

УДК 547.458.88+664.292

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТУДНЕОБРАЗОВАНИЯ ГАЛАКТОМАННАНА ИЗ СЕМЯН *STYPHNOLOBIUM JAPONICUM* (FABACEAE)

© *А.В. Филатова, Л.Б. Азимова\*, А.С. Тураев*

*Институт биоорганической химии имени А.С. Садыкова АН РУз,  
ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, 100125 (Республика Узбекистан),  
e-mail: luiza8181@mail.ru*

Данная статья посвящена исследованию процесса структурирования галактоманнана, выделенного из семян софоры японской с борат ионами. На основе галактоманнана, выделенного из семян софоры японской (лат. *Styphnolobium japonicum*), разработана основа для мягкой лекарственной формы. Оценены прочностные свойства сформированных гелевых структур на основе образующихся гелей галактоманнана в зависимости от природы вводимого в системы сшивающего агента. Предположено, что сетчатые структуры гелевых систем формируются за счет образования мостичных связей между функциональными группами галактоманнана и ионами бора. Изучены реологические свойства образующихся студней. Исследование процесса студнеобразования галактоманнана показали, что динамическая вязкость зависит от рН, концентрации сшивающего агента и концентрации раствора галактоманнана. Проведена пластификация геля и предположено, что присутствие глицерина разрушает химическое сшивание за счет образования комплексного соединения с тетраборатом натрия. Разработана мягкая лекарственная форма с добавлением в нее 10% пропиленгликоля в качестве пластификатора и раствора консерванта – 0.1%. В результате дальнейших исследований разработанной мягкой лекарственной формы выявлено, что после 6–12 месяцев хранения в естественных условиях при температуре +20±5 °С исследуемый гель оставался стабильным. Данные исследования дали возможность применить исследуемый гель в медицине в качестве основы для мягкой лекарственной формы.

*Ключевые слова:* галактоманнан, гелеобразующая основа, комплекс тетрабората натрия, мостичные связи, сшивка.

### **Введение**

Развитие исследований в области изучения специфических свойств природных полисахаридов открывает широкие возможности для создания на их базе биологически активных веществ или добавок для пищевых продуктов или лекарственных средств [1]. Полисахариды высших растений, в том числе галактоманнаны, обладают иммуномодулирующими свойствами.

Галактоманнаны – растительные полисахариды, представляющие собой полимерные соединения маннозы и галактозы [2, 3]. В зависимости от физико-химических свойств, концентрации возможно на их основе создание мягкой лекарственной формы в виде геля [4, 5]. Выбор того или иного гелеобразующего вещества определяется его совместимостью с другими компонентами и стоимостью.

Галактоманнаны, благодаря свойствам своих водных растворов и отсутствию токсичности, используются в пищевой, текстильной, фармацевтической промышленности и медицине в качестве пищевых добавок, стабилизаторов, флокулянтов, загустителей и гелеобразователей (в бинарных смесях) [6–8].

Фармакологические исследования показали наличие у галактоманнанов и их производных антикоагулянтных [9, 10], гепатопротекторных и анальгетических свойств [11, 12]. Установлено, что применение частично гидролизованного галактоманнана положительно влияет на липидный и углеводный виды обмена, а также нормализует микрофлору кишечника [13, 14].

---

*Филатова Альбина Васильевна* – старший научный сотрудник, e-mail: albfil@mail.ru

*Азимова Луиза Бахтияровна* – младший научный сотрудник, e-mail: luiza8181@mail.ru

*Тураев Аббасхан Сабирханович* – доктор химических наук, академик, главный научный сотрудник, e-mail: abbaskhan@mail.ru

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Наиболее важным свойством многих природных полисахаридов, в том числе и галактоманнанов, является образование высоковязких гелей, что объясняется строением их макромолекул, обладающих большой гидрофильностью. Процесс гелеобразования в водных растворах необходимо рассматривать как последовательность химических и физических процессов [15].

Методы получения и закономерности процессов гелеобразования растворов природных и синтетических полимеров составляют предмет многочисленных исследований [16].

Задача изыскания и синтеза биологически активных природных и синтетических соединений и их производных, а также исследование процессов структурирования их водных растворов и разработка технологических особенностей этих процессов, установление возможных областей их применения является актуальной в медицинской практике.

Цель работы – исследование процесса студнеобразования галактоманнана (ГМ), выделенного из семян *Styphnolobium Japonicum*, с борат-ионами с целью получения мягкой лекарственной формы.

### **Экспериментальная часть**

*Объект исследования.* ГМ, выделенный из семян софоры японской (лат. *Styphnolobium japonicum* (fabaceae)).

В качестве сшивающих агентов использованы: сульфат алюминия ГОСТ 3758-75, сульфат железа (II) ГОСТ 6981-94, хлористый кальций ГОСТ 450-77, тетраборат натрия ГОСТ 8129-77.

*Выделение водорастворимого полисахарида.* Для отделения эндосперма цельные семена помещали в колбу с обратным холодильником, приливали кипяченую воду до полного покрытия семян и нагревали на кипящей водяной бане 20 мин. Набухшие семена разделяли на три части, в том числе семенную кожуру, зародышевую часть и эндосперм. Далее отделенный эндосперм измельчали, экстрагировали при кипении 80% этанолом (при соотношении 1 : 4) в течение 1 ч. Спиртовой экстракт декантировали и измельченный эндосперм высушивали на воздухе.

Холодную водную экстракцию проводили при комнатной температуре, для этого к измельченному эндосперму (10 г) приливали 500 мл воды и помещали на магнитную мешалку на 10 ч. Экстракт отфильтровывали и осаждали 2 объемами 96% этилового спирта. Образовавшийся белый осадок отфильтровывали и высушивали.

Далее шрот эндосперма после холодной экстракции помещали в стакан и доливали дистиллированную воду при перемешивании при 80 °С в 3–4-кратном объеме. По мере загустевания экстракта прибавляли порциями горячую воду до исходного объема. Вязкий экстракт декантировали, а к остатку приливали новую порцию горячей воды и продолжали экстракцию в тех же условиях еще 3 ч. Полученные экстракты объединяли и добавляли 2 объема 96% этанола. Выпавший белый осадок отфильтровывали, промывали этанолом и высушивали.

*Реологические исследования.* Исследования реологических свойств раствора и студня ГМ проводили на ротационном вискозиметре «Реотест-2» (Mettingen, Германия) с рабочим узлом из коаксиальных цилиндров в интервале напряжений ( $1.6-3 \cdot 10^3$ ) Па и скоростей сдвига ( $0.2-1.3 \cdot 10^3$ ) с<sup>-1</sup> при температурах 25, 40, 55, 70 °С [17]. По измерениям сдвигающего напряжения и скорости сдвига вычисляют динамическую вязкость ( $\eta$ ) по формуле:  $\eta = \tau_2 / D_2 \times 100\%$ , где:  $\eta$  – динамическая вязкость (Па·с),  $\tau_2$  – сдвигающее напряжение ( $10^{-1}$  Па·с),  $D_2$  – скорость сдвига (С<sup>-1</sup>).

*ИК-спектроскопия.* ИК-спектры снимали на ИК-Фурье спектрометре 2000 (Perkin Elmer, США) в диапазоне частот 400–4000 см<sup>-1</sup> в таблетке с KBr (1 : 100).

*Определение pH гелей.* Водородный показатель определяли в растворе с массовой долей геля галактоманнанав соответствии с требованиями ГОСТ 29188.2 [18], потенциометрически при температуре 25 °С, с использованием прибора pH/mv/TEMPMeterP25 (Gain express holding Limited, Гонг Конг, Китай) от 5.0 до 8.0.

*Сроки хранения геля* в естественных условиях устанавливали посредством мониторинга показателей качества через 6 месяцев в течение первого года хранения и в течение 12 месяцев в дальнейшем.

### **Обсуждение результатов**

Ранее нами было исследовано выделение галактоманнана из семян *софоры японской* (лат. *Styphnolobium japonicum* (fabaceae) [19].

Исследовано структурирование водных растворов ГМ в присутствии ионов поливалентных металлов при различных соотношениях металл : ГМ, pH среды, что позволило охарактеризовать процесс структурирования как реакцию макромолекул с низкомолекулярными соединениями. В качестве структурирующих агентов для сшивания полисахаридов часто используют ионы кальция, железа, магния, алюминия.

В таблице 1 приведены результаты реакции студнеобразования 0.5% раствора ГМ при различных pH структурирующих агентов.

Как следует из таблицы 1, химическое сшивание ГМ происходит только с тетраборатом натрия в щелочной среде.

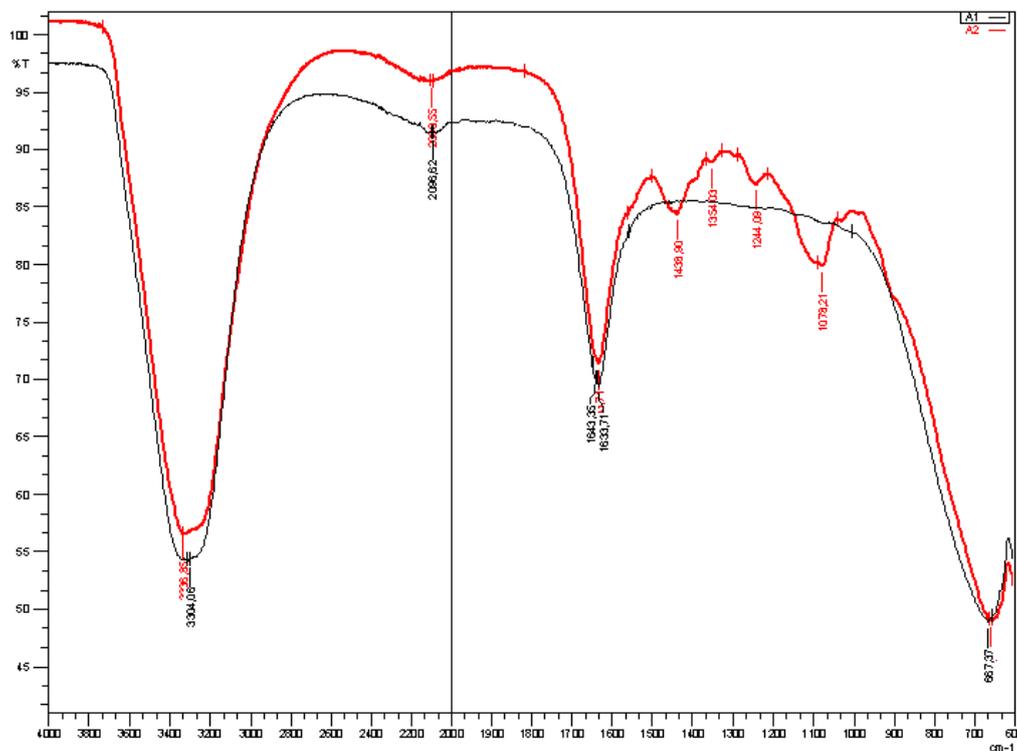
На рисунке представлены ИК-спектры исходного ГМ и сшитого борат-ионами ГМ.

Как следует из рисунка, ИК-спектр ГМ, сшитого борат-ионами, отличается от ИК-спектра исходного ГМ. В ИК-спектре сшитого ГМ появляются полосы поглощения при  $1078.2 \text{ см}^{-1}$  и  $1244.0 \text{ см}^{-1}$ , которые отсутствуют в исходном ГМ, в диапазоне  $900\text{--}1100 \text{ см}^{-1}$  находятся полосы, относящиеся к валентным колебаниям связей В-О в тетраэдре  $\text{BO}_4$  [20]. Кроме того, в ИК-спектре сшитого ГМ обнаруживаются полосы поглощения деформационных колебаний  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}$ - групп ( $1354.0\text{--}1438 \text{ см}^{-1}$ ) и воды ( $1630\text{--}1660 \text{ см}^{-1}$ ), полосы поглощения в области  $3220\text{--}3460 \text{ см}^{-1}$  относятся к водородным связям [20].

ГМ имеет гидроксильные группы в цис-положении, что благоприятно для образования боратных комплексов, так как гидроксильные группы расположены по одну сторону плоскости углеродного кольца [21, 22].

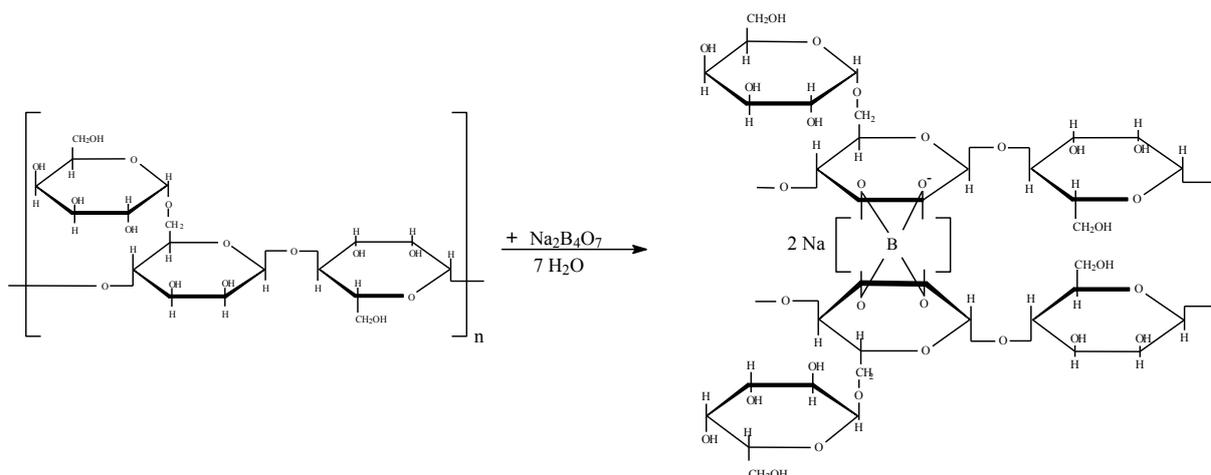
Таблица 1. Студнеобразование раствора ГМ при различных pH и концентрации ионов металлов

Соль	Концентрация раствора ГМ, %	pH раствора солей металлов	Концентрация ионов металлов, %	Наблюдаемый эффект
Сульфат алюминия	0.5	3	0.3	нет студнеобразования
Сульфат алюминия	1	7.5	0.5	нет студнеобразования
Сульфат железа (II)	0.5	3	0.3	нет студнеобразования
Сульфат железа (II)	1	7.5	0.5	нет студнеобразования
Хлорид кальция	0.5	4	0.3	нет студнеобразования
Хлорид кальция	1	6	0.5	нет студнеобразования
Тетраборат натрия	0.5	3	0.3	нет студнеобразования
Тетраборат натрия	1.0	8.6	0.5	идет реакция студнеобразования



ИК-спектры исходного ГМ – A1, сшитого ГМ – A2

Можно предположить, что структурирование протекает по следующей схеме:



студень

Далее были исследованы реологические свойства сшитых растворов галактоманнана с тетраборатом натрия при различных мольных соотношениях (табл. 2).

Из таблицы 2 следует, что при добавлении в раствор ГМ раствора тетрабората натрия вязкость увеличивается (3.1–102.3 Па·с) и при этом образуется прочный студень.

Нашей целью было получить мягкий пластичный гель, хорошо намазывающийся, сохраняющий форму при смазывании, не растекающийся по поверхности, поэтому нами проведена пластификация студня. Для этого в гель были добавлены различные пластификаторы, и образцы гелей гомогенизировали (табл. 3).

При добавлении к гелю определенного количества глицерина сшивка пропадает (исчезает студнеобразование), так как, по-видимому, глицерин вступает во взаимодействие с тетраборатом натрия, образуя комплексное соединение [20], а гели с пропиленгликолем таким недостатком не обладали.

На основании вышеописанных исследований разработана мягкая лекарственная форма на основе 1% раствора ГМ сшитого тетраборатом натрия с добавлением 10% пропиленгликоля в качестве пластификатора и 5% раствора этилового спирта, в котором растворен 0.1 г метилового эфира пара-оксibenзойной кислоты в качестве консерванта. В результате дальнейших исследований разработанной мягкой лекарственной формы выявлено, что после 6–12 месяцев хранения в естественных условиях при температуре  $+20\pm 5$  °С исследуемый гель оставался стабильным. Данные исследования дали возможность применить исследуемый гель в медицине в качестве основы для мягкой лекарственной формы.

Таблица 2. Реологические свойства растворов сшитого ГМ с тетраборатом натрия

ГМ : тетраборат, моль : моль	Динамическая вязкость геля, (Па·с)	Наблюдаемый эффект
1 : 0.5	102.3	гелеобразная масса
1 : 0.1	88.74	–
1 : 0.05	35.7	образование прочного студня
1 : 0.01	28.95	образование прочного студня
1 : 0.001	19.86	образование тянущегося геля
1 : 0.0001	3.1	раствор

Таблица 3. Реологические свойства образцов пластифицированных гелей

Динамическая вязкость геля, (Па·с)	Глицерин, %	Пропиленгликоль, %	Наблюдаемый эффект
3.9	5		Прочный гель
1.5	10		Студнеобразование исчезает
5.8		5	Прочный гель
4.4		10	Пластичный гель
2.8		15	Гель не держит форму, течет

### Выводы

1. Из семян софоры японской выделен ГМ, при шивании которого получен прочный студень, на основе которого разработана мягкая форма.
2. Оценены прочностные свойства сформированных гелевых структур на основе образующихся гелей ГМ в зависимости от природы вводимого в системы шивающего агента. Предполагается, что сетчатые структуры гелевых систем формируются за счет образования мостичных связей между функциональными группами галактоманнана и ионами бора.
3. Исследование процесса студнеобразования ГМ показали, что динамическая вязкость зависит от pH, концентрации шивающего агента и концентрации раствора ГМ.
4. Проведена пластификация геля и предполагается, что присутствие глицерина разрушает химическое сшивание, за счет образования комплексного соединения с тетраборатом натрия.
5. На основе ГМ и бората возможно получить мягкую лекарственную форму, отвечающую всем требованиям медицины.

### Список литературы

1. Payne S., Miles D. Mechanisms of anticancer drugs // Scott-Brown's Otorhinolaryngology: Head and Neck Surgery 7Ed. 2008. Vol. 3. P. 134.
2. Анулов О.В., Смирнова Н.И., Местечкина Н.М., Щербухин В.Д. Галактоманнаны семян некоторых видов бобовых // Физиология растений. 1998. Т. 45. №6. С. 922–924.
3. Анулов О.В., Щербухин В.Д. Галактоманнаны семян некоторых видов сем. Fabaceae II // Растительные ресурсы. 1996. Т. 32, №3. С. 102–105.
4. Патент №2072834 (РФ). Способ получения косметического средства для ухода за кожей на основе геля полиэтиленоксида / А.Н. Децина / 1995.
5. Лопатин В.В., Аскадский А.А. Полиакриламидные гидрогели в медицине. М., 2004. 264 с.
6. Бандюкова В.А. Софора японская как сырье для получения рутина // Ученые записки Пятигорского фарминститута. 1957. Т. 2. С. 93–96.
7. Погребняк Л.В., Мыкоц Л.П., Погребняк А.В. Разработка состава лечебно-профилактического шампуня, содержащего экстракт софоры японской // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов. Пятигорск, 2011. Вып. 66. С. 302–304.
8. Акопов И.Э. Важнейшие отечественные лекарственные растения и их применение. Ташкент, 1990. 444 с.
9. Толстенков А.С., Дрозд Н.Н., Лапикова Е.С., Макаров В.А., Местечкина Н.М., Банникова Г.Е., Ильина А.В., Варламов В.П. Влияние галактоманнана из семян *Suamopsis Tetragonoloba* (L.) taub, на антикоагулянтную активность плазмы крыс при внутривенном введении // Клиническая гемостазиология и гемореология в сердечно-сосудистой хирургии: материалы III всероссийской научной конференции. Москва, 2007. С. 242–243.
10. Дрозд Н.Н., Макаров В.А., Толстенков А.С., Лапикова Е.С., Варламов В.П., Ильина А.В., Лопатин С.А., Нифантьев Н.Э., Устюжанина Н.Е., Усов А.И., Билан Н.И., Местечкина Н.М. Сульфатированные полисахариды и антикоагулянтная активность // Психофармакология и биологическая наркология: материалы III съезда фармакологов России. 2007. Т. 7. Ч. I.
11. Местечкина Н.М., Анулов О.В., Щербухин В.Д. Изучение галактоманнана семян *Amorphafruticosa*L. // Прикладная биохимия и микробиология. 1998. Т. 34, №5. С. 549–552.
12. Местечкина Н.М., Довлетмуратов К., Щербухин В.Д. Галактоманнан семян солодки обыкновенной (*Glycyrrhizaglabra*) // Прикладная биохимия и микробиология. 1991. Т. 27, №3. С. 435–441.
13. Местечкина Н.М., Щербухин В.Д. Изучение галактоманнана семян *Galega orientalis* Lam. // Прикладная биохимия и микробиология. 1990. Т. 26, №6. С. 799–803.
14. Криштанова Н.А., Сафонова М.Ю., Болотова В.Ц. Перспективы использования растительных полисахаридов в качестве лечебных и лечебно-профилактических средств // Вестник ВГУ. Серия химия. Биология. Фармация. 2005. №1. С. 212–221.
15. Патент № I AP20100248 (РУз). Ранозаживляющее средство Тимогель / А.С. Тураев, А.В. Филатова, Д.Т. Джурабаев. 09.06.2010
16. Мухамеджанова М.М., Филатова А.В., Тураев А.С., Джурабаев Д.Т. Процессы гелеобразования и реологические свойства умеренно-концентрированных водных растворов пектина в присутствии ионов поливалентных металлов // Химия растительного сырья. 2012. №1. С. 51–60.
17. ГОСТ 33-82. Нефтепродукты. Метод определения кинематической и расчет динамической вязкости механическим путем. М., 1982. 19 с.
18. ГОСТ 29188.2-91. Изделия косметические. Метод определения водородного показателя pH. М., 1992. 3 с.
19. Азимова Л.Б., Норматаматов Н.С., Хайтметова С.Б., Мухитдинов Б.И., Амонова Д.М., Халилова Г.А., Киргизбаев Х.Х., Тураев А.С. Выделение и изучение физико-химических свойств галактоманнанов из растительного сырья // Химия растительного сырья. 2019. №2. С. 35–41. DOI: 10.14258/jcprm.2019024491.
20. Шварц Е.М. Взаимодействие борной кислоты со спиртами и оксикислотами. Рига, 1990. 414 с.

21. Шварц Е.М. Комплексные соединения бора с полиоксисоединениями. Рига, 1968. С. 32–33.
22. Deuel Y., Neukom H. Uber die Reaktionen von Borsäure und Borax mit Polysacchariden und anderen Hochmolekularen Polyoxyverbindungen // *Macromol. Chem.* 1979. Bd. 3. N1. S. 13–30.

Поступила в редакцию 19 апреля 2019 г.

После переработки 14 ноября 2019 г.

Принята к публикации 28 ноября 2019 г.

**Для цитирования:** Филатова А.В., Азимова Л.Б., Тураев А.С. Исследование процесса студнеобразования галактоманнана из семян *Styphnolobium japonicum* (Fabaceae) // *Химия растительного сырья*. 2020. №1. С. 33–39. DOI: 10.14258/jcrpm.2020015485.

*Filatova A.V., Azimova L.B.\**, Turaev A.S. INVESTIGATION OF THE PROCESS OF GELATION OF GALACTOMANNAN ISOLATED FROM THE SEEDS OF *STYPHNOLOBIUM JAPONICUM* (FABACEAE)

*Institute of Bioorganic Chemistry, Uzbekistan Academy of Sciences, ul. Mirzo Ulugbeka, 83, Tashkent, 100125 (Uzbekistan), e-mail: luiza8181@mail.ru*

This article is devoted to the study of the structuring of galactomannan isolated from *Sophora japonica* with borate ions. Based on the galactomannan isolated from the seeds of *Sophora japonica* (lat. *Styphnolobium japonicum*), a basis for a soft dosage form has been developed. It has been suggested that the network structures of gel systems are formed due to the formation of bridge bonds between the functional groups of the galactomannan and boron ions. Studied the rheological properties of the resulting jelly. The study of the process of gelation of galactomannan showed that the dynamic viscosity depends on the pH, the concentration of the crosslinking agent and the concentration of the solution of galactomannan. The gel was plasticized and it was assumed that the presence of glycerol destroys chemical crosslinking, due to the formation of a complex compound with sodium tetraborate. A soft dosage form has been developed with the addition of 10% propylene glycol as a plasticizer and a preservative solution – 0.1%. As a result of further research developed soft dosage forms revealed that after 6–12 months of storage in vivo at a temperature of  $+20 \pm 5$  °C, the studied gel remained stable. These studies made it possible to apply the studied gel in medicine as the basis for a soft dosage form.

**Keywords:** galactomannan, *Sophora japonica*, gel base, sodium tetraborate complex, bridge connections, stitching.

---

\* Corresponding author.

## References

1. Payne S., Miles D. *Scott-Brown's Otorhinolaryngology: Head and Neck Surgery 7Ed: 3 volume set*, 2008, p. 134.
2. Anulov O.V., Smirnova N.I., Mestechkina N.M., Shcherbukhin V.D. *Fiziologiya rasteniy*, 1998, vol. 45, no. 6, pp. 922–924 (in Russ.).
3. Anulov O.V., Shcherbukhin V.D. *Rastitel'nyye resursy*, 1996, vol. 32, no. 3, pp. 102–105 (in Russ.).
4. Patent 2072834 (RU). 1995 (in Russ.).
5. Lopatin V.V., Askadskiy A.A. *Poliakrilamidnyye gidrogeli v meditsine*. [Polyacrylamide hydrogels in medicine]. Moscow, 2004, 264 p. (in Russ.).
6. Bandyukova V.A. *Uchenyye zapiski Pyatigorskogo farminstituta*, 1957, vol. 2, pp. 93–96 (in Russ.).
7. Pogrebnyak L.V., Mykots L.P., Pogrebnyak A.V. *Razrabotka, issledovaniye i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii: sbornik nauchnykh trudov*. [Development, research and marketing of new pharmaceutical products: a collection of scientific papers]. Pyatigorsk, 2011, vol. 66, pp. 302–304 (in Russ.).
8. Akopov I.E. *Vazhneyshiy otechestvennyye lekarstvennyye rasteniya i ikh primeneniye*. [The most important domestic medicinal plants and their use]. Tashkent, 1990, 444 p. (in Russ.).
9. Tolstenkov A.C., Drozd H.H., Lapikova Ye.S., Makarov V.A., Mestechkina N.M., Bannikova G.Ye., Il'ina A.B., Varlamov V.P. *Klinicheskaya gemostaziologiya i gemoreologiya v serdechno-sosudistoy khirurgii: materialy III vserossiyskoy nauchnoy konferentsii*. [Clinical hemostasiology and hemorheology in cardiovascular surgery: proceedings of the III All-Russian Scientific Conference]. Moscow, 2007, pp. 242–243 (in Russ.).
10. Drozd N.N., Makarov V.A., Tolstenkov A.S., Lapikova Ye.S., Varlamov V.P., Il'ina A.V., Lopatin S.A., Nifant'yev N.E., Ustyuzhanina N.Ye., Usov A.I., Bilan N.I., Mestechkina N.M. *Psikhofarmakologiya i biologicheskaya narkologiya: materialy III s"yezda farmakologov Rossii* [Psychopharmacology and Biological Addiction: Proceedings of the III Congress of Russian Pharmacologists]. 2007, vol. 7, no. I. (in Russ.).
11. Mestechkina N.M., Anulov O.V., Shcherbukhin V.D. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 1998, vol. 34, no. 5, pp. 549–552 (in Russ.).
12. Mestechkina N.M., Dovletmuradov K., Shcherbukhin V.D. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 1991, vol. 27, no. 3, pp. 435–441 (in Russ.).
13. Mestechkina N.M., Shcherbukhin V.D. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 1990, vol. 26, no. 6, pp. 799–803 (in Russ.).
14. Krishtanova N.A., Safonova M.Yu., Bolotova V.Ts. *Vestnik VGU. Seriya khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2005, no. 1, pp. 212–221 (in Russ.).
15. Patent I AP20100248 (UZ). 09.06.2010 (in Russ.).
16. Mukhamedzhanova M.M., Filatova A.V., Turayev A.S., Dzhurabayev D.T. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2012, no. 1, pp. 51–60 (in Russ.).
17. *GOST 33-82. Nefteprodukty. Metod opredeleniya kinematicheskoy i raschet dinamicheskoy vyazkosti mekhanicheskim putem*. [GOST 33-82. Petroleum products. The method of determining the kinematic and the calculation of dynamic viscosity by mechanical means]. Moscow, 1982, 19 p. (in Russ.).
18. *GOST 29188.2-91. Izdeliya kosmeticheskkiye. Metod opredeleniya vodorodnogo pokazatelya pH*. [GOST 29188.2-91. Cosmetic products. Method for determination of pH]. Moscow, 1992, 3 p. (in Russ.).
19. Azimova L.B., Normakhamatov N.S., Khaytmetova S.B., Mukhitdinov B.I., Amonova D.M., Khalilova G.A., Kirgizbayev Kh.Kh., Turayev A.S. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 35–41. DOI: 10.14258/jcpm.2019024491 (in Russ.).
20. Shvarts Ye.M. *Vzaimodeystviye bornoy kisloty so spirtami i oksikislotami*. [The interaction of boric acid with alcohols and hydroxy acids]. Riga, 1990, 414 p. (in Russ.).
21. Shvarts Ye.M. *Kompleksnyye soyedineniya bora s polioksisoyedineniyami*. [Complex compounds of boron with polyoxy compounds]. Riga, 1968, pp. 32–33 (in Russ.).
22. Deuel Y., Neukom H. *Macromol. Chem.*, 1979, vol. 3, no. 1, pp. 13–30.

Received April 19, 2019

Revised November 14, 2019

Accepted November 28, 2019

**For citing:** Filatova A.V., Azimova L.B., Turaev A.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 33–39. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpm.2020015485.

