised: 15.12.2023

Published: 27.12.2023

Abstract

Introduction. Environmental monitoring is an important area of modern scientific research. This is due to the anthropogenic impact on the environment, which often negatively affects the diversity of the Russian medicinal flora. The use of modern instrumental analytical methods of medicinal plant raw materials is relevant due to the intensive development of science. The content of heavy metals, the elemental composition and the level of background radiation are important characteristics of ecological purity and safety of medicinal plant raw materials. These characteristics are of interest for assessing the possibility of harvesting and using medicinal plants at localization. The generally accepted instructions for harvesting were used.

Aim. Investigation of the possibilities of using X-ray fluorescence and radiation methods for environmental monitoring of medicinal plant raw materials.

Materials and methods. The research object was *Achilleae millefolii herba*. The harvestment of plant raw materials was carried out in the Bardymy, Chernushinsky, Uinsky, Kishertsky, Oktyabrsky, Suksunsky, Ordinsky, Sivinsky districts of the Perm Region in the summer in 2022–2023. The X-ray fluorescence analyzer (XFA) ARL QUANT'X EDXRF was used to determine heavy metals and assess the elemental composition of plants. The analysis was carried out according to the methodology that was developed by scientists of the Pharmacognosy Department at the Perm State Pharmaceutical Academy. The radiation background in raw materials was assessed by using a special dosimeter RADEX RD1503.

Results and discussion. As a result, it was found that harvesting of *Achilleae millefolii herba* is possible in the Perm Region studied areas. Bardymy, Uinsky, Kishertsky, Ordinsky, Chernushinsky districts are the most recommended for harvesting plant raw materials. Samples from these areas are ecological purity and safe for use as medicinal raw materials and have a diverse elemental composition. The content of heavy metals does not exceed the maximum permissible concentrations according to the regulatory documentation requirements. The background radiation level does not exceed the threshold value compared to other areas in the Russian Federation.

Conclusion. X-ray fluorescence analysis is a suitable and reliable analytical method for determining elements in plant raw materials. XFA is a multi-element express method that allows analyzing a sample with minimal sample preparation. The advantages of the method are good reproducibility, high sensitivity, and efficiency. Research continues.

Keywords: X-ray fluorescence analysis, radiation background, heavy metals, medicinal plant raw materials, *Achilleae millefolii herba*

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Valentina D. Belonogova – concept and design study. Irina Yu. Kalikina, Alexey Yu. Turyshev, Alexey V. Kuritsyn, Svetlana V. Puchnina, Nadezhda A. Buzmakova carried out the harvestment and medicinal plant raw materials research, a review of publications. The authors participated in the discussion of the results and wrote the text.

Funding. The study was carried out with the financial support of the Perm Scientific and Educational Center "Rational Subsoil Use", 2023.

For citation: Kalikina I. Yu., Turyshev A. Yu., Belonogova V. D., Kuritsyn A. V., Puchnina S. V., Buzmakova N. A. Application of X-ray fluorescence and radiation methods for the analysis of medicinal plant raw materials on the example of *Achilleae millefolii herba*. *Drug development & registration*. 2023;12(4–1):104–111. (In Russ.) [https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4\(1\)-1597](https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4(1)-1597)

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальной темой является экологический мониторинг, поскольку интенсивная промышленная антропогенная деятельность способствует загрязнению окружающей среды. Экоотоксиканты активно накапливаются растениями, изменяя их химический состав и свойства, что приводит к снижению свойств, количества и даже к утрате запасов многих ценных видов.

Одним из перспективных лекарственных растений является тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.). Это обусловлено следующими терапевтическими свойствами растения: кровоостанавливающее, противовоспалительное, бактерицидное, диуретическое и спазмолитическое [1–5]. Разнообразие фармакотерапевтического действия позволяет применять данное растение в терапии большого количества заболеваний как индивидуально, так и в составе комбинированных фитопрепаратов [6].

На территории Пермского края тысячелистника обыкновенного трава произрастает практически повсеместно. Стоит отметить, что для дальнейшего использования тысячелистника травы в промышленных целях обязательным требованием является использование только экологически чистого лекарственного растительного сырья. Оценка содержания радионуклидов и тяжелых металлов для промышленных регионов, к которым относится и Пермский край, считается экологически значимой, так как они являются одними из приоритетных загрязнителей окружающей среды¹ [7–10].

Поэтому актуальными вопросами современной фармации является поиск подходящих мест произрастания лекарственных растений (ЛР) и анализ возможности заготовки лекарственного растительного сырья (ЛРС) надлежащего качества с целью дальнейшего использования экологически чистого ЛРС, а также его возможного применения в производстве лекарственных препаратов (ЛП) и биологически активных добавок (БАД) на растительной основе.

Цель. Исследование возможностей применения рентгенофлуоресцентного и радиационного методов в рамках экологического мониторинга лекарственного растительного сырья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась тысячелистника обыкновенного трава (*Achilleae millefolii herba*). Местами заготовки ЛРС являлись суходольные луга в окрестностях деревень в отдаленности от оживленных автомобильных дорог.

Всего обследовано 8 муниципальных районов Пермского края: Бардымский, Чернушинский, Уинский, Кишертский, Октябрьский, Суксунский, Ординский, Сивинский. Заготовка образцов сырья² проводилась летом 2022–2023 года на территории Пермского края в соответствии с общепринятыми инструкциями по заготовке лекарственного растительного сырья [11].

Об экологической чистоте и безопасности сырья судили по результатам анализа образцов на содержание тяжелых металлов и радиационную безопасность. Присутствие тяжелых металлов устанавливали в зольном остатке по методике ГФ XV из-

¹ Промышленность Пермского края. (Интернет) Министерство промышленности и торговли Пермского края. Доступно по: <https://minpromtorg.permkrai.ru/promyshlennost/promyshlennost-permskogo-kraja>. Ссылка активна на 15.09.2023.

² ФС.2.5.0101.18. «Тысячелистника обыкновенного трава (*Achilleae millefolii herba*)». Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Доступно по: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1325/> Ссылка активна на 01.09.2023.

дания³. Для определения тяжелых металлов и оценки элементного состава растений использовался прибор – рентгенофлуоресцентный анализатор (РФА) ARL QUANT'X EDXRF. Анализ проводили по методике, отработанной сотрудниками кафедры фармакогнозии ПГФА [12].

Оценку радиационного фона ЛРС проводили с использованием специального дозиметра RADEX. Радиационный фон измеряли в мкЗв/ч. Для проведения исследования устанавливали приборы в рабочее положение путем укладки приборов непосредственно на поверхность растительного сырья. После характерного звукового сигнала фиксировали данные в протокол анализа. Измерение проводили в трехкратной повторности, за конечный результат принимали среднее значение трех измерений.

Статистическую обработку результатов экспериментальных данных исследований проводили с помощью программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Пример спектра, полученного в ходе рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) образца ЛРС, представлен на рисунке 1.

В результате измерения спектра исходя из количества и энергии фотонов можно сделать выводы о структуре вещества. РФА позволяет определить элементный состав растений, в том числе содержание свинца, которое регламентируется Государственной Фармакопеей XV издания (таблица 1).

Результаты элементного анализа тысячелистника травы, собранной на территории 8 районов Пермского края, приведенные на рисунках 2 и 3, не превышают ПДК, описанных в СанПин № 2.3.2.1078-01 для пищевых продуктов и БАД на растительной основе [13]. Однако, содержание свинца в некоторых образцах тысячелистника травы, заготовленной на территории Октябрьского, Суксунского и Осинского районов превышает нормируемое Государственной Фармакопеей XV издания содержание 6 мкг/г⁴, что

³ ОФС.1.5.3.0009. «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Доступно по: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-1/opredelenie-soderzhaniya-tyazhelykh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstv/> Ссылка активна на 28.09.2023

⁴ ОФС.1.5.3.0009. «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XV. Доступно по: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-1/opredelenie-soderzhaniya-tyazhelykh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstv/> Ссылка активна на 28.09.2023.

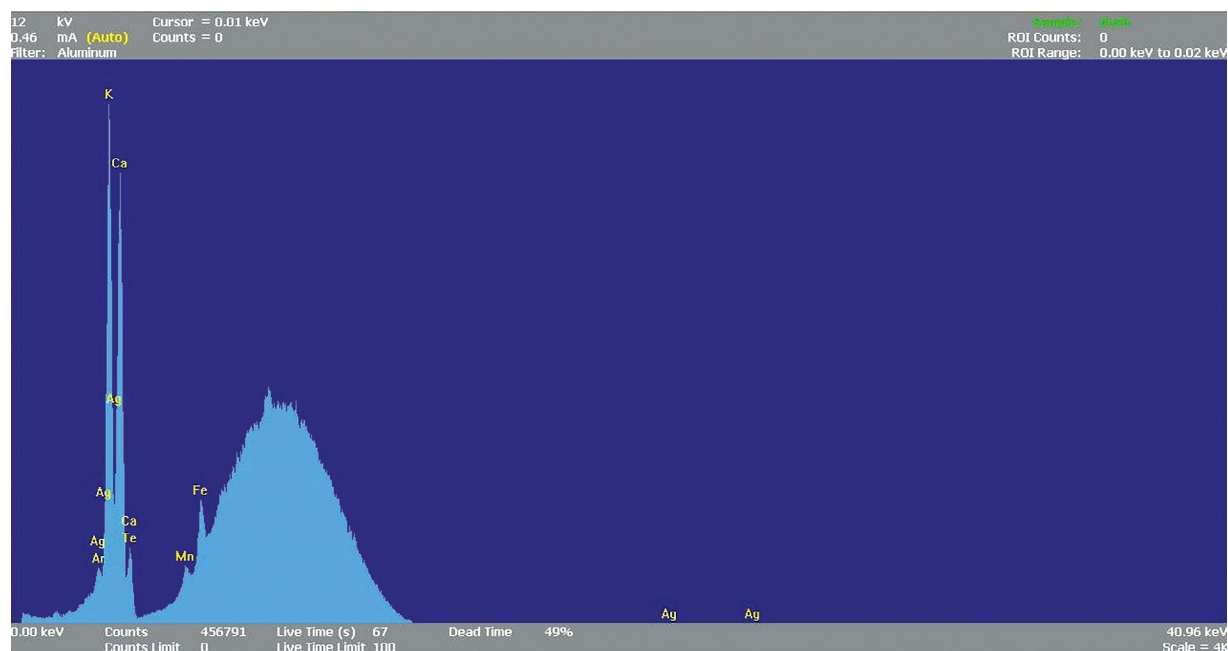


Рисунок 1. Пример спектра исследуемого образца тысячелистника травы методом рентгенофлуоресцентного анализа
Figure 1. Example of the spectrum of *Achillea herba* by using X-ray fluorescence analysis method

Таблица 1. Результаты измерения элементного состава тысячелистника обыкновенного травы (средние значения по району заготовки)

Table 1. Elemental composition of *Achillea millefolii herba* (average values for the harvesting area)

Район заготовки Harvesting district	Бардымский Bardymsky	Октябрьский Oktyabrsky	Уинский Uinsky	Кишертский Kishertsky
Концентрация элемента, мкг/г Element concentration, mcg/g				
Cu	16,89 ± 0,17	19,71 ± 0,20	24,07 ± 0,25	16,41 ± 0,18
Zn	49,90 ± 0,49	49,53 ± 0,50	70,96 ± 0,81	51,02 ± 0,77
Al	271,67 ± 2,72	425,17 ± 4,67	410,88 ± 4,93	309,06 ± 3,84
Si	77,18 ± 0,77	33,19 ± 0,37	408,95 ± 5,32	417,00 ± 5,19
Mn	74,71 ± 0,75	109,73 ± 1,10	83,24 ± 0,83	62,85 ± 0,53
Fe	195,00 ± 2,34	123,06 ± 1,23	381,40 ± 3,81	179,81 ± 1,80
Pb	0,09 ± 0,01	6,56 ± 0,07	0,00	0,00
Sn	1,1 ± 0,01	0,95 ± 0,01	0,00	0,30 ± 0,02
Район заготовки Harvesting district	Суксунский Suksunsky	Ординский Ordinsky	Чернушинский Chernushinsky	Осинский Osinsky
Концентрация элемента, мкг/г Element concentration, mcg/g				
Cu	30,67 ± 0,31	22,42 ± 0,22	18,52 ± 0,19	23,49 ± 0,93
Zn	77,89 ± 0,78	60,09 ± 1,20	48,94 ± 0,52	53,90 ± 0,64
Al	313,76 ± 3,12	312,38 ± 3,30	322,70 ± 9,68	356,97 ± 2,16
Si	778,91 ± 7,79	26,53 ± 0,27	125,37 ± 3,24	144,07 ± 2,81
Mn	195,55 ± 1,96	90,26 ± 0,97	119,68 ± 2,39	105,13 ± 2,13
Fe	584,38 ± 7,01	203,61 ± 2,34	379,76 ± 0,78	294,24 ± 6,17
Pb	8,94 ± 0,09	0,00	0,00	5,71 ± 0,12
Sn	0,00	0,00	0,00	1,67 ± 0,02

может быть связано с наибольшим антропогенным влиянием в районах заготовки. Свинец относится к тяжелым металлам и несет негативные последствия для жизни человека: угнетает митохондриальное дыхание, нарушает процессы белкового синтеза и вызывает в клетках окислительные стресс [14]. Несоот-

ветствующее требованиям нормативной документации сырье не может быть использовано в фармацевтических целях. Таким образом, при заготовке тысячелистника травы на территории данных районов актуально более детальное исследование образцов на содержание тяжелых металлов.

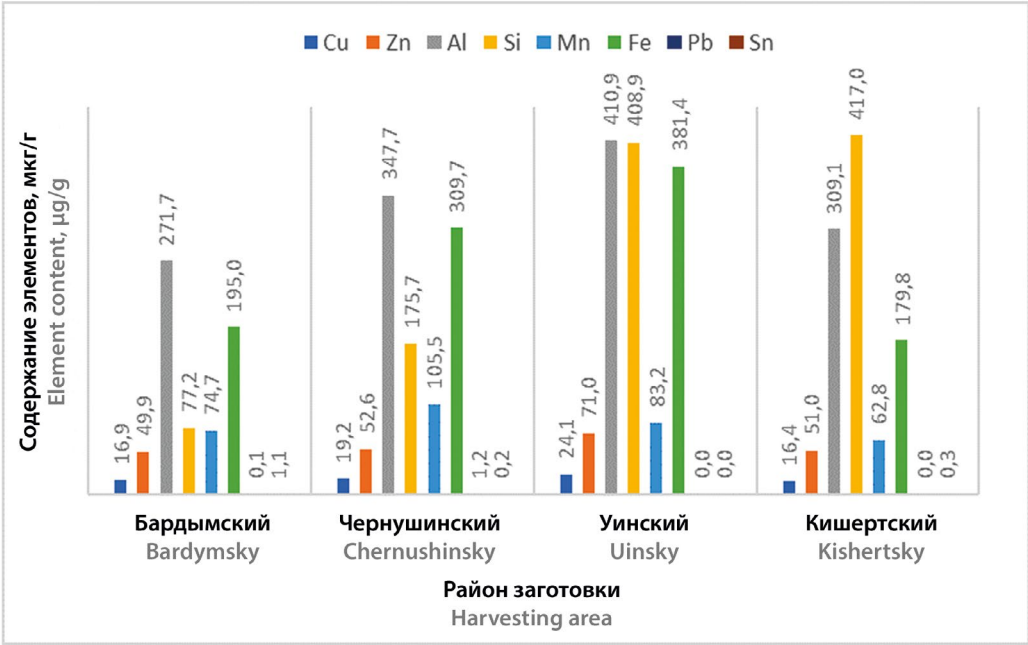


Рисунок 2. Элементный состав тысячелистника травы по районам
Figure 2. Elemental composition of *Achilleae herba* by districts

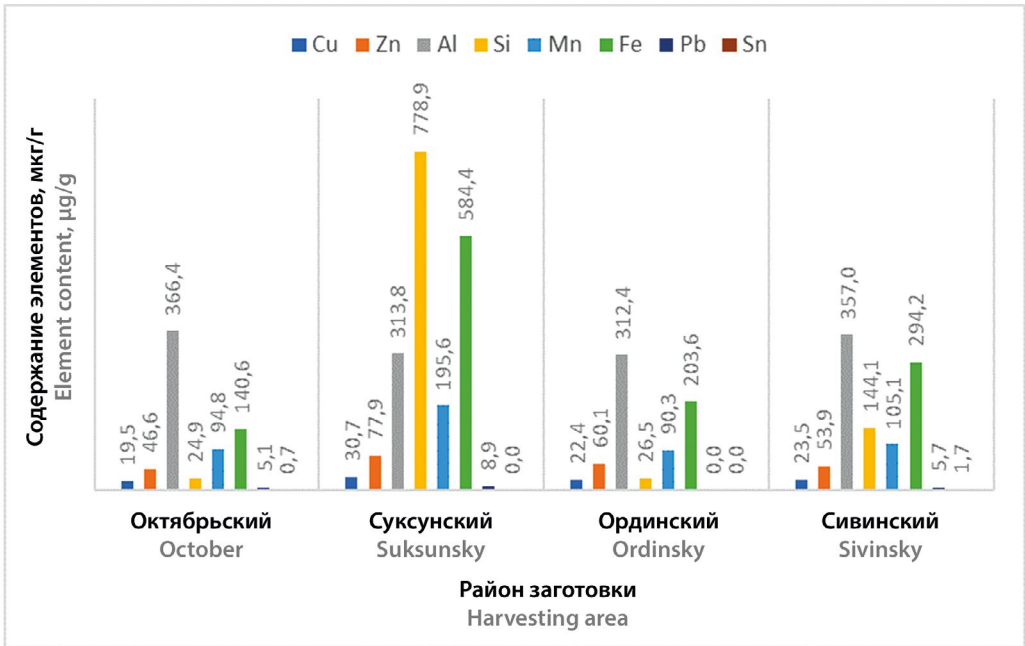


Рисунок 3. Элементный состав тысячелистника травы по районам
Figure 3. Elemental composition of *Achilleae herba* by districts

Следует отметить, что растения в перспективе могут использоваться в производстве фитопрепаратов, восполняющих дефициты определенных химических элементов в организме человека. Метод РФА позволяет качественно и количественно оценить металлы в составе растения. На рисунках 2–3 видно, что

элементы, такие как алюминий, железо и кремний в тысячелистнике накапливаются в большем количестве. Количество меди в сырье в среднем находится в интервале от 16,4 до 30,7 мкг/г. Проанализировав все исследуемые районы, можно сделать вывод, что содержание цинка в тысячелистника траве Перм-

ского края в среднем составляет 57,8 мкг/г. Уровень кремния, относительно других микроэлементов, достаточно высок, максимальное значение данного элемента отмечено в Суксунском районе (778,9 мкг/г). Значения олова незначительны.

Важно рассмотреть влияние проанализированных химических элементов на организм человека, так как они могут поступить при приеме пищи, лекарственного растительного сырья, фитопрепаратов. Так, например, магний влияет на передачу нервных импульсов в нервной и мышечной ткани, необходим для ритмичной работы сердца, активно участвует в обмене белков [15]. Медь входит в состав миелиновых оболочек нервов, участвует в антиоксидантной системе организма, влияет на углеводный обмен [16]. Цинк необходим в организме человека для нормального созревания эритроцитов и других форменных элементов крови, метаболизма ДНК и РНК, активации Т-клеточного иммунитета [17]. Алюминий принимает участие в регенерации костной и соединительной тканей, в зависимости от концентрации активизирует или угнетает пищеварительные ферменты [16]. Марганец участвует в активации многих ферментов, отмечена роль в нормальном функционировании мозга [18]. Железо участвует в процессах переноса кислорода в организме человека, входит в состав жизненно важных белков [19]. Олово входит в состав желудочного фермента гастриина, усиливать процессы роста [16].

Согласно материалам данных Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по состоянию на 2021 год среднегодовое значение дозы гамма-излучения по Пермскому краю составило 11 мкР/ч, по городу Пермь 12 мкР/ч. Максимальное значение по Пермскому краю составило 17 мкР/ч в г. Пермь¹. Среднее значение на территории Российской Федерации по данным на июль 2022 год составило 20 мкР/ч согласно данным справки о радиационной обстановке Росгидромета². Результаты анализа радиационного фона ЛРС представлены в таблице 2.

По результатам анализа образцов тысячелистника травы можно сделать вывод, что уровень радиационного фона в 8 районах заготовки не превышает порогового значения по Российской Федерации – 20 мкР/ч. Полученные данные показывают, что ле-

карственное растительное сырье, заготавливаемое на данной местности, является экологически чистым по содержанию радионуклидов.

Таблица 2. Результаты анализа радиационного фона

Table 2. Radiation analysis results

Район заготовки в Пермском крае Harvesting district in the Perm Region	RADEX, мкР/ч RADEX, mkr/h	Среднее значение по РФ 20 мкР/ч The average value in the Russian Federation is 20 mcR/h
Бардымский Bardymsky	11,5 ± 0,5	Не превышает Rate does not exceed
Октябрьский Oktyabrsky	10,5 ± 1,6	Не превышает Rate does not exceed
Уинский Uinsky	11,5 ± 0,1	Не превышает Rate does not exceed
Кишертский Kishertsky	11,5 ± 0,2	Не превышает Rate does not exceed
Суксунский Suksunsky	10,3 ± 1,0	Не превышает Rate does not exceed
Ординский Ordinsky	12,0 ± 0,5	Не превышает Rate does not exceed
Чернушинский Chernushinsky	11,5 ± 0,2	Не превышает Rate does not exceed
Осинский Osinsky	12,5 ± 0,5	Не превышает Rate does not exceed

Результаты исследования элементного состава заготовленных образцов свидетельствуют об экологической безопасности лекарственного растительного сырья, так как содержание химических элементов не превышает предельно допустимых концентраций согласно требованиям ГФ XV издания и СанПиН № 2.3.2.1078-01 для пищевых продуктов и БАД на растительной основе. Сравнительный анализ радиационного фона показал, что полученные данные ниже или незначительно превышают уровень среднего значения радиационного фона по Пермскому краю и не превышают порогового значения по РФ. Следовательно, данное растительное сырье можно считать экологически чистым и, соответственно, безопасным по показателям: «тяжелые металлы» и «радионуклиды». Разнообразный элементный состав растения открывает перспективы для более детального изучения тысячелистника травы и поиска возможностей создания и производства лекарственных препаратов и растительных БАД на его основе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что рентгенофлуоресцентный анализ является подходящим и надежным аналитическим методом определения элементов в растительном сырье. РФА является многоэлементным экспрессным методом, позволяющим анализировать образец

¹ Государственный ежегодный доклад «Состояние и охрана окружающей среды Пермского края» за 2021 год. Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Доступно по: <https://priroda.permkrai.ru/dokumenty/264140/> Ссылка активна на 01.09.2023.

² Бюллетень о радиационной обстановке на территории России в июле 2022 г. Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации. Доступно по: http://egasmro.ru/files/documents/ro_bulletins/byulleten_ror_07_2022.pdf Ссылка активна на 01.09.2023.

с минимальной пробоподготовкой. Достоинствами метода являются хорошая воспроизводимость результатов, высокая чувствительность определений, эффективность.

По результатам исследования можно сделать вывод, что заготовка тысячелистника обыкновенного травы возможна на территории всех изученных районов Пермского края. Однако наиболее рекомендуемыми районами заготовки являются Бардымский, Уинский, Кишертский, Ординский, Чернушинский, поскольку заготовленная на данной местности тысячелистника трава является экологически чистой и безопасной для использования в качестве лекарственного сырья, имеет разнообразный элементный состав. Содержание тяжелых металлов не превышает предельно допустимых концентраций согласно требованиям ГФ XV, а также СанПиН № 2.3.2.1078-01. Уровень радиационного фона не превышает пороговое значение по РФ.

В связи с этим, планируется продолжить изучение экологической ситуации в районах Пермского края и проводить регулярный мониторинг ЛРС по исследуемым показателям, а также продолжить исследование элементного состава лекарственного растительного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Salehi B., Selamoglu Z., Sevindik M., Fahmy N. M. et al. *Achillea* spp.: A comprehensive review on its ethnobotany, phytochemistry, phytopharmacology and industrial applications. *Cellular and Molecular Biology*. 2020;66(4):78–103. DOI: 10.14715/cmb/2020.66.4.13
2. Strzpek-Gomółka M., Gawel-Beben K., Kukula-Koch W. *Achillea* Species as Sources of Active Phytochemicals for Dermatological and Cosmetic Applications. *Oxid Med Cell Longev*. 2021;6643827. DOI: 10.1155/2021/6643827.
3. Каликина И. Ю., Турышев А. Ю. Исследование показателей качества сырья дикорастущих лекарственных растений Пермского края. Пермь: Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием. *Вестник Пермской государственной фармацевтической академии*; 2021;1:102–105.
4. Васькова А. И., Куркин В. А. Разработка подходов к стандартизации травы тысячелистника обыкновенного. *Фармация*. 2022;71(4):12–18.
5. Ефремов А. А., Зыкова И. Д. Антирадикальная активность экстрактивных веществ тысячелистника обыкновенного сибирского региона. *Химия растительного сырья*. 2021;2:129–135.
6. Елисеева Т., Ткачева Н. Тысячелистник (лат. *Achillaea*). *Журнал здорового питания и диетологии*. 2018;2(4):11–22. DOI: 10.59316/vi4.17
7. Кахраманова С. Д., Боков Д. О., Гравель И. В., Самылина И. А. Элементный состав грудного сбора №1 и его компонентов. *Фармация*. 2022;71(8):21–27.
8. Марухленко А. В., Максимова Т. В., Плетенева Т. В., Морозова М. А. Разработка и валидация методики количественного определения цинка в его хелатных комплексах с использованием энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2021;10(4):154–161.

9. Макарова М. П., Сыроешкин А. В., Максимова Т. В., Матвеева И. С., Плетенева Т. В. Особенности экспресс-определения микроэлементов в лекарственных и неофициальных растениях. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2019;8(2):93–97.
10. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Контроль радиационной безопасности и качества лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2019;8(1):73–77.
11. Шретер А. И. Правила сбора и сушки лекарственных растений (сборник инструкций). М.: Медицина; 1985. 328 с.
12. Власов А. С., Белоногова В. Д., Курицын А. В. Оценка экологической безопасности лекарственного растительного сырья некоторых районов пермского края. *Современные проблемы науки и образования*. 2014;5:770.
13. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.11.2001 № 36 (ред. от 06.07.2011) «О введении в действие Санитарных правил». (Зарегистрировано в Минюсте РФ 22.03.2002 № 3326.)
14. Титов А. Ф., Казнина Н. М., Карапетян Т. А., Доршакова Н. В. Влияние свинца на живые организмы. *Журнал общей биологии*. 2020;81(2):147–160.
15. Гурциева Д. А., Неёлова О. В. Биологическая роль магния и его соединения в медицине. *Успехи современного естествознания*. 2014;8:165–166.
16. Власов А. С. Изучение ресурсов, оценка качества сырья, фито-экологическое картографирование дикорастущих лекарственных растений Пермского края. Дис. ... канд. фарм. наук. Пермь. 2014.
17. Трисветова Е. Л. Роль цинка в жизнедеятельности человека. *Фундаментальная медицина*. 2021;9:37–42.
18. Тменова А. О., Кубалова Л. М. Биологическая роль марганца и его соединений. *Современные наукоемкие технологии*. 2014;7(2):92–92
19. Колиева Д. О., Неелова О. В. Биологическая роль железа и его обнаружение в фармацевтических препаратах. *Успехи современного естествознания*. 2011;11:100–100.

REFERENCES

1. Salehi B., Selamoglu Z., Sevindik M., Fahmy N. M. et al. *Achillea* spp.: A comprehensive review on its ethnobotany, phytochemistry, phytopharmacology and industrial applications. *Cellular and Molecular Biology*. 2020;66(4):78–103. DOI: 10.14715/cmb/2020.66.4.13
2. Strzpek-Gomółka M., Gawel-Beben K., Kukula-Koch W. *Achillea* Species as Sources of Active Phytochemicals for Dermatological and Cosmetic Applications. *Oxid Med Cell Longev*. 2021;6643827. DOI: 10.1155/2021/6643827.
3. Kalikina I. Yu., Turyshev A. Yu. Research of quality indicators of raw materials of wild medicinal plants of the Perm Region. Perm: Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezh-dunarodnym uchastiem. *Vestnik Permskoy gosudarstvennoy farmatsevticheskoy akademii*. 2021;1:102–105. (In Russ.)
4. Vas'kova A. I., Kurkin V. A. Development of approaches to standardization of the herb common yarrow. *Pharmacy*. 2022;71(4):12–18. (In Russ.)
5. Efremov A. A., Zykova I. D. Antiradical activity of extractive substances of yarrow from the Siberian region. *Chemistry of plant materials*. 2021;2:129–135. (In Russ.)
6. Eliseeva T., Tkacheva N. Yarrow (*Achillaea*). *Zhurnal zdorovogo pitaniya i dietologii*. 2018;2(4):11–22. DOI: 10.59316/vi4.17. (In Russ.)
7. Kakhramanova S. D., Bokov D. O., Gravel' I. V., Samylina I. A. Elemental composition of breast collection No. 1 and its components. *Pharmacy*. 2022;71(8):21–27. (In Russ.)

8. Marukhlenko A. V., Maksimova T. V., Pleteneva T. V., Morozova M. A. Development and validation of a method for the quantitative determination of zinc in its chelate complexes using energy-dispersive X-ray fluorescence spectroscopy. *Drug development & registration*. 2021;10(4):154–161. (In Russ.)
9. Makarova M. P., Syroeshkin A. V., Maksimova T. V., Matveeva I. S., Features of express determination of microelements in medicinal and informal plants. *Drug development & registration*. 2019;8(2):93–97. (In Russ.)
10. D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Control of radiation safety and quality of medicinal plant raw materials in the Voronezh region using the example of burdock roots. *Drug development & registration*. 2019;8(1):73–77. (In Russ.)
11. Shreter A. I. Rules for harvesting and drying medicinal plants (collection of instructions). Moscow: Meditsina, 1985. 328 p. (In Russ.)
12. Vlasov A. S., Belonogova V. D., Kuritsyn A. V. Assessment of the ecological safety of medicinal plant raw materials in some areas of the Perm Region. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014;5:770. (In Russ.)
13. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated November 14, 2001 No. 36 (as amended on July 6, 2011) "On the implementation of the Sanitary Rules". (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on March 22, 2002 No. 3326.) (In Russ.)
14. Titov A. F., Kaznina N. M., Karapetyan T. A., Dorshakova N. V. The effect of lead on living organisms. *Zhurnal obshchey biologii*. 2020.81(2):147–160. (In Russ.)
15. Gurcieva D. A., Nejolova O. V. The biological role of magnesium and its compounds in medicine. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2014.8:165–166 (In Russ.).
16. Study of resources, assessment of the quality of raw materials, phytoecological mapping of wild medicinal plants of the Perm region. [Dissertation.] Permian. 2014. (In Russ.)
17. Trisvetova E. L. The role of zinc in human life. *Fundamental'naja medicina*. 2021;9:37–42. (In Russ.).
18. Tmenova A. O., Kubalova L. M. The biological role of manganese and its compounds. *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2014;7(2):92–92. (In Russ.)
19. Kolieva D. O., Neelova O. V. The biological role of iron and its detection in pharmaceutical preparations. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2011;11:100–100. (In Russ.)