

**ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, ФАРМАКОГНОЗИЯ / PHARMACEUTICAL CHEMISTRY,  
PHARMACOGNOSY**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.79>

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ СЛИЗЕОБРАЗУЮЩЕЙ  
СПОСОБНОСТИ СЫРЬЯ *LINUM USITATISSIMUM L.***

Научная статья

**Курдюков Е.Е.<sup>1,\*</sup>, Семенова Е.Ф.<sup>2</sup>, Батусова В.А.<sup>3</sup>, Булавина Е.А.<sup>4</sup>, Неклюдова В.А.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-9512-6770;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-7987-6886;

<sup>1,3,4,5</sup> Пензенский государственный университет, Пенза, Российская Федерация

<sup>2</sup> Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (e.e.kurdyukov[at]mail.ru)

**Аннотация**

Благотворное действие семян льна обусловлено наличием большого количества обволакивающих веществ. Это свойство связано с содержанием слизи до 10% и гликозида линамарина. Полисахариды льняного семени обладают также противовоспалительным действием. Кроме того, слизеобразование может являться хемосистематическим признаком внутривидовых таксонов. Сведения, касающиеся межсортовой изменчивости данного показателя, в литературе ограничены. Поэтому представляет интерес сравнительная оценка слизеобразующей способности семян сортов льна различных морфотипов. Проведенные нами исследования микроморфологических особенностей семенной оболочки и динамики ослизнения позволили сделать вывод о локализации слизевых клеток преимущественно в наружном слое семенной кожуры. Показано, что максимальной степенью слизеобразования обладают сорта Бахмальский, Небесный, Кустанайский янтарь. Полученные данные свидетельствуют о наличии морфотипо- и сортоспецифичности слизеобразования и возможности его использования в качестве маркерного признака новых форм *L. usitatissimum*. Предложенная методика, основанная на определении физико-химических показателей семян может использоваться для экспресс-анализа растительных образцов и их дифференцирования по направлениям использования: в качестве жирномасличного или слизесодержащего лекарственного сырья.

**Ключевые слова:** *Linum usitatissimum L.*, Лен культурный, микроморфология, полисахариды.

**THE USE OF THE PHYSICOCHEMICAL METHOD TO EVALUATE THE MUCUS-FORMING CAPACITY OF  
RAW MATERIALS OF *LINUM USITATISSIMUM L.***

Research article

**Kurdyukov Y.Y.<sup>1,\*</sup>, Semenova E.F.<sup>2</sup>, Batusova V.A.<sup>3</sup>, Bulavina Y.A.<sup>4</sup>, Neklyudova V.A.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-9512-6770;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-7987-6886;

<sup>1,3,4,5</sup> Penza State University, Penza, Russian Federation

<sup>2</sup> V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

\* Corresponding author (e.e.kurdyukov[at]mail.ru)

**Abstract**

The beneficial effect of flax seeds is due to the presence of numerous coating substances. This feature is associated with the content of mucus up to 10% and glycoside linamarin. Flaxseed polysaccharides also have an anti-inflammatory effect. In addition, mucus formation can be a chemosynthetic feature of intraspecies taxa. Information concerning the interspecific variability of this parameter is limited in the literature. Therefore, a comparative assessment of mucus-forming ability of flax varieties seeds of different morphotypes is of interest. Our conducted studies of seed coat micromorphological features and mucus-forming dynamics made it possible to draw a conclusion about the localization of mucus cells mainly in the outer layer of seed coat. It was shown that the maximum degree of mucus formation is possessed by varieties Bakhmalsky, Nebesny, Kustanay amber. The obtained data indicate the presence of morphotype- and variety-specific mucus formation and the possibility of its use as a marker feature of new forms of *L. usitatissimum*. The offered technique based on definition of physico-chemical parameters of seeds can be used for the rapid analysis of vegetative samples and their differentiation on directions of use: as fat-oil-bearing or mucilage-containing medicinal raw material.

**Keywords:** *Linum usitatissimum L.*, Common flax, micromorphology, polysaccharides.

**Введение**

Лен – ценная культура комплексного использования. В современной медицине многих европейских стран лен применяется как лекарственное средство широкого спектра действия. Благотворное действие семян льна обусловлено наличием большого количества обволакивающих веществ, связанных с содержанием слизи до 10% и гликозида линамарина. Слизь льняного семени обладает также противовоспалительным действием. В литературе данные о межвидовой изменчивости, способности продуцировать слизь ограничены [1], [3], [4], [5]. Кроме того, слизеобразование может являться хемосистематическим признаком внутривидовых таксонов.

Было проведено исследование микроморфологических характеристик семенной оболочки и динамики выработки слизи, и было установлено, что клетки, продуцирующие слизь, локализованы преимущественно во внешнем слое семенной оболочки.

Определены морфотип и сортовая специфичность выработки слизи, следовательно, она может быть использована в качестве маркерного признака новых форм *L. usitatissimum*. Предлагаемая методика основана на определении физико-химических характеристик семян и может быть использована для экспресс-анализа образцов растительного сырья и их дифференциации по направлениям использования: в качестве жирного масла или слизесодержащего сырья.

Цель исследования: сравнительная оценка слизиобразующей способности семян сортов льна различных морфотипов.

### Методы и принципы исследования

Исследование проводили на семенах сортов льна обыкновенного долгунцового морфотипа – Belinka, Алексим, Белочка; межеумочного типа - ВНИИМК 620, Кентавр, Исилькульский, ВНИИМК 630, Небесный, Кустанайский янтарь, ВНИИМК 622, Исток, Сокол, Санлин, Кинельский 2000; кудряша - Арктикский 7, Карабалыкский 7, Бахмальский. Для оценки динамики гидратации семян льна использовали 1 миллилитровые медицинские шприцы, в которые помещали семена объемом 0,30 мл и заливали дистиллированной водой до 1 мл. Затем через временные промежутки: 1, 2, 3, 4, 24, 48, 72 часа проводили определение степени слизиобразования по увеличению объема выборки семян каждого сорта. Количественное определение гидратированных полисахаридов осуществляли согласно ГФХП методом гравиметрии: взвешивание семян до и после помещения в воду [6], [10].

### Основные результаты

Проведенный макроскопический анализ исследуемой морфологической группы сырья льна показал, что выполненное льняное семя имеет яйцевидную форму с несколько суженным и слегка загнутым носиком. Семена неравнобокие длиной до 6 мм и шириной до 3 мм. Поверхность их гладкая, блестящая. Цвет семян изучаемых сортов варьирует от светло-желтого до темно-коричневого. Семена состоят из трех основных частей: оболочки, эндосперма и зародыша. Анатомическое исследование строения семенной кожуры показало наличие нескольких слоев: эпидермальные клетки, слои паренхимных клеток, клетки механической ткани, клетки «поперечного слоя» и пигментный слой. Наружный слой оболочки семени представлен крупными четырехугольными клетками, способными набухать и ослизниться при намачивании водой (рис.1). Растительные слизи представляют собой смесь трех высокомолекулярных полисахаридов, нейтрального и двух кислых, отличающихся между собой по физико-химическим свойствам [7], [8], [9]. В ходе опыта для всех сортов обнаружена нелинейная динамика ослизнения. Наибольшее разбухание семян происходит в течение первого часа после погружения в дистиллированную воду, далее происходит замедление. Это дает основание полагать, что слизевые клетки локализованы преимущественно в наружном слое, что также было подтверждено данными микроскопирования. В течение 24 часов отмечается 2-3 периода ускорения и замедления темпов слизиобразования в зависимости от сорта. Последующая экспозиция семян в воде уже не приводит к заметным изменениям объема изучаемых выборок семян, т.е. коллоидных веществ в растворе (рис.2.).

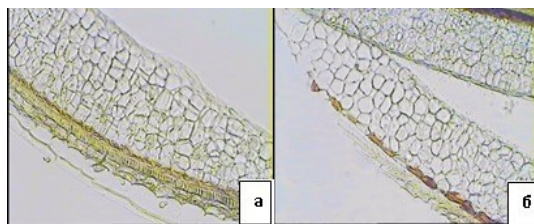


Рисунок 1 - Микроморфология цельного сырья льна:  
а - сорта Исток 2014 (ув. 10 × 15); б - сорт Северный (ув. 10 × 15)  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.79.1>

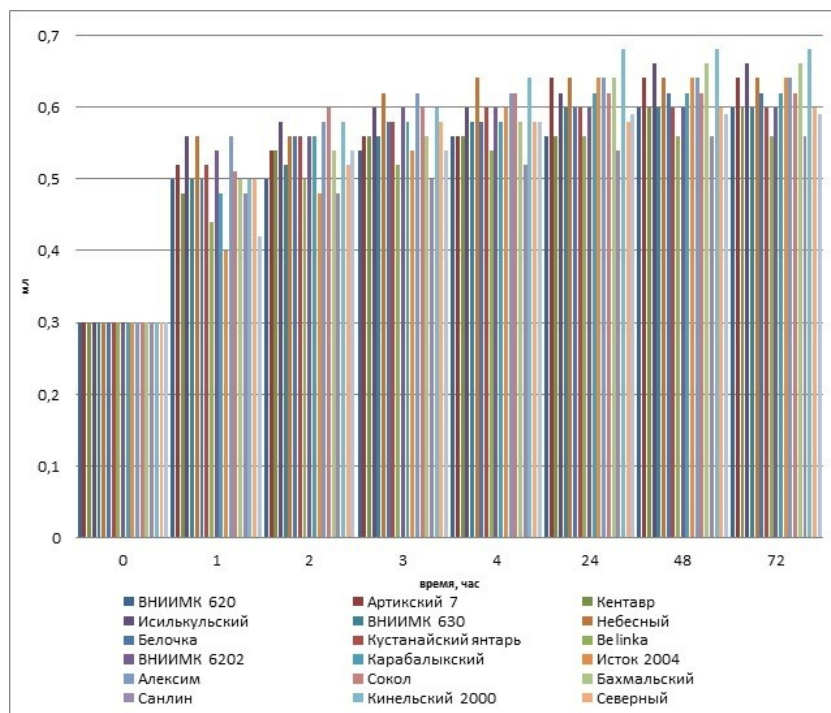


Рисунок 2 - Динамика слизееобразования цельных семян современных сортов льна  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.79.2>

Предположительно, обнаруженная динамика увеличения объема гидратированных семян льна может быть связана с неодновременным набуханием и переходом в раствор различных фракций слизееобразующих полисахаридов [10]. На основании результатов проведенного эксперимента, по степени слизееобразования исследуемые сорта можно разделить на три группы:

- с низким уровнем (Санлин, Belinka, Кустанайский янтарь, ВНИИМК 622, ВНИИМК 630, ВНИИМК 620 и Кентавр);
- средним уровнем (Карабалыкский 7, Сокол, Белочка, Алексим, Небесный, Арктический 7, Исток 2004, Северный, Исток 2014);
- высоким уровнем (Исилькульский, Бахмальский, Кинельский 2000) (рис.3).

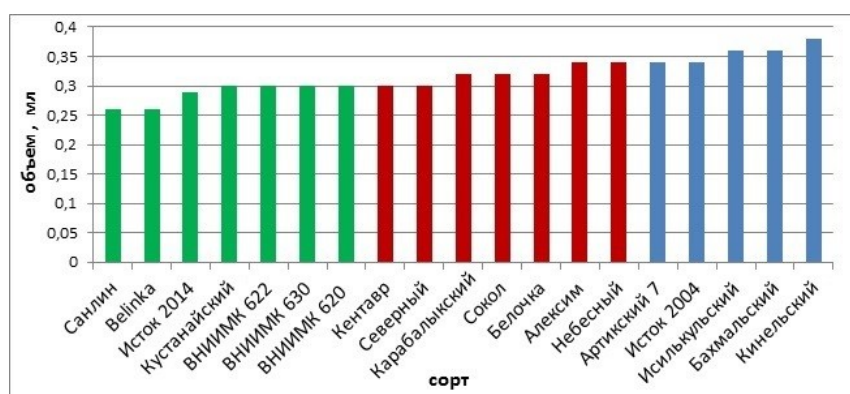


Рисунок 3 - Ранжирование степени слизееобразования (увеличения объема при гидратации) цельных семян современных сортов льна обыкновенного

Как следует из представленных данных в таблице 1, 2 и рисунке 3, наибольшие показатели интенсивности слизееобразования наблюдалось для сортов ВНИИМК 620, Небесный, Бахмальский и Кустанайский янтарь, относящихся к кудряшам и межулкам. Однако семена сортов долгунцового типа (Алексим, Belinka и Белочка), а также сорт Санлин показали наиболее низкие результаты.

Таблица 1 - Слизееобразующая способность цельных семян льна

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.79.4>

№	Название
---	----------

	сорта	Слизеобразующая способность, Δ мл					
		на г воздушно-сухих семян	относительная ошибка, %	Сv, %	на 1000 семян	относительная ошибка, %	Сv, %
1	Санлин	0,7414±0,02	2,6	2,2	6,8±0,3	3,7	4,4
2	Belinka	0,6712±0,03	4,4	4,1	6,9±0,4	5,7	5,8
3	Исток 2014	0,6275±0,01	1,6	1,2	8,8±0,01	0,0	0,0
4	Кустанайский янтарь	0,6117±0,02	2,9	1,4	9,7±0,4	3,6	4,1
5	ВНИИМК 622	0,5879±0,02	3,4	2,8	10,0±0,3	3,0	3,0
6	ВНИИМК 630	0,6530±0,07	10,7	10,6	9,4±0,2	1,6	2,1
7	ВНИИМК 620	0,6452±0,005	0,7	0,0	12,4±0,4	3,3	3,2
8	Кентавр	0,6460±0,02	3,0	3,1	8,7±0,2	2,3	2,3
9	Северный	0,6833±0,01	1,4	1,3	12,0±0,01	0,0	0,0
10	Карабалыкский 7	0,5575±0,03	5,3	5,4	12,5±0,2	1,6	1,6
11	Сокол	0,5315±0,01	1,8	1,9	11,0±0,3	2,7	5,8
12	Белочка	0,5916±0,02	3,3	2,8	7,5±0,1	1,3	1,3
13	Алексим	0,5759±0,01	1,7	2,4	6,6±0,1	1,5	1,5
14	Небесный	0,5630±0,03	5,3	5,2	10,6±0,3	2,8	2,8
15	Арктикский 7	0,5702±0,015	2,6	1,8	9,7±0,3	3,1	3,1
16	Исток 2004	0,5864±0,01	1,7	1,6	8,5±0,01	0,0	0,0
17	Исилькульский	0,4883±0,07	14,3	14,7	10,8±0,5	4,6	4,6
18	Бахмальский	0,5185±0,01	1,9	1,3	10,9±0,4	3,1	3,7
19	Кинельский 2000	0,5324±0,02	3,7	3,2	9,4±0,1	1,1	1,6
20	Lim (min...max)	0,4883... 0,7414	0,7... 14,3	0,0... 14,7	6,5... 12,4	0,0... 5,7	0,0... 5,8

Примечание: Δ мл - прирост объема

При этом коэффициенты вариации находились в пределах 0,0-14,7%, что свидетельствует об относительной однородности изучаемой совокупности, слабой вариабельности и достоверности полученных экспериментальных данных.

Таблица 2 - Интенсивность слизиобразования цельных семян льна

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.79.5>

№	Название сорта	Интенсивность слизиобразования, Δ г					
		на г	относитель	Сv, %	на 1000	относитель	Сv, %

		воздушно-сухих семян	ная ошибка, %		семян	ная ошибка, %	
1	Санлин	1,2547±0,0 7	5,6	8,5	5,9±0,4	6,8	6,8
2	Belinka	1,4089±0,0 2	1,4	0,8	6,4±0,05	0,8	0,8
3	Исток 2014	1,4108±0,0 1	0,7	0,7	8,1±0,2	2,4	2,5
4	Кустанайский янтарь	1,6781±0,0 1	0,6	0,6	10,0±0,2	2,0	2,0
5	ВНИИМК 622	1,2293±0,0 1	0,8	1,0	7,5±0,05	0,7	0,7
6	ВНИИМК 630	1,0801±0,0 1	0,9	0,9	6,6±0,1	1,5	1,5
7	ВНИИМК 620	1,6630±0,0 2	1,2	1,2	12,3±0,7	5,6	5,7
8	Кентавр	1,3900±0,0 2	1,4	0,7	7,4±0,4	5,4	5,4
9	Северный	1,5765±0,0 1	0,6	0,6	13,6±0,2	1,5	1,5
10	Карабалыкский 7	1,3260±0,2 2	16,5	12,7	8,2±0,8	9,7	9,8
11	Сокол	1,5615±0,0 3	1,9	1,9	8,5±0,2	2,4	2,4
12	Белочка	1,5872±0,0 9	5,7	5,8	6,6±0,1	1,5	1,5
13	Алексим	1,8611±0,2 1	11,2	6,3	6,2±0,7	11,2	11,3
14	Небесный	1,9278±0,1 7	8,8	5,5	10,8±0,7	6,4	6,5
15	Арктикский 7	1,4660±0,0 3	2,0	2,1	8,4±0,2	2,4	2,4
16	Исток 2004	1,4724±0,0 4	2,7	1,7	7,2±0,1	1,4	1,4
17	Исилькульский	1,3606±0,0 5	3,7	4,2	7,5±0,2	2,7	2,7
18	Бахмальский	1,7669±0,0 1	0,6	0,5	10,0±0,1	1,0	1,0
19	Кинельский 2000	1,9756±0,0 1	0,5	0,4	8,7±0,9	10,3	10,3
20	Lim (min...max)	1,0801... 1,9278	0,6... 16,5	0,4... 12,7	5,9... 13,6	0,7... 11,2	0,7... 11,3

Примечание:  $\Delta g$  - прирост массы гидратированных семян по сравнению с воздушно-сухими

### Заключение

Изучены микроморфологические особенности семенной оболочки льна обыкновенного. Дана сравнительная оценка слизиобразующей способности современных сортов, при этом максимальными показателями обладают Бахмальский, Небесный, Кустанайский янтарь. Предложенная методика, основанная на определении физико-химических показателей семян может использоваться для экспресс-анализа растительных образцов и их дифференцирования по направлениям использования: в качестве жирномасличного или слизесодержащего лекарственного сырья.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Зубцов В.А. Льняное семя, его состав и свойства. / В.А. Зубцов, Л.Л. Осипова, Т.И. Лебедева // Российский химический журнал. – 2002. – № 2. – с. 14–16.
2. Семенова Е.Ф. Фармакологическая и пищевая ценность семян льна культурного *Linum usitatissimum* L. / Е.Ф. Семенова, Т.М. Фадеева, Е.В. Преснякова // Человек и его здоровье. – 2013. – 2. – с. 117-124.
3. Курдюков Е.Е. Определение содержания липофильных соединений в масле семян льна / Е.Е. Курдюков, О.П. Родина, А.В. Митишев и др. // От растения до лекарственного препарата : Материалы международной научной конференции; – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, 2020. – С. 239-243.
4. Богачев А.А. Сравнительное изучение компонентного и жирно-кислотного состава семян льна посевного. / А.А. Богачев, Н.А. Гаврилова, Е.Е. Курдюков и др. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 1. – с. 12-22. – DOI: 10.21685/2307-9150-2020-1-2
5. Курдюков Е.Е. Особенности химического состава льна семян. / Е.Е. Курдюков, Е.Ф. Семенова, Н.А. Гаврилова и др. // Вестник Пензенского государственного университета. – 2019. – № 4. – с. 81-84.
6. Сливкин А.И. Физико-химические и биологические методы оценки качества лекарственных средств / А.И. Сливкин, В.Ф. Селеменов, Е.А. Суховерхова – Воронеж : Воронежский государственный университет, 1999. – 368 с.
7. Государственная фармакопея РФ. XIII издание. Том 2 [Электронный ресурс] // Государственная фармакопея РФ. XIII издание. Том 2. – 2015. – URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v13/vol2/>. (дата обращения: 02.10.22)
8. Дьякова Н.А. Разработка и валидация экспресс-методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов листьев лопуха большого (*Arctium Lappa* L.). / Н.А. Дьякова // Химия растительного сырья. – 2018. – № 4. – с. 81–87. – DOI: 10.14258/jcprm.2018042195
9. Зеленцов С.В. Количественная и качественная оценка слизи семян маличных сортов льна *L. usitatissimum* L. / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко // Масличные культуры. – 2012. – № 2. – с. 95-102.
10. Оленников Д.Н. Методика количественного определения суммарного содержания полисахаридов в семенах льна (*Linum usitatissimum* L.). / Д.Н. Оленников, Л.М. Танхаева // Химия растительного сырья. – 2007. – № 4. – с. 85-90.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Zubczov V.A. L'nyanoe semya, ego sostav i svoystva [*Linum* seed, its composition and properties]. / V.A. Zubczov, L.L. Osipova, T.I. Lebedeva // Rossijskij ximicheskij zhurnal [Russian Chemical Journal]. – 2002. – № 2. – p. 14–16. [in Russian]
2. Semenova E.F. Farmakologicheskaya i pishhevaya cennost' semyan l'na kul'turnogo *Linum usitatissimum* L. [Pharmacological and nutritional value of flax seeds cultured *Linum usitatissimum* L.]. / E.F. Semenova, T.M. Fadeeva, E.V. Presnyakova // Chelovek i ego zdorov'e [Man and his health]. – 2013. – 2. – p. 117-124. [in Russian]
3. Kurdyukov Ye.E. Opredelenie soderzhaniya lipofilnikh soedinenii v masle semyan l'na [Determination of the content of lipophilic compounds in flax seed oil] / Ye.E. Kurdyukov, O.P. Rodina, A.V. Mitishev et al. // From plant to medicinal product : Proceedings of the International scientific conference; – М.: All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 2020. – P. 239-243. [in Russian]
4. Bogachev A.A. Sravnitel'noe izuchenie komponentnogo i zhirno-kislotnogo sostava semyan l'na posevnogo [Comparative study of the component and fatty acid composition of flax seeds]. / A.A. Bogachev, N.A. Gavrilova, E.E. Kurdyukov et al. // Izvestiya vysshix uchebny'x zavedenij. Povolzhskij region. Estestvenny'e nauki [News of higher educational institutions. Volga region. Natural sciences]. – 2020. – № 1. – p. 12-22. – DOI: 10.21685/2307-9150-2020-1-2 [in Russian]
5. Kurdyukov E.E. Osobennosti ximicheskogo sostava l'na semyan [Features of the chemical composition of linum seeds]. / E.E. Kurdyukov, E.F. Semenova, N.A. Gavrilova et al. // Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Penza State University]. – 2019. – № 4. – p. 81-84. [in Russian]
6. Slivkin A.I. Fiziko-khimicheskie i biologicheskie metody otsenki kachestva lekarstvennikh sredstv [Physico-chemical and biological methods for evaluating the quality of medicines] / A.I. Slivkin, V.F. Selemenov, Ye.A. Sukhoverkhova – Voronezh : Voronezh State University, 1999. – 368 p. [in Russian]
7. Gosudarstvennaya farmakopeya RF. XIII izdanie. Tom 2 [The State Pharmacopoeia of the Russian Federation. VIII edition. Volume 2] [Electronic source] // The State Pharmacopoeia of the Russian Federation. VIII edition. Volume 2. – 2015. – URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v13/vol2/>. (accessed: 02.10.22) [in Russian]
8. D'yakova N.A. Razrabotka i validaciya e'kspress-metodiki vy'deleniya i kolichestvennogo opredeleniya vodorastvorimy'x polisaxaridov list'ev lopuxa bol'shogo (*Arctium Lappa* L.) [Development and validation of express methods for isolation and quantitative determination of water-soluble polysaccharides of burdock leaves (*Arctium Lappa* L.)]. / N.A. D'yakova // Ximiya rastitel'nogo sy'r'ya [Chemistry of plant raw materials]. – 2018. – № 4. – p. 81–87. – DOI: 10.14258/jcprm.2018042195 [in Russian]

9. Zelenczov S.V. Kolichestvennaya i kachestvennaya ocenka slizej semyan malichny'x sortov l'na *L. usitatissimum* L. [Quantitative and qualitative assessment of mucus seeds of oilseed linum varieties *L. usitatissimum* L.]. / S.V. Zelenczov, E.V. Moshnenko // *Maslichny'e kul'tury* [Oilseeds]. – 2012. – № 2. – p. 95-102. [in Russian]
10. Olennikov D.N. Metodika kolichestvennogo opredeleniya summarnogo sodержaniya polisaxaridov v semenax l'na (*Linum usitatissimum* L.) [The method of quantitative determination of the total content of polysaccharides in linum seeds (*Linum usitatissimum* L.)]. / D.N. Olennikov, L.M. Tanxaeva // *Ximiya rastitel'nogo sy'r'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials]. – 2007. – № 4. – p. 85-90. [in Russian]