

# Изучение процесса адсорбции пектиновых веществ листьев крыжовника отклоненного на границе двух фаз

С.Л. Аджахметова, Л.П. Мыкоц, Н.М. Червонная,  
И.И. Харченко, Н.А. Туховская, Э.Т. Оганесян

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ВолгГМУ;  
Российская Федерация, 357532, Пятигорск, пр. Калинина, д. 11

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Аджахметова Симиλλα Леонтьевна** – преподаватель кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ; кандидат фармацевтических наук. Тел.: +7 (909) 755-71-80. E-mail: similla503@mail.ru

**Мыкоц Лилия Петровна** – доцент кафедры неорганической, физической и коллоидной химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ; кандидат фармацевтических наук. Тел.: +7 (928) 350-23-54. E-mail: 58041@mail.ru

**Червонная Надежда Михайловна** – аспирант кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ. Тел.: +7 (928) 007-47-57. E-mail: nadezhda.chervonnaya@yandex.ru

**Харченко Ирина Ивановна** – аспирант кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ. Тел.: +7 (962) 006-86-82. E-mail: irinselina@yandex.ru

**Туховская Нина Александровна** – преподаватель кафедры аналитической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ; кандидат химических наук. Тел.: +7 (928) 653-37-76. E-mail: ninatuk@mail.ru

**Оганесян Эдуард Тоникович** – заведующий кафедрой органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ВолгГМУ; профессор, доктор фармацевтических наук. Тел.: +7 (928) 911-43-65. E-mail: edwardov@mail.ru

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** В качестве детоксикантов (энтеросорбентов) широко используются пектиновые вещества, содержащиеся в различных растениях. Изучена сорбционная способность пектиновых веществ цветков хризантемы корейской, листьев шелковицы черной, шелковицы белой, лука медвежьего (черемши), крыжовника отклоненного. Накопление биологически активных веществ (БАВ) в растениях зависит от фазы вегетации. Пектиновые вещества характеризуются сорбционными свойствами по отношению к радиоактивным изотопам металлов.

**Цель исследования** – выявить зависимость содержания пектиновых веществ от фазы вегетации на примере листьев крыжовника отклоненного, определить их комплексообразующую способность и поверхностную активность.

**Материал и методы.** Пектиновые вещества выделяли из листьев крыжовника отклоненного. Отнесение пектиновых веществ к поверхностно-активным определяли по величине поверхностного натяжения на разделе фаз жидкость–газ по методу наибольшего давления пузырьков воздуха. Величину адсорбции рассчитывали по уравнению Гиббса, определяли размеры адсорбируемых молекул пектиновых веществ. Сорбционную способность (комплексообразующая активность и сорбционная емкость) полученного пектина изучали по отношению к ионам свинца.

**Результаты.** Выход пектиновых веществ из листьев крыжовника отклоненного значительно выше, чем водорастворимых полисахаридов. Наибольшее их содержание, определенное гравиметрически, наблюдается в июле–августе. Величина поверхностной активности пектиновых веществ крыжовника составила  $0,166 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{кмоль}^{-1}$ . Рассчитаны параметры адсорбционного слоя, образованного молекулами пектиновых веществ: площадь поперечного сечения молекулы –  $6,23 \text{ \AA}^2$ , толщина и объем поверхностного слоя –  $4584 \text{ \AA}$ ,  $28558 \text{ \AA}^3$  соответственно. Большинство ионов свинца (87,5%) связалось пектином, выделенным из листьев крыжовника отклоненного, собранных в августе, что соответствует  $10,4 \text{ мг}$  ионов свинца на  $1 \text{ г}$  сорбента.

**Заключение.** Изучение сорбционной способности и поверхностной активности пектиновых веществ листьев крыжовника позволяет отнести их к группе поверхностно-активных веществ. Максимальный выход пектиновых веществ из листьев крыжовника приходится на период июль–август. Функциональную зависимость величины адсорбции от равновесной концентрации к ионам  $\text{Pb}^{2+}$  можно выразить уравнением Ленгмюра. Максимальное связывание ионов свинца составило 87,5%, что свидетельствует о возможности использования пектиновых веществ листьев крыжовника в качестве биологических детоксикантов.

**Ключевые слова:** крыжовник отклоненный, *Grossularia reclinata* (L.) Mill., листья, пектиновые вещества, адсорбция, поверхностная активность, комплексообразующая способность.

**Для цитирования:** Аджахметова С.Л., Мыкоц Л.П., Червонная Н.М., Харченко И.И., Туховская Н.А., Оганесян Э.Т. Изучение процесса адсорбции пектиновых веществ листьев крыжовника отклоненного на границе двух фаз. Фармация, 2018; 67 (8): 37–43. <https://doi.org/10.29296/25419218-2018-08-06>

INVESTIGATION OF THE ADSORPTION PROCESS OF PECTIC SUBSTANCES FROM GARDEN GOOSEBERRY (*GROSSULARIA RECLINATA*) LEAVES AT TWO INTERFACES

S.L. Adzhiakhmetova, L.P. Mykots, N.M. Chervonnaya, I.I. Kharchenko, N.A. Tukhovskaya, E.T. Oganessian  
Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute, Branch, Volgograd State Medical University, 11, Kalinin Pr., Pyatigorsk, 357532, Russian Federation

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Similya L. Adzhiakhmetova** – Candidate of Pharmaceutical Sciences, teacher of the Department of Organic Chemistry of the Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute – a branch of VolgGMU of the Ministry of Health of Russia; working postal address: Pyatigorsk, Kalinin Ave., 11, 357532, Russia; Tel.: +7 (909) 755-71-80. E-mail: similla503@mail.ru

**Lilia P. Mikotz** – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Inorganic, Physical and Colloid Chemistry, Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute – a branch of VolgGMU of the Ministry of Health of Russia; working postal address: Pyatigorsk, Kalinin Ave., 11, 357532, Russia; Tel.: +7 (928) 350-23-54. E-mail: 58041@mail.ru

**Nadezhda M. Chervonnaya** – postgraduate student of the Department of Organic Chemistry of the Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute – a branch of VolgGMU of the Ministry of Health of Russia; working postal address: Pyatigorsk, Kalinin Ave., 11, 357532, Russia; Tel.: +7 (928) 007-47-57. E-mail: nadezhda.chervonnaya@yandex.ru

**Irina I. Kharchenko** – postgraduate student of the Department of Organic Chemistry of the Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute – a branch of VolgGMU of the Ministry of Health of Russia; working postal address: Pyatigorsk, Kalinin Ave., 11, 357532, Russia; Tel.: +7 (962) 006-86-82. E-mail: irinselina@yandex.ru

**Nina A. Tukhovskaya** – Candidate of Chemistry Sciences, teacher of the Department of Analytical Chemistry of Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute – a branch of VolgGMU of the Ministry of Health of Russia; working postal address: Pyatigorsk, Kalinin Ave., 11, 357532, Russia; Tel.: +7 (928) 653-37-76. E-mail: ninatuk@mail.ru

**Eduard T. Oganessian** – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, head of the Department of Organic Chemistry of the Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute – a branch of VolgGMU of the Ministry of Health of Russia. Tel.: +7 (928) 911-43-65. E-mail: edwardov@mail.ru

SUMMARY

**Introduction.** Pectin substances contained in various plants are widely used as detoxifiers (enterosorbents). The sorption ability of pectic substances was studied in the flowers of Korean chrysanthemum (*Dendranthema zawadsii*), the leaves of black mulberry (*Morus nigra*), white mulberry (*Morus alba*), bear's onion/ramsons (*Allium ursinum*), and garden gooseberry (*Grossularia reclinata*). The pectic substances are characterized by sorption properties with respect to radioactive isotopes of metals.

**Objective:** to identify the relationship of the content of pectic substances to the phase of vegetation, by using the leaves of garden gooseberries as an example, and to determine their complexing ability and surface activity

**Material and methods.** Pectic substances were isolated from garden gooseberry leaves and were assigned to surfactants by the magnitude of surface tension at the liquid/gas interface with the maximum bubble pressure method. Adsorption was calculated using the Gibbs equation; the sizes of the adsorbed molecules of pectic substances were determined. The sorption ability (complexing activity and sorption capacity) for the obtained pectin was studied with respect to lead ions.

**Results.** The yield of pectic substances obtained from gooseberry leaves was significantly higher than that of water-soluble polysaccharides. Their highest content gravimetrically estimated was observed in July and August. The surface activity of pectic substances from gooseberries was  $0.166 \text{ h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kmol}^{-1}$ . The parameters of the adsorption layer formed by the molecules of pectic substances were calculated: the cross-sectional area of a molecule was  $6.23 \text{ \AA}^2$ ; the thickness and volume of the surface layer was  $4584 \text{ \AA}$  and  $28558 \text{ \AA}^3$ , respectively. Most (87.5%) lead ions were bound by pectin isolated from garden gooseberry leaves collected in August, which corresponds to  $10.4 \text{ mg}$  of lead ions per  $\text{g}$  of sorbent.

**Conclusion.** The study of the sorption ability and surface activity of pectic substances from gooseberry leaves makes it possible to assign them to a group of surfactants. The maximum yield of pectic substances from gooseberry leaves is seen in the July-August period. The functional relationship of the adsorption value to the equilibrium concentration to  $\text{Pb}^{2+}$  ions can be expressed by the Langmuir equation. The maximum binding of lead ions was 87.5%, which suggests that pectic substances obtained from gooseberry leaves can be used as biological detoxifiers.

**Key words:** garden gooseberries, *Grossularia reclinata* (L.) Mill., leaves, pectic substances, adsorption, surface activity, complexing ability.

**For citation:** Adzhiakhmetova S.L., Mykots L.P., Chervonnaya N.M., Kharchenko I.I., Tukhovskaya N.A., Oganessian E.T. Investigation of the adsorption process of pectic substances from garden gooseberry (*Grossularia reclinata*) leaves at two interfaces. Farmatsiya (Pharmacy), 67 (8): 37–43. <https://doi.org/10.29296/25419218-2018-08-06>

Введение

Вследствие ухудшения экологической ситуации происходит загрязнение окружающей среды и повышение риска токсического поражения человека пищевыми продуктами рас-

тительного и животного происхождения. В настоящее время в качестве детоксикантов (энтеросорбентов) все шире используются пектиновые вещества (ПВ), содержание которых в различных частях растений зависит от фазы вегетации.

Ранее была изучена сорбционная способность пектиновых веществ, выделенных: из цветков хризантемы корейской (*Chrysanthemum x koreanum* Makai), листьев шелковицы черной (*Morus nigra* L.), шелковицы белой (*Morus alba* L.), лука медвежьего (черемши) (*Allium ursinum* L.), крыжовника отклоненного (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.). Максимальное извлечение ионов свинца (II) составляет 30, 49,4, 50,1 и 65,3% соответственно [1–3].

От природы и растворителя зависит поверхностная активность веществ. Поверхностно-активные вещества способны выполнять роль стабилизаторов, солюбилизаторов [4]. Известно, что ПВ характеризуются сорбционными свойствами по отношению к радиоактивным изотопам цезия, кобальта, стронция, циркония, рутения и другим металлам [5–7].

Цель исследования – выявить зависимость содержания пектиновых веществ от фазы вегетации на примере листьев крыжовника отклоненного, определить их комплексообразующую способность и поверхностную активность на границе жидкость – газ и твердое – жидкость.

### Материал и методы

Выделение полисахаридов из листьев крыжовника отклоненного, собранных в июле–августе 2017 г., осуществляли по фракциям, используя метод Н.К. Кочеткова и М. Sinner [8–10]: фракция I – водорастворимые полисахариды (ВРПС), фракция II – ПВ. Для исследований использовали серию водных растворов, полученных ПВ с концентрацией от 0,03 до 1,0%.

Важной характеристикой поверхности раздела фаз жидкость–газ является величина поверхностного натяжения, которая позволяет оценить возможность отнесения ПВ к группе поверхностно-активных веществ. Для исследования использовали метод наибольшего давления пузырьков воздуха по Ребиндеру [4].

Давлению пропорционально поверхностное натяжение, которое рассчитывали по уравнению:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_0 \cdot h_x}{h_0} \quad (1),$$

где:  $\sigma_0$  – справочное значение поверхностного натяжения воды при температуре опыта (Н/м);  $\sigma_x$  – поверхностное натяжение раствора (Н/м);  $h_x$ ,  $h_0$  – разность уровней манометрической жидкости.

Величину адсорбции рассчитывали по уравнению Гиббса:

$$\Gamma = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} \cdot \frac{C}{RT} \quad (2),$$

где  $\Gamma$  – избыток адсорбированного вещества на поверхности раздела, кмоль/м<sup>2</sup>;  $\Delta\sigma$  – изменение поверхностного натяжения раствора по сравнению с водой;  $\Delta C$  – изменение концентрации раствора ПВ по сравнению с ближайшим в сторону уменьшения раствора данного ряда;  $R$  – универсальная газовая постоянная (8,31 10<sup>3</sup> Дж/кмоль · К);  $T$  – абсолютная температура.

С ростом концентрации вещества в растворе наступает предел адсорбции ( $\Gamma_\infty$ ), который определяется по графической зависимости  $1/\Gamma$  от  $1/C$ , экстраполируя его до пересечения с осью ординат, получая  $1/\Gamma_\infty$ . На основе представления о плотной упаковке молекул в монослое при предельной адсорбции ( $\Gamma_\infty$ ), вычисляли площадь, занимаемую одной молекулой ( $S$ ), толщину и объем поверхностного слоя:

$$S = \frac{1}{N_A \cdot \Gamma_\infty} \quad (3),$$

где  $S$  – площадь, приходящаяся на одну молекулу ПВ в адсорбционном слое;  $\Gamma_\infty$  – предельный поверхностный избыток;  $N_A$  – число Авогадро.

Толщину адсорбционного слоя ( $l$ ), принимаемую равной длине молекулы ПВ, рассчитывали по формуле:

$$l = \frac{\Gamma_\infty \cdot M}{\rho} \quad (4),$$

где  $M$  – молекулярная масса ПВ;  $\rho$  – плотность растворов, принятая равной плотности растворителя.

Объем поверхностного слоя ( $V$ ) находили по формуле:  $V = S \times l$  (5).

Величину поверхностной активности ( $g$ ) при  $C \rightarrow 0$  определяли графическим методом, по величине тангенса угла, образованного касательной, проведенной к изотерме поверхностного натяжения:

$$g = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} = \text{tga} \quad (6).$$

Сорбционную способность полученного пектина изучали по отношению к ионам свинца. Определяли комплексообразующую активность и сорбционную емкость. С этой целью точную навеску пектина (0,1 г) помещали в химический стакан объемом 100 мл, добавляли 30 мл воды очи-

щенной и перемешивали с помощью магнитной мешалки до полного растворения. При добавлении к водному раствору ПВ стандартного раствора ацетата свинца (0,035Н) наблюдали выпадение рыхлого осадка пектата свинца. Через 10, 20, 30, 40, 50 и 60 мин раствор центрифугировали, фильтровали и проводили титрование в надосадочной жидкости [5, 6].

Сорбционную емкость ПВ оценивали на основе экспериментальных данных по величине адсорбции (А) [3, 5]:

$$A = \frac{x}{m} = \frac{[(C)_0 - C_{\text{равн.}}] \cdot V}{m} \quad (7),$$

где  $A=x/m$  – количество вещества, поглощенное единицей массы адсорбента;  $C_0, C_{\text{равн.}}$  – исходная и равновесная концентрации раствора соответственно, ммоль/л;  $V$  – объем раствора;  $m$  – масса навески сорбента, г.

Адсорбционная способность (А) зависит от природы поверхности адсорбента, концентрации и теоретически может быть описана уравнениями Фрейндлиха ( $A_{\text{ф}}$ ) и Ленгмюра ( $A_{\text{л}}$ ). При этом используется графическая зависимость  $1/A = f(1/C)$ .

**Выход пектиновых веществ из листьев крыжовника по месяцам**

| Показатель       | Июнь      | Июль      | Август    | Сентябрь  |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Содержание ПВ, % | 6,42±0,25 | 6,88±0,25 | 7,54±0,20 | 6,67±0,16 |

**Зависимость величины поверхностного натяжения от концентрации растворов ПВ**

| С, % | $C \cdot 10^5$ , кмоль/м <sup>3</sup> | $\sigma \cdot 10^3$ , Н/м | $-\Delta\sigma \cdot 10^3$ , Н/м | $\Gamma \cdot 10^{10}$ , кмоль/м <sup>2</sup> | $\Gamma_{\text{ср}} \cdot 10^{10}$ |
|------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|
| 0    |                                       | 72,44                     |                                  |   | 266,7                              |
| 0,03 | 1,78                                  | 66,87                     | 5,57                             | 45,44   |                                    |
| 0,06 | 3,56                                  | 63,15                     | 9,29                             | 75,79   |                                    |
| 0,13 | 7,72                                  | 61,08                     | 11,36                            | 92,68   |                                    |
| 0,25 | 14,84                                 | 58,51                     | 13,93                            | 113,65  |                                    |
| 0,30 | 17,81                                 | 57,58                     | 14,86                            | 121,23  |                                    |
| 0,40 | 23,74                                 | 52,01                     | 20,43                            | 166,68  |                                    |
| 0,50 | 29,67                                 | 50,15                     | 22,29                            | 181,85  |                                    |
| 0,60 | 35,61                                 | 48,29                     | 24,15                            | 197,03  |                                    |
| 1,0  | 59,35                                 | 46,44                     | 26,00                            | 212,12  |                                    |

Уравнение Фрейндлиха:  $A = KC^{1/n}$  (8), где  $K$  и  $1/n$  – константы;  $C$  – равновесная концентрация. Для разбавленных растворов адсорбция лучше описывается уравнением Ленгмюра:

$$A = \frac{A_{\infty} \cdot C}{b + c} \quad (9),$$

где:  $A_{\infty}, b$  – константы;  $C$  – равновесная концентрация, ммоль/л.

### Результаты и обсуждение

В ходе исследования гравиметрически было установлено, что наибольшее накопление ПВ в листьях крыжовника происходит в июле–августе в фазу плодоношения (табл. 1). Гравиметрический выход ВРПС из листьев крыжовника отклоненного был значительно ниже (0,400±0,016%), чем у ПВ. Поэтому в дальнейших исследованиях использовали ПВ. Расчеты проводили с учетом найденной ранее величины средней молекулярной массы (М), выделенных из листьев крыжовника ПВ, которая составила 16849 г/моль [11].

На следующем этапе исследований определяли поверхностную активность и размер молекул поверхностно-активных веществ (табл. 2). По изотерме поверхностного натяжения (рис. 1) рассчитывали поверхностную активность (g), величина которой составила 0,166 Н·м<sup>2</sup>·кмоль<sup>-1</sup>.

Таблица 1

Таблица 2

Согласно результатам исследования, ПВ листьев крыжовника отклоненного относятся к группе поверхностно-активных веществ. Рассчитанные параметры адсорбционного слоя, образованного молекулами ПВ, составили: площадь поперечного сечения молекулы – 6,23А<sup>2</sup>, толщина и объем поверхностного слоя – 4584 А, 28558 А<sup>3</sup> соответственно.

Так как пектины относятся к числу природных детоксикантов, изучалась комплексообразующая способность ПВ. Определяли изменение концентрации ионов свинца (II) от времени сорбции в водной фазе растворов при контакте с пектином. Как показали полученные результаты (табл. 3), равновесие в системе насыщения поверхности ПВ ионами свинца во

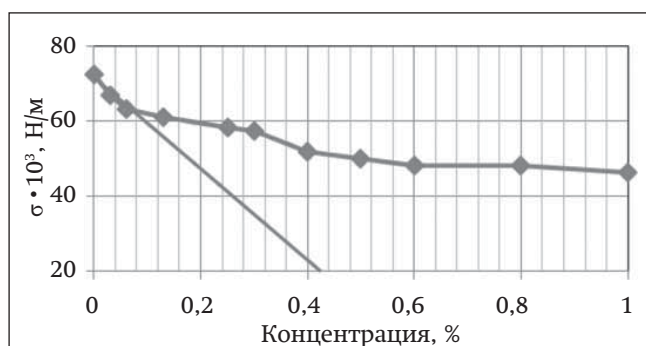


Рис. 1. Изотерма поверхностного натяжения

Процесс сорбции обычно описывают как химическую реакцию. Кинетические исследования показали, что она протекает по реакции I порядка, что подтверждается линейностью зависимости  $\lg C$  от времени.

Для описания процесса адсорбции применяют уравнение Фрейндлиха или Ленгмюра. Выбор конкретного уравнения зависит от природы адсорбента и концентрации адсорбтива. Величины констант находят по графической зависимости  $\ln A = f(\ln \Delta c)$ . Величина отрезка, отсекаемого прямой по оси ординат, устанавлива-

Таблица 3

### Содержание ионов свинца (Pb) в водной фазе растворов пектиновых веществ крыжовника отклоненного

| t, мин | Объем, мл |      |        |          | Содержание Pb <sup>2+</sup> , мг |      |        |          | Процент связывания ионов Pb <sup>2+</sup> |      |        |          | Комплексообразующая способность, мг/г |       |        |          |
|--------|-----------|------|--------|----------|----------------------------------|------|--------|----------|---|------|--------|----------|---------------------------------------|-------|--------|----------|
|        | июнь      | июль | август | сентябрь | июнь                             | июль | август | сентябрь | июнь                                      | июль | август | сентябрь | июнь                                  | июль  | август | сентябрь |
| 0      | 4,0       | 4,0  | 4,0    | 4,0      | 82,9                             | 82,9 | 84,9   | 82,9     | -   | -    | -      | -        | -                                     | -     | -      | -        |
| 10     | 1,6       | 1,3  | 1,2    | 1,4      | 33,2                             | 26,9 | 24,0   | 29,0     | 60,0                                      | 67,6 | 70,0   | 65,0     | 497,0                                 | 560,0 | 580,0  | 539,0    |
| 20     | 1,5       | 1,2  | 1,2    | 1,3      | 31,1                             | 24,9 | 10,4   | 26,9     | 62,5                                      | 70,0 | 70,0   | 67,6     | 518,0                                 | 580,0 | 580,0  | 580,0    |
| 30     | 1,4       | 1,2  | 0,5    | 1,2      | 29,0                             | 24,9 | 10,4   | 24,9     | 65,0                                      | 70,0 | 87,5   | 70,0     | 539,0                                 | 580,0 | 725,4  | 580,0    |
| 40     | 1,4       | 1,2  | 0,5    | 1,2      | 29,0                             | 24,9 | 10,4   | 24,9     | 65,0                                      | 70,0 | 87,5   | 70,0     | 539,0                                 | 580,0 | 725,4  | 580,0    |
| 50     | 1,4       | 1,2  | 0,5    | 1,2      | 29,0                             | 24,9 | 10,4   | 24,9     | 65,0                                      | 70,0 | 87,5   | 70,0     | 539,0                                 | 580,0 | 725,4  | 580,0    |

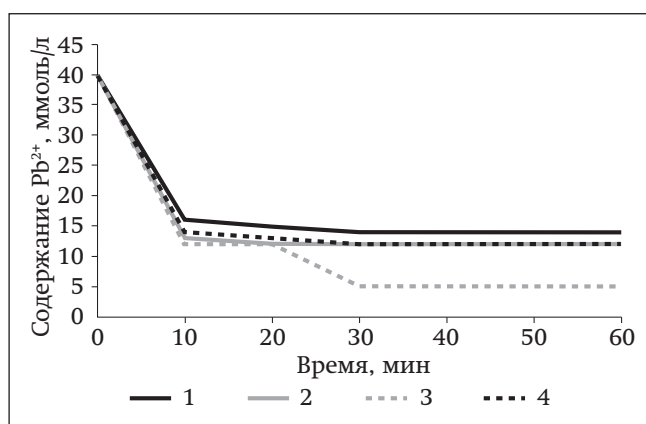


Рис. 2. Зависимость содержания ионов свинца от времени (1 – июнь, 2 – июль, 3 – август, 4 – сентябрь)

всех периодах вегетации происходит через 30 мин (рис. 2). Важно отметить, что максимальное связывание ионов свинца (87,5%) происходило с ПВ, выделенными из листьев крыжовника, собранных в августе.

ет значение константы  $K$ . Тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс определяет адсорбционный показатель. Константа  $A_{\infty}$  находилась по величине отрезка, отсекаемого прямой от оси ординат. Соблюдая условие, что  $b=c$  при  $A_{\infty}/2$ , вычисляли константу  $b$  по отрезку, найденному на оси абсцисс. [7, 8, 10]. Результаты представлены в табл.4, 5.

Установлено, что максимальное связывание ионов свинца пектином листьев крыжовника отклоненного, собранных в августе, в течение 30 мин составило 87,5%. В пересчете на 1 г сорбента – 10,4 мг ионов свинца. Функциональная зависимость величины адсорбции от равновесной концентрации к ионам свинца обычно описывается уравнением Ленгмюра (см. табл. 5).

### Заключение

Таким образом, как показали результаты исследования, выход пектиновых веществ из листьев крыжовника отклоненного значительно выше, чем водорастворимых полисахаридов,

Таблица 4

**Коэффициенты уравнений Фрейндлиха и Ленгмюра для пектиновых веществ листьев крыжовника**

| Объект                             | Июнь                            | Июль                         | Август                          | Сентябрь                           |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| ПВ листьев крыжовника отклоненного | Уравнение Фрейндлиха            |                              |                                 |                                    |
|                                    | $K=1,78;$<br>$1/n=1,05$         | $K=1,74;$<br>$1/n=1,1$       | $K=1,59;$<br>$1/n=1,11$         | $K=1,59;$<br>$1/n=1,0$             |
|                                    | Уравнение Ленгмюра              |                              |                                 |                                    |
|                                    | $A_{\infty}=200;$<br>$b=222,22$ | $A_{\infty}=250;$<br>$b=333$ | $A_{\infty}=333,33;$<br>$b=500$ | $A_{\infty}=285,71;$<br>$b=333,33$ |

суммарных фитокомплексов. Автореф. дис. канд. фарм. наук. Пенза, 2009; 24.

2. Манукян К.А., Мыкоц Л.П., Компанцева. Е.В. Изучение сорбционной способности пектина из лука медвежьего (черемши) (*Allium ursinum* L.) по отношению к ионам свинца (II). Известия Самарского научного центра РАН, 2012; 14 (1–9) 2263–5.

3. Аджиахметова С.Л., Селина И.И., Лигай Л.В. и др. Исследование сорбционной способности пектинов и водорастворимых полисахаридов

Таблица 5

**Результаты экспериментального нахождения величины адсорбции ПВ**

| t, мин | $\Delta C$ , ммоль/л |      |        |          | $A_3$ , ммоль/г |      |        |          | $A_6$ , ммоль/г |       |        |          | $A_{17}$ , ммоль/г |       |        |          |
|--------|----------------------|------|--------|----------|-----------------|------|--------|----------|-----------------|-------|--------|----------|--------------------|-------|--------|----------|
|        | июнь                 | июль | август | сентябрь | июнь            | июль | август | сентябрь | июнь            | июль  | август | сентябрь | июнь               | июль  | август | сентябрь |
| 0      | –                    | –    | –      | –        | –               | –    | –      | –        | –               | –     | –      | –        | –                  | –     | –      | –        |
| 10     | 24                   | 27   | 28     | 26       | 20,0            | 22,5 | 23,3   | 21,7     | 50,08           | 65,25 | 64,03  | 41,21    | 19,49              | 18,75 | 17,68  | 20,67    |
| 20     | 25                   | 28   | 28     | 27       | 20,8            | 23,3 | 23,3   | 22,5     | 52,27           | 67,91 | 64,03  | 42,80    | 20,22              | 19,39 | 17,68  | 21,41    |
| 30     | 26                   | 28   | 35     | 28       | 21,7            | 23,3 | 29,2   | 23,3     | 54,47           | 67,91 | 82,02  | 44,38    | 20,95              | 19,39 | 21,81  | 22,14    |
| 40     | 26                   | 28   | 35     | 28       | 21,7            | 23,3 | 29,2   | 23,3     | 54,47           | 67,91 | 82,02  | 44,38    | 20,95              | 19,39 | 21,81  | 22,14    |
| 50     | 26                   | 28   | 35     | 28       | 21,7            | 23,3 | 29,2   | 23,3     | 54,47           | 67,91 | 82,02  | 44,38    | 20,95              | 19,39 | 21,81  | 22,14    |

причем наибольшее их содержание установлено в июле–августе. Выявлена поверхностная активность пектиновых веществ, определены размеры адсорбируемых молекул пектиновых веществ и величина их адсорбции на поверхности раздела. Рассчитана сорбционная способность пектиновых веществ по отношению к ионам свинца: максимальное связывание ионов свинца составило 87,5%. Следовательно, пектиновые вещества листьев крыжовника отклоненного целесообразно использовать в качестве биологических детоксикантов.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Литература**

1. Кодониди М.И. Химическое исследование цветков хризантемы корейской (*Chrysanthemum x koreanum* Makai.) с целью получения фармакологически активных

крыжовника отклоненного (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.), листьев шелковицы черной (*Morus nigra* L.) и шелковицы белой (*Morus alba* L.). Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация., 2013; 22 (14): 170–3.

4. Шукин Е.Д., Перцев А.В., Амалис А.Е. Коллоидная химия. М.: Высшая школа, 2006; 444.

5. Мыкоц Л.П., Туховская Н.А., Бондарь С.Н. Определение кинетики сорбции катиона металла пектином из цитрусовых. Успехи современного естествознания, 2010; 6: 55–7.

6. Мыкоц Л.П., Романцова Н.А., Гущина А.В. Изучение сорбционной способности пектина, выделенного из плодов калины обыкновенной, по отношению к ионам свинца. Фундаментальные исследования, 2013; 3–1: 197–200.

7. Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах. Биоорганическая химия, 2009; 5 (3): 293–310.

8. Хотимченко Ю.С., Кропотов А.В., Хотимченко М.Ю. Фармакологические свойства пектинов. Эфферентная терапия, 2001; 7 (4): 2236.

9. Чочетков Н.К., Бочков А.Ф., Дмитриев Б.А. и др. Химия углеводов. М.: Химия, 1967; 672.

10. Никитина В.С., Гайнанова Л.Т., Абдуллин М.И., Беспалова А.А. Пектиновые вещества корней лопуха обыкновенного *Arctium lappa* L. и корней одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* Wigg. Химия растительного сырья, 2012; 2: 21–6.

11. Селина И.И., Пеливанова С.Л., Андреева О.А. и др. 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 биологической, медицинской и фармацевтической химии, 2013; 10: 20–5.

Поступила 10 августа 2018 г.

### References

1. Kodonidi M.I. Chemical study of Korean chrysanthemum flowers (*Chrysanthemum x koreanum* Makai.) in order to obtain pharmacologically active total phytocomplexes. Author's abstract. Dis. Cand. Pharm. Science. Pyatigorsk, 2009; 24 (in Russian).

2. Manukyan K.A., Mykots L.P., Kompantseva E.V. Study of the sorption ability of pectin from *Allium ursinum* L. with respect to lead (II) ions. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2012; 14 (1–9): 2263–5 (in Russian).

3. Adzhiakhmetova S.L., Selina I.I., Ligay L.V. et al. A study of the sorption ability of pectins and water-soluble polysaccharides *Grossularia reclinata* (L.) Mill., the leaves of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. Nauchie vedomosti BelGU. Seriya: Meditsina. Farmatsiya., 2013; 22 (141): 170–3 (in Russian).

4. Shchukin E.D., Pertsev A.V., Amalis A.E. Colloid chemistry. Moscow: Vysshaya shkola, 2006; 444 (in Russian).

5. Mykot L.P., Tukhovskaya N.A., Bondar S.N. Determination of the kinetics of metal cation sorption by pectin from citrus. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya, 2010; 6: 55–7 (in Russian).

6. Mykoz L.P., Romantsova N.A., Gushchina A.V. A study of the sorption ability of pectin isolated from the fruits of the viburnum ordinary, with respect to lead ions. Fundamentalnye issledovaniya, 2013; 3–1: 197–200 (in Russian).

7. Ovodov Yu.S. Modern ideas about pectin substances. Bioorganicheskaya Khimiya, 2009; 5 (3): 293–310 (in Russian).

8. Khotimchenko Yu.S., Kropotov A.V., Khotimchenko M.Yu. Pharmacological properties of pectins. Efferentnaya terapiya, 2001; 7 (4): 2236 (in Russian).

9. Kochetkov N.K., Bochkov A.F., Dmitriev B.A. et al. Chemistry of carbohydrates. Moscow: Chemistry, 1967; 672 (in Russian).

10. Nikitina V.S., Gaynanova L.T., Abdullin M.I., Bespalova A.A. The pectin substances of the burdock roots of *Arctium lappa* L. and the roots of *Taraxacum officinale* Wigg. Khimiya rastitel'nogo Syriya, 2012; 2: 21–6 (in Russian).

11. Selina I.I., Pelivanova S.L., Andreeva O.A. et al. Physico-chemical characteristics of pectins and water-soluble polysaccharides of *Grossularia reclinata* (L.) Mill., leaves of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii, 2013; 10: 20–5 (in Russian).