

УДК 582.998.1

НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В СЫРЬЕ НЕКОТОРЫХ ТАКСОНОВ РОДА *PAEONIA* L.

© А.А. Реут^{1*}, С.Г. Денисова¹, К.А. Пупыкина²

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Менделеева, 195/3, Уфа, 450080 (Россия), e-mail: cvetok.79@mail.ru

² Башкирский государственный медицинский университет, ул. Ленина, 3, Уфа, 450000 (Россия), e-mail: flowers-ufa@yandex.ru

Основной целью статьи являлось изучение содержания биохимического состава разного сырья (цветки, листья, стебли, корни) некоторых представителей рода *Paeonia* L. (виды – *P. peregrina* Mill., *P. officinalis* L., *P. lactiflora* Pall., *P. delavayi* Franch., сорта *P. lactiflora* – Мечта С.П. Королева, Ольга Кравченко, Полярник 8, Сабантуй), интродуцированных и выращенных на базе Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук для дальнейшего использования в качестве нового источника лекарственного растительного сырья. Наличие аминокислот определяли на аминокислотном анализаторе ААА-339 (ЧССР), элементный состав – методом атомно-абсорбционной спектрометрии. В результате товароведческого анализа установлено, что в листьях пиона в максимальных количествах накапливаются аскорбиновая кислота и крахмал; в корнях – сахара; в стеблях – клетчатка; в цветках – каротиноиды и протеин. Изучение элементного состава пиона показало, что *P. peregrina* по количественному содержанию кальция, фосфора, железа, меди, марганца превосходит другие виды пиона; среди сортов максимальные значения натрия, кальция, меди и йода отмечены у сорта Ольга Кравченко. Выявлено наличие 14 аминокислот, 9 из которых являются незаменимыми. Максимальное накопление аминокислот наблюдается в листьях у большинства видов и в стеблях у сортов пиона. Сумма незаменимых аминокислот составляет 2.51–4.88 мг/%, сумма всех аминокислот – 5.96–9.46 мг/%, что отражает биологическую ценность объектов исследования.

Ключевые слова: *Paeonia* L., надземные и подземные органы, элементный состав, аминокислоты, Республика Башкортостан.

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и в рамках государственного задания ИУБСИ УФИЦ РАН по теме АААА-А18-118011990151-7.

Введение

В последние годы возрос интерес к проблеме интродукции растений, содержащих ценные биологически активные вещества (эфирные масла, полисахариды, аминокислоты, витамины и др.), необходимые организму человека. В связи с этим возникла потребность в изучении химического состава растительного сырья представителей рода *Paeonia* L. как перспективного источника биологически активных веществ [1]. Со-

Реут Антонина Анатольевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
e-mail: cvetok.79@mail.ru

Денисова Светлана Галимулловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник,
e-mail: svetik-7808@mail.ru

Пупыкина Кира Александровна – доктор фармацевтических наук, профессор,
e-mail: flowers-ufa@yandex.ru

гласно литературным источникам, в корнях пионов обнаружены свободные салициловая и бензойная кислоты, эфирные масла, дубильные вещества, пинофлуоресцин, глюкозид салицин [2–4]. В лекарственных целях в официальной медицине используется только *P. anomala* L. Однако в настоящее время объем заготовок сырья данного вида сдерживается рядом факторов: популяции малочисленные,

* Автор, с которым следует вести переписку.

повторный сбор допускается не раньше чем через пять лет [5, 6]. Поэтому использование сортов пиона как морфологически близких объектов может решить проблему недостаточных объемов заготовок лекарственного растительного сырья.

Необходимо отметить, что подробное изучение содержания аскорбиновой кислоты и флавоноидов некоторых сортов рода *Paeonia* проведено в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси [7–9]. Работы по сравнительному изучению *P. anomala* и садовых сортов пиона выполнены в Пермской государственной фармацевтической академии. Установлено, что трава сортов пиона может быть использована в качестве альтернативного источника сырья [10]. В 2012–2013 гг. на базе Ботанического сада-института УНЦ РАН были проведены первоначальные исследования по изучению содержания аминокислот, макро- и микроэлементов в разном сырье некоторых видов рода *Paeonia* (*P. hybrida* Pall., *P. tenuifolia* L., *P. anomala* L., *P. lactiflora* Pall.) [11, 12].

Цель нашего исследования – изучение биохимического состава разного сырья некоторых видов и сортов рода *Paeonia* для дальнейшего использования в качестве нового источника лекарственного растительного сырья.

Экспериментальная часть

Объектами исследований являлись четыре вида (*P. peregrina* Mill., *P. officinalis* L., *P. lactiflora* Pall., *P. delavayi* Franch.) (сем. Раеониасеае) и четыре сорта пиона, созданные на основе *P. lactiflora* (Мечта С.П. Королева, Ольга Кравченко, Полярник 8, Сабантуй), селекции Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (далее – ЮУБСИ УФИЦ РАН).

Климат района исследований – континентальный, с продолжительной холодной зимой и умеренно теплым летом, большой изменчивостью температуры воздуха, особенно весной и осенью. Среднегодовая температура воздуха равна +2.6 °С, среднемесячная температура воздуха в январе – -14.3 °С, в июле – +19.3 °С; абсолютный минимум – -53 °С, абсолютный максимум – +37 °С; среднегодовое количество осадков – 580 мм [13]. Почвообразующими породами служат элювий и делювиальные желто-бурые суглинки. Почва отличается большой уплотненностью [14].

Фитохимические исследования проводили в 2017 году на кафедре фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии Башкирского государственного медицинского университета. Для фитохимического исследования были взяты цветки, стебли, листья и корни объектов исследований, интродуцированных и выращенных на базе ЮУБСИ УФИЦ РАН [15].

Для проведения анализа с 10 средневозрастных генеративных растений каждого таксона в фазе цветения (май–июнь) брали цветки, листья и стебли. Сбор надземных частей интродуцентов проводили в утренние часы. Корни выкапывали в конце сентября – начале октября (до первых заморозков). Корни очищали от примесей, промывали в проточной, а затем – в дистиллированной воде. Для количественного анализа цветки, стебли, листья и корни высушивали до воздушно-сухого состояния, затем измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 1 мм [16].

Оценка качества исследуемых образцов сырья проводилась в соответствии с нормативными документами по следующим показателям: макроскопический анализ, микроскопия, числовые показатели (влажность, зола общая и зола, не растворимая в 10% растворе хлористоводородной кислоты), качественный анализ, количественное определение [17–19]. Для определения влажности в лекарственном растительном сырье применяли метод высушивания до постоянной массы при температуре 100–105 °С [17].

Товароведческий анализ сырья пионов проводился общепринятыми фармакопейными методами по показателям влажность, общая зола и зола, не растворимая в кислоте хлороводородной [18]. Нормирование уровня минеральных веществ является условием получения качественного сырья. С этой целью определяется содержание общей золы, а для сырья, используемого для изготовления настоев и отваров, – содержание золы, не растворимой в 10% растворе хлористоводородной кислоты. Для установления содержания золы определяли несгораемый остаток неорганических веществ, остающийся после сжигания и прокаливания сырья. Зола, не растворимая в 10% хлористоводородной кислоте, представляет собой остаток после обработки общей золы хлористоводородной кислотой. Все анализы выполнялись в трехкратной повторности.

Определение аминокислот в исследуемых образцах проводили на аминокислотном анализаторе ААА-339 (ЧССР) в стандартных условиях, используемых для разделения белковых гидролизатов [18]. Элементный состав определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии [19]. Метод основан на определении натрия, калия, кальция и магния с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии в разведенной пробе, в которую для предотвращения частичной ионизации металлов в пламени при определении натрия и калия с целью видоизменения матрицы добавлен хлорид цезия, а при определении кальция и магния – лантан. Статистическую обработку данных по биохимии сырья проводили в соответствии с требованиями «Государственной фармакопеи» с использованием критерия Стьюдента и пакета программ Excel и Statistica 10.0 [20].

Обсуждение результатов

В результате товароведческого анализа было установлено, что показатель влажность сырья не превышает 8%, зола общая – в пределах 8%, показатель – зола, не растворимая в 10% растворе хлороводородной кислоты, – не более 3.00% (табл. 1).

В результате биохимического анализа установлено, что в листьях в максимальных количествах накапливаются аскорбиновая кислота и крахмал; в корнях – сахара; в стеблях – клетчатка; в цветках – каротиноиды, протеин.

Показано, что содержание сахара в корнях пионов выше, чем в листьях (в 2.9–6.2 раза; максимальная разница у сорта Ольга Кравченко), стеблях (в 1.2–3.3 раза; максимум у *P. lactiflora*) и цветках (в 1.3–2.5 раза; максимум у *P. peregrina* и сорта Полярник 8). Максимальное содержание сахара выявлено у *P. peregrina* и сорта Полярник 8, минимальное – у *P. delavayi*. По содержанию каротиноидов лидирующее положение занимают цветки (21.24–26.82%). В других видах сырья его содержание в 1.2–1.4 раза ниже. Максимальное содержание каротиноидов отмечено у *P. delavayi* и сорта Полярник 8, минимальное – у *P. peregrina*. Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты выявлено в листьях исследуемых образцов от 0.111 до 0.464%. В цветках, стеблях и листьях значение этого показателя в 1.2–3.7 раз меньше. Максимальное содержание аскорбиновой кислоты в листьях отмечено у *P. officinalis* и сорта Полярник 8, минимальное – у *P. lactiflora*.

Таким образом, установлено, что сырье вида *P. peregrina* в максимальном количестве накапливает сахара, крахмал, *P. delavayi* – каротин, дубильные вещества и клетчатку, *P. lactiflora* – протеин, *P. officinalis* – аскорбиновую кислоту. Среди сортов лидером по содержанию сахаров, каротиноидов и аскорбиновой кислоты является Полярник 8, дубильных веществ и крахмала – Сабантуй, протеина – Мечта С.П. Королева, клетчатки – Ольга Кравченко. Необходимо отметить, что виды пиона, по сравнению с сортами, в количественном отношении накапливают больше биологически активных веществ (табл. 1).

Также был изучен элементный состав сырья пионов. Используемая методика позволила выявить только девять макро- и микроэлементов (табл. 2). Сравнительное изучение элементного состава сырья пионов позволило отметить следующее: максимальным содержанием натрия, кальция, меди и йода отличались листья изучаемых пионов, что в 1.2–19.0 раз выше, чем в других видах сырья. Выявлено, что листья *P. delavayi* лидируют по содержанию натрия и йода, *P. peregrina* – кальция, меди, а сорт Ольга Кравченко – по всем четырем данным элементам.

В корнях обнаружено более высокое содержание железа и марганца (в 1.2–14.5 раз выше, чем в листьях, стеблях и цветках). Максимальное количество данных элементов отмечено у *P. peregrina* и сортов Памяти С.П. Королева и Сабантуй. В стеблях скапливается большее количество калия (в 2.1–29.0 раз больше, чем в другом сырье). По содержанию данного элемента лидирующее положение занимает *P. lactiflora* и сорт Сабантуй.

Таким образом, в результате изучения элементного состава установлено, что *P. peregrina* по количественному содержанию кальция, фосфора, железа, меди, марганца превосходит другие виды пиона. Среди сортов максимальные значения натрия, кальция, меди и йода отмечены у сорта Ольга Кравченко.

В результате биохимического исследования сырья пионов было выявлено наличие 14 аминокислот (лизин, метионин, цистеин, гистидин, аргинин, треонин, серин, пролин, глицин, валин, изолейцин, лейцин, тирозин, фенилаланин), девять из которых являются незаменимыми (табл. 3). Максимальное накопление аминокислот наблюдается в листьях у большинства видов и в стеблях у сортов пиона. Сумма незаменимых аминокислот составляет 2.51–4.88 мг/%, сумма всех аминокислот – 5.96–9.46 мг/%, что отражает биологическую ценность объектов исследования.

Таблица 1. Содержание БАВ в исследуемых образцах пиона

Виды и сорта	Вид сырья	Влажность, %	Зола общая, %	Зола, не раств. в 10% НСІ	Сахара, %	Каротиноиды, %	Аскорбиновая кислота, %	Дубильные вещества, %	Протеин, %	Клетчатка, %	Крахмал, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>P. peregrina</i>	1	6.45± 0.19	1.47± 0.04	0.15± 0.01	3.47± 0.10	21.24± 0.60	0.097± 0.003	10.33± 0.30	7.46± 0.22	28.94± 0.84	17.95± 0.50
	2	5.57± 0.17	3.90± 0.12	1.26± 0.03	3.98± 0.11	18.55± 0.50	0.112± 0.002	9.90± 0.27	3.98± 0.11	36.14± 1.06	2.03± 0.06
	3	6.54± 0.19	0.66± 0.02	0.23± 0.01	2.14± 0.06	20.49± 0.61	0.113± 0.002	12.23± 0.34	3.42± 0.09	31.79± 0.90	19.03± 0.51
	4	6.19± 0.18	7.60± 0.20	2.87± 0.08	8.81± 0.25	16.68± 0.50	0.084± 0.003	6.32± 0.19	0.65± 0.02	1.19± 0.03	4.50± 0.11
<i>P. lactiflora</i>	1	6.35± 0.19	1.51± 0.04	0.54± 0.01	4.33± 0.13	21.85± 0.65	0.097± 0.003	9.41± 0.27	7.88± 0.20	28.21± 0.81	12.89± 0.31
	2	5.37± 0.16	3.00± 0.08	1.22± 0.02	2.08± 0.06	20.34± 0.61	0.098± 0.003	5.49± 0.15	4.06± 0.11	36.40± 1.08	0.61± 0.01
	3	6.25± 0.18	1.19± 0.04	0.67± 0.02	2.36± 0.07	21.39± 0.60	0.111± 0.002	13.72± 0.41	3.43± 0.10	31.50± 0.90	16.64± 0.45
	4	4.87± 0.15	6.89± 0.20	2.56± 0.06	6.85± 0.20	19.29± 0.56	0.056± 0.002	6.55± 0.19	0.39± 0.01	18.32± 0.50	4.53± 0.11
<i>P. delavayi</i>	1	5.87± 0.17	1.29± 0.04	0.77± 0.02	3.78± 0.11	26.12± 0.75	0.098± 0.003	14.29± 0.40	5.91± 0.16	28.65± 0.81	15.54± 0.41
	2	5.38± 0.16	2.73± 0.07	1.08± 0.03	4.08± 0.11	23.99± 0.71	0.125± 0.004	12.08± 0.34	2.86± 0.06	38.97± 1.11	6.63± 0.17
	3	6.62± 0.19	1.12± 0.03	0.56± 0.01	1.30± 0.03	25.15± 0.73	0.126± 0.004	16.50± 0.47	0.49± 0.01	33.34± 1.01	17.75± 0.51
	4	5.35± 0.16	2.79± 0.07	0.87± 0.02	4.85± 0.12	18.90± 0.55	0.084± 0.003	12.02± 0.35	1.09± 0.02	33.17± 0.90	11.69± 0.31
<i>P. officinalis</i>	1	7.03± 0.20	4.41± 0.13	1.52± 0.04	4.88± 0.14	25.45± 0.74	0.095± 0.003	10.79± 0.31	6.18± 0.16	32.65± 0.92	14.15± 0.41
	2	5.38± 0.16	3.64± 0.11	1.12± 0.03	4.30± 0.12	19.76± 0.57	0.097± 0.003	5.93± 0.16	4.29± 0.12	34.77± 1.01	2.48± 0.05
	3	6.44± 0.19	0.71± 0.02	0.78± 0.02	1.89± 0.04	24.70± 0.71	0.127± 0.004	12.66± 0.35	0.56± 0.01	33.50± 1.01	17.70± 0.49
	4	5.64± 0.17	7.55± 0.20	1.05± 0.03	7.10± 0.20	21.02± 0.61	0.086± 0.003	9.08± 0.27	0.94± 0.02	24.97± 0.71	6.56± 0.18
Полярник 8	1	6.26± 0.18	4.03± 0.11	2.02± 0.05	3.02± 0.08	26.82± 0.80	0.139± 0.004	18.96± 0.56	6.94± 0.20	23.27± 0.60	15.37± 0.45
	2	5.39± 0.16	2.36± 0.06	1.18± 0.03	3.25± 0.08	22.40± 0.62	0.398± 0.012	8.34± 0.22	3.21± 0.09	33.99± 1.01	4.00± 0.10
	3	7.18± 0.22	1.32± 0.04	0.66± 0.02	1.50± 0.03	23.20± 0.65	0.464± 0.013	13.65± 0.40	1.32± 0.04	28.47± 0.81	16.32± 0.41
	4	5.74± 0.17	5.46± 0.15	2.73± 0.08	7.66± 0.22	19.75± 0.56	0.126± 0.003	6.28± 0.17	1.10± 0.02	7.68± 0.21	3.51± 0.10
Сабантуй	1	7.09± 0.20	3.80± 0.10	1.90± 0.05	3.48± 0.10	23.60± 0.70	0.111± 0.003	20.07± 0.61	6.53± 0.18	27.67± 0.82	15.80± 0.35
	2	5.46± 0.16	2.84± 0.08	1.42± 0.04	3.35± 0.10	19.75± 0.58	0.170± 0.004	8.57± 0.23	3.30± 0.08	32.46± 0.90	3.49± 0.10
	3	7.17± 0.21	1.50± 0.04	0.75± 0.02	1.29± 0.03	21.19± 0.61	0.227± 0.006	15.53± 0.42	1.63± 0.03	28.66± 0.84	16.98± 0.49
	4	5.45± 0.16	5.47± 0.15	2.74± 0.08	7.51± 0.22	19.60± 0.56	0.071± 0.002	7.04± 0.20	1.17± 0.03	7.03± 0.20	4.34± 0.10
Мечта С.П. Королева	1	7.19± 0.20	3.95± 0.11	1.98± 0.05	3.41± 0.10	24.55± 0.71	0.085± 0.003	19.84± 0.55	7.40± 0.20	27.89± 0.80	15.73± 0.45
	2	5.43± 0.16	2.65± 0.07	1.33± 0.04	3.13± 0.08	21.98± 0.64	0.113± 0.003	9.01± 0.24	3.02± 0.08	29.78± 0.81	3.78± 0.11

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	3	7.17± 0.21	1.02± 0.03	0.51± 0.01	1.44± 0.04	23.55± 0.69	0.139± 0.004	12.31± 0.34	1.31± 0.02	29.39± 0.86	16.27± 0.45
	4	5.68± 0.16	5.97± 0.16	2.98± 0.07	7.25± 0.21	19.06± 0.55	0.084± 0.003	6.30± 0.16	1.06± 0.03	6.38± 0.18	4.72± 0.14
Ольга Кравченко	1	6.42± 0.19	3.94± 0.11	1.97± 0.05	3.55± 0.10	23.18± 0.67	0.141± 0.004	18.14± 0.51	5.06± 0.15	27.43± 0.80	15.21± 0.41
	2	5.45± 0.15	2.21± 0.06	1.11± 0.03	3.11± 0.08	21.82± 0.64	0.170± 0.005	9.89± 0.26	3.09± 0.07	34.98± 1.01	3.61± 0.10
	3	7.08± 0.20	1.03± 0.02	0.52± 0.01	1.18± 0.03	22.11± 0.64	0.181± 0.004	14.02± 0.40	1.45± 0.04	28.20± 0.70	15.66± 0.45
	4	5.74± 0.16	5.75± 0.16	2.87± 0.07	7.29± 0.20	21.15± 0.61	0.098± 0.003	6.52± 0.17	1.09± 0.03	6.86± 0.20	4.09± 0.12

Примечание: 1 – цветки, 2 – стебли, 3 – листья, 4 – корни.

Таблица 2. Элементный состав пионов

Виды и сорта	Вид сырья	Макроэлементы, %				Микроэлементы, мг/кг				
		K	Na	Ca	P	Zn	Fe	Cu	Mn	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>P. peregrina</i>	1	0.15± 0.01	0.30± 0.01	0.78± 0.02	0.01± 0.00	45.33± 1.30	191.37± 5.50	17.71± 0.51	136.91± 4.10	0.15± 0.01
	2	0.93± 0.02	0.11± 0.01	0.08± 0.01	0.20± 0.01	32.16± 0.90	295.1± 8.65	5.65± 0.15	176.38± 5.20	0.05± 0.00
	3	0.23± 0.01	0.36± 0.01	1.41± 0.04	0.03± 0.00	37.88± 1.13	212.30± 6.30	19.17± 0.51	164.18± 4.80	0.20± 0.01
	4	0.20± 0.01	0.02± 0.00	0.63± 0.02	0.33± 0.01	41.48± 1.20	1234.34± 30.03	3.56± 0.10	624.26± 15.72	0.07± 0.00
<i>P. lactiflora</i>	1	0.13± 0.01	0.28± 0.01	0.97± 0.01	0.07± 0.00	5.96± 0.15	129.76± 3.81	7.47± 0.22	247.98± 7.40	0.14± 0.01
	2	1.20± 0.03	0.13± 0.01	0.14± 0.01	0.11± 0.00	36.99± 1.10	323.08± 9.61	6.69± 0.20	137.24± 4.11	0.07± 0.00
	3	0.26± 0.03	0.36± 0.01	1.38± 0.04	0.02± 0.00	24.49± 0.70	93.52± 2.50	14.59± 0.41	378.40± 11.01	0.16± 0.01
	4	0.07± 0.00	0.14± 0.01	0.91± 0.01	0.22± 0.01	16.12± 0.41	656.63± 18.01	13.45± 0.40	441.50± 13.21	0.05± 0.00
<i>P. delavayi</i>	1	0.13± 0.01	0.33± 0.01	0.87± 0.01	0.07± 0.00	29.27± 0.81	326.96± 9.42	18.10± 0.51	133.29± 3.81	0.05± 0.00
	2	0.62± 0.01	0.18± 0.01	0.23± 0.01	0.09± 0.00	23.49± 0.69	179.74± 5.01	8.34± 0.22	209.08± 6.10	0.09± 0.00
	3	0.30± 0.01	0.41± 0.01	1.34± 0.03	0.05± 0.00	12.80± 0.31	40.43± 1.21	18.84± 0.52	217.90± 6.50	0.25± 0.01
	4	0.23± 0.01	0.26± 0.01	0.94± 0.01	0.11± 0.01	22.47± 0.64	584.03± 15.23	15.58± 0.42	553.92± 15.50	0.18± 0.01
<i>P. officinalis</i>	1	0.52± 0.01	0.23± 0.01	0.34± 0.01	0.02± 0.00	48.34± 1.41	377.94± 11.31	14.09± 0.40	228.91± 6.80	0.08± 0.00
	2	1.12± 0.03	0.10± 0.01	0.15± 0.01	0.16± 0.01	46.22± 1.35	402.40± 12.01	4.36± 0.11	197.60± 5.84	0.05± 0.00
	3	0.18± 0.01	0.37± 0.01	1.13± 0.03	0.01± 0.00	6.13± 0.15	79.99± 2.40	15.83± 0.41	206.46± 6.01	0.23± 0.01
	4	0.19± 0.01	0.15± 0.01	1.03± 0.02	0.24± 0.01	33.72± 1.01	660.56± 19.80	5.42± 0.15	576.35± 15.21	0.08± 0.00
Полярник 8	1	0.25± 0.01	0.22± 0.01	0.73± 0.01	0.33± 0.01	26.28± 0.75	239.06± 7.15	12.86± 0.35	225.54± 5.70	0.09± 0.00
	2	0.87± 0.02	0.16± 0.01	0.45± 0.01	0.07± 0.00	32.82± 0.90	176.69± 5.29	7.67± 0.21	211.34± 6.30	0.09± 0.00
	3	0.20± 0.01	0.32± 0.01	1.78± 0.05	0.04± 0.00	4.44± 0.13	356.96± 10.69	13.17± 0.34	317.94± 9.45	0.19± 0.01
	4	0.03± 0.00	0.03± 0.00	0.84± 0.01	0.19± 0.01	31.02± 0.91	732.08± 20.85	1.72± 0.04	515.61± 15.01	0.02± 0.00

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сабантуй	1	0.26± 0.01	0.23± 0.01	0.85± 0.01	0.31± 0.01	26.95± 0.80	250.98± 7.50	11.83± 0.34	216.76± 6.48	0.10± 0.01
	2	0.96± 0.01	0.14± 0.01	0.28± 0.01	0.09± 0.00	33.76± 1.01	193.63± 5.56	6.41± 0.19	221.64± 6.54	0.08± 0.00
	3	0.26± 0.01	0.31± 0.01	1.81± 0.05	0.03± 0.00	6.95± 0.20	339.55± 10.11	12.29± 0.35	322.40± 9.56	0.19± 0.01
	4	0.06± 0.00	0.05± 0.00	0.96± 0.01	0.19± 0.01	30.05± 0.89	681.11± 20.01	1.88± 0.05	526.21± 15.59	0.01± 0.00
Мечта С.П. Королева	1	0.27± 0.01	0.25± 0.01	0.83± 0.01	0.31± 0.01	35.67± 1.04	262.65± 7.79	12.42± 0.31	213.78± 6.21	0.11± 0.01
	2	0.90± 0.01	0.13± 0.01	0.37± 0.01	0.09± 0.00	32.30± 0.94	189.45± 5.51	6.72± 0.20	207.68± 6.20	0.08± 0.00
	3	0.25± 0.01	0.33± 0.01	1.72± 0.04	0.03± 0.00	4.01± 0.11	360.26± 10.08	13.68± 0.41	318.58± 9.50	0.19± 0.01
	4	0.04± 0.00	0.04± 0.00	0.93± 0.01	0.18± 0.01	30.23± 0.80	759.44± 20.46	1.32± 0.04	518.39± 15.12	0.02± 0.00
Ольга Кравченко	1	0.29± 0.01	0.20± 0.01	0.69± 0.01	0.29± 0.01	24.78± 0.71	243.02± 7.21	11.54± 0.34	226.52± 6.51	0.10± 0.01
	2	0.95± 0.01	0.16± 0.01	0.28± 0.01	0.08± 0.00	32.78± 0.91	164.46± 4.56	7.36± 0.21	209.78± 6.01	0.09± 0.00
	3	0.23± 0.01	0.34± 0.01	1.90± 0.05	0.02± 0.00	7.92± 0.21	317.51± 9.51	14.22± 0.41	311.96± 9.01	0.21± 0.01
	4	0.04± 0.00	0.04± 0.00	0.89± 0.01	0.19± 0.01	33.40± 1.00	642.44± 18.21	1.60± 0.04	525.80± 15.04	0.02± 0.00

Примечание: 1 – цветки, 2 – стебли, 3 – листья, 4 – корни.

Таблица 3. Содержание свободных аминокислот в исследуемых образцах пиона

Объект исследования	Вид сырья	Содержание свободных аминокислот, мг/%															Суммарное содержание незаменимых аминокислот	Суммарное содержание всех аминокислот
		лизин*	метионин*	цистеин	гистидин*	аргинин*	треонин*	серин	пролин	глицин	валин*	изолейцин*	лейцин*	тирозин	фенилаланин*			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<i>P. peregrina</i>	1	0.05	0.18	0.38	0.14	0.24	0.21	0.26	2.16	0.79	0.33	0.60	0.50	0.10	0.26	2.51	6.20	
	2	1.10	0.16	0.98	0.47	0.32	0.02	0.20	2.21	0.71	0.03	0.78	1.04	0.06	0.11	4.03	8.19	
	3	0.32	0.28	0.26	0.06	0.35	0.32	0.29	2.11	2.91	0.62	0.54	0.31	0.16	0.33	3.13	8.86	
	4	1.32	0.28	0.77	0.38	0.18	0.13	0.07	0.12	0.36	1.37	0.12	0.69	0.05	0.12	4.59	5.96	
<i>P. lactiflora</i>	1	0.14	0.20	0.49	0.08	0.64	0.33	0.40	2.34	0.49	0.66	0.32	0.29	0.19	0.49	3.15	7.06	
	2	1.28	0.19	1.10	0.59	0.27	0.03	0.20	2.39	0.78	0.22	1.01	1.26	0.11	0.03	4.88	9.46	
	3	0.42	0.30	0.33	0.03	0.57	0.48	0.46	2.32	0.99	0.67	0.43	0.19	0.18	0.46	3.55	7.87	
	4	0.33	0.06	0.70	0.01	0.69	0.29	0.54	1.76	0.70	0.60	0.42	0.12	0.04	0.40	2.92	6.66	
<i>P. delavayi</i>	1	0.43	0.30	0.46	0.04	0.63	0.42	0.47	2.47	0.96	0.36	0.50	0.14	0.14	0.48	3.30	7.80	
	2	0.60	0.04	0.77	0.30	0.41	0.12	0.29	2.12	0.79	0.33	0.59	0.70	0.04	0.23	3.32	7.33	
	3	0.56	0.35	0.25	0.02	0.54	0.44	0.44	2.35	1.09	0.87	0.39	0.16	0.26	0.47	3.80	8.19	
	4	0.11	0.21	0.60	0.08	0.50	0.35	0.45	1.97	0.78	0.30	0.59	0.14	0.06	0.35	2.63	6.49	
<i>P. officinalis</i>	1	0.29	0.03	0.43	0.31	0.03	0.02	0.02	2.03	0.62	0.84	0.41	0.78	0.12	0.18	2.89	6.11	
	2	1.23	0.20	1.03	0.51	0.31	0.04	0.28	2.32	0.73	0.08	0.85	1.12	0.02	0.08	4.36	8.80	
	3	0.96	0.28	0.37	0.05	0.59	0.40	0.44	2.54	1.08	0.62	0.50	0.28	0.28	0.47	4.21	8.86	
	4	0.31	0.08	0.86	0.05	0.71	0.43	0.47	1.86	0.78	0.88	0.25	0.11	0.11	0.29	3.11	7.19	
Полярник 8	1	0.30	0.03	0.46	0.21	0.11	0.10	0.13	1.85	0.62	0.89	0.45	0.55	0.11	0.18	2.82	5.99	
	2	1.01	0.16	0.83	0.41	0.20	0.04	0.29	2.03	0.73	0.06	0.85	0.87	0.06	0.04	3.64	7.58	
	3	0.15	0.15	0.37	0.26	0.11	0.17	0.14	1.77	0.88	1.03	0.58	0.65	0.19	0.15	3.25	6.60	
	4	1.11	0.20	0.81	0.30	0.17	0.03	0.18	1.10	0.42	0.97	0.40	0.61	0.02	0.09	3.88	6.41	

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Сабан-туй	1	0.33	0.04	0.43	0.29	0.09	0.09	0.11	1.78	0.65	0.81	0.51	0.62	0.11	0.13	2.91	5.99
	2	1.05	0.13	0.94	0.42	0.21	0.03	0.23	1.97	0.69	0.07	0.91	0.96	0.07	0.03	3.81	7.71
	3	0.16	0.15	0.37	0.24	0.13	0.18	0.17	1.86	0.86	1.09	0.54	0.59	0.19	0.16	3.24	6.69
	4	1.01	0.18	0.78	0.27	0.25	0.04	0.19	1.15	0.49	0.91	0.41	0.53	0.02	0.11	3.71	6.34
Мечта С.П. Копалева	1	0.31	0.05	0.44	0.28	0.06	0.12	0.09	1.75	0.64	0.84	0.52	0.66	0.12	0.17	3.01	6.05
	2	1.14	0.15	0.86	0.45	0.23	0.03	0.25	1.96	0.64	0.08	0.88	0.99	0.07	0.02	3.97	7.75
	3	0.15	0.15	0.36	0.26	0.13	0.18	0.17	1.79	0.89	1.05	0.57	0.64	0.19	0.16	3.29	6.69
	4	1.06	0.17	0.76	0.29	0.20	0.01	0.20	1.07	0.44	0.93	0.42	0.58	0.02	0.10	3.76	6.25
Ольга Кравченко	1	0.34	0.04	0.49	0.24	0.09	0.13	0.11	1.94	0.70	0.78	0.47	0.58	0.11	0.22	2.89	6.24
	2	1.03	0.14	0.90	0.42	0.21	0.02	0.23	2.01	0.71	0.06	0.91	0.95	0.05	0.04	3.78	7.68
	3	0.14	0.17	0.35	0.25	0.18	0.20	0.19	1.89	0.92	1.08	0.55	0.55	0.22	0.18	3.30	6.87
	4	1.06	0.18	0.80	0.29	0.20	0.01	0.20	1.10	0.44	0.98	0.41	0.58	0.02	0.11	3.82	6.38

Примечание: 1 – цветки, 2 – стебли, 3 – листья, 4 – корни.

Установлено, что в листьях в максимальных количествах накапливаются треонин, глицин, тирозин; в стеблях – цистеин, гистидин, изолейцин, лейцин; в цветках – фенилаланин; в корнях – аргинин. По суммарному содержанию аминокислот лидирующее положение занимают *P. lactiflora* и сорт Ольга Кравченко. Кроме того, выявлено, что по количественному содержанию всех аминокислот виды пиона превосходят сорта.

Выводы

Таким образом, в результате проведенного биохимического анализа различного сырья пионов установлено, что в листьях в максимальных количествах накапливаются аскорбиновая кислота и крахмал; в корнях – сахара; в стеблях – клетчатка; в цветках – каротиноиды и протеин. Выявлено, что *P. peregrina* по количественному содержанию кальция, фосфора, железа, меди, марганца превосходит другие виды пиона. Среди сортов максимальные значения натрия, кальция, меди и йода отмечены у сорта Ольга Кравченко. Показано наличие 14 аминокислот (лизин, метионин, цистеин, гистидин, аргинин, треонин, серин, пролин, глицин, валин, изолейцин, лейцин, тирозин, фенилаланин), 9 из которых являются незаменимыми. Максимальное накопление аминокислот наблюдается в листьях. Сумма незаменимых аминокислот составляет 2.51–4.88 мг/%, сумма всех аминокислот 5.96–9.46 мг/%, что отражает биологическую ценность объектов исследования.

Перспектива проведения дальнейших исследований по генетической паспортизации сортов пиона, в том числе селекции ЮУБСИ УФИЦ РАН, создадут условия для выявления геномов, отвечающих за биосинтез ценных метаболитов, и отбора генотипов рода *Paeonia* с повышенным их содержанием [21, 22].

В целом можно заключить, что выращиваемые на территории Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН таксоны рода *Paeonia* L. представляют интерес в качестве перспективного растительного сырья. Дальнейшее изучение и анализ динамики накопления биологически активных веществ по органам пионов позволит выделить интродуценты с повышенным биохимическим потенциалом для фармацевтической промышленности Республики Башкортостан.

Список литературы

- Ишунина Т.А., Моспанова А.А., Архипова А.Г. Применение экстрактов цветков георгины, розы и пиона для гистологического окрашивания // Химия растительного сырья. 2017. №3. С. 221–226. DOI: 10.14258/jcrpm.2017031776.
- Протасова Н.А., Беляев А.Б. Химические элементы в жизни растений // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. №3. С. 32.
- Wu Shao Hua, Da Gang Wu, You Wei Chen. Chemical constituents and bioactivities of plants from the genus *Paeonia* // Chemistry & biodiversity. 2010. Vol. 7. N1. Pp. 90–104.
- ФС 42-531-98 Корневища и корни пиона уклоняющегося *Rhizomata et radices Paeonia anomala*. М., 2000. 16 с.
- Пупыкина К.А., Миронова Л.Н., Денисова С.Г., Файзуллина Р.Р. Изучение аминокислотного и элементного состава подземных органов некоторых представителей рода *Dahlia* Cav. // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2011. №2. С. 84–86.
- Реут А.А., Миронова Л.Н. Изучение химического состава некоторых представителей рода *Paeonia* L. при интродукции в Башкортостане // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2014. №10. С. 70–73.

7. Китаева М.В., Войцеховская Е.А. Оценка содержания аскорбиновой кислоты в надземной части растений семейства пионовые (Paeoniaceae) в процессе онтогенеза // Лекарственное растениеводство: от опыта прошлого к современным технологиям: материалы V Международной научно-практической интернет-конференции. Полтава, 2016. С. 214–216.
8. Войцеховская Е.А., Китаева М.В. Изучение биохимического состава некоторых сортов рода *Paeonia* L. в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Минск, 2017. С. 22–25.
9. Китаева М.В., Власова А.Б., Войцеховская Е.А. Содержание флавоноидов в листьях некоторых сортов рода *Paeonia* L., произрастающих в Республике Беларусь // Лекарственные растения Ботанического сада: материалы научно-практической конференции к 70-летию Ботанического сада Петра Первого МГМУ им. И.М. Сеченова. М., 2016. С. 68–71.
10. Накорякова Н.И., Смирнова М.М., Яборова О.В., Олешко О.А. Сравнительное изучение пиона уклоняющегося и пиона садового // Фундаментальные исследования. 2014. №11. С. 372–376.
11. Реут А.А., Миронова Л.Н. Исследование элементного и аминокислотного состава растительного сырья некоторых представителей рода *Paeonia* L. // Субтропическое и декоративное садоводство. 2013. №48. С. 200–203.
12. Реут А.А., Миронова Л.Н. Изучение аминокислотного и элементного состава представителей семейства *Paeoniaceae* Rudolphi // Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. 2013. №3. С. 61–63.
13. Реут А.А., Миронова Л.Н. Опыт интродукции *Paeonia anomala* L. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. №6 (100). С. 310–313.
14. Яппаров Ф.Ш., Хайбуллин Р.И., Мукатанов А.Х. Рациональное использование почвенных ландшафтов ботанических садов // Ботанические исследования на Урале: сборник научных трудов. Свердловск, 1990. С. 128.
15. Миронова Л., Реут А. Пионы башкирской селекции // Цветоводство. 2012. №3. С. 19–22.
16. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
17. Государственная фармакопея СССР: Общие методы анализа. 11-е изд. М., 1987. Вып. 1. 336 с.
18. Государственная фармакопея СССР: В 2 т. 11 изд. М., 1990. Т. 1. 334 с.
19. Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов. Самара, 2004. 1180 с.
20. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., 1984. 424 с.
21. Michener D.C., Vlasava N.B. Developing an international model for *Paeonia lactiflora* Pall. (Paeoniaceae) genetic resources conservation: integrating assessment of relative significance of historic cultivars for field genebanks with their genetic diversity // Problems of biodiversity conservation and use of biological resources: mat. III International scientific-practical conference. Minsk, 2015. Pp. 438–442.
22. Vlasava N.B., Michener D.C., Yukhimuk A.N., Gaishun V.V., Bryant R., Agabalaeva E.D., Spiridovich E.V. Genetic differentiation of historic cultivars of herbaceous *Paeonia* based on SPAR markers: documentation and conservation of botanic collections // Works of the State Nikit. Botan. Gard. 2014. Vol. 139. Pp. 187–199.

Поступила в редакцию 13 декабря 2018 г.

После переработки 16 апреля 2019 г.

Принята к публикации 16 апреля 2019 г.

Для цитирования: Реут А.А., Денисова С.Г., Пупыкина К.А. Накопление и распределение биологически активных веществ в сырье некоторых таксонов рода *Paeonia* L. // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 269–278. DOI: 10.14258/jcrpm.2019044792.

Reut A.A.^{1*}, Denisova S.G.¹, Pupykina K.A.² ACCUMULATION AND DISTRIBUTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN RAW MATERIALS OF SOME TAXA OF THE GENUS *PAEONIA* L.

¹ South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, ul. Mendeleeva, 195/3, Ufa, 450080 (Russia), e-mail: cvetok.79@mail.ru

² Bashkir state medical University, ul. Lenina, 3, Ufa, 450000 (Russia), e-mail: flowers-ufa@yandex.ru

The main purpose of the article was to study the content of the biochemical composition of different raw materials (flowers, leaves, stems, roots) of some representatives of the genus *Paeonia* L. (species – *P. peregrina* Mill., *P. officinalis* L., *P. lactiflora* Pall., *P. delavayi* Franch., varieties – Mechta S.P. Koroleva, Olga Kravchenko, Polyarnik 8, Sabantuy), introduced and grown on the basis of the South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences for further use as a new source of medicinal plant raw materials. The presence of amino acids was determined by the amino acid analyzer AAA-339 (HSSR), elemental composition – by atomic absorption spectrometry. As a result of commodity analysis found that the leaves of peony in maximum quantities accumulate ascorbic acid and starch; in the roots – sugar; in the stems – fiber; in flowers – carotenoids and protein. The study of the elemental composition of peony showed that the *P. peregrina* quantitative content of calcium, phosphorus, iron, copper, manganese is superior to other types of peony; among the varieties, the maximum values of sodium, calcium, copper and iodine were noted in Olga Kravchenko. The presence of 14 amino acids, 9 of which are essential, was revealed. The maximum accumulation of amino acids is observed in the leaves of most species and in the stems of varieties of peony. The amount of essential amino acids is 2.51–4.88 mg/%, the sum of all amino acids is 5.96–9.46 mg/%, which reflects the biological value of the objects of study.

Keywords: *Paeonia*, above-ground and underground organs, elemental composition, amino acids, Republic of Bashkortostan.

References

- Ishunina T.A., Mospanova A.A., Arkhipova A.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 221–226. DOI: 10.14258/jcprm.2017031776 (in Russ.).
- Protasova N.A., Belyayev A.B. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*, 2001, vol. 7, no. 3, p. 32. (in Russ.).
- Wu Shao Hua, Da Gang Wu, You Wei Chen. *Chemistry & biodiversity*, 2010, vol. 7, no. 1, pp. 90–104.
- FS 42-531-98. *Kornevishcha i korni piona uklonyayushchegosya Rhizomata et radices Paeonia anomala*. [FS 42-531-98. Rhizomes and roots of the peony of the evading Rhizomata et radices Paeonia anomala]. Moscow, 2000, 16 p. (in Russ.).
- Pupykina K.A., Mironova L.N., Denisova S.G., Fayzullina R.R. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2011, no. 2, pp. 84–86. (in Russ.).
- Reut A.A., Mironova L.N. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2014, no. 10, pp. 70–73. (in Russ.).
- Kitayeva M.V., Voytsekhovskaya Ye.A. *Lekarstvennoye rasteniyevodstvo: ot opyta proshlogo k sovremennym tekhnologiyam: materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii*. [Medicinal crop production: from past experience to modern technologies: materials of the V International Scientific and Practical Internet Conference]. Poltava, 2016, pp. 214–216. (in Russ.).
- Voytsekhovskaya Ye.A., Kitayeva M.V. *Rol' botanicheskikh sadov i dendrariyev v sokhraneni, izuchenii i ustoychivom ispol'zovanii raznoobraziya rastitel'nogo mira: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu Tsentral'nogo botanicheskogo sada NAN Belarusi*. [The Role of Botanical Gardens and Arboretums in the Conservation, Study and Sustainable Use of Plant World Diversity: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of the Central Botanical Garden of the NAS of Belarus]. Minsk, 2017, pp. 22–25. (in Russ.).
- Kitayeva M.V., Vlasova A.B., Voytsekhovskaya Ye.A. *Lekarstvennyye rasteniya Botanicheskogo sada: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii k 70-letiyu Botanicheskogo sada Petra Pervogo MG MU im. I.M. Sechenova*. [Medicinal plants of the Botanical Garden: materials of a scientific-practical conference on the 70th anniversary of the Botanical Garden of Peter the Great, Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov]. Moscow, 2016, pp. 68–71. (in Russ.).
- Nakaryakova N.I., Smirnova M.M., Yaborova O.V., Oleshko O.A. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2014, no. 11, pp. 372–376. (in Russ.).
- Reut A.A., Mironova L.N. *Subtropicheskoye i dekorativnoye sadovodstvo*, 2013, no. 48, pp. 200–203. (in Russ.).
- Reut A.A., Mironova L.N. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, no. 3, pp. 61–63. (in Russ.).
- Reut A.A., Mironova L.N. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, no. 6 (100), pp. 310–313. (in Russ.).
- Yapparov F.Sh., Khaybullin R.I., Mukatanov A.Kh. *Botanicheskiye issledovaniya na Urale: sbornik nauchnykh trudov*. [Botanical research in the Urals: a collection of scientific papers]. Sverdlovsk, 1990, p. 128. (in Russ.).
- Mironova L., Reut A. *Tsvetovodstvo*, 2012, no. 3, pp. 19–22. (in Russ.).
- Yermakov A.I. *Metody biokhicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
- Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR: Obshchiye metody analiza. 11-ye izd.* [The State Pharmacopoeia of the USSR: General methods of analysis. 11th ed.]. Moscow, 1987, vol. 1, 336 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

18. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR: V 2 t. 11 izd.* [The State Pharmacopoeia of the USSR: In 2 vol. 11th ed.]. Moscow, 1990, vol. 1, 334 p. (in Russ.).
19. Kurkin V.A. *Farmakognosiya: uchebnik dlya studentov farmatsevticheskikh vuzov.* [Pharmacognosy: a textbook for students of pharmaceutical universities]. Samara, 2004, 1180 p. (in Russ.).
20. Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike.* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, 1984, 424 p. (in Russ.).
21. Michener D.C., Vlasava N.B. *Problems of biodiversity conservation and use of biological resources: mat. III International scientific-practical conference.* Minsk, 2015, pp. 438–442.
22. Vlasava N.B., Michener D.C., Yukhimuk A.N., Gaishun V.V., Bryant R., Agabalaeva E.D., Spiridovich E.V. *Works of the State Nikit. Botan. Gard.*, 2014, vol. 139, pp. 187–199.

Received December 13, 2018

Revised April 16, 2019

Accepted April 16, 2019

For citing: Reut A.A., Denisova S.G., Pupykina K.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 4, pp. 269–278. (in Russ.).
DOI: 10.14258/jcprm.2019044792.