

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ/FOOD SYSTEMS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23>КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЯГОДНОГО СЫРЬЯ *EMPETRUM NIGRUM L.*, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Научная статья

Кох Ж.А.^{1,*}¹ORCID : 0000-0003-4016-7596;¹Сибирский государственный университет науки и технологий имени М.Ф. Решетнева, Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (jannetta-83[at]mail.ru)

Аннотация

В Восточной Сибири произрастает большое количество дикорастущих растений, но наиболее значимой является шикша (*Empetrum nigrum L.*). Известно, что в связи с географическими особенностями изменяется химический состав ягоды, чем выше коэффициент экстремальности, тем большее количество биологически активных веществ содержит растительное сырье. Химический состав *Empetrum nigrum L.*, произрастающей в Восточной Сибири, недостаточно изучен. По литературным источникам в ягодах шикши содержатся такие вещества как сахара, пектиновые и дубильные вещества, дубильные вещества, органические кислоты, флавоноиды, эфирные масла, смолы, кумарины, антоцианы, каротиноиды, витамины, минеральные вещества.

Для разработки комплексной технологии и оборудования переработки ягод шикши были выполнены исследования по химическому составу ягод *Empetrum nigrum L.* произрастающих на территории Восточной Сибири, установлено, что ягоды содержат комплекс биологически активных веществ, таких как аскорбиновая кислота (27,12 мг %/100 г), филлохинон (15,98 мг %/100 г), флавоноиды (491 мг %/100 г), дубильные вещества (3,45 %/100 г), сапонины (2,47%/100 г) и эфирное масло (2,14%/100 г). Разработаны оптимальные технологические схемы комплексной переработки ягод шикши в зависимости от их размера и массы.

Ключевые слова: *Empetrum nigrum L.*, биохимический состав, биологически активные вещества, комплексная переработка, сортировка, фракции.

INTEGRATED PROCESSING OF *EMPETRUM NIGRUM L.* BROWNING RAW MATERIALS GROWING IN THE REPUBLIC OF TYVA

Research article

Kokh Z.A.^{1,*}¹ORCID : 0000-0003-4016-7596;¹Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (jannetta-83[at]mail.ru)

Abstract

A large number of wild plants grow in the Republic of Tuva, but the most significant is shiksha (*Empetrum nigrum L.*). It is known that, due to geographical features, the chemical composition of the berry changes, the higher the extremity coefficient, the greater the amount of biologically active substances that contains plant materials. The chemical composition of *Empetrum nigrum L.*, which grows in Tuva, is not well understood. According to the literature, shiksha berries contain such substances as sugars, pectin and tannins, tannins, organic acids, flavonoids, essential oils, resins, coumarins, anthocyanins, carotenoids, vitamins, minerals.

To develop a comprehensive technology and equipment for processing shiksha berries, studies were carried out on the chemical composition of the berries *Empetrum nigrum L.* growing in the Republic of Tyva, it was found that berries contain a complex of biologically active substances, such as ascorbic acid (27.12 mg% / 100 g), phylloquinone (15.98 mg% / 100 g), flavonoids (491 mg% / 100 g), tannins (3.45% / 100 g), saponins (2.47% / 100 g) and essential oil (2.14% / 100 g). The optimal technological schemes for the integrated processing of shiksha berries have been developed, depending on their size and weight.

Keywords: *Empetrum nigrum L.*, biochemical composition, biologically active substances, complex processing, sorting, fractions.

Введение

Восточная Сибирь является уникальной территорией в географическом и флористическом плане. Большое влияние на климат и в целом природные условия Восточной Сибири оказывает абсолютная высота местности. Горы занимают 82% территории республики. Резко континентальный климат проявляется в больших годовых и суточных амплитудах температуры воздуха. Средняя температура воздуха зимой 30–35 °С, летом 20–25 °С. Зима продолжительная, очень холодная, малоснежная. Лето — теплое, в котловинах жаркое. Известно, что в связи с географическими особенностями изменяется химический состав ягоды, чем выше коэффициент экстремальности, тем большее количество биологически активных веществ содержит растительное сырье. В Восточной Сибири произрастает большое количество дикорастущих растений, но наиболее значимой является шикша (*Empetrum nigrum L.*) [1], [2].

Шикша — лекарственное растение, представляющее собой кустарник семейства вересковые, высотой около 0,3 м. Это вечнозеленое растение, его ветки напоминают ветви ели. Листья шикши похожи на хвойные иголки, они густо покрывают стебли, их цвет темно-зеленый, на ощупь они жесткие, края завернуты внутрь. Ветви кустарника стелются по земле и могут достигать до 100 см в длину [1], [3].

Цветет шикша мелкими яркими цветами, с тремя лепестками розового или красного цвета. Период цветения может приходиться на апрель–июнь, в зависимости от климата. Ягоды шикши появляются в августе и могут сохраняться на кусте всю зиму. Они густо покрывают куст, они похожи на чернику, круглые, до 5 мм в диаметре, их цвет — черный с сизоватым оттенком. Внутри ягоды, под плотной оболочкой находятся до 9 косточек. Ягоды съедобны, они отличаются кислым привкусом и сочностью. За высокое содержание влаги в ягодах шикшу в народе называют водяникой. Также известна шикша как голубец или вороника (благодаря сине-черному оттенку ягод), багрянка (за красные цветы), медвежья ягода (ее любят медведи), психа (за успокаивающие свойства). Травники называют ее кудесницей и дорогой травой. Англичане, немцы, французы зовут шикшу «вороньей ягодой» [2].

Шикша довольно широко распространена по миру, она растет и в Северном, и в Южном полушариях. Шикша встречается в скандинавских странах, в Великобритании, северо- и западноевропейских странах. Она растет в Чили, в Канаде, в Соединенных Штатах, и на востоке — в Китае, Монголии, на островах Японии. Предпочтение шикша отдает прохладным регионам, горным местностям, тундрам и даже полярно-арктическим зонам. Хорошо себя чувствует шикша на болотах, в хвойных лесах, на влажной почве, в зарослях мха, часто соседствует с грибами. Заросли шикши, называемые шикшевниками, можно найти и на песчаных почвах, и на каменистых горных склонах. В России ее можно встретить в горах Алтая, в Саянах, на территории Восточной Сибири, в дальневосточных областях, на Камчатке и Курилах [3], [4], [5], [6].

Химический состав *Empetrum nigrum* L., произрастающей на территории Красноярского края, не достаточно изучен. По литературным источникам в ягодах шикши содержатся биологически активные вещества различной природы. Ягоды *Empetrum nigrum* L. очень сочные и имеют высокий уровень антоциановых пигментов в кожице. Из-за натурального пурпурного красителя плоды *Empetrum nigrum* L. могут применяться для производства натуральных пищевых красителей обладающих антиоксидантной активностью. Наличием комплекса органических кислот объясняется хорошая способность ягод *Empetrum nigrum* L. к хранению [3], [4]. Для разработки комплексной технологии и оборудования переработки ягод шикши в Восточной Сибири, были выполнены исследования по химическому составу ягод *Empetrum nigrum* L. и определению геометрических размеров ягод, оказывающих большое влияние на параметры разрабатываемого оборудования. Исследования геометрических параметров *Empetrum nigrum* L. производились на опытных участках Красноярского края. Сбор ягоды *Empetrum nigrum* L. производился вручную, без отсортировки. На кафедре «Технология, оборудование бродильных и пищевых производств» исследован биохимический состав ягод шикши (*Empetrum nigrum* L.) и проведен анализ геометрических параметров и распределение ягод шикши по ранее заданным технологическим фракциям.

Экспериментальная часть

Образцы ягод были собраны на опытных участках Красноярского края в сентябре 2024 г. Общее содержание белка в ягодах определяли по методу Бузуна [7]. Определение витаминов — по методикам Девяткина [8]; суммарного количества углеводов — по методике Вознесенского [9], [13]; лигниновых веществ — модифицированным методом Комарова с 72%-ной серной кислотой [9], [13]. Количество зольных веществ определяли спектрофотометрическим методом [8], [9]; содержание эфирного масла — путем его перегонки с водяным паром с последующим измерением объема [10]; содержание и состав липидов — по методикам Кейтс [9], [11]. Определение содержания антоцианов и сапонинов осуществлялось спектрофотометрическим методом [9], содержание органических кислот и суммы фенольных соединений определяли путем потенциометрического титрования [9], [12]; содержание пектиновых веществ производили кальций пектатным методом [9]. Ягоды шикши исследовали по биохимическому составу в свежем виде. Для определения геометрических параметров ягод было отобрано 1000 шт. и определен их размер.

Обсуждение результатов

Ягоды шикши отличаются богатым витаминным составом и содержат большое количество природных биологически активных веществ. Биохимический состав ягод шикши представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Биохимический состав ягод шикши

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23.1>

Показатель	Содержание г/100 г сырой массы
Легкогидролизуемые полисахариды, в том числе:	9,45±0,06
редуцирующие сахара	6,17±0,03
Трудногидролизуемые полисахариды	2,14±0,03
Лигнин	0,65±0,04
Эфирное масло	2,14±0,03
Дубильные вещества, из них:	3,45±0,06
танины	2,12±0,05
Зола	0,46±0,02

Показатель	Содержание г/100 г сырой массы
Органические кислоты (в пересчете на яблочную)	3,14±0,01
Антоцианы	1,48±0,06
Белок	0,47±0,03
Витамины, мг:	
Аскорбиновая кислота (витамин С)	27,12±0,04
Витамин К (филлохинон)	15,98±0,05
Никотиновая кислота (витамин РР)	2,64±0,03
Пантотеновая кислота (витамин В ₅)	1,24±0,05
Тиамин (витамин В ₁)	0,85±0,02
Рибофлавин (витамин В ₂)	0,52±0,04
Пиридоксин (витамин В ₆)	0,48±0,03
Каротиноиды (в пересчете на β-каротин)	0,04±0,04
Липиды	0,27±0,01
Флавоноиды, мг	491±0,08
Сапонины	2,47±0,05
Алкалоиды	0,41±0,07
Пектиновые вещества	0,84±0,06

Установлено что ягоды шикши накапливают алкалоиды (0,41%), что подтверждает использование их при лечении заболеваний центральной нервной системы. Особенно высокое содержание в ягодах шикши аскорбиновой кислоты (27,12 мг %), филлохинона (15,98 мг %), флавоноидов (491 мг %), дубильных веществ (3,45%), сапонинов (2,47%) и эфирного масла (2,14%). Также немаловажным является содержание в ягодах шикши редуцирующих сахаров в количестве 6,17% / 100 г, что является перспективным направлением для разработки рецептур напитков и использования в пищевой промышленности.

В зависимости от размера, ягоды шикши были разделены на фракции (мелкая, средняя, крупная) в процентном соотношении (рисунок 1).

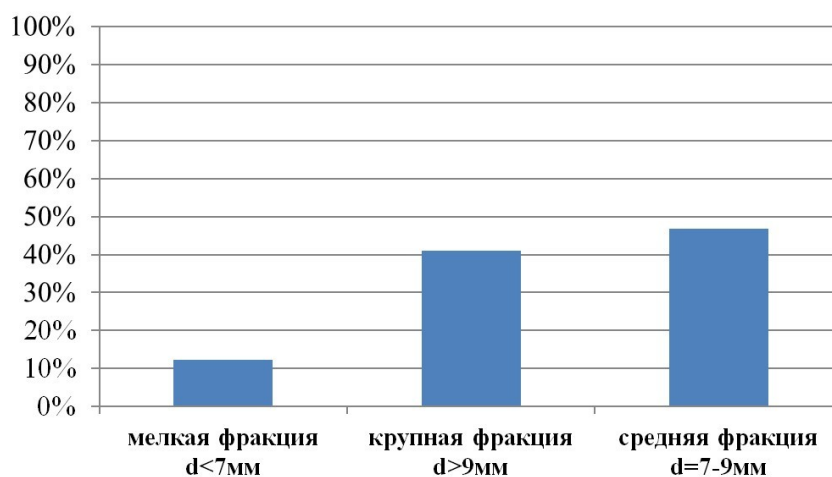


Рисунок 1 - Процентное соотношение диаметров мелкой, средней и крупной фракции ягод шикши

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23.2>

На рисунке 1 представлена сортировка ягод шикши по фракциям:

- мелкая фракция включает в себя ягоды d<7 мм;
- средняя фракция — ягоды d=7–9 мм;
- крупная фракция d>9 мм.

Был проведен анализ массы ягод шикши в зависимости от размерности (определена масса каждой фракции):

$$M_{\text{общая}} = M_M + M_{\text{ср}} + M_{\text{кр}},$$

где:

M_M — масса ягод шикши мелкой фракции ($M_M=111,2$ г);

$M_{\text{ср}}$ — масса ягод шикши средней фракции ($M_{\text{ср}}=370,6$ г);

$M_{\text{кр}}$ — масса ягод шикши крупной фракции ($M_{\text{кр}} = 424,2$ г).

$$M_{\text{общая}} = 111,2 + 370,6 + 424,2 = 906 \text{ г}$$

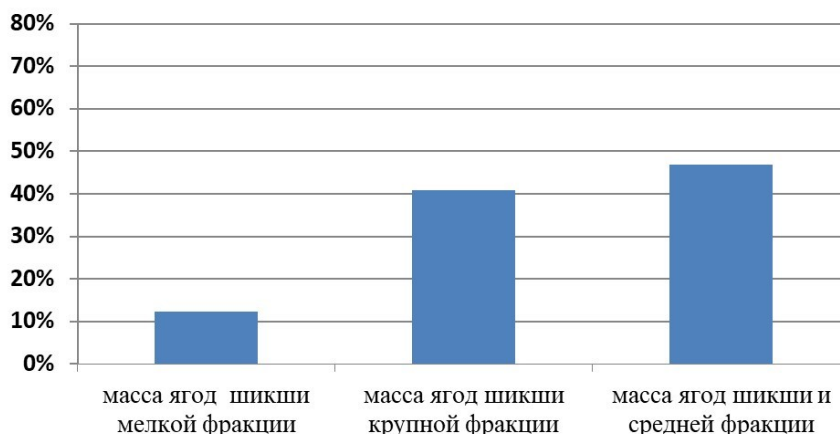


Рисунок 2 - Процентное соотношение массы мелкой, средней и крупной фракции ягод шикши
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23.3>

На основе проведенных исследований были разработаны оптимальные технологические схемы комплексной переработки ягод шикши в зависимости от их размера и массы (рисунок 3, 4, 5). Для ягод крупной фракции разработана схема, включающая реализацию замороженной ягоды шикши. Ягоды мелкой фракции подвергаются сушке и дроблению, реализуется порошок из ягод шикши. Для ягод средней фракции разработана схема, включающая получение трех видов продукции.

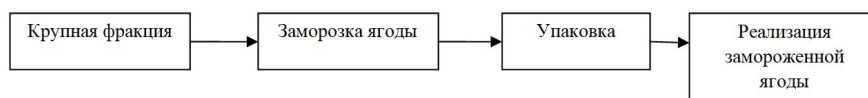


Рисунок 3 - Технологическая схема комплексной переработки ягод шикши крупной фракции ($d > 9$ мм)
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23.4>

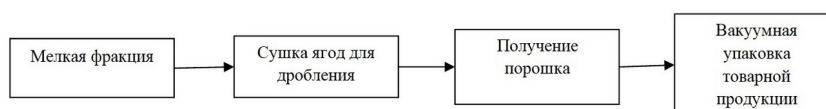


Рисунок 4 - Технологическая схема комплексной переработки ягод шикши мелкой фракции ($d < 7$ мм)
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23.5>

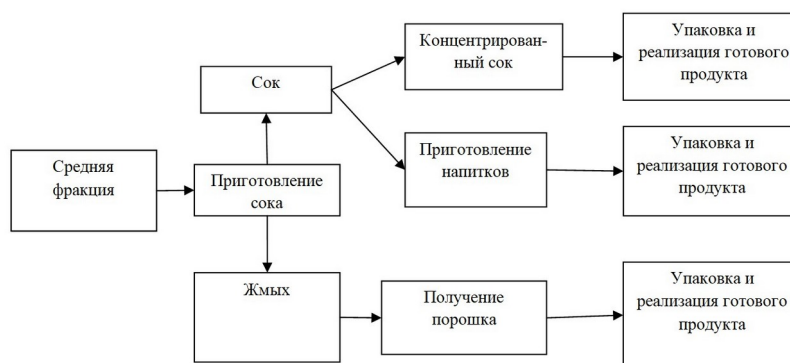


Рисунок 5 - Технологическая схема комплексной переработки ягод шикши средней фракции (d=7-9 мм)
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23.6>

Ягоды шикши (*Empetrum nigrum* L.) как растительное сырье содержит комплекс важных биологически активных веществ, что может быть широко востребовано для производства продуктов питания, фармацевтической и парфюмерной продукции, а также в натуральном виде. Но свежую ягоду тяжело транспортировать в другие регионы России и за рубеж. Данные схемы (рисунок 3,4,5) предполагают получение 5 возможных видов продукции в зависимости от размерности ягоды по месту произрастания ягоды в мобильных модульных цехах, а также позволяет упростить процесс транспортировки в другие регионы страны.

Заключение

По результатам изученного химического состава, установлено, что ягоды шикши (*Empetrum nigrum* L.) произрастающих на территории Восточной Сибири содержат комплекс биологически активных веществ, таких как аскорбиновая кислота (27,12 мг %/100 г), филлохинон (15,98 мг %/100 г), флавоноиды (491 мг %/100 г), дубильные вещества (3,45 %/100 г), сапонины (2,47 %/100 г) и эфирное масло (2,14 %/100 г).

В зависимости от размера и массы ягодного сырья шикши разработаны оптимальные технологические схемы комплексной переработки ягод. Для ягод крупной фракции разработана схема, включающая реализацию замороженной ягоды шикши. Ягоды мелкой фракции подвергаются сушке и дроблению, реализуется порошок из ягод шикши. Для ягод средней фракции разработана схема, включающая получение трех видов продукции.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Шкиндеров М.С., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23.7>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Shkinderov M.S., Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.23.7>

Список литературы / References

- Бахтин Н.П. Особенности климата и агроклиматические ресурсы Тувинской АССР / Н.П. Бахтин // Сборник работ Красноярской гидрометеорологической обсерватории / под ред. Н.П. Бахтина. — Красноярск, 1968. — № 1. — С. 26–68.
- Екимов И.В. Витаминность дикорастущих ягодных растений Тувинской АССР / И.В. Екимов, Н.С. Симаков // Труды III Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. — Свердловск, 1968. — С. 232–234.
- Ogawa K. Anthocyanin composition and antioxidant activity of the crowberry (*Empetrum nigrum*) and other berries / K. Ogawa, H. Sakakibara, R. Iwata [et al.] // J. Agric. Food Chem. — 2008. — Vol. 56, № 12. — P. 4457–4462.
- Routray W. Blueberries and their anthocyanins: factors affecting bio-synthesis and properties / W. Routray, V. Orsat // Compr. Rev. Food Sci. F. — 2011. — Vol. 10. — P. 303–320.
- Fin C. *Empetrum nigrum* crowberry / C. Fin // The Encyclopedia of Fruits & Nuts / ed. by J. Janick, R.E. Paul. — Wallingford : CABI, 2008. — P. 348.
- Jeong S.M. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels / S.M. Jeong, S.Y. Kim, D.R. Kim [et al.] // J. Agric. Food Chem. — 2004. — Vol. 52, № 11. — P. 3389–3393.
- Бузун Г.А. Определение белка в растениях с помощью амидо-черного / Г.А. Бузун, К.М. Джемухадзе, Л.Ф. Милешко // Физиология растений. — 1982. — Т. 29, № 1. — С. 198–203.
- Ермаков А.Е. Методы биохимического исследования растений / А.Е. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош; под ред. А.Е. Ермакова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Л. : Агропромиздат, 1988. — 430 с.
- Ушанова В.М. Основы научных исследований : учеб. пособие / В.М. Ушанова, О.И. Лебедева, А.Н. Девятловская. — Красноярск, 2004. — Ч. 3. — 359 с.

10. ГОСТ 24027.2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирных масел. — Москва : Изд-во стандартов, 1980. — С. 284–294.
11. Кейтс М. Техника липидологии / М. Кейтс. — Москва : Мир, 1975. — 322 с.
12. Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы : учеб. пособие для вузов / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. — Москва : Экология, 1991. — 320 с.
13. Фролова Н.С. Количественный анализ содержания фенольных гидроксильных групп методом ИК-Фурье спектроскопии / Н.С. Фролова, Е.А. Курчанова, П.В. Колосов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2012. — Т. 17, № 3.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bakhtin N.P. Osobennosti klimata i agroklimaticheskie resursy Tuvinskoj ASSR [Climate features and agroclimatic resources of the Tuva ASSR] / N.P. Bakhtin // Sbornik rabot Krasnoyarskoj gidrometeorologicheskoy observatorii [Collection of works of the Krasnoyarsk Hydrometeorological Observatory] / ed. by N.P. Bakhtin. — Krasnoyarsk, 1968. — № 1. — P. 26–68. [in Russian]
2. Ekimov I.V. Vitaminnost' dikorastushchikh yagodnykh rasteniy Tuvinskoj ASSR [Vitamin content of wild berry plants of the Tuva ASSR] / I.V. Ekimov, N.S. Simakov // Trudy III Vsesoyuznogo seminar po biologicheski aktivnym (lechebnym) veshchestvam plodov i yagod [Proceedings of the 3rd All-Union Seminar on Biologically Active (Medicinal) Substances of Fruits and Berries]. — Sverdlovsk, 1968. — P. 232–234. [in Russian]
3. Ogawa K. Anthocyanin composition and antioxidant activity of the crowberry (*Empetrum nigrum*) and other berries / K. Ogawa, H. Sakakibara, R. Iwata [et al.] // J. Agric. Food Chem. — 2008. — Vol. 56, № 12. — P. 4457–4462.
4. Routray W. Blueberries and their anthocyanins: factors affecting bio-synthesis and properties / W. Routray, V. Orsat // Compr. Rev. Food Sci. F. — 2011. — Vol. 10. — P. 303–320.
5. Fin C. *Empetrum nigrum* crowberry / C. Fin // The Encyclopedia of Fruits & Nuts / ed. by J. Janick, R.E. Paul. — Wallingford : CABI, 2008. — P. 348.
6. Jeong S.M. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels / S.M. Jeong, S.Y. Kim, D.R. Kim [et al.] // J. Agric. Food Chem. — 2004. — Vol. 52, № 11. — P. 3389–3393.
7. Buzun G.A. Opredelenie belka v rasteniyakh s pomoshch'yu amido-chernogo [Protein determination in plants using amido black] / G.A. Buzun, K.M. Dzhemukhadze, L.F. Milesenko // Fiziologiya rasteniy [Plant Physiology]. — 1982. — Vol. 29, № 1. — P. 198–203. [in Russian]
8. Ermakov A.E. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy [Methods of biochemical research of plants] / A.E. Ermakov, V.V. Arasimovich, N.P. Yarosh; ed. by A.E. Ermakov. — 3rd ed., rev. and enl. — Leningrad : Agropromizdat, 1988. — 430 p. [in Russian]
9. Ushanova V.M. Osnovy nauchnykh issledovaniy [Fundamentals of scientific research] : textbook / V.M. Ushanova, O.I. Lebedeva, A.N. Devyatlovskaya. — Krasnoyarsk, 2004. — Pt. 3. — 359 p. [in Russian]
10. GOST 24027.2-80. Syr'e lekarstvennoe rastitel'noe. Metody opredeleniya vlagi, sodержaniya zoly, ekstraktivnykh i dubil'nykh veshchestv, efirnykh masel [State Standard 24027.2-80. Medicinal plant raw materials. Methods for determination of moisture, ash, extractive and tannin substances, essential oils]. — Moscow : Izd-vo standartov, 1980. — P. 284–294. [in Russian]
11. Keats M. Tekhnika lipidologii [Techniques of lipidology] / M. Keats. — Moscow : Mir, 1975. — 322 p. [in Russian]
12. Obolenskaya A.V. Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy [Laboratory works on wood and cellulose chemistry] : textbook for universities / A.V. Obolenskaya, Z.P. El'nitskaya, A.A. Leonovich. — Moscow : Ekologiya, 1991. — 320 p. [in Russian]
13. Frolova N.S. Kolichestvennyy analiz sodержaniya fenol'nykh gidroksil'nykh grupp metodom IK-Fur'e spektroskopii [Quantitative analysis of phenolic hydroxyl groups content by IR-Fourier spectroscopy] / N.S. Frolova, E.A. Kurchanova, P.V. Kolosov [et al.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti [News of Higher Educational Institutions. Technology of Light Industry]. — 2012. — Vol. 17, № 3. [in Russian]