

УДК 547.458.88:582.998.1:543.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ШРОТА СОЦВЕТИЙ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ (TAGETES PATULA L.)

**Н.М. Червонная, И.И. Харченко, С.Л. Аджиахметова, Л.П. Мыкоц,
О.А. Андреева, Э.Т. Оганесян**

Пятигорский медико-фармацевтический институт –
филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России,
357532, Россия, Ставропольский край, г. Пятигорск, пр. Калинина, 11
E-mail: nadezhda.chervonnaya@yandex.ru

Большая молярная масса обуславливает ряд таких свойств, которые отсутствуют у низкомолекулярных соединений. Поэтому ее определение позволяет выявить некоторые физические и технологические свойства биополимеров и предсказать возможность практического применения. **Целью работы** явилось определение средней молярной массы, изучение поверхностных свойств на границе раздела фаз «раствор-воздух» и установление изоэлектрической точки водных растворов пектиновых веществ (ПВ), выделенных из шрота соцветий бархатцев распростертых. **Материалы и методы.** Полисахаридные комплексы выделяли из шрота соцветий бархатцев распростертых сорта «Сарпен», оставшегося после трехкратной экстракции сырьем 40% спиртом этиловым, по методу Н.К. Кочеткова и М. Sinner. С помощью капиллярного вискозиметра Оствальда измерялось время истечения воды и растворов ПВ; рассчитывались различные виды вязкостей. Плотность растворов определялась пикнометрическим способом, однако, ввиду близости плотностей анализируемых растворов и воды их не учитывали при расчете относительной вязкости. Для определения поверхностной активности из 1% водных растворов ПВ готовили серию растворов с концентрацией от 0,01% до 0,5%. На приборе Ребиндера устанавливали перепады давлений манометрической жидкости в момент проскакивания пузырька воздуха на поверхности раствора ПВ. Изоэлектрическую точку (ИЭТ) ПВ мы определяли в ацетатном буферном растворе в пределах pH от 3,2 до 6,2 вискозиметрическим методом. **Результаты и обсуждение.** Фракционирование полученных полисахаридных комплексов показало, что выход пектиновых веществ составляет 2,2%. Расчет показывает, что средняя молярная масса ПВ составила 45272 г/моль. О степени взаимодействия макромолекул полимера и растворителя, о структурных свойствах макромолекулы, степени ее разветвленности можно судить по величине коэффициента Хаггинса. Найденная величина составила 1,46, что подтверждает невысокую растворимость ПВ в воде. Видимо, цепь биополимера разветвлена, что ухудшает растворимость макромолекул и в дальнейшем может способствовать гелеобразованию. ПВ, выделенные из шрота соцветий бархатцев распростертых относятся к группе поверхностно-активных веществ. Благодаря немалому поперечному сечению молекулы (S) и высокой средней молярной массе (45272 г/моль) молекулы занимают большой объем на поверхности раздела фаз. Установлено, что макромолекула находится в изоэлектрическом состоянии при pH = 4,7. **Заключение.** В результате проведенных исследований вискозиметрическим методом определена средняя молярная масса ПВ, равная 45272 г/моль. Установлена константа Хаггинса (1,46), связанная с невысокой растворимостью ПВ в воде. Установлено, что ПВ, выделенные из шрота соцветий бархатцев распростертых, являются поверхностно-активными. Показано, что макромолекула ПВ может находиться в состоянии полиамфиона при pH = 4,7.

Ключевые слова: пектиновые вещества, шрот соцветий бархатцев распростертых, средняя молярная масса, поверхностная активность, изоэлектрическая точка, вискозиметр Оствальда

Для цитирования:

Червонная Н.М., Харченко И.И., Аджиахметова С.Л., Мыкоц Л.П., Андреева О.А., Оганесян Э.Т. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ШРОТА СОЦВЕТИЙ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ (TAGETES PATULA L.). Фармация и фармакология. 2017;5(3):267-282. DOI:10.19163/2307-9266-2017-5-3-267-282

For citation:

Chervonnaya N.M., Kharchenko I.I., Adzhiakhmetova S.L., Mykots L.P., Andreeva O.A., Oganessian E.T. DETERMINATION OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PECTIN SUBSTANCES FROM THE SOLVENT CAKE OF TAGETES PATULA L. INFLORESCENCES. Pharmacy & Pharmacology. 2017;5(3):267-282. (In Russ.) DOI:10.19163/2307-9266-2017-5-3-267-282

DETERMINATION OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PECTIN SUBSTANCES FROM THE SOLVENT CAKE OF TAGETES PATULA L. INFLORESCENCES

N.M. Chervonnaya, I.I. Kharchenko, S.L. Adzhiakhmetova, L.P. Mykots,
O.A. Andreeva, E.T. Oganessian

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State
Medical University, 11, Kalinin ave., Pyatigorsk, 357532, Russia

Big molecular weight conditions are responsible for some properties, which are absent in low molecular compounds. Therefore, its determination allows revealing of some physical and technological properties of biopolymers and prediction of the possibility of their practical application. The aim of this work was to determine an average molar weight, to study the superficial properties at the border of "solution-air" phases, and to establish an isoelectric spot of water solutions of pectin substances (PS), isolated from a solvent cake of *Tagetes patula* inflorescences. **Materials and methods.** Polysaccharide complexes were isolated from the solvent cake of *Tagetes patula* inflorescences of Carmen species which was left after a raw material extraction with ethanol 40% with the method of Kochetkov and M. Sinnera. The time of water and PS solutions flow out was measured by the use of a capillary Ostwald viscosimeter; different types of viscosity were calculated. The density of solutions was determined by using a picnometric method, however due to the closeness of density of the analyzed solutions and water, they were not considered in the calculation of the relative viscosity. Series of solutions with 0.01 to 0.5% concentrations were prepared from 1% PS water solutions to determine a surface activity. Monometric liquid tension variations were set in Reh binder's apparatus in the moment of an air bubble appearance on the surface of PS solution. Isoelectric spot (IES) of PS was determined in acetate buffer solution with pH within 3.2 to 6.2 by using the viscometer method. **Results and discussion.** Fractioning of the obtained polysaccharide complexes showed that efficiency of the pectin substances amounted to 2.2%. Calculation shows that an average molar weight of PS amounted to 45272 g/mol. About the degree of interaction between macromolecules of polymer and solvent, structural properties of macromolecule, the degree of its branching can be judged by the value of Huggins test. The value was found to be 1.46, which proves the low solubility of PS in water. Apparently, a biopolymer chain has been branched which worsen the solubility of macromolecules and further may promote the formation of gel condition. PS, isolated from the solvent cake of *Tagetes patula*, belong to the group of the surface active substances. Due to a big cross section of a molecule (S) and the high average molar weight, (45272 g/mol) molecules occupy a big volume at the surface of phase separation. We have established that macromolecule is in the isoelectric state at pH = 4.7. **Conclusion.** In the result of the studies using viscometer method, we have determined a molar weight of PS equal to 45272 g/mol. Huggins constant (1.46) which is connected to a low solubility of PS in water has been determined. We have established that PS, isolated from the solvent cake of *Tagetes patula*, are surface active. We have shown that PS macromolecule is in the state of polyamphion at pH = 4.7.

Keywords: pectin substances, solvent cake of *Tagetes patula*, average molar weight, surface activity, isoelectric spot, Ostwald viscometer

Ранее было установлено, что извлечение из соцветий бархатцев распростертых, полученное экстракцией спиртом этиловым 40%, проявляет выраженную антиоксидантную, эндотелиопротекторную и ранозаживляющую активность [1, 2]. С целью комплексного использования сырья в настоящей работе изучались некоторые физико-химические свойства пектиновых веществ, выделенных из шрота соцветий бархатцев распростертых (*Tagetes patula* L.). Большая молярная масса обуславливает ряд таких свойств, которые отсутствуют у низкомолекулярных соединений. Поэтому ее определение позволяет выявить некоторые физические и технологические свойства биополимеров и предсказать возможность практического применения [3].

Целью работы явилось определение средней молярной массы, изучение поверхностных свойств на границе раздела фаз «раствор-воздух» и установление изозлектрической точки водных растворов

пектиновых веществ (ПВ), выделенных из шрота соцветий бархатцев распростертых.

Материалы и методы. Полисахаридные комплексы выделяли из шрота соцветий бархатцев распростертых сорта «Carmen», оставшегося после трехкратной экстракции сырья 40% спиртом этиловым, по методу Н.К. Кочеткова и М. Sinner [4, 5] (рис. 1).

С помощью капиллярного вискозиметра Оствальда измерялось время истечения воды и растворов ПВ [6]; рассчитывались различные виды вязкостей. Плотность растворов определялась пикнометрическим способом, однако, ввиду близости плотностей анализируемых растворов и воды их не учитывали при расчете относительной вязкости. Для определения средней молярной массы готовилась серия водных растворов ПВ методом разведения в области концентраций (0,03–0,5%) [7].

Для расчета относительной вязкости η_{rel} использовали соотношение (формула 1):

$$\eta_{\text{отн}} = \eta/\eta_0 = \frac{t \times \rho}{t_0 \times \rho_0}, \quad (1),$$

где t_0 , t – время истечения воды и раствора ПВ, сек;

ρ_0 , ρ – плотность воды и раствора ПВ соответственно, г/см³.

Удельную вязкость, то есть относительное приращение вязкости растворителя (η_0) при введении в него полимера, находили по разнице (формула 2):

$$\eta_{\text{уд}} = \eta_{\text{отн}} - 1, \quad (2),$$

Приведенную вязкость рассчитывали как отношение (формула 3):

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_{\text{уд}}/C \quad (3),$$

где C – концентрация раствора.

Расчет средней молярной массы проводили по уравнению Марка-Хаувинка-Куна [7, 8] (формула 4):

$$[\eta] = K \times M^\alpha, \quad (4),$$

где K , α – константы, M – молярная масса.

« α » – величина, характеризующая форму макромолекулы и ее взаимодействие с молекулами растворителя. Для непригодных растворителей α .

K – коэффициент, постоянный для раствора данного полимерного ряда в данном растворителе. В расчетах использовали данные констант, характерных для большинства полисахаридов: $K = 1,1 \cdot 10^{-5}$; $\alpha = 1,2$ [8, 9].

Константу Хаггинса рассчитывали по уравнению (формула 5):

$$\eta_{\text{пр}} = [\eta] + K' \times [\eta] \times C^2, \quad (5)$$

принимая во внимание, что $[\eta] \rightarrow 0$ и $\eta_{\text{уд}}/C$.

K' определили по тангенсу угла наклона полученной прямой зависимости $\eta_{\text{пр}}$ от C , не проходящей через начало координат (рис. 2) (формула 6):

$$K' = \text{tg } \alpha / [\eta]^2 \quad (6)$$

Для определения поверхностной активности из 1% водных растворов ПВ готовили серию растворов с концентрацией от 0,01% до 0,5%. На приборе Ребиндера устанавливали перепады давлений монометрической жидкости в момент проскакивания пузырька воздуха на поверхности раствора ПВ [7].

Величину поверхностного натяжения рассчитывали по уравнению (формула 7):

$$\sigma_x = \frac{\sigma_0 \times h_x}{h_0}, \quad (7)$$

где σ_x , σ_0 – поверхностное натяжение раствора и воды (Н/м);

h_0 , h_x – перепад давлений монометрической жидкости над водой и раствором (см).

Зависимость между изменением свободной поверхностной энергии и концентрацией вещества в поверхностном слое выражена уравнением Гиббса (формула 8):

$$\Gamma = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} \times \frac{C}{RT}, \quad (8)$$

где Γ – поверхностный избыток адсорбированного вещества;

$-\Delta\sigma/\Delta C$ – поверхностная активность;

R – газовая постоянная ($8,3110^3$ Дж/кмоль $\times$ К);

T – абсолютная температура, К

С учетом представлений о плотной упаковке молекул в монослой при предельной адсорбции (Γ_∞) мы вычислили площадь, занимаемую одной молекулой, толщину и объем поверхностного слоя (формулы 9, 10).

$$S = 1/\Gamma_\infty \times N_A, \quad (9)$$

где S – площадь молекулы;

Γ_∞ – предельный поверхностный избыток;

N_A – число Авогадро.

$$l = \Gamma_\infty \times M/\rho, \quad (10)$$

где l – толщина поверхностного слоя;

M – молярная масса ПВ;

ρ – плотность раствора ПВ.

По изотерме поверхностного натяжения определяли поверхностную активность (g), которую рассчитывали по тангенсу угла, образованного касательной, проведенной к изотерме поверхностного натяжения при $C \rightarrow 0$ (формула 11).

$$g = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} = \text{tg } \alpha, \quad (11)$$

Изоэлектрическую точку (ИЭТ) ПВ мы определяли в ацетатном буферном растворе в пределах pH от 3,2 до 6,2 визкозиметрическим методом.



Рисунок 1 – Выделение полисахаридных комплексов

Результаты и обсуждение. Фракционирование полученных полисахаридных комплексов показало, что выход пектиновых веществ составляет 2,2%.

С возрастанием молярной массы полимеров обычно увеличивается вязкость их растворов, уменьшается растворимость.

Рассчитывались вязкости: относительная (фор-

мула 1), удельная (формула 2) и приведенная (формула 3). Результаты определения приведены в таблице 1. Экстраполяцией приведенной вязкости к нулевой концентрации находили предельное число вязкости – характеристическая вязкость. Такая процедура позволяет исключить из величины характеристической вязкости взаимодействие между молекулами.

Таблица 1 – Результаты измерения вязкости водных растворов ПВ из соцветий бархатцев

C%	t, сек	$\eta_{\text{отн}}$	$\eta_{\text{уд}}$	$\eta_{\text{пр}}$
0	14,35	-	-	-
0,0313	16,61	1,157	0,157	5,016
0,0625	20,52	1,411	0,411	6,576
0,125	27,51	1,917	0,917	7,336
0,25	47,15	3,286	2,286	9,144
0,5	132,51	9,234	8,234	16,468

Далее строили график зависимости удельной вязкости от концентрации (рис. 2)

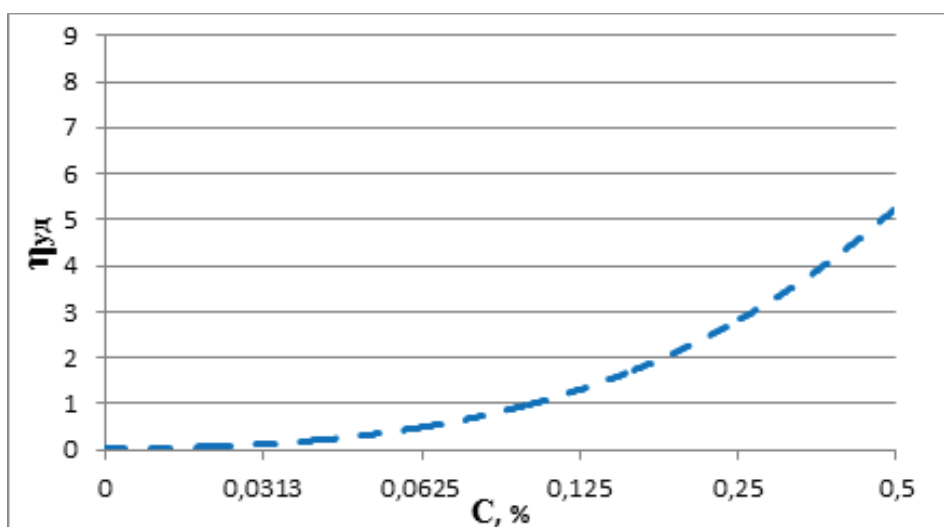


Рисунок 2 – Зависимость удельной вязкости от концентрации растворов ПВ

Из графика видно, что в области малых концентраций удельная вязкость плавно возрастает, однако, уже при концентрации 0,5% она резко возрастает, при этом кривая обращена выпуклостью к оси абсцисс.

Очевидно, даже при такой невысокой концентрации раствора ПВ начинается некое взаимодействие между молекулами, приводящее к структурированию раствора. Из этого следует, что определение характеристической вязкости необходимо проводить экстраполяцией к нулевой концентрации, когда зависимость $\eta_{\text{пр}}$ от C будет линейной.

Характеристическую вязкость $[\eta]$ находили графически по зависимости $\eta_{\text{пр}} = f(C)$ (рис. 3). Для подтверждения линейной зависимости, целесообразно, на графике отложить зависимость $\frac{\ln \eta/\eta_0}{C} = f(C)$. Этот прием облегчает экстраполяцию, так как функция $\ln \eta/\eta_0$ меньше изменяется с концентрацией.

На рисунке 3 представлена указанная зависимость приведенной вязкости от концентрации. Найденная величина $[\eta]$ составила 4,25.

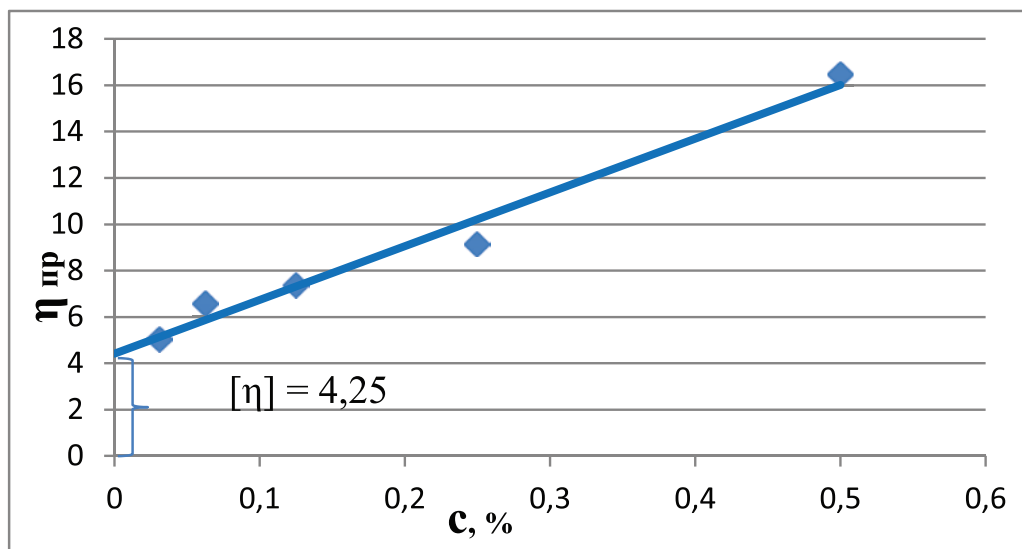


Рисунок 3 – Зависимость приведенной вязкости от концентрации растворов ПВ

Расчет средней молярной массы проводили по уравнению Марка-Хаувинка-Куна (формула 4), который показывает, что данная величина составила 45272 г/моль.

О степени взаимодействия макромолекул полимера и растворителя, о структурных свойствах макромолекул, степени ее разветвленности можно судить по величине коэффициента Хаггинса. Хотя,

чаще это используется для оценки сравнительной характеристики полимеров, полученных из различных объектов. В хороших растворителях значение константы Хаггинса находится в пределах 0,2–0,3.

Расчет коэффициента Хаггинса вели по формулам 5 и 6. Найденная величина составила 1,46, что подтверждает невысокую растворимость ПВ в воде. Видимо, цепь биополимера разветвлена, что ухудша-

ет растворимость макромолекул и в дальнейшем может способствовать гелеобразованию.

Величину поверхностного натяжения рассчитывали по формуле 7. Зависимость между изменением

свободной поверхностной энергии и концентрацией вещества в поверхностном слое выражена уравнением Гиббса (формула 9). Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры поверхностных свойств ПВ

C, %	$C \cdot 10^5$, кмоль/ M^3	$\sigma \cdot 10^3$, Н/м	$-\Delta\sigma \cdot 10^{-3}$, Н/м	$\Gamma \cdot 10^8$ кмоль/ M^2	$\Gamma_{\infty} \cdot 10^9$	S, A ²	I, A	V, A ³
0		71,97			12,3	13,5	5568	75168
0,015	0,347	67,97	3,99	0,322				
0,031	0,691	66,65	5,32	0,429				
0,062	1,380	65,32	6,65	0,537				
0,125	2,760	62,65	9,32	0,753				
0,250	5,520	61,32	10,65	0,861				
0,500	11,00	58,65	13,32	1,076				

Поскольку поверхностный слой поверхностно-активных веществ (ПАВ) на границе раздела фаз «раствор-воздух» является мономолекулярным, то определили величину предельного поверх-

ностного избытка (Γ_{∞}). С этой целью строили график зависимости $1/\Gamma$ от $1/C$ и по величине отрезка, отсекаемого прямой на оси ординат, определили $1/\Gamma_{\infty}$. (рисунок 4)

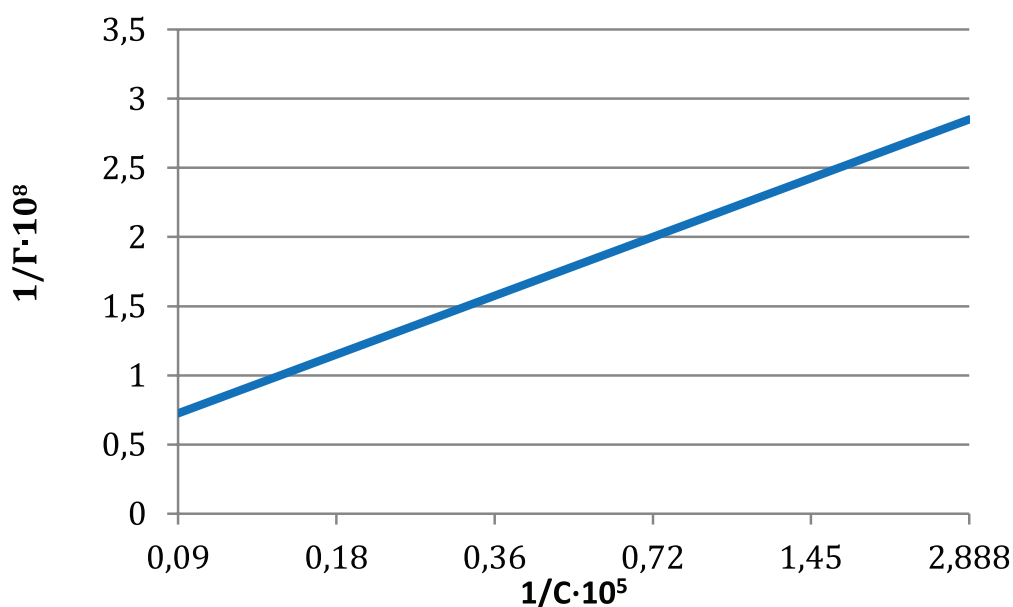


Рисунок 4 – Зависимость $1/\Gamma$ от $1/C$ для водных растворов ПВ

С учетом представлений о плотной упаковке молекул в монослой при предельной адсорбции (Γ_{∞}) мы вычислили площадь (формула 9), занимаемую одной молекулой, толщину (формула 10) и объем поверхностного слоя.

По изотерме поверхностного натяжения (рис. 5) определяли поверхностную активность (g), которую рассчитывали по тангенсу угла, образованного касательной, проведенной к изотерме поверхностного натяжения при $C \rightarrow 0$ (формула 11).

Тогда:

$$t g \alpha = 0,213 \frac{\text{Н/м}^2}{\text{кмоль}}.$$

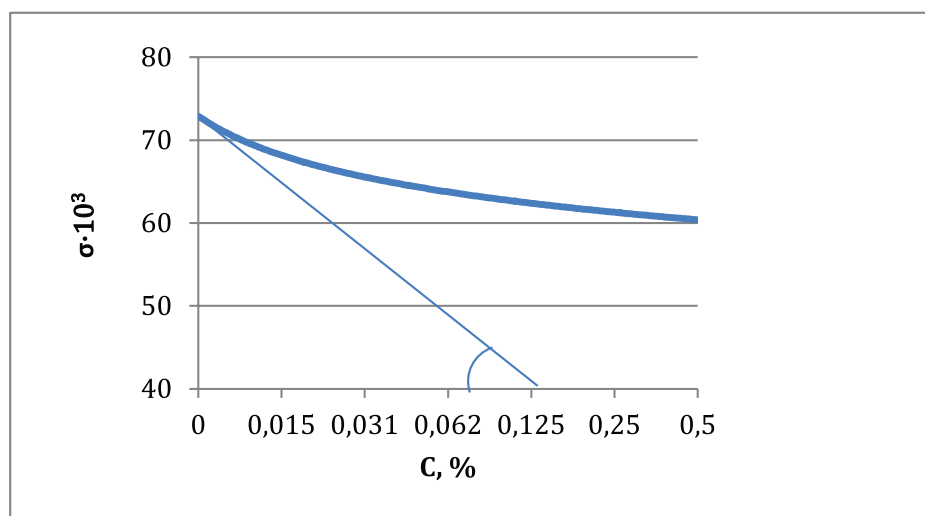


Рисунок 5 – Кривая зависимости поверхностного натяжения от равновесной концентрации раствора ПВ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ПВ, выделенные из шрота соцветий бархатцев распротертых, относятся к группе поверхностно-активных веществ. Благодаря немалому поперечному сечению молекулы (S) и высокой средней молярной массе (45272 г/моль) молекулы занимают большой объем на поверхности раздела фаз.

Одним из важных свойств ПАВ является способность к мицеллообразованию. Критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ) определили графически по зависимости σ от $\lg C$.

Перегиб на изотерме соответствует началу формирования сферических мицелл. Для раство-

ров ПВ, найденная ККМ, составила 0,22 г на 100 г раствора.

Наличие мицеллообразования предполагает дальнейшее изучение солюбилизующей способности ПВ в водном растворе.

О структуре мицелл и природе полимера, обладающего поверхностно-активными свойствами, можно, в определенной степени, судить по термодинамическим функциям процесса мицеллообразования.

С этой целью рассчитывались: свободная энергия (ΔG_M), энтропия (ΔS_M), тепловой эффект (ΔH_M) процесса мицеллообразования [10]. Полученные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Термодинамические функции мицеллообразования растворов ПВ в водной среде ($T = 298\text{K}$)

Вещество	$C_{\text{ККМ}}$, кмоль/м³	ΔG_M , кДж/моль	ΔS_M , кДж/моль · К	ΔH_M , кДж/моль
ПВ из шрота соцветий бархатцев	$5,01 \cdot 10^{-5}$	-24,52	$8,2 \cdot 10^{-2}$	-0,084

Исходя из характеристик, представленных в таблице 3, можно считать, что мицеллообразование протекает самопроизвольно ($\Delta G_M < 0$) и сопровождается незначительным экзотермическим эффектом ($\Delta H_M < 0$), что связано с небольшой величиной критической концентрации мицеллообразования. Значения энтропии мицеллообразования независимо от структуры для большинства поверхностно-активных веществ находятся в пределах $(4,28,4) \cdot 10 \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}$ [11].

Рассчитанная величина ΔS_M находится в этих пределах, что позволяет отнести ПВ к полиамфолитам. Определенное нами ранее значение pH, при котором полимер находится в изоэлектрическом состоянии, подтверждает высказанное предположение. Значение pH, при котором молекула ПВ находится в состоянии полиамфолита, составило 4,7.

Проведенные исследования показали, что ПВ, выделенные из шрота соцветий бархатцев распротертых, снижают поверхностное натяжение воды пропорционально его концентрации, проявляют мицеллообразующую способность, процесс мицеллообразования протекает самопроизвольно, молекула ПВ является полиамфолитом.

У слабых полиэлектролитов, к которым можно отнести ПВ, степень диссоциации полярных групп, а значит, и величина заряда зависит от pH. Эксперимент, проведенный ранее, показал пропорциональность зависимости сопротивления водных растворов ПВ, измеренного кондуктометрическим методом от концентрации. В связи с этим, представляло интерес изучить влияние pH раствора на его вязкость с целью определения наличия изоэлектрического состояния

(ИЭС) полиэлектролита, при котором он находится в состоянии полиамфиона.

Так как, в молекуле ПВ содержится больше карбоксильных групп, способных к диссоциации, то полиэлектролит является более сильной кислотой, чем основанием и его ИЭТ должна быть меньше 7.

ИЭТ ПВ мы определяли в ацетатном буферном растворе в пределах рН от 3,2 до 6,2 вискозиметрическим методом. В ИЭС молекулы полиэлектролита обычно свернуты в клубок и наименее гидратированы, поэтому в ИЭТ относительная вязкость обычно минимальна.

Если использовать полиэлектролиты в качестве

энтеросорбентов для адсорбции ионов солей тяжелых металлов, необходимо учитывать ИЭС и рН раствора. В ИЭС состоянии изменяются свойства полимера: снижается набухание, растворимость, электрическая проводимость, вязкость растворов и др. Это необходимо учитывать при разработке технологических схем для практического использования полимеров.

Для определения ИЭТ готовили 1% водный раствор ПВ и растворы ацетатного буфера с разным значением рН. К 10 мл буферного раствора добавляли 5 мл раствора ПВ, перемешивали и измеряли время истечения жидкости одинакового объема на вискозиметре. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость времени течения раствора ПВ от рН среды

№ п/п	рН	t, сек	$\eta_{\text{отн}}$
1		27,82	
2	3,2	62,46	2,46
3	3,7	69,33	2,49
4	4,2	61,87	2,22
5	4,7	51,14	1,84
6	5,2	54,33	1,95
7	5,7	56,98	2,05

Графическая зависимость $\eta_{\text{отн}}$ от рН (рис. 6) показала, что макромолекула ПВ находится в ИЭС при рН = 4,7.

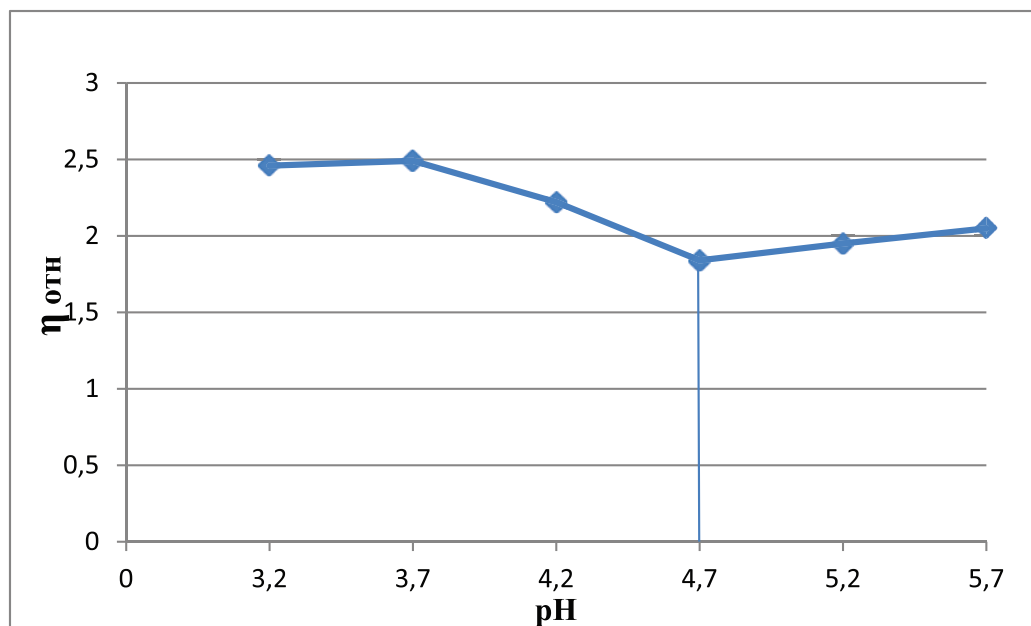


Рисунок 6 – Зависимость относительной вязкости 1% раствора ПВ от рН среды

Следовательно, благодаря малому объему клубка свернутой макромолекулы, уменьшается препятствие течению жидкости, что и приводит к минимуму относительной вязкости. Как с увеличением, так и с уменьшением рН вязкость раствора возрастет, так как макромолекулы распрямляются и их объем увеличивается. На рисунке видно, что при низком значении рН = 3,2 молекулярный клубок снова уплотняется, благодаря подавлению ионизации положительных

одноименно заряженных ионогенных групп, и вязкость снова уменьшается.

Значение ИЭТ полиэлектролита позволяет влиять на такие процессы, как набухание, застудневание, мембранное равновесие Доннама и др., что способствует правильному выбору того или иного технологического процесса или влияет на скорость протекания физиологического процесса.

Заключение. В результате проведенных исследова-

дований вискозиметрическим методом определена средняя молярная масса ПВ, равная 45272 г/моль. Установлена константа Хаггинса (1,46), связанная с невысокой растворимостью ПВ в воде. Установлено,

что ПВ, выделенные из шрота соцветий бархатцев распростертых, являются поверхностно-активными. Показано, что макромолекула ПВ может находиться в состоянии полиамфиона при pH = 4,7.

Introduction. It was previously established, that extracts from *Tagetes patula*, obtained by ethanol 40% extraction, exhibit a signified antioxidant, endothelioprotective, and wound healing activity [1, 2]. On purpose of the complex use of the raw material, we have studied some physical and chemical properties of pectin substances isolated from the solvent cake of *Tagetes patula* in this work. A big molar weight condition is responsible for the range of such properties, which usually are absent in the low-molecular compounds. Therefore, its determination allows the revelation of some physical and technological properties of biopolymers and prediction of possibility of their practical application [3].

The aim of the work was the determination of an average molar weight, study of the surface properties at the border of "solution-air" phases and the establishment of an isoelectric spot of water solutions of pectin substances (PS), obtained from the solvent cake of *Tagetes patula*.

Materials and methods. Polysaccharide complexes were isolated from the solvent cake of *Tagetes patula* of Carmen species, which were left after the triple extraction of the raw materials with ethanol 40% by the method of Kochetkov and M. Sinnera [4, 5] (fig. 1).

The time of water's and PS solutions' flow out was calculated using the capillary Ostwald viscometer [6]; the different viscosity types were calculated. Solutions' density was determined by using picnometric method, however due to the closeness of density of the analyzed solutions and water; they were not taken into consideration while calculating a relative viscosity. To determine an average molar mass, a series of PS water solution was prepared in concentrations of 0.03-0.5% [7].

To calculate a relative viscosity η_{rel} , we used a following correlation (formula 1):

$$\eta_{\text{rel}} = \eta_{\text{th}} = \frac{t \times \rho}{t_0 \times \rho_0}, \quad (1),$$

where t_0 , t is time of water's and PS solution' flow out, sec;

ρ_0 , ρ is density of water and PS solution, respectively, g/cm³.

The specific viscosity, i.e. relative incremental value of solvent viscosity (η_0) at introduction of polymer into it, was calculated by the difference (formula 2):

$$\eta_{\text{yd}} = \eta_{\text{th}} - 1, \quad (2),$$

The modified viscosity was calculated as a correlation (formula 3):

$$\eta_{\text{mod}} = \eta_{\text{rel}}/C \quad (3),$$

where, C is a solution concentration.

Calculation of an average molar weight was done by using Mark-Houwink-Kuhn equation [7, 8] (formula 4):

$$[\eta] = K \times M^a, \quad (4),$$

where, K , a – constants, M – molar weight.

« a » is a value, which characterizes a form of a macromolecule and its interaction with the solvent molecules.

For unusable solvents, $a \geq 1$.

K is a coefficient, which is constant for the solvent of these polymer series in this solvent. Data of constants, characteristic for the majority of polysaccharides, were used in the calculations: $K = 1.1 \times 10^{-5}$; $a = 1.2$ [8, 9].

Huggins constant was calculated by using the following equation (formula 5):

$$\eta_{\text{sp}} = [\eta] + K' \times [\eta] \times C, \quad (5)$$

with taking into account that $[\eta] \rightarrow 0$ и η_{rel}/C .

K' was determined by the tangent of as slope angle of a direct correlation η_{mod} and C , which does not pass through the point of reference (fig. 2) (formula 6):

$$K' = \text{tg } \alpha / [\eta]^2 \quad (6)$$

To determine the surface activity from 1% water solutions of PS, series of solutions with 0.01 to 0.5% concentrations were prepared. Variations of monometric liquid tensions were set on Reh binder apparatus at the moment of the air bubble appearance at the PS solution surface [7].

Value of superficial tension was calculated by using the equation (formula 7):

$$\sigma_x = \frac{\sigma_0 \times h_x}{h_0}, \quad (7)$$

where σ_x , σ_0 – superficial tension of solution and water (H/m);

h_0 , h_x , – variation of tensions of monometric liquid above water and solution (cm).

Dependence between the change of the free superficial energy and the concentration of a substance in a superficial layer is expressed by the Gibbs equation (formula 8):

$$\Gamma = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} \times \frac{C}{RT}, \quad (8)$$

where Γ is a superficial excess of adsorbed substance; $-\Delta\sigma/\Delta C$ – superficial activity;

R – a gas constant ($8,31 \cdot 10^3$ J/kmol $\times K$);

T – an absolute temperature, K

With consideration of the densely packed molecules in monolayer at the limit adsorption (Γ_∞), we calculated the square that is occupied by one molecule, thickness and volume of a superficial layer (formulas 9, 10).

$$S = 1/\Gamma_\infty \times N_A, \quad (9)$$

where S is a molecule square;

Γ_∞ – limit superficial excess;

N_A – Avogadro's number.

$$l = \Gamma_{\infty} \times M/\rho, \quad (10)$$

where l is thickness of a superficial layer;

M – the molar weight of PS;

ρ – PS solution's density.

The superficial activity was determined by the superficial tension isotherm (g), which was calculated by the

angle tangent, that was formed by a tangent line, traced to isotherm of superficial tension at $C \rightarrow 0$ (formula 11).

$$g = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (11)$$

We determined an isoelectric spot (IES) of PS in the acetate buffer solution within pH 3.2 to 6.2 by using viscometer method.

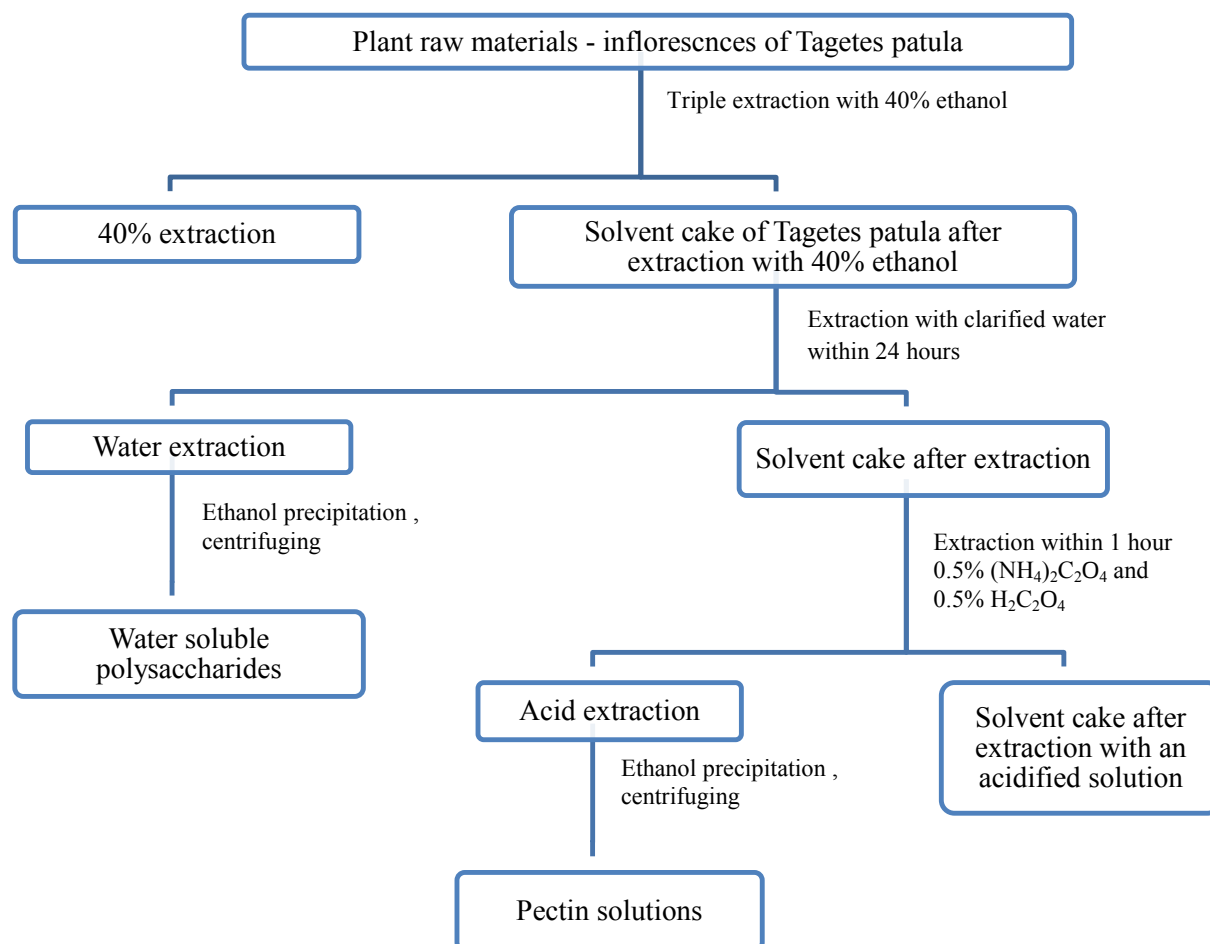


Figure 1 – Isolation of polysaccharide complexes

Results and discussion. Fractioning of the obtained polysaccharides showed that pectin substances' efficiency amounts to 2.2%.

When the molar weight increases, its solutions viscosity usually increases as well, and solubility decreases.

The following viscosities were calculated: relative (formula 1), specific (formula 2) and

modified (formula 3). The results of the determination are shown in the table 1. The marginal value of viscosity – characteristic viscosity was found by an extrapolation of the modified viscosity to zero concentration. This procedure allows excluding the interaction among molecules from the value of a characteristic viscosity.

Table 1 – Results of viscosity calculations of PS water solutions from the inflorescences of Tagetes patula

C%	t, sec	η_{rel}	η_{sp}	η_{mod}
0	14.35	-	-	-
0.0313	16.61	1.157	0.157	5.016
0.0625	20.52	1.411	0.411	6.576
0.125	27.51	1.917	0.917	7.336
0.25	47.15	3.286	2.286	9.144
0.5	132.51	9.234	8.234	16.468

After that, the graph of dependence of specific viscosity from the concentration was built (fig. 2)

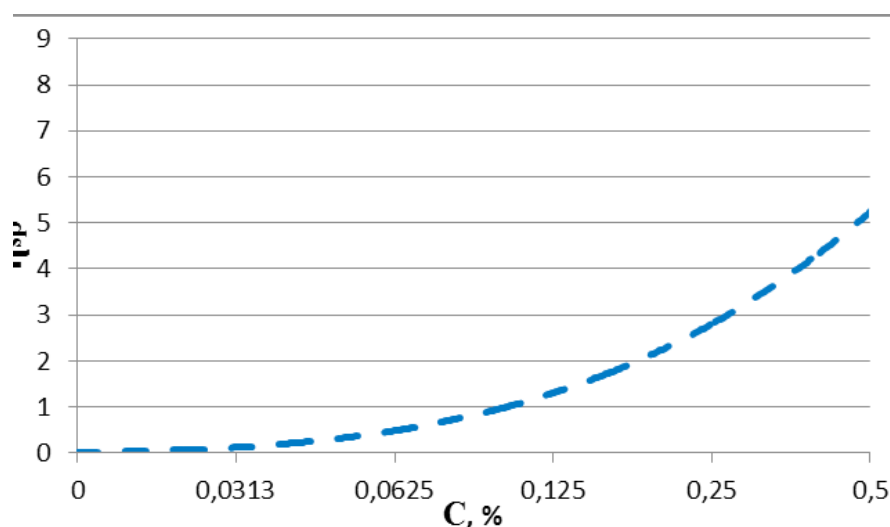


Figure 2 – Dependence of the specific viscosity from the PS solutions concentration

The graph shows that in the area of small concentrations, the specific viscosity has been slowly increasing, however at 0.5% concentration it increases sharply, while the curve's concavity faces abscise axis.

It is apparent that even in such small concentrations of PS solution there is an interaction among molecules, which leads to a solution structuring. It follows that the determination of the characteristic viscosity needs to be carried out with the extrapolation to zero concentration, when dependence of η_{mod} from C will be linear.

Characteristic viscosity $[\eta]$ was found on graphic by using dependence $\eta_{\text{mod}} = f(C)$ (figure 3). For confirmation of the linear dependence, it is reasonable to put dependence $\frac{\ln \eta/\eta_0}{C} = f(C)$ on a graph. This method makes extrapolation easier, since function $\ln \eta/\eta_0$ changes less with concentration.

The figure 3 shows the certain dependence of the modified viscosity from the concentration. The value discovered $[\eta]$ amounted to 4.25.

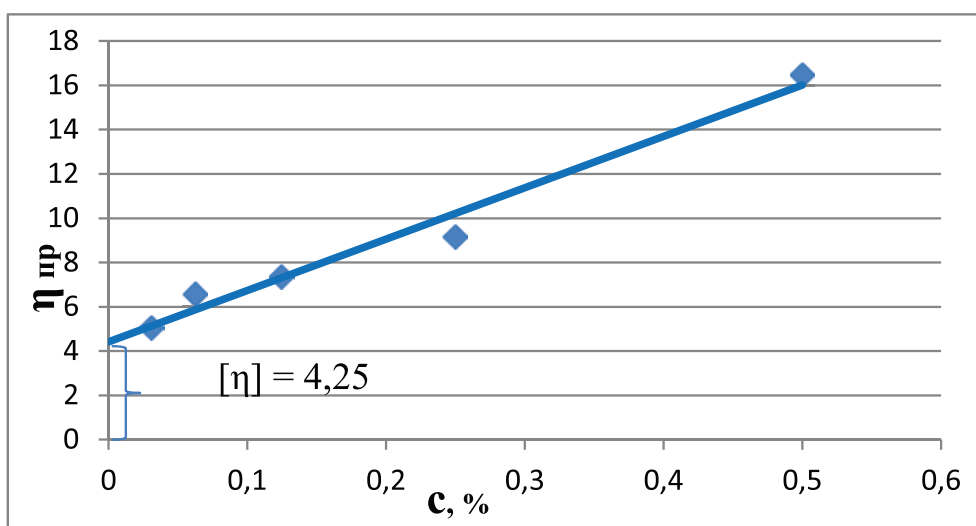


Figure 3 – Dependence of the modified viscosity from the concentration of PS solutions

Calculation of an average molar weight was carried out using Mark-Houwink-Kuhn equation (formula 4), which shows that this value amounted to 45272 g/mol.

The degree of polymer and solvent macromolecules interaction, structural properties of macromolecules, degree of its branching can be judged by the value of Huggins test. Although, it is more often used for a comparative analysis of polymers obtained from different

objects. In good solvents the value of Huggins constant is within 0.2.-0.3.

Calculation of Huggins test was carried out according to formulas 5 and 6. The found value amounted to 1.46, which proves low solubility of PS in water. Apparently, the biopolymer chain is branched, which worsen the solubility of macromolecules and further may lead to gel formation.

The value of superficial tension was calculated by

using formula 7. The dependence between free superficial energy variation and concentration of a substance in the

superficial layer is expressed by Gibbs equation (formula 9). The results are presented in table 2.

Table 2 – Parameters of superficial properties of PS

C, %	$C \cdot 10^5$, kmol/m ³	$\sigma \cdot 10^3$, H/m	$-\Delta\sigma \cdot 10^{-3}$, H/m	$\Gamma \cdot 10^8$, kmol/m ²	$\Gamma_{\infty} \cdot 10^9$	S, A ²	l, A	V, A ³
0		71.97			12.3	13.5	5568	75168
0.015	0.347	67.97	3.99	0.322				
0.031	0.691	66.65	5.32	0.429				
0.062	1.380	65.32	6.65	0.537				
0.125	2.760	62.65	9.32	0.753				
0.250	5.520	61.32	10.65	0.861				
0.500	11.00	58.65	13.32	1.076				

Since the superficial layer of surface-active substances (SAS) at the border of solution-air is monomolecular, the value of limit superficial excess was determined (Γ_{∞}).

With this purpose the dependence graph of $1/\Gamma$ from $1/C$ was built, and $1/\Gamma_{\infty}$ was determined by the size of an interval, cut off by the right line at the vertical axis (fig. 4).

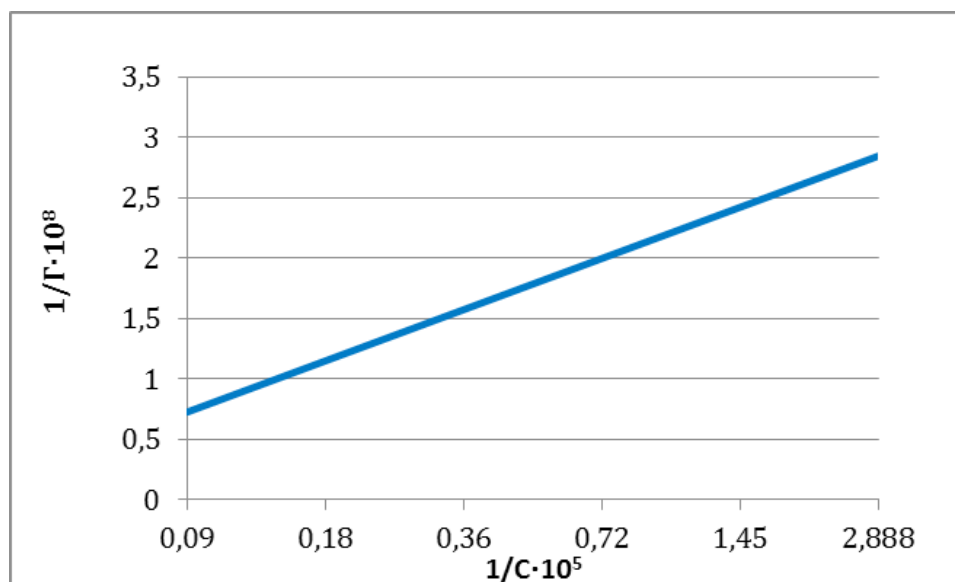


Figure 4 – Dependence of $1/\Gamma$ from $1/C$ for water PS solutions

Taken into consideration, the data about the densely packed molecules in a monolayer and at the limit adsorption (Γ_{∞}), we calculated the square (formula 9), occupied by one molecule, thickness (formula 10) and volume of superficial layer.

Superficial activity (g) was determined by the iso-

therm of superficial tension (fig. 5), which was calculated by the angle tangent, that was formed by a tangent line drawn to the isotherm of a superficial tension at $C \rightarrow 0$ (formula 11).

$$\text{Then: } \operatorname{tg} \alpha = 0.213 \frac{\text{H/m}^2}{\text{kmol}}.$$

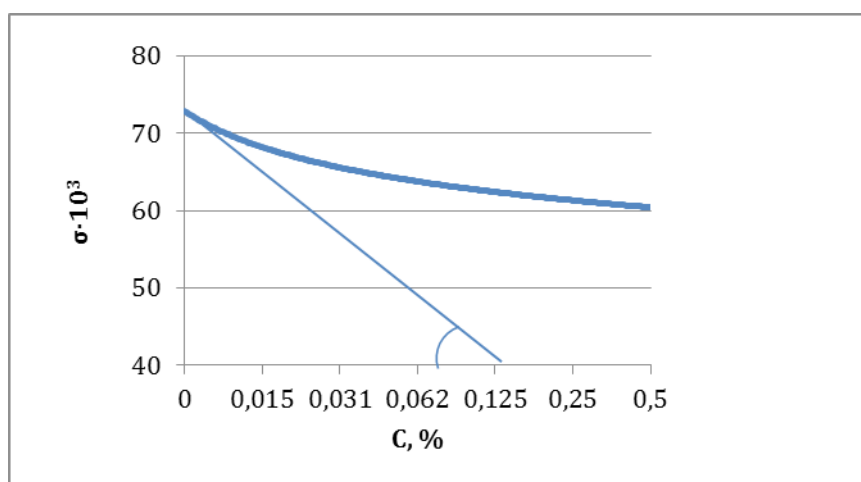


Figure 5 – A Curve of superficial tension dependence from the balanced concentration of PS solution

The obtained results have given the evidence of the fact that PS isolated from the solvent cake of *Tagetes patula* inflorescences belonged to a group of superficial-active substances. Due to a big section of a molecule (S) and the high average molar weight (45272 g/mol), the molecules occupy a big volume on the surface of phases border.

Ability for the micelle formation is one of the important features of SAS. Critical concentration of micelle formation (CCM) was determined by a graph, based on dependence of σ from $\lg C$.

Isotherm inflection corresponds to the beginning of spherical micelles formation. For the PS solution, CCM amounted to 0.22 g per 100 g of solution.

The presence of micelle formation implies the further study of solubilizing ability of PS in a water solution.

About the micelles structure and the nature of polymer with surface-active properties to a certain degree can be judged by thermodynamic functions of micelle formation process.

With this purpose the following was calculated: free energy (ΔG_M), entropy (ΔS_M), heating effect (ΔH_M) of a micelle formation process [10]. The data obtained are shown in the table 3.

Table 3 – Thermodynamic functions of micelle formation of PS solutions in water environment ($T = 298K$)

Substance	C_{CCM} , kmol/m ³	ΔG_M , kJ/mol	ΔS_M , kJ/mol · K	ΔH_M , kJ/mol
PS from the solvent cake of <i>Tagetes patula</i> inflorescences	$5.01 \cdot 10^{-5}$	-24.52	$8.2 \cdot 10^{-2}$	-0.084

According to the characteristics shown in the table 3, the micelle formation can be considered spontaneous ($\Delta G_M < 0$) and is accompanied by an insignificant exothermic effect ($\Delta H_M < 0$), which is related to a small value of a critical concentration of micelle formation. The value of micelle formation's entropy independently from the structure for the majority of surface active substances occurs within $(4.2 \div 8.4) \cdot 10$ kJ/mol · K [11].

Calculated value of ΔS_M occurs within this limit, which allows attribution of PS to the polymeric ampholytes. Previously determined value of pH, when polymer is in isoelectric state, proves the hypothesis. Value of pH, at which the PS molecule is in a polyampholyte state, amounted to 4.7.

The conducted studies have shown that PS, isolated from the solvent cake of *Tagetes patula* inflorescences, reduce a superficial tension of water in proportion to its concentration, exhibit micelle forming ability; process of micelle formation is spontaneous, and PS molecule is a polyampholyte.

In weak polyelectrolytes that PS belongs to, the degree of dissociation of polar groups and the charge value depend on pH. The previous experiment showed the proportionality of PS water solution resistance dependence, which was measured by a conductometric method from the concentration. In this connection, it would be interesting to study the influence of pH solution on its viscosity in order to determine the presence of the isoelectric condition (IEC) of polyelectrolyte at which it remains in the polyamphion state.

Since the PS molecule contains more carboxylic groups that are capable of dissociation, polyelectrolyte is a stronger acid than base, and its IEC must be less than 7.

We determined IES of PS in the acetate buffer solution with pH within 3.2 to 6.2 by using viscometric method. In IEC polyelectrolyte molecules are usually coiled and less hydrated, therefore relative viscosity in IES is usually at its minimum.

If polyelectrolytes are used as enterosorbents for adsorption of ions of heavy metal salts, it is necessary to consider IEC and pH of the solution. In IEC condition

the features of polymer change: swelling, solubility, electric conductivity, solutions viscosity, etc. usually decrease. It must be noted during the development of the technological schemes for practical use of polymers.

To determine IES, we prepared 1% water solution of

PS and solutions of acetate buffer with different value of pH. To 10 ml of buffer solution we added with 5 ml of PS solution, mixed and measured the time of flow out of equal volume of liquid on viscometer. The result could to be seen in table 4.

Table 4 – Dependence of the PS solution flow out time from pH environment

No	pH	t, sec	H _{rel}
1		27.82	
2	3.2	62.46	2.46
3	3.7	69.33	2.49
4	4.2	61.87	2.22
5	4.7	51.14	1.84
6	5.2	54.33	1.95
7	5.7	56.98	2.05

Graphic dependence of η_{rel} from pH (figure 6) showed that PS macromolecule remains in IEC at pH = 4.7.

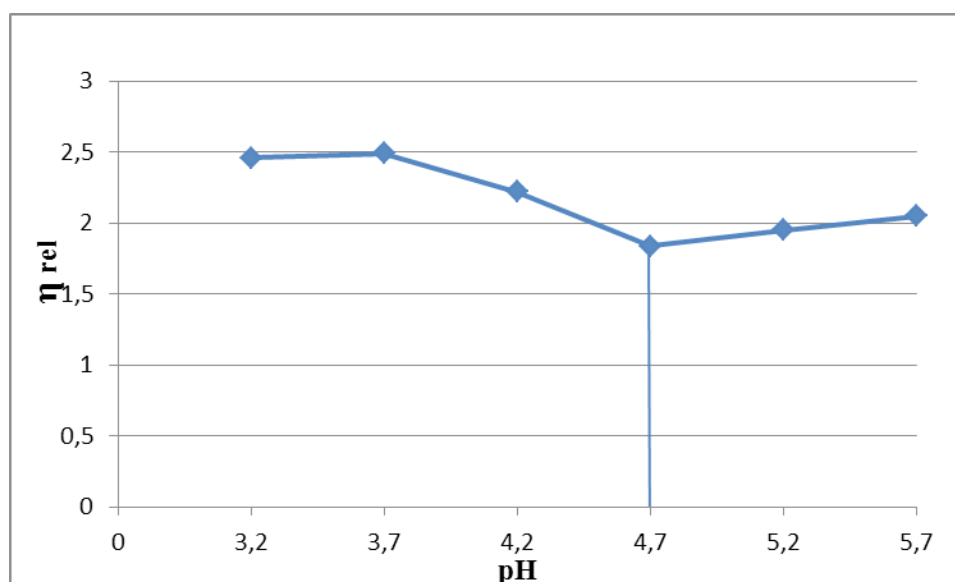


Figure 6 – Dependence of the relative viscosity of 1% PS solution from pH environment

Consequently, due to a small volume of a macromolecule coil, there will be less difficulty for the liquid flow out, which leads to a minimum relative viscosity. Solution viscosity rises with the increase as well as the decrease of pH, because macromolecules uncoil, and their volume rises. As it is seen in the figure, that at low value of pH = 3.2, molecular coil firms up again due to suppression of ionization of positively alike charged ionogenic groups; and viscosity declines again.

Value of IES polyelectrolyte allows influencing such processes as swelling, gelling, Donnan membrane

equilibrium, and etc, that creates conditions for the right choice of one or another technological process or influences the velocity of a physiological process.

Conclusion. In the result of the studies using viscometer method, we have determined a molar weight of PS equal to 45272 g/mol. Huggins constant (1.46) which is connected to a low solubility of PS in water has been determined. We have established that PS, isolated from the solvent cake of *Tagetes patula*, are surface active. We have shown that PS macromolecule is in the state of polyamphion at pH = 4.7.

Библиографический список

1. Ломкина Е.М., Червонная Н.М., Куркин Д.В., Волотова Е.В., Бакулин Д.А., Оганесян Э.Т., Андреева О.А., Тюренков И.Н. ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА БАРХАТЦЕВ НА ЗАЖИВЛЕНИЕ РАН ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ // *Фармация*. 2016. Т. 65. №3. С. 53–56.
2. Червонная Н.М., Андреева О.А. ОБ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ СПИРТО-ВОДНЫХ ИЗВЛЕЧЕНИЙ ИЗ ЦВЕТКОВ БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. №2 (часть 3). URL: www.science-education.ru/ru/article/view?id=23713 (дата обращения 17.04.2017).
3. Карпович Н.С., Донченко Л.В., Нелина В.В. Пектин. Производство и применение. Киев: Урожай, 1989. 88 с.
4. Кочетков Н.К., Бочков А.Ф., Дмитриев Б.А., Усов А.И., Чижов О.С., Шibaев В.Н.. Химия углеводов. М.: Химия, 1967. 672 с.
5. Sinner M., Puls J.J. THE CHROMATOGRAPHIC BEHAVIOUR OF POLYSACCHARIDES // *Chromatography*. 1978. Vol. 156. P.194–204.
6. Мыкоц Л.П., Богдашев Н.Н., Туховская Н.А. Изучение влияния температуры на свойства пектина из стеблей льна // *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: Сб. науч. тр. Пятигорск*, 2008. Вып. 63. С. 309–310.
7. Селина И.И., Пеливанова С.Л., Андреева О.А., Лигай Л.В., Мыкоц Л.П., Оганесян Э.Т. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕКТИНОВ И ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ КРЫЖОВНИКА ОТКЛОНЕННОГО (*GROSSULARIA RECLINATA* (L.) MILL.), ЛИСТЬЕВ ШЕЛКОВИЦЫ ЧЕРНОЙ (*MORUS NIGRA* L.) И ШЕЛКОВИЦЫ БЕЛОЙ (*MORUS ALBA* L.) // *Вопросы биологич., мед. и фармац. химии*. 2013. №10. С. 20–25.
8. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 2006. 444 с.
9. Цветков В.Н., Эскин В.Е., Френкель С.Я. Структура макромолекул в растворах. Наука, 1964. 720 с.
10. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества: Свойства и применение. Л.: Химия, 1981. 304 с.
11. Мыкоц Л.П., Богдашев Н.Н., Нерсисян З.М., Савельева Т.А. Определение параметров адсорбционного слоя, образованного природным высокомолекулярным соединением на границе раздела фаз «раствор-воздух» // *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: Сб. науч. тр. Пятигорск*, 2009. Вып. 64. С. 194–196.

References

1. Lomkina E.M., Chervonnaya N.M., Kurkin D.V., Volotova E.V., Bakulin D.A., Oganessian E.T., Andreeva O.A., Turenkov I.N. VLIYANIE EKSTRAKTA BARKHATTSEV NA ZAZHIVLENIE RAN PRI SAKHARNOM DIABETE [INFLUENCE OF THE TAGETES PATULA EXTRACT ON THE WOUND HEALING AT DIABETES]. *Farmatsiia [Pharmacy]*. 2016. Vol. 65. No. 3. P. 53-56. (In Russ.)
2. Chervonnaya N.M., Andreeva O.A. OB ANTIOKSIDANTNOI AKTIVNOSTI SPIRTO-VODNYKH IZVLECHENII IZ TSVETKOV BARKHATTSEV RASPROSTERTYKH [ABOUT THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ALCOHOL-WATER EXTRACTS FROM THE TAGETES PATULA INFLORESCENCES]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia [Contemporary problems of science and education]*. 2015. No. 2 (part 3). URL: www.science-education.ru/ru/article/view?id=23713 (access data: 17.04.2017). (In Russ.)
3. Karpovich N.S., Donchenko L.V., Nelina V.V. Pektin. Proizvodstvo i primeneniye [Pectin. Production and application]. Kiev: Urozhay, 1989. p. 88. (In Russ.)
4. Kochetkov N.K., Bochkov A.F., Dmitriev B.A., Usov A.I., Chijov O.S., Shibaev V.N. Khimiya uglevodov [Chemistry of carbohydrates]. Moskva: Himiya [Moscow: Chemistry], 1967. p. 672. (In Russ.)
5. Sinner M., Puls J.J. THE CHROMATOGRAPHIC BEHAVIOUR OF POLYSACCHARIDES. *Chromatography*. 1978. Vol.156. P.194–204.
6. Mykots L.P., Bogdashev N.N., Tuhovskaya N.A. Izuchenie vlianiia temperatury na svoistva pektina iz stebel' l'na [Study for the influence of a temperature on pectin properties from Linum seeds]. *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktsii [Development, study, and marketing of new pharmaceutical products: Collected papers]*. Pyatigorsk, 2008. Vol 63. P. 309 – 310. (In Russ.)
7. Selina I.I., Pelivanova S.L., Andreeva O.A., Ligai L.V., Mykots L.P., Oganecyn E.T. FIZIKO-KHIMICHESKIE KHAARAKTERISTIKI PEKTINOV I VODORASTVORIMYKH POLISAKHARIDOV KRYZHOVNIKA OTKLONENNOGO (*GROSSULARIA RECLINATA* (L.) MILL.), LIST'EV SHELKOVITSY CHERNOI (*MORUS NIGRA* L.) I SHELKOVITSY BELOI (*MORUS ALBA* L.) [PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF PECTINS AND WATER SOLUBLE POLYSACCHARIDES OF *GROSSULARIA RECLINATA* (L.) MILL., LEAVES OF *MORUS NIGRA* L., AND *MORUS ALBA* L.] *Voprosy biologicheskoi, medicinskoi i farmatsevticheskoi himii [Problems of biological, medical, and pharmaceutical chemistry]*. 2013. No. 10. P. 20–25. (In Russ.)
8. Schukin E.D., Pertsev A.V., Amalina E.A. Kolloidnaya himiya [Colloidal chemistry]. Moskva: Vicshay shkola [Moscow: Higher school], 2006. P. 444. (In Russ.)
9. Tsvetkov V.N., Eskin V.E., Frenkel S.Y. Struktura makromolekul v rastvorakh [Structure of macromolecules in solutions]. Moskva: Nauka [Moscow: Science], 1964. P. 720. (In Russ.)
10. Abramzon A.A. Poverkhnostno-aktivnye veshchestva. Svoistva i primeneniye [Surface-active substance. Properties and application]. Leningrad: Himiy [Leningrad: Chemistry], 1981. 304 c. (In Russ.)
11. Mykots L.P., Bogdashev N.N., Nersesyan Z.M., Savelyeva T.A. Opredelenie parametrov adsorbtsionnogo sloia, obrazovannogo prirodnyy vysokomolekuliarnym soedineniem na granitse razdela faz «rastvor-vozdukh» [Determination of parameters of adsorption layer, formed by the natural high-molecular compounds at the border of phases “solution-air”]. *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktsii [Development, study, and marketing of new pharmaceutical products: Collected papers]*. Pyatigorsk, 2009. Vol. 64. P. 194-196. (In Russ.)

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Авторы:

Червонная Надежда Михайловна – аспирант кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ Минздрава России. Область научных интересов: химия природных соединений. E-mail: nadezhda.chervonnaya@yandex.ru

Харченко Ирина Ивановна – аспирант кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ Минздрава России. Область научных интересов: химия природных соединений. E-mail: irinselina@yandex.ru

Адзиахметова Симиλλα Леонтьевна – преподаватель кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ Минздрава России. Область научных интересов: химия природных соединений. E-mail: similla503@mail.ru

Мыкоц Лилия Петровна – доцент кафедры неорганической, физической и коллоидной химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ Минздрава России. Область научных интересов: физико-химические свойства природных соединений. E-mail: 58041@mail.ru

Андреева Ольга Андреевна – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ Минздрава России. Область научных интересов: химия природных соединений. E-mail: oa_51934@yandex.ru

Оганесян Эдуард Тоникович – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ Минздрава России. Область научных интересов: химия природных соединений и их синтетических аналогов, исследование промышленных отходов пищевого и фармацевтического производства как дополнительного источника получения лечебно-профилактических средств. E-mail: edwardov@mail.ru

Autors:

Chervonnaya Nadezhda Mikhaylovna – postgraduate student of the Chair of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University. Research interests: chemistry of natural compounds. E-mail: nadezhda.chervonnaya@yandex.ru

Kharchenko Irina Ivanovna – postgraduate student of the Chair of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University. Research interests: chemistry of natural compounds. E-mail: irinselina@yandex.ru

Adzhiakhmetova Similla Leontievna – lecturer of the Chair of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University. Research interests: chemistry of natural compounds. E-mail: similla503@mail.ru

Mykots Liliya Petrovna – Associate Professor of the Chair of Inorganic Chemistry at Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University. Research interests: physical and chemical properties. E-mail: 58041@mail.ru

Andreeva Olga Andreevna – Candidate of Sciences (Chemistry), Associate Professor of the Chair of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University. Research interests: chemistry of natural compounds. E-mail: oa_51934@yandex.ru

Oganesyan Eduard Tonikovich – Doctor of Sciences (Pharmacy), Professor, Head of the Chair of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University. Research interests: chemistry of natural compounds and their synthetic analogues, study for the industrial wastes of food and pharmaceutical production, as additional source for the treatment and preventive drugs obtainment. E-mail: edwardov@mail.ru

Поступила в редакцию: 15.04.2017

Принята к печати: 10.05.2017

Received: 15.04.2017

Accepted for publication: 10.05.2017