

## Содержание биологически активных веществ в вегетативной массе очитков (*Sedoideae*)

Т. И. Фомина<sup>✉</sup>, Т. А. Кукушкина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Центральный сибирский ботанический сад, Новосибирск, Россия

✉E-mail: [fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru)

**Аннотация.** Цель исследования – определить содержание основных групп биологически активных веществ в вегетативной массе 10 видов очитков в разные фазы сезонного развития. **Методы.** Исследовали свежесобранное сырье – вегетативные побеги следующих видов: *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *A. hybrida* (L.) Grulich, *A. kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch., *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Sedum acre* L., *S. album* L., *S. hispanicum* L., *S. reflexum* L., *S. rupestre* L. и *S. spurium* M. Bieb. Использовали общепринятые методы фитохимического анализа. Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья до постоянной массы. Количество фенольных соединений, пектиновых веществ, общих сахаров определяли спектрофотометрически, сапонинов – весовым методом в этанольных экстрактах, рассчитывая показатели на массу абсолютно сухого сырья. Концентрацию аскорбиновой кислоты определяли в сырой массе сырья титриметрическим методом. **Научная новизна.** Количественное содержание сухих веществ, катехинов, флавонолов, пектиновых полисахаридов в вегетативной массе очитков определено впервые. Установлена динамика содержания основных групп вторичных метаболитов от фазы цветения к концу вегетации. **Результаты.** Установлено, что вегетативная масса очитков содержит сухих веществ – до 19,74 %, флавонолов – до 2,38 %, танинов – до 19,35%, сапонинов – до 22,97%, пектиновых полисахаридов – до 9,9 %, общих сахаров – до 41,55 %, аскорбиновой кислоты – до 112,8 мг%; количество катехинов не превышает 3,15 мг%. Выявлена тенденция к накоплению флавонолов, сапонинов, пектиновых веществ в фазу цветения летом, а сахаров, танинов и сухих веществ – в конце вегетации осенью. Наиболее высоким содержанием основных групп биологически активных веществ отличаются виды *Aizopsis*, *S. spurium*, *S. hispanicum*. Полученные данные свидетельствуют о перспективах культивирования очитков как источника различных биоактивных соединений.

**Ключевые слова:** *Sedoideae*, очитки, биологически активные вещества, вегетативная масса, сезонное развитие.

**Для цитирования:** Фомина Т. И., Кукушкина Т. А. Содержание биологически активных веществ в вегетативной массе очитков (*Sedoideae*) // Аграрный вестник Урала. 2023. № 07 (236). С. 115–124. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-236-07-115-124.

**Дата поступления статьи:** 16.01.2023, **дата рецензирования:** 10.03.2023, **дата принятия:** 13.03.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Широко распространенное название «очитки» для группы растений подсемейства очитковых (*Sedoideae*) семейства толстянковых (*Crassulaceae*) в настоящее время включает представителей трех родов: живучник – *Aizopsis* Grulich, очитник – *Hylotelephium* H. Ohba и очиток – *Sedum* L. [1; 2]. Очитки издавна применяются в народной и традиционной медицине, гомеопатии разных стран благодаря кровоостанавливающим, ранозаживляющим и противовоспалительным свойствам, особенно свежего сока растений. Настои и экстракты из надземной части очитков используются в качестве гипотензивного средства, при эпилепсии, простудах, наружно – для лечения ран, ожогов, геморроя и кожных болезней. Из представителей отечественной флоры наиболее известны целебными свойствами

*Hylotelephium maximum* (внесен в реестр лекарственных средств РФ), *H. triphyllum* (*H. purpureum*), *Aizopsis aizoon*, *A. hybrida*, *Sedum acre*, *S. spurium*.

Кроме использования в качестве лекарственных средств, очитки ценятся как медоносы и кормовые растения, а вегетативные побеги некоторых видов используются в пищу. Очитки культивируются в различных эколого-географических условиях как декоративные многолетники из-за привлекательного облика и выносливости [3]. Почвопокровные очитки перспективны, в частности, для озеленения крыш, что позволяет снизить техногенную нагрузку в городской среде и улучшить условия произрастания для других видов [4].<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Мочалов И. В., Миненко И. А., Бенуж А. А. Способ озеленения крыш. Россия; патент № RU 2734589 С1; 2020. Заявл. 08.10.2019. Оpubл. 20.10.2020.

Современные исследования подтверждают высокую противомикробную и антиоксидантную активность экстрактов из надземных органов очитков [5; 6], которая обусловлена содержанием комплекса биологически активных веществ. Прежде всего, это фенольные соединения (флавоноиды, танины, органические кислоты, арбутин) и терпены. Также в растениях очитков присутствуют сахара, кумарины, небольшие количества алкалоидов. Анализ микроэлементного состава показал способность очитков накапливать Mn, необходимый для синтеза в растениях аскорбиновой кислоты, танинов и других вторичных метаболитов. Установлено, что очитки являются гипераккумуляторами ионов тяжелых металлов, особенно Zn и Cd, поэтому могут использоваться для фиторемедиации загрязненных почв [7].

Большинство очитков принадлежат к широко распространенным растениям, легко размножаются вегетативным способом и быстро разрастаются, особенно почвопокровные виды, что делает их доступным потенциальным источником сырья для получения лекарственных препаратов и натуральных биодобавок. Между тем в литературе отмечается недостаточная изученность фитохимического состава очитков, ограничивающая их использование в фармакологии и медицине [8]. Доступные сведения по количественному содержанию, а также динамике групп биологически активных соединений в течение периода вегетации у различных очитков весьма ограничены.

Цель исследования – определить содержание основных групп биологически активных веществ в вегетативной массе 10 видов очитков в разные фазы сезонного развития.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследование выполнено в коллекции декоративных видов природной флоры Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск) в 2019 г. Объектами послужили очитки, относящиеся к трем родам: *Aizopsis* (живучник) – *A. aizoon* (L.) Grulich, *A. hybrida* (L.) Grulich, *A. kurilensis* (Vorosch.) S. Gontch.; *Hylotelephium* (очитник) – *H. ewersii* (Ledeb.) H. Ohba; *Sedum* L. (очиток) – *S. acre* L., *S. album* L., *S. hispanicum* L., *S. reflexum* L., *S. rupestre* L., *S. spurium* M. Bieb. (рис. 1). В условиях ботанического сада растения очитков выращиваются на открытом участке с естественным увлажнением и легкими оподзоленными почвами. Агротехнические мероприятия включают мульчирование посадок торфом и регулярные прополки в течение вегетационного периода.

Фитохимическому анализу подвергали свежесобранные вегетативные побеги, летом (в период цветения растений) и в конце сезона. В условиях Западной Сибири изученные виды длительно вегетируют. Большинство их относится к весенне-летне-зимнезеленым хамефитам: побеги перезимовывают

надземно с почками и зелеными листьями (целиком или листья сохраняются только на верхушках стеблей). *A. aizoon* и *H. ewersii* – весенне-летнезеленые гемикриптофиты: первый заканчивает вегетацию в середине сентября, второй вегетирует до сильных заморозков в октябре.

Для определения содержания групп биологически активных веществ использовали общепринятые методики биохимического анализа. Содержание сухих веществ определяли высушиванием 1 г сырья при температуре 100–105 °С до постоянной массы. Количество фенольных соединений (катехинов, флавонолов, танинов), пектиновых веществ, общих сахаров определяли спектрофотометрически в этанольных экстрактах.

Определение катехинов основано на их способности давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. Плотность раствора измеряли при длине волны 504 нм; содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по ( $\pm$ )-катехину Sigma C-1788 (США). Определение флавонолов основано на реакции комплексообразования с хлоридом алюминия. Плотность раствора измеряли при длине волны 415 нм; концентрацию флавонолов рассчитывали по калибровочному графику, построенному по рутину. Содержание танинов (гидролизуемых дубильных веществ) определяли с использованием 2-процентного водного раствора аммония молибденовокислого. Интенсивность полученной окраски измеряли при длине волны 420 нм; расчет дубильных веществ производили по ГСО танина.

Для определения количества общих сахаров использовали метод, основанный на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида. Последний в присутствии желатина образует с серноокислым железом устойчивую синюю окраску, интенсивность которой измеряли при длине волны 690 нм; количество сахаров определяли по калибровочному графику, построенному по глюкозе.

Содержание пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) определяли бескарбазольным методом, основанным на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в серноокислой среде. Для получения воспроизводимых результатов из сырья удаляли сахара. Плотность растворов измеряли при длине волны 480 нм; количество пектиновых веществ рассчитывали по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте. Концентрацию в пробах аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом с использованием реакции Тильманса.

Содержание сапонинов определяли весовым методом. Около 2 г воздушно-сухого сырья экстрагировали хлороформом в аппарате Сокслета

до полного обесцвечивания для удаления липидов и смол. Затем образцы высушивали и экстрагировали на водяной бане при 70 °С последовательно 50-, 60-, 96-процентным этанолом, дважды каждой концентрацией, в течение 30 минут. Объединенный экстракт упаривали до 5 мл и прибавляли 7-кратный объем ацетона. Образовавшийся осадок через 18 часов отфильтровывали, высушивали при 70 °С, взвешивали и вычисляли содержание «сырого сапонины».

Все биохимические показатели, кроме аскорбиновой кислоты, рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. По каждому показателю дано среднее арифметическое значение из трех параллельных определений с ошибкой ( $M \pm m_M$ ).

### Результаты (Results)

Получены данные по количественному содержанию фенольных соединений (катехинов, флавонолов, танинов), аскорбиновой кислоты, сухих веществ, пектинов и протопектинов, сапонинов, общих сахаров в вегетативной массе очитков, культивируемых в условиях Новосибирска (таблицы 1, 2).

Установлено, что количество сухих веществ на межвидовом уровне варьирует значительно – от 5,9 % до 15,53 % летом и в пределах 6,71–19,74 % осенью. У видов, полностью сохраняющих листовую покров на зиму (*S. album*, *S. hispanicum*, *S. rupestre*), оводненность тканей в конце сезона снижается, соответственно, увеличивается содержание сухих веществ. У *A. hybrida*, *A. kurilensis*, *S. spurium*, теряющих с наступлением холодов большую часть листьев, количество сухих веществ, напротив, уменьшается. Максимальные значения по их содержанию в течение сезона отмечены для *S. rupestre*.

Высокой биологической активностью отличается обширная группа фенольных соединений. Регулируя через различные механизмы клеточный метаболизм, они обеспечивают адаптацию растений к экологическим условиям, а на организм человека оказывают антиоксидантное и противовоспалительное воздействие [9]. Выявлено незначительное содержание катехинов у очитков: от 0,17 мг% до 3,15 мг% на сухую массу с наименьшими значе-

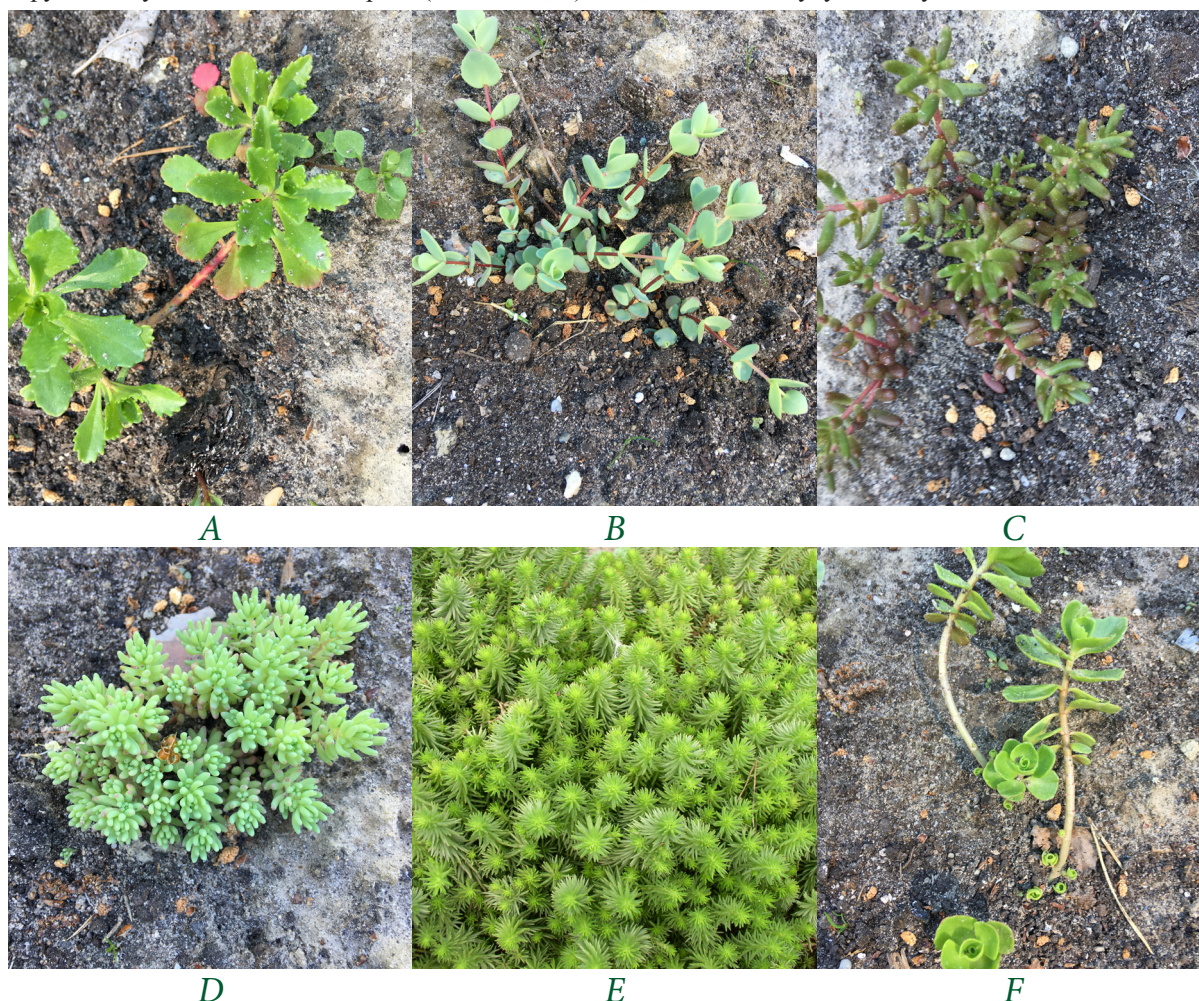


Рис. 1. Вегетативные побеги очитков: *Aizopsis hybrida* (A), *Hylotelephium ewersii* (B), *Sedum album* (C), *S. hispanicum* (D), *S. rupestre* (E), *S. spurium* (F)

Fig. 1. Vegetative shoots of stonecrops: *Aizopsis hybrida* (A), *Hylotelephium ewersii* (B), *Sedum album* (C), *S. hispanicum* (D), *S. rupestre* (E), *S. spurium* (F)

ниями для *S. album* и наибольшими для *S. rupestre*. Межвидовой диапазон значений показателя стабильный в течение сезона, тогда как индивидуальная изменчивость содержания катехинов (у разных видов в различные фазы развития) имеет разнонаправленный характер.

Количество флавонолов варьирует в пределах 0,80–2,38 % и в среднем выше в летний период. Сравнительно большим их накоплением отличаются *S. hispanicum* и *S. rupestre*. Вегетативная масса исследованных видов отличается высоким содержанием танинов: в летний период – до 16,75 %, осенью – до 19,35 %. Особенно богаты дубильными веществами листья и стебли *A. kurilensis*, *S. spurium*. В литературе приводятся более высокие значения: согласно источнику [10], количество танинов в листьях *S. acre* составляет 36,4 % на массу сухого сырья, а у *S. sexangulare* – 24,7 %.

Суммарное содержание фенольных соединений значительно варьирует на межвидовом уровне: от 7,37 % (*S. album*) до 23,13 % (*A. aizoon*) в фазу цветения, а осенью от 7,85 % (*S. acre*) и 7,89 % (*S. album*) до 22,72 % (*S. spurium*). При этом диапазон значений в течение сезона вполне стабильный, что отражает особенности метаболизма у этой группы растений. Высокое содержание полифенолов служит одним из факторов экологической пластичности видов, возможно, поэтому наибольшим уровнем их синтеза отличаются инорайонные виды очитков (*S. hispanicum*, *S. rupestre*, *S. spurium*, *A. kurilensis*) при адаптации к условиям лесостепи Западной Сибири. Показано, что противовирусный, антимикробный и антиоксидантный эффекты экстрактов из очитков обусловлен в значительной степени фенольным комплексом, особенно флавоноидами [11].

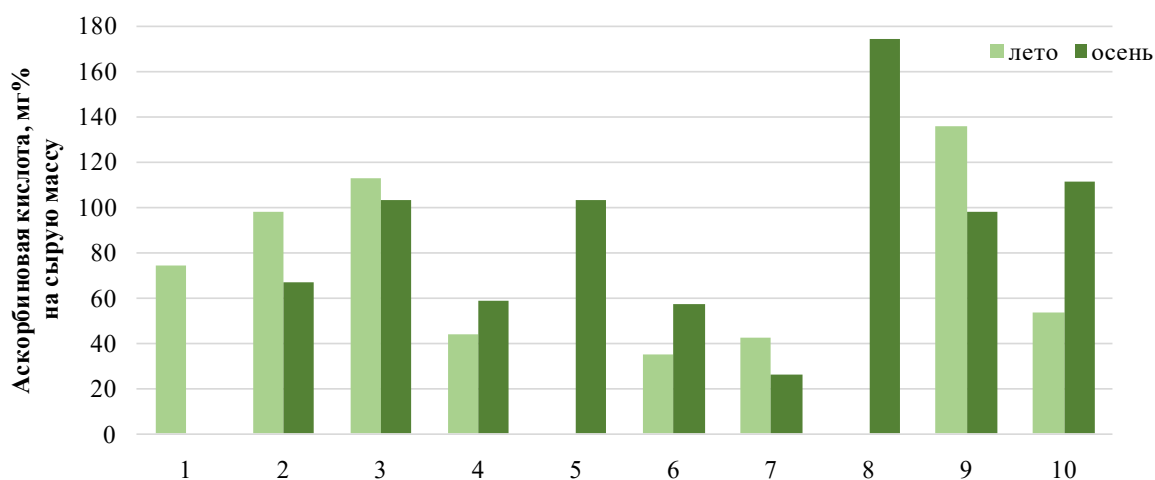


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в вегетативной массе очитков, 2019 г.:  
1 - *Aizopsis aizoon*, 2 - *A. hybrida*, 3 - *A. kurilensis*, 4 - *Hylotelephium ewersii*, 5 - *Sedum acre*, 6 - *S. album*,  
7 - *S. hispanicum*, 8 - *S. reflexum*, 9 - *S. rupestre*, 10 - *S. spurium*

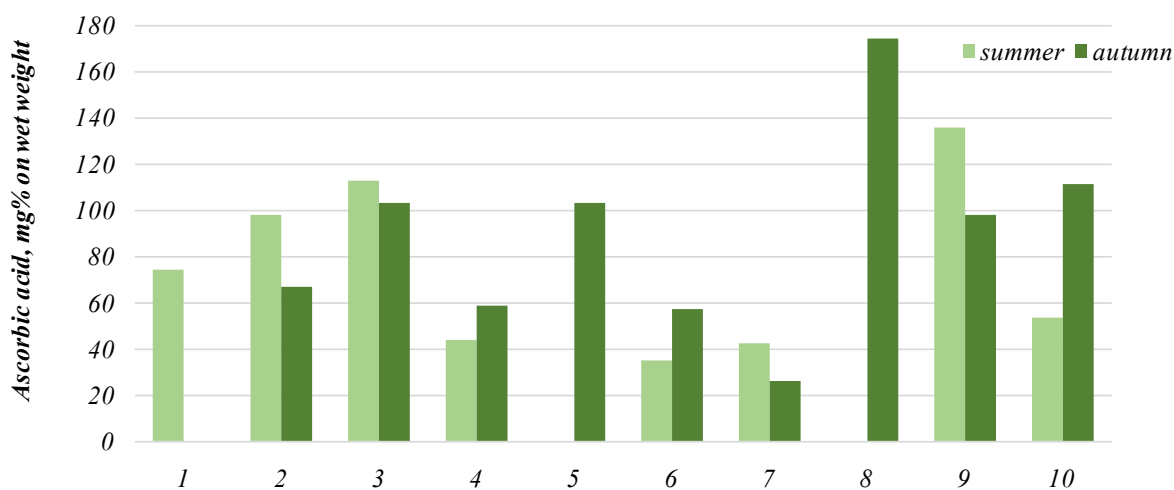


Fig. 2. Content of ascorbic acid in the vegetative mass of stonecrops, 2019:  
1 - *Aizopsis aizoon*, 2 - *A. hybrida*, 3 - *A. kurilensis*, 4 - *Hylotelephium ewersii*, 5 - *Sedum acre*, 6 - *S. album*, 7 - *S. hispanicum*,  
8 - *S. reflexum*, 9 - *S. rupestre*, 10 - *S. spurium*

Антиоксидантную активность растительных препаратов связывают также с высоким содержанием витамина С. По нашим данным, количество аскорбиновой кислоты в вегетативной массе очитков составляет от 42,49 % до 112,8 % (рис. 2). Причем содержание этого метаболита летом и осенью на межвидовом уровне стабильно, а у растений одного вида колеблется от небольших значений (1 % у *S. hispanicum*, 9 % у *A. kurilensis*) до существенных (у *S. spurium* показатель вдвое выше в конце сезона). Наибольший уровень синтеза аскорбиновой кислоты отмечен у *S. rupestre* и *A. kurilense* в фазу цветения.

Вегетативные побеги очитков богаты сахарами. Известно, что в водозапасающих тканях этих суккулентов присутствуют глюкоза, ксилоза, фруктоза, сахароза и раффиноза, а также характерный для толстянковых сахар – седогептулоза. У исследо-

ванных видов содержание общих сахаров летом, в вегетативной массе цветущих растений, варьирует от 12,09 % до 31,46 % (рис. 3). К концу вегетации отмечается накопление сахаров до 14,62–41,55 % в связи с их ролью в формировании зимостойкости. Максимальный уровень содержания сахаров в осенний период отмечен у *S. spurium*, *S. reflexum* и *S. acre*.

Сахара являются также метаболитами, участвующими в формировании засухоустойчивости. В исследовании [12] показано, что в условиях стресса, вызванного засухой, у чувствительных к ней видов синтез сахаров значительно возрастает (у *S. album* в 3,5 раза в сравнении с контролем), а у толерантных видов (*S. spurium*) не изменяется. В первом случае сахара, по-видимому, служат источником для поддержания метаболической активности клеток, подвергшихся стрессу.

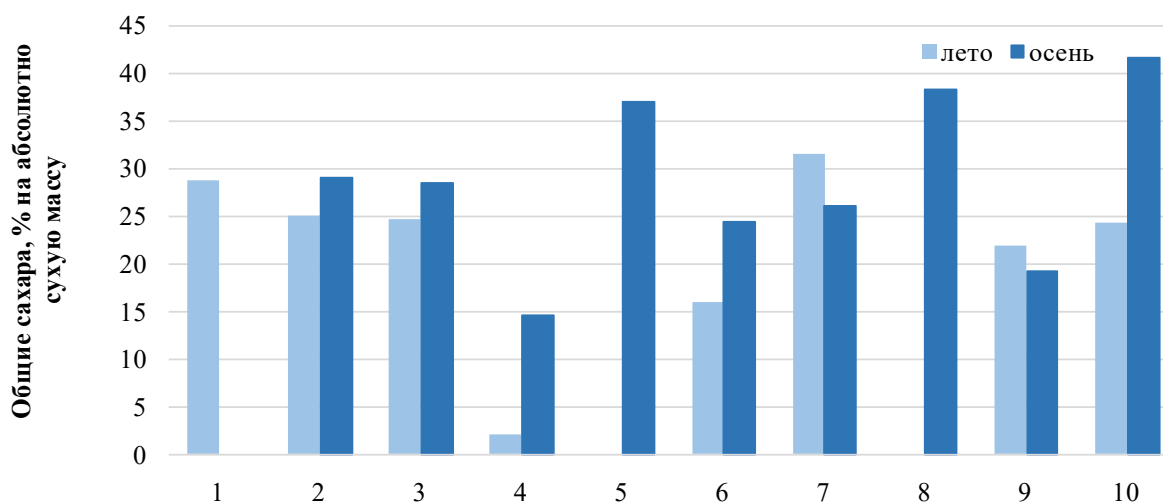


Рис. 3. Содержание общих сахаров в вегетативной массе очитков, 2019 г.:

1 - *Aizopsis aizoon*, 2 - *A. hybrida*, 3 - *A. kurilensis*, 4 - *Hylotelephium ewersii*, 5 - *Sedum acre*, 6 - *S. album*, 7 - *S. hispanicum*, 8 - *S. reflexum*, 9 - *S. rupestre*, 10 - *S. spurium*

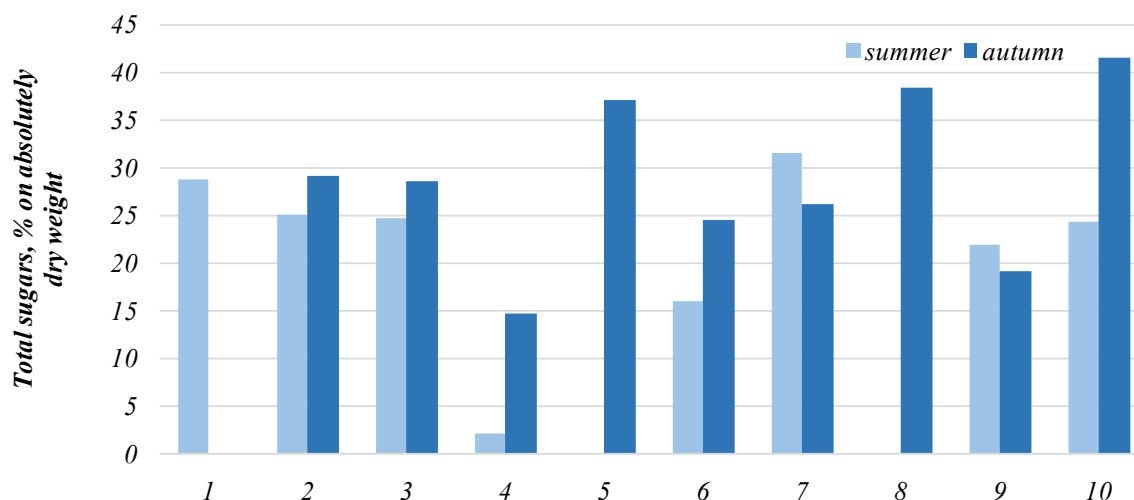


Рис. 3. Content of total sugars in the vegetative mass of stonecrops, 2019:

1 - *Aizopsis aizoon*, 2 - *A. hybrida*, 3 - *A. kurilensis*, 4 - *Hylotelephium ewersii*, 5 - *Sedum acre*, 6 - *S. album*, 7 - *S. hispanicum*, 8 - *S. reflexum*, 9 - *S. rupestre*, 10 - *S. spurium*

Важную роль в растениях выполняют сапонины, регулирующие ростовые процессы и обеспечивающие фитопатогенную защиту. На организм человека они оказывают выраженное гиполлипидемическое, противовоспалительное, иммуномодулирующее и противоопухолевое действие [13]. Нами установлено, что содержание сапонинов у очитков варьирует в очень широком диапазоне значений: от 3,78 % до 22,97 % в период цветения, а в конце сезона – от 2,63 % до 12,16 %. Индивидуальная изменчивость показателя также высока. Результаты нашего исследования выявили тенденцию к снижению количества сапонинов осенью в сравнении с фазой цветения.

К числу важнейших биологически активных соединений принадлежат пектиновые полисахариды, присутствующие в клеточных стенках растений. Они выполняют функцию структурных компонентов, участвуют в формировании засухоустойчивости, совместно с сахарами составляют основную долю сухих веществ. В отношении организма человека пектиновые вещества действуют как энтеросорбенты, проявляя иммуномодулирующие, гипогликемические, гепатопротекторные, антиканцерогенные свойства [14; 15]. Благодаря доступности и нетоксичности, пектиновые полисахариды перспективны для получения натуральных биодобавок.

У исследованных очитков количество пектинов составляет в основном 0,28–0,98%. Повышенным их содержанием отличаются побеги *H. ewersii*: 2,91 % летом (конец августа) и 1,93 % осенью (начало октября). Количество нерастворимых протопектинов заметно больше – от 3,29 % до 7,5 % (см. таблицы 1, 2). При подготовке к зимнему периоду содержание протопектинов в вегетативных органах снижается, а растворимых пектинов, напротив, возрастает. Суммарное содержание пектиновых веществ несколько выше в летний период (5,13–9,9 %).

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Фитохимическое исследование вегетативной массы очитков, культивируемых в Новосибирске, показало, что эти растения сравнительно богаты биоактивными веществами, в первую очередь, фенольными соединениями. Количество катехинов в них незначительное – от 0,17 мг% до 3,15 мг% на сухую массу, тогда как содержание флавонолов достигает 2,38 %, а танинов – 19,35 %. Полезные свойства очитков обусловлены также высоким содержанием общих сахаров (12,09–41,55 %), аскорбиновой кислоты (42,49–112,8 %), сапонинов (2,63–22,97 %), пектиновых полисахаридов (4,27–9,9 %).

Таблица 1  
Содержание биоактивных веществ в вегетативной массе очитков в период цветения, 2019 г.

Вид	Влажность сырья, %	Флавонолы, %	Катехины, мг%	Танины, %	Сапонины, %	Пектины, %	Протопектины, %
<i>Aizopsis aizoon</i>	89,96 ± 0,92	1,59 ± 0,01	2,44 ± 0,02	19,12 ± 0,43	11,53 ± 0,07	0,28 ± 0,01	6,13 ± 0,20
<i>A. hybrida</i>	87,46 ± 0,78	1,52 ± 0,01	0,66 ± 0,01	9,49 ± 0,19	10,92 ± 0,37	0,36 ± 0,01	7,50 ± 0,09
<i>A. kurilensis</i>	85,61 ± 0,97	1,46 ± 0,01	2,65 ± 0,03	16,75 ± 0,31	4,64 ± 0,04	0,28 ± 0,01	6,12 ± 0,11
<i>Hylotelephium ewersii</i>	92,35 ± 0,96	1,44 ± 0,01	1,09 ± 0,03	11,76 ± 0,28	5,50 ± 0,11	2,91 ± 0,01	6,99 ± 0,14
<i>Sedum album</i>	93,33 ± 1,13	1,65 ± 0,01	0,17 ± 0,01	5,55 ± 0,11	5,37 ± 0,02	0,75 ± 0,01	6,37 ± 0,07
<i>S. hispanicum</i>	94,10 ± 0,91	2,38 ± 0,02	0,93 ± 0,01	9,01 ± 0,13	22,97 ± 0,97	0,98 ± 0,03	4,15 ± 0,03
<i>S. rupestre</i>	84,47 ± 0,89	2,19 ± 0,01	3,15 ± 0,02	10,69 ± 0,23	8,62 ± 0,08	0,36 ± 0,01	5,40 ± 0,09
<i>S. spurium</i>	90,00 ± 0,98	0,80 ± 0,01	0,87 ± 0,01	14,60 ± 0,25	3,78 ± 0,08	0,50 ± 0,01	6,14 ± 0,14

Table 1  
Content of bioactive compounds in the vegetative mass of stonecrops during flowering, 2019

Species	Raw material moisture, %	Flavonols, %	Catechins, mg%	Tannins, %	Saponins, %	Pectins, %	Protopectins, %
<i>Aizopsis aizoon</i>	89.96 ± 0.92	1.59 ± 0.01	2.44 ± 0.02	19.12 ± 0.43	11.53 ± 0.07	0.28 ± 0.01	6.13 ± 0.20
<i>A. hybrida</i>	87.46 ± 0.78	1.52 ± 0.01	0.66 ± 0.01	9.49 ± 0.19	10.92 ± 0.37	0.36 ± 0.01	7.50 ± 0.09
<i>A. kurilensis</i>	85.61 ± 0.97	1.46 ± 0.01	2.65 ± 0.03	16.75 ± 0.31	4.64 ± 0.04	0.28 ± 0.01	6.12 ± 0.11
<i>Hylotelephium ewersii</i>	92.35 ± 0.96	1.44 ± 0.01	1.09 ± 0.03	11.76 ± 0.28	5.50 ± 0.11	2.91 ± 0.01	6.99 ± 0.14
<i>Sedum album</i>	93.33 ± 0.13	1.65 ± 0.01	0.17 ± 0.01	5.55 ± 0.11	5.37 ± 0.02	0.75 ± 0.01	6.37 ± 0.07
<i>S. hispanicum</i>	94.10 ± 0.91	2.38 ± 0.02	0.93 ± 0.01	9.01 ± 0.13	22.97 ± 0.97	0.98 ± 0.03	4.15 ± 0.03
<i>S. rupestre</i>	84.47 ± 0.89	2.19 ± 0.01	3.15 ± 0.02	10.69 ± 0.23	8.62 ± 0.08	0.36 ± 0.01	5.40 ± 0.09
<i>S. spurium</i>	90.00 ± 0.98	0.80 ± 0.01	0.87 ± 0.01	14.60 ± 0.25	3.78 ± 0.08	0.50 ± 0.01	6.14 ± 0.14

Содержание биоактивных веществ в вегетативной массе очитков осенью, 2019 г.

Вид	Влажность сырья, %	Флавонолы, %	Катехины, мг%	Танины, %	Сапонины, %	Пектины, %	Протопектины, %
<i>Aizopsis hybrida</i>	83,23 ± 2,5	1,43 ± 0,02	2,46 ± 0,01	16,82 ± 0,34	6,55 ± 0,11	0,53 ± 0,01	3,96 ± 0,09
<i>A. kurilensis</i>	83,29 ± 2,1	1,50 ± 0,01	2,75 ± 0,01	15,08 ± 0,34	7,33 ± 0,20	0,46 ± 0,02	5,66 ± 0,02
<i>Hylotelephium ewersii</i>	87,62 ± 2,4	1,05 ± 0,01	0,49 ± 0,01	9,05 ± 0,18	2,63 ± 0,09	1,93 ± 0,01	5,51 ± 0,21
<i>Sedum acre</i>	87,75 ± 2,6	1,22 ± 0,02	0,43 ± 0,01	6,20 ± 0,11	12,16 ± 0,26	0,98 ± 0,01	3,29 ± 0,08
<i>S. album</i>	88,97 ± 2,8	0,91 ± 0,01	0,18 ± 0,01	6,80 ± 0,15	3,58 ± 0,08	1,01 ± 0,01	5,15 ± 0,05
<i>S. hispanicum</i>	90,61 ± 2,7	1,70 ± 0,03	0,80 ± 0,01	11,29 ± 0,25	6,77 ± 0,07	0,75 ± 0,01	6,06 ± 0,07
<i>S. reflexum</i>	87,65 ± 2,2	0,81 ± 0,01	3,05 ± 0,01	10,45 ± 0,21	9,41 ± 0,25	0,62 ± 0,02	4,36 ± 0,17
<i>S. rupestre</i>	80,26 ± 2,4	1,67 ± 0,02	3,15 ± 0,01	11,14 ± 0,23	2,99 ± 0,05	0,41 ± 0,01	4,78 ± 0,06
<i>S. spurium</i>	86,98 ± 2,5	1,15 ± 0,01	2,22 ± 0,01	19,35 ± 0,51	4,01 ± 0,12	0,62 ± 0,03	7,37 ± 0,23

Table 2

Content of bioactive substances in the vegetative mass of stonecrops in autumn, 2019

Species	Raw material moisture, %	Flavonols, %	Catechins, mg%	Tannins, %	Saponins, %	Pectins, %	Protopectins, %
<i>Aizopsis hybrida</i>	83.23 ± 2.5	1.43 ± 0.02	2.46 ± 0.01	16.82 ± 0.34	6.55 ± 0.11	0.53 ± 0.01	3.96 ± 0.09
<i>A. kurilensis</i>	83.29 ± 2.1	1.50 ± 0.01	2.75 ± 0.01	15.08 ± 0.34	7.33 ± 0.20	0.46 ± 0.02	5.66 ± 0.02
<i>Hylotelephium ewersii</i>	87.62 ± 2.4	1.05 ± 0.01	0.49 ± 0.01	9.05 ± 0.18	2.63 ± 0.09	1.93 ± 0.01	5.51 ± 0.21
<i>Sedum acre</i>	87.75 ± 2.6	1.22 ± 0.02	0.43 ± 0.01	6.20 ± 0.11	12.16 ± 0.26	0.98 ± 0.01	3.29 ± 0.08
<i>S. album</i>	88.97 ± 2.8	0.91 ± 0.01	0.18 ± 0.01	6.80 ± 0.15	3.58 ± 0.08	1.01 ± 0.01	5.15 ± 0.05
<i>S. hispanicum</i>	90.61 ± 2.7	1.70 ± 0.03	0.80 ± 0.01	11.29 ± 0.25	6.77 ± 0.07	0.75 ± 0.01	6.06 ± 0.07
<i>S. reflexum</i>	87.65 ± 2.2	0.81 ± 0.01	3.05 ± 0.01	10.45 ± 0.21	9.41 ± 0.25	0.62 ± 0.02	4.36 ± 0.17
<i>S. rupestre</i>	80.26 ± 2.4	1.67 ± 0.02	3.15 ± 0.01	11.14 ± 0.23	2.99 ± 0.05	0.41 ± 0.01	4.78 ± 0.06
<i>S. spurium</i>	86.98 ± 2.5	1.15 ± 0.01	2.22 ± 0.01	19.35 ± 0.51	4.01 ± 0.12	0.62 ± 0.03	7.37 ± 0.23

Межвидовая и индивидуальная изменчивость содержания основных групп веществ, как правило, значительная. Диапазон межвидовых колебаний для сапонинов гораздо шире в летний период, а для сухих веществ и сахаров – осенью. Пределы варьирования по количеству других групп вторичных метаболитов в течение сезона невелики. Полученные данные отражают тенденцию к большему накоплению в вегетативных органах очитков флавонолов, сапонинов, пектиновых полисахаридов в фазу цветения растений, но сахаров, танинов и сухих веществ – к концу вегетации, при подготовке к периоду зимнего покоя. Индивидуальная изменчивость содержания биоактивных веществ у очитков имеет разнонаправленный характер, вероятно, из-за различного уровня адаптации видов к условиям произрастания в западносибирской лесостепи и неодинаковой их реакции на колебания погодных факторов.

Из изученных нами очитков более высоким содержанием различных групп веществ отличаются

виды *Aizopsis*, *S. spurium*, *S. hispanicum*, а более низкие показатели отмечены для *H. ewersii* и *S. album*. Исследование показало, что вегетативная масса очитков может использоваться как сырье для получения фенольных веществ и других биоактивных соединений. Благодаря неприхотливости в культуре и высокой скорости разрастания очитки представляют легко возобновляемый, доступный источник. Поэтому они весьма перспективны для дальнейшего фитохимического изучения с целью разработки лекарственных средств и натуральных биодобавок.

#### Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено в рамках государственного задания по проекту АААА-А21-121011290025-2 «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами». При подготовке статьи использовались материалы Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН, УНУ «Коллекция живых растений в открытом и закрытом грунте», USU 440534.

#### Библиографический список

1. Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. 2007–2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.plantarium.ru> (дата обращения: 13.01.2023).
2. Бялт А. В. Биоразнообразие, систематика и география толстянковых (Crassulaceae) в Евразии // Ботаника в современном мире: труды XIV съезда Русского ботанического общества и конференции. Махачкала, 2018. Т. 1. С. 20–23.

3. Энциклопедия декоративных садовых растений (ЭДСР) [Электронный ресурс]. URL: <http://flower.onego.ru> (дата обращения: 13.01.2023).
4. Matsuoka T., Tsuchiya K., Yamada S., Lundholm J. T., Okuro T. Value of Sedum species as a companion plants for nectar-producing plants depends on leaf characteristics of the Sedum // *Urban Forestry & Urban Greening*. 2019. Vol. 39. Pp. 35–44. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.02.003.
5. Xu F., Cao S., Wang C., Wang K., Wei Y., Shao X., Wang H. Antimicrobial activity of flavonoids from Sedum aizoon L. against Aeromonas in culture medium and in frozen pork // *Food Science & Nutrition*. 2019. Vol. 7. Pp. 3224–3232. DOI: 10.1002/fsn3.1178.
6. Canli K., Bozyel M. E., Benek A., Yetgin A., Akata I., Altuner E. M. Screening of in vitro antimicrobial activity of Sedum hispanicum ethanol extract and determination of its biochemical composition // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2021. Vol. 30. No. 11 A. Pp. 12614–12619.
7. Song W., Wang J., Zhai L., Ge L., Hao S., Shi L., Lian C., Chen C., Shen Z., Chen Y. A meta-analysis about the accumulation of heavy metals uptake by Sedum alfredii and Sedum plumbizincicola in contaminated soil // *International Journal Phytoremediation*. 2021. Vol. 24. No. 7. Pp. 744–752. DOI: 10.1080/15226514.2021.1970103.
8. Hassan M. H. A., Elwekeel A., Moawad A. S., Afifi N., Amin E., Amir D. E. Phytochemical constituents and biological activity of selected genera of family Crassulaceae: A review // *South African Journal of Botany*. 2021. Vol. 141. Pp. 383–404. DOI: 10.1016/j.sajb.2021.05.016.
9. Baskar V., Venkatesh R., Ramalingam S. Flavonoids (antioxidants systems) in higher plants and their response to stresses. In: Gupta D., Palma J., Corpas F. (eds). *Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants*. Springer, Cham, 2018. Pp. 253–268. DOI: 10.1007/978-3-319-75088-0\_12.
10. Карпук В. В., Поликсенова В. Д., Шевелева О. А., Асинова М. И., Иванова А. В. Слизи, флавоноиды, танины в листьях суккулентов: содержание и локализация // *Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты: материалы III международной научно-практической конференции*. Минск, 2020. С. 41–45.
11. Wang T. Y., Li Q., Bi K. S. Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate // *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018. Vol. 13. No. 1. Pp. 12–23. DOI: 10.1016/j.ajps.2017.08.004.
12. Koźmińska A., Al Hassan M., Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Boscaiu M., Vicente O. Responses of succulents to drought: Comparative analysis of four Sedum (Crassulaceae) species // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 243. Pp. 235–242. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.08.028.
13. Смуцева С. О., Мироненко Н. В., Чиглакова А. О., Селеменев В. Ф. Тенденции и перспективы научных исследований в области извлечения, анализа и применения гликозидных соединений пентациклического и тетрациклического ряда (обзор) // *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2020. № 1. С. 18–28.
14. Minzanova S. T., Mironov V. F., Arkhipova D. M., Khabibulina A. V., Mironova L. G., Zakirova Yu. M., Milyakov V. A. Biological activity and pharmacological application of pectic polysaccharides: A review // *Polymers*. 2018. Vol. 10 (12). Article number 1407. DOI: 10.3390/polym10121407.
15. Oliveira A. F., da Luz B. B., Werner M. F. P., Iacomini M., Cordeiro L. M. C., Cipriani T. R. Gastroprotective activity of a pectic polysaccharide fraction obtained from infusion of Sedum dendroideum leaves // *Phytomedicine*. 2018. Vol. 41. No. 1. Pp. 7–12. DOI: 10.1016/j.phymed.2018.01.015.

#### Об авторах:

Татьяна Ивановна Фомина<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,

ORCID 0000-0003-4724-2480, AuthorID 164898; +7 (383) 339-97-96, [fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru)

Татьяна Абдулхаиловна Кукушкина<sup>1</sup>, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7235-9667,

AuthorID 97898; +7 (383) 339-98-16, [kukushkina-phyto@yandex.ru](mailto:kukushkina-phyto@yandex.ru)

<sup>1</sup>Центральный сибирский ботанический сад, Новосибирск, Россия

## The content of biologically active substances in the vegetative mass of stonecrops (*Sedoideae*)

T. I. Fomina<sup>1</sup>✉, T. A. Kukushkina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russia

✉E-mail: [fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru)

**Abstract.** The aim of the study was to determine the content of the main groups of biologically active substances in the vegetative mass of 10 stonecrops in different phases of seasonal development. **Methods.** The freshly col-



lected raw materials – vegetative shoots of the following species: *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *A. hybrida* (L.) Grulich, *A. kurilensis* (Vorosh.) S. Gontch., *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Sedum acre* L., *S. album* L., *S. hispanicum* L., *S. reflexum* L., *S. rupestre* L. and *S. spurium* M. Bieb. were analyzed. Generally accepted methods of phytochemical analysis were used. The dry matter content was determined by drying 1 g of raw materials to a constant weight. The amount of phenolic compounds, pectin substances and total sugars was determined in ethanol extracts spectrophotometrically, the amount of saponins – by the weight method, and their indicators were calculated for the mass of absolute dry raw materials. The concentration of ascorbic acid was determined by the titrimetric method for wet weight. **Scientific novelty.** The quantitative content of dry substances, catechins, flavonols, and pectic polysaccharides was studied in stonecrops for the first time. The dynamics of the content of the main groups of secondary metabolites from the flowering phase to the end of the growing season has been established. **Results.** It was found that the vegetative mass of stonecrops contains: dry matter – up to 19,74 %, flavonols – up to 2,38 %, tannins – up to 19,35 %, pectic polysaccharides – up to 9,9 %, total sugars – up to 41,55 %, and ascorbic acid – up to 112,8 mg%; the amount of catechins does not exceed 3,15 mg%. The tendency to the accumulation of flavonols, saponins and pectic substances during flowering phase in summer, but sugars, tannins and dry substances to the end of the growing season in autumn was revealed. *Aizopsis* species, *S. spurium*, *S. hispanicum* have the highest content of the main groups of biologically active substances. The findings testify to the prospects of stonecrops as a source of various bioactive substances.

**Keywords:** *Sedoideae*, stonecrops, biologically active substances, vegetative mass, seasonal development.

**For citation:** Fomina T. I., Kukushkina T. A. Soderzhanie biologicheskii aktivnykh veshchestv v vegetativnoy masse ochitkov (*Sedoideae*) [The content of biologically active substances in the vegetative mass of stonecrops (*Sedoideae*)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 07 (236). Pp. 115–124. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-236-07-115-124. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 15.01.2023, **date of review:** 10.03.2023, **date of acceptance:** 13.03.2023.

### References

1. Plantarium. Rasteniya i lishayniki Rossii i sopredel'nykh stran: otkrytyy onlayn atlas i opredelitel' rasteniy. 2007–2023 [Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. 2007–2023] [e-resource]. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en.html> (date of reference: 13.01.2023). (In Russian.)
2. Byalt A. V. Bioraznoobrazie, sistematika i geografiya tolstyankovykh (Crassulaceae) v Evrazii [Biodiversity, taxonomy and geography of the Crassulaceae in Eurasia] // Botanika v sovremennom mire: trudy XIV s'ezda Russkogo botanicheskogo obshchestva i konferentsii. Makhachkala, 2018. Vol. 1. Pp. 20–23. (In Russian.)
3. Entsiklopediya dekorativnykh sadovykh rasteniy (EDSR) [Encyclopedia of ornamental garden plants (EOFP)] [e-resource]. URL: <http://flower.onego.ru> (date of reference: 13.01.2023). (In Russian.)
4. Matsuoka T., Tsuchiya K., Yamada S., Lundholm J. T., Okuro T. Value of *Sedum* species as a companion plants for nectar-producing plants depends on leaf characteristics of the *Sedum* // Urban Forestry & Urban Greening. 2019. Vol. 39. Pp. 35–44. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.02.003.
5. Xu F., Cao S., Wang C., Wang K., Wei Y., Shao X., Wang H. Antimicrobial activity of flavonoids from *Sedum aizoon* L. against *Aeromonas* in culture medium and in frozen pork // Food Science & Nutrition. 2019. Vol. 7. Pp. 3224–3232. DOI: 10.1002/fsn3.1178.
6. Canli K., Bozyel M. E., Benek A., Yetgin A., Akata I., Altuner E. M. Screening of in vitro antimicrobial activity of *Sedum hispanicum* ethanol extract and determination of its biochemical composition // Fresenius Environmental Bulletin. 2021. Vol. 30. No. 11 A. Pp. 12614–12619.
7. Song W., Wang J., Zhai L., Ge L., Hao S., Shi L., Lian C., Chen C., Shen Z., Chen Y. A meta-analysis about the accumulation of heavy metals uptake by *Sedum alfredii* and *Sedum plumbizincicola* in contaminated soil // International Journal Phytoremediation. 2021. Vol. 24. No. 7. Pp. 744–752. DOI: 10.1080/15226514.2021.1970103.
8. Hassan M. H. A., Elwekeel A., Moawad A. S., Afifi N., Amin E., Amir D. E. Phytochemical constituents and biological activity of selected genera of family Crassulaceae: A review // South African Journal of Botany. 2021. Vol. 141. Pp. 383–404. DOI: 10.1016/j.sajb.2021.05.016.
9. Baskar V., Venkatesh R., Ramalingam S. Flavonoids (antioxidants systems) in higher plants and their response to stresses. In: Gupta D., Palma J., Corpas F. (eds). Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants. Springer, Cham, 2018. Pp. 253–268. DOI: 10.1007/978-3-319-75088-0\_12.
10. Karpuk V. V., Poliksenova V. D., Sheveleva O. A., Asinova M. I., Ivanova A. V. Slizi, flavonoidy, tannidy v list'yakh sukkulentov: sodержanie i lokalizatsiya [Mucus, flavonoids, tannids in the leaves of succulents: content

and localization] // Aktual'nye problemy izucheniya i sokhraneniya fito- i mikrobioty: materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Minsk, 2020. Pp. 41–45. (In Russian.)

11. Wang T. Y., Li Q., Bi K. S. Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate // Asian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2018. Vol. 13. No. 1. Pp. 12–23. DOI: 10.1016/j.ajps.2017.08.004.

12. Koźmińska A., Al Hassan M., Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Boscaiu M., Vicente O. Responses of succulents to drought: Comparative analysis of four Sedum (Crassulaceae) species // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 243. Pp. 235–242. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.08.028.

13. Smuseva S. O., Mironenko N. V., Chiglakova A. O., Selemenev V. F. Tendentsii i perspektivy nauchnykh issledovaniy v oblasti izvlecheniya, analiza i primeneniya glikozidnykh soedineniy pentatsiklicheskogo i tetratsiklicheskogo ryada (obzor) [Trends and prospects of scientific research in the field of extraction, analysis and use of glycosidic compounds of the pentacyclic and tetracyclic series] // Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2020. No. 1. Pp. 18–28. (In Russian.)

14. Minzanova S. T., Mironov V. F., Arkhipova D. M., Khabibulina A. V., Mironova L. G., Zakirova Yu. M., Milyakov V. A. Biological activity and pharmacological application of pectic polysaccharides: A review // Polymers. 2018. Vol. 10 (12). Article number 1407. DOI: 10.3390/polym10121407.

15. Oliveira A. F., da Luz B. B., Werner M. F. P., Iacomini M., Cordeiro L. M. C., Cipriani T. R. Gastroprotective activity of a pectic polysaccharide fraction obtained from infusion of Sedum dendroideum leaves // Phytomedicine. 2018. Vol. 41. No. 1. Pp. 7–12. DOI: 10.1016/j.phymed.2018.01.015.

#### **Authors' information:**

Tatyana I. Fomina<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-4724-2480, AuthorID 164898; +7 383 339-97-96, [fomina-ti@yandex.ru](mailto:fomina-ti@yandex.ru)

Tatyana A. Kukushkina<sup>1</sup>, senior researcher, ORCID 0000-0002-7235-9667, AuthorID 97898; +7 383 339-98-16, [kukushkina-phyto@yandex.ru](mailto:kukushkina-phyto@yandex.ru)

<sup>1</sup>Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russia