

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА ЛЕБЕДЫ САДОВОЙ *ÁTRIPLEX HORTĒNSIS* L. ПРИ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ И СТРЕССОРНЫМ НАГРУЗКАМ В МОДЕЛИ *IN VIVO*

И.Ю. Сергеева<sup>1</sup>, sergeeva.76@list.ru  
А.В. Аншуков<sup>1</sup>, anshukov@live.ru  
Л.А. Рябоконева<sup>1</sup>, lara.ryabokoneva22@mail.ru  
Е.А. Мухлынина<sup>2</sup>, elena.mukhlynina@yandex.ru  
Н.В. Шкрабтак<sup>3</sup>, nataxaa@mail.ru

<sup>1</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>2</sup> Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия

**Аннотация.** Растительное сырье содержит в своем составе физиологически активные вторичные метаболиты, которые помогают нашему организму нивелировать негативное влияние адаптационного синдрома. **Цель исследования** – изучить влияние *Atriplex hortēnsis* L. на формирование компенсаторно-адаптационного механизма защиты организма при физических нагрузках в сочетании со стрессорирующим фактором. **Результаты.** Изучен химический состав *Atriplex hortēnsis* L.: процентное содержание сырого протеина –  $(33,55 \pm 0,65)$  %, массовая доля редуцирующих сахаров –  $(0,92 \pm 0,02)$  %, массовая доля сырой золы –  $(19,24 \pm 0,36)$  %, минеральных веществ (кальций –  $(2,53 \pm 0,04)$  %, фосфор –  $(0,37 \pm 0,01)$  %, железо –  $(0,0160 \pm 0,0003)$  %, медь –  $(0,430 \pm 0,008)$  мг/кг, цинк –  $(6,83 \pm 0,14)$  мг/кг), массовая доля дубильных веществ –  $(3,74 \pm 0,05)$  %, антиоксидантная активность –  $(0,37 \pm 0,01)$  ммоль-экв/л. В модели *in vivo* изучено влияние водного экстракта *Atriplex hortēnsis* L. в различных концентрациях на повышение работоспособности и неспецифической резистентности у крыс-самок линии Wistar, подвергающихся физической и стрессорной нагрузке (моделирование беговых нагрузок, плавания и воздействие низких температур). К 30 суткам утомляемость крыс с введением экстракта лебеды садовой снижается по сравнению с крысами, получающими воду, на 45,3; 53,5 и 57 % с повышением дозировки экстракта. Употребление экстракта *Atriplex hortēnsis* L. животными с холодным стрессом даже в самой низкой концентрации улучшает показатели работоспособности крыс в тесте бега «до отказа». Препятствует также накоплению продуктов перекисного окисления липидов в ткани легких у животных, подвергавшихся действию хронического холодного стресса, приводит к снижению содержания высокотоксичных вторичных продуктов ПОЛ – гидроперекисей (снижение в 2,1–2,6 раза в зависимости от дозы экстракта), диеновых конъюгатов (снижение до 68 %). Гистологические исследования крыс опытных групп показали наличие изменения в миокарде, развиваются компенсаторно-приспособительные реакции, направленные на улучшение транскапиллярного обмена и стимуляцию биосинтеза сократительных и энергообразующих структур, что говорит о перспективности и целесообразности применения *Atriplex hortēnsis* L. как источника фитоадаптогенов.

**Ключевые слова:** *Atriplex hortēnsis* L., фитоадаптогены, физическая нагрузка, стрессовые факторы, показатели перекисного окисления липидов

**Для цитирования:** Изучение влияние водного экстракта лебеды садовой *Atriplex hortēnsis* L. при адаптации к физическим и стрессорным нагрузкам в модели *in vivo* / И.Ю. Сергеева, А.В. Аншуков, Л.А. Рябоконева и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2024. Т. 12, № 1. С. 76–89. DOI: 10.14529/food240109

Original article  
DOI: 10.14529/food240109

## TO STUDY THE EFFECT OF THE AQUEOUS EXTRACT OF *ATRIPLEX HORTĒNSIS* L. ON ADAPTATION TO PHYSICAL AND STRESS LOADS IN AN *IN VIVO* MODEL

I.Yu. Sergeeva<sup>1</sup>, sergeeva.76@list.ru  
A.V. Anshukov<sup>1</sup>, anshukov@live.ru  
L.A. Ryabokoneva<sup>1</sup>, lara.ryabokoneva22@mail.ru  
E.A. Mukhlynina<sup>2</sup>, elena.mukhlynina@yandex.ru  
N.V. Shkrabtak<sup>3</sup>, nataxaa@mail.ru

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>2</sup> Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Amur State University, Blagoveshchensk, Russia

**Abstract.** Plant raw materials contain physiologically active secondary metabolites that help our body neutralize the negative impact of adaptation syndrome. **The purpose of the study** is to study the effect of *Atriplex hortēnsis* L. on the formation of a compensatory-adaptive mechanism of body defense during physical activity in combination with a stress factor. **Results.** The chemical composition of *Atriplex hortēnsis* L. has been studied: the percentage of crude protein is ( $33.55 \pm 0.65$ ) %, the mass fraction of reducing sugars is ( $0.92 \pm 0.02$ ) %, the mass fraction of crude ash is ( $19.24 \pm 0.36$ ) %, minerals (calcium – ( $2.53 \pm 0.04$ ) %, phosphorus – ( $0.37 \pm 0.01$ ) %, iron – ( $0.0160 \pm 0.0003$ ) %, copper – ( $0.430 \pm 0.008$ ) mg/kg, zinc – ( $6,83 \pm 0.14$ ) mg/kg), mass fraction of tannins – ( $3.74 \pm 0.05$ ) %, antioxidant activity – ( $0.37 \pm 0.01$ ) mmol-eq/l. In an *in vivo* model, the effect of an aqueous extract of *Atriplex hortēnsis* L. in various concentrations on increasing performance and nonspecific resistance in female Wistar rats exposed to physical and stress loads (simulated running loads, swimming and exposure to low temperatures) was studied. By the 30th day, the fatigue of rats with the administration of quinoa extract decreases compared to rats receiving water by 45.3; 53.5; 57 % with increasing dosage of the extract. The use of *Atriplex hortēnsis* L. extract by animals with cold stress, even at the lowest concentration, improves the performance of rats in the run-to-failure test. Prevents the accumulation of lipid peroxidation products in the lung tissue of animals exposed to chronic cold stress, the content of highly toxic secondary products of lipid peroxidation – hydroperoxides (reduction by 2.1–2.6 times depending on the dose of the extract), diene conjugates (reduction by up to 68 %). Histological studies of experimental rats groups showed changes in the myocardium, compensatory-adaptive reactions develop aimed at improving transcapillary metabolism and stimulating the biosynthesis of contractile and energy-producing structures, which indicates the prospects and feasibility of using *Atriplex hortēnsis* L. as a source of phytoadaptogens.

**Keywords:** *Atriplex hortēnsis* L, phytoadaptogens, physical activity, stress factors, indicators of lipid peroxidation

**For citation:** Sergeeva I.Yu., Anshukov A.V., Ryabokoneva L.A., Mukhlynina E.A., Shkrabtak N.V. To study the effect of the aqueous extract of *Atriplex hortēnsis* L. on adaptation to physical and stress loads in an *in vivo* model. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 76–89. DOI: 10.14529/food240109

### Введение

В современных реалиях организм человека испытывает постоянные стрессовые нагрузки. Стресс в современном обществе обусловлен обширной деятельностью человека, повышенными физическими нагрузками, а также преобладанием интеллектуального труда над физическим. Стресс-факторы являются

провокаторами развития различного рода заболеваний: расстройства нервной системы, сердечно-сосудистые заболевания, диабет и др. [1, 2]. Адаптогены – вещества, способные снизить воздействие стресс-факторов на организм человека, и, помимо этого, улучшить метаболические функции и повысить умственную, физическую активность [3–5] за счет

увеличения проводимости сигнальных путей в поврежденных клеточных структурах [6].

Растительное сырье содержит в своем составе физиологически активные вторичные метаболиты, которые помогают нашему организму нивелировать негативное влияние адаптационного синдрома [4, 7–11].

Перспективным источником фитоадаптогенов может служить представитель семейства амарантовых (*Amaranthaceae*) – лебеда (*Atriplex*), которая в своем составе содержит моноциклические терпеноиды и флавоны, сквален (предшественник тритерпенов и стероидов, в том числе стеролов и их производных), обладающих различной биологической активностью [12–15].

На сегодняшний момент насчитывается более 200 видов *Atriplex*, каждое из которых обладает своим уникальным химическим составом и различными биологическими свойствами. Анализ первичной литературы в международной базе Scopus по ключевому слову *atriplex* по результатам научных исследований химического состава, ботанических характеристик, фармакологического воздействия лебеды различных географических ареалов показал около 4,5 тысяч публикаций за период 1999–2022 гг.

Опубликованы научные данные по оценке фармакологического влияния данного сырья на организм человека (в проекциях на животной модели и отдельных клеточных линиях). Так, экспериментально подтверждены анаболический эффект [16], антидиабетический эффект [17], антигипергликемический, антигиперлипидемический и антиоксидантный эффекты [13, 18–21], антибактериальный [18, 22]. Доказана безопасность применения, отсутствие токсичности выделяемых веществ из лебеды различного ареала произрастания для живых организмов [14, 17, 21].

Современный темп жизни, а также сопровождающие неблагоприятные условия окружающей среды отрицательно воздействует на организм человека, снижая адаптивные свойства, провоцируя стрессовые реакции в организме индивида. Хорошо известно, что хронический стресс и повышенные нагрузки являются факторами риска развития патологий сердечно-сосудистой системы. Высокий уровень стресса у современного человека определяет актуальность поиска эффективных препаратов, способствующих адаптации и повышению устойчивости в условиях стресса.

**Цель исследования** – изучить влияние *Atriplex hortēnsis* L. на формирование компенсаторно-адаптационного механизма защиты организма при физических нагрузках в сочетании со стрессирующим фактором.

#### **Объекты исследований**

*Atriplex hortēnsis* L. – регион произрастания Кемеровская область, 55°23'22" с. ш., 86°18'15" в. д., 2022 год сбора в период вегетации (май, июнь). Наземную часть растения высушивали естественным путем в сухом вентилируемом помещении без доступа прямых лучей солнца в течение 5 суток. Высушенное растение измельчали на мельнице TAGLER ЛМЦ-5 «Циклон» (TAGLER®, ООО «НВ-Лаб», Москва). Получили помол фракции с размером частиц 40–50 мкм. Сухое измельченное сырье хранили при комнатной температуре в стеклянной герметичной таре.

В эксперименте использовались половозрелые крысы-самки Wistar в возрасте 2 месяцев с исходной массой тела 180–200 г. В ходе эксперимента животные содержались в стандартных условиях лабораторного вивария с неограниченным доступом к корму и питью. В опытах использовали животных одного помета.

В ходе эксперимента было сформировано 5 групп животных по 30 особей в каждой группе:

1 – интактная – животные находились в стандартных условиях вивария, в качестве питья использовалась вода питьевая;

2 – контрольная – животные подвергались холодовому воздействию в холодильной камере при температуре минус 15 °С по 3 часа ежедневно, в качестве питья использовалась вода питьевая;

3, 4, 5 – опытные – животные подвергались холодовому воздействию в холодильной камере при температуре минус 15 °С по 3 часа ежедневно, в качестве питья использовали водный экстракт из лебеды садовой в концентрации 3,75, 7,50 и 11,25 % соответственно. При выборе концентраций экстракта основывались на данных ученых [16, 19], а также на проведенных ранее исследованиях.

#### **Методы исследования**

Химический состав *Atriplex hortēnsis* L. определяли по следующим методикам:

– процентное содержание сырого протеина – по ГОСТ 26889-86 «Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля»,

– массовая доля редуцирующих сахаров – по ГОСТ 8756.13-87,

– массовая доля сырой золы – по ГОСТ 10847-2019,

– минеральных веществ (кальций – по ГОСТ 26570-95; фосфор – по ГОСТ 26657-97; железо – по ГОСТ 27998-88; медь, цинк – по ГОСТ 26929-94, МВИ 224.04.10.132/2008),

– массовая доля дубильных веществ – по ГОСТ 24027.2-80;

– антиоксидантная активность – по МВИ 02.005–07.

Водный экстракт из *Atriplex hortēnsis* L. готовился по методике: 7,5; 15,0; 22,5 г сухого измельченного сырья заливали 200 см<sup>3</sup> горячей воды (85 ± 2) °С (концентрация раствора составила 3,75; 7,50 и 11,25 % соответственно), экстракцию проводили в течение 12 часов, после чего экстракт отфильтровали. Полученный раствор выпаивали крысам 3, 4, 5 групп по 2 см<sup>3</sup>/100 г массы тела на протяжении 30 дней. Контрольные животные получали эквивалентный объем питьевой воды.

#### **Определение адаптогенных свойств методом *in vivo***

Все манипуляции с лабораторными животными проводились в соответствии с рекомендациями международных этических комитетов и Директивой Совета ЕС (Directive 2010/63/EU), правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных (приложение к приказу Минздрава СССР от 12.08.1977 г. № 755) и Федеральным законом РФ «О защите животных от жестокого обращения» от 01.01.1997 г.

Для определения фармакологической ценности растительного экстракта проводили несколько серий экспериментов по оценке влияния водного экстракта лебеды на устойчивость к утомлению (плавание «до отказа» с грузом 10 % от массы тела; бег «до отказа» на тредбане) [23] на фоне стрессирующего фактора (холодовое воздействие) и введения экстрактов лебеды садовой в различных дозировках.

Через 10, 20 и 30 дней от начала экспериментов оценивалось время плавания и бега животных в минутах плавания до момента «отказа» или неспособности животного осуществлять бег, несмотря на электростимуляцию. В тесте бега до отказа использовали тредбан, позволяющий не только задавать нагрузку определенной интенсивности, но и изменять ее в процессе эксперимента, что не достигается при использовании плавательной

пробы или лазанья по канату. Тест проводился с использованием тредбана конструкции Алексеева В.В. и Безъязычного В.Н. Интенсивность нагрузки определялась скоростью движения ленты (20 м/мин с последующим увеличением до 30 м/мин). Угол наклона ленты составлял 10 градусов. Подобный угол наклона, согласно данным [23], является наиболее оптимальным для моделирования мышечной нагрузки у мелких лабораторных животных.

Через 10, 20 и 30 суток после начала эксперимента под наркозом (ксилазин (1 мл/кг), золетил (3–5 мг/кг)) проводилось взятие периферической крови из хвостовой вены, образцов легких и сердца для биохимического и гистологического исследования.

Из каждой группы по 10 животных вывели из эксперимента через 10, 20 и 30 суток. Наркотизация животных, забор биологического материала проводились однократно у каждого животного перед его эвтаназией.

#### **Количество гидроперекисей (ГП) липидов**

Определяли в периферической крови животных методом, основанным на способности гидроперекисей окислять ионы Fe<sup>2+</sup> с последующей реакцией на Fe<sup>3+</sup> с тиоцианатом аммония. Величину гидроперекисей выражали в нмоль на г ткани [24].

#### **Определение содержания малонового диальдегида (МДА) и диеновых конъюгатов (ДК)**

Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли по накоплению в плазме крови животных продуктов перекисного окисления полиненасыщенных жирных кислот – диеновых конъюгатов (ДК) и малонового диальдегида (МДА). ДК и МДА определяли в периферической крови и гомогенатах легких животных стандартным методом (ДК – фотометрическое сканирование при 232 нм, МДА – по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой и фотометрическом сканировании при 532–570 нм). Содержание ДК и МДА выражали в нмоль на г ткани [25].

#### **Гистологические исследования**

Для гистологического исследования проводилось взятие образцов сердца крыс испытуемых групп с последующей их фиксацией в 10 %-ном растворе нейтрального формалина в течение 48 часов. В дальнейшем осуществляли стандартную гистологическую подготовку образцов методом последовательных манипуляций – обезвоживания спиртом, заливкой в

парафин, получения продольных срезов материала, окрашивания гематоксилином Бемера и эозином. Анализ изображений и изготовление микрофотографий осуществляли на фотомикроскопе Microphot-FXA (Nikon, Япония) при увеличении  $\times 40$  и  $\times 100$ .

#### Статистическая обработка результатов

Анализ данных выполнен в пакете статистических программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc. 2001). Данные представлены в виде среднего арифметического ( $M$ )  $\pm$  стандартная ошибка среднего ( $m$ ). Статистический анализ полученных результатов исследования осуществляли с применением непараметрического критерия Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

#### Результаты и их обсуждение

В образце лебеды садовой были определены следующие показатели химического состава: процентное содержание сырого протеина –  $(32,55 \pm 0,65)$  %, массовая доля редуцирующих сахаров –  $(0,92 \pm 0,02)$  %, массовая доля сырой золы –  $(19,24 \pm 0,36)$  %, минеральных веществ (кальций –  $(2,53 \pm 0,04)$  %, фосфор –  $(0,37 \pm 0,01)$  %, железо –  $(0,0160 \pm 0,0003)$  %, медь –  $(0,430 \pm ,008)$  мг/кг, цинк –  $(6,83 \pm 0,14)$  мг/кг), массовая доля дубильных веществ –  $(3,74 \pm 0,05)$  %. Потенциометрическим методом была определена антиоксидантная активность, которая составила  $0,37 \pm 0,01$  ммоль-экв/л.

Применяемый в данных исследованиях вид лебеды *Atriplex hortēnsis* L. отличается от представителей семейства большим содержанием белка. Соизмеримое количество протеина содержит тот же вид лебеды, но произрастающей в Америке – 27 % [15].

Лебеда обладает высокой активностью по удалению свободных радикалов, что подтверждается отечественными и зарубежными исследованиями [12, 13, 18–21]. Однако данные приводятся для других видов растения. Поэтому представляло интерес исследовать влияние именно *Atriplex hortēnsis* L. на формирование компенсаторно-адаптационного механизма защиты организма при физических нагрузках в сочетании со стрессирующим фактором.

Анализ полученных результатов *in vivo* свидетельствует, что холодное воздействие достоверно снижает время плавания «до отказа» во все исследуемые сроки (табл. 1). При этом экстракт лебеды садовой нивели-

рует негативное влияние стрессирующего фактора.

Утомление у животных, получающих различные дозы экстракта лебеды садовой, наступает позднее, чем у животных группы с холодным воздействием, и возвращается к уровню интактных крыс. Так, на 10 день эксперимента крысы, получающие экстракт лебеды садовой в концентрации 3,75 %, плавают в среднем на 6 % дольше, чем крысы с холодным воздействием, получающие 7,5 %-ный экстракт – на 6,4 % дольше, а получающие 11,25 %-ный экстракт – на 6,8 %. На 20 день исследования крысы, получающие экстракт лебеды садовой в различных концентрациях, плавают на 6,6–6,9 % дольше, чем животные, употребляющие чистую воду.

Употребление экстракта лебеды садовой повышает выносливость крыс через 30 суток по сравнению с контролем на 12,6–13,3 % в зависимости от используемой дозировки. Введение в рацион экстракта лебеды садовой во всех исследованных концентрациях приводило к нормализации степени утомляемости, несмотря на действие стрессирующего фактора во все дни эксперимента.

Проведенные исследования утомления крыс в тесте бега на тредбане «до отказа» также указывают на снижение показателей работоспособности во все исследуемые сроки у крыс, подвергающихся холодному воздействию и потребляющих питьевую воду (табл. 2).

Введение в рацион экстракта лебеды садовой вне зависимости от дозировки во все исследуемые сроки повышает уровень работоспособности у стрессируемых животных, возвращая его к показателям интактных крыс. Так, через 10 дней эксперимента крысы, получающие экстракт лебеды концентрацией 3,75 %, бегут по тредбану в среднем на 61 % дольше, чем крысы с холодным воздействием, получающие экстракт концентрацией 7,5 % – на 68 % дольше, а получающие экстракт концентрацией 11,25 % – на 73,6 %. На 20 день исследования работоспособность крыс, получающих экстракт лебеды садовой, с повышением дозировки больше, чем в контроле на 38,2; 42,7 и 44,9 % соответственно. К 30 суткам утомляемость крыс с введением лебеды садовой снижается по сравнению с крысами, получающими воду, на 45,3; 53,5 и 57,0 % с повышением дозировки экстракта соответственно.

Таблица 1

Длительность плавания в тесте «до отказа» у крыс при холодовом стрессе и введении экстрактов *Atriplex hortensis* L.

№	Группы животных	Время плавания, мин		
		10 день	20 день	30 день
1	Интактные	121,5 ± 0,39	122,1 ± 0,26	123,3 ± 0,38
2	Контроль (подвергнутые холодовому воздействию)	115,6 ± 0,21*	117,8 ± 0,33*	112,5 ± 0,20*
3	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 3,75 %)	122,8 ± 0,36**	125,6 ± 0,19**	126,7 ± 0,11**
4	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 7,50 %)	123,1 ± 0,14**	126,1 ± 0,25**	127,3 ± 0,33**
5	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 11,25 %)	123,5 ± 0,28**	125,9 ± 0,41**	127,5 ± 0,12**

Примечание:

\* – различия с группой № 1 интактных животных достоверны ( $p < 0,05$ );\*\* – различия с группой № 2 «холодовое воздействие» достоверны ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2

Длительность бега на тредбане в тесте «до отказа» у крыс при холодовом стрессе и введении экстрактов *Atriplex hortensis* L.

№	Группы животных	Длительность бега, мин		
		10 день	20 день	30 день
1	Интактные	11,30 ± 1,20	12,90 ± 1,16	11,8 ± 0,65
2	Контроль (подвергнутые холодовому воздействию)	7,20 ± 0,34*	8,90 ± 0,24*	8,60 ± 1,30*
3	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 3,75 %)	11,60 ± 1,20**	12,30 ± 3,80**	12,50 ± 2,40**
4	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 7,50 %)	12,10 ± 1,20**	12,70 ± 4,20**	13,20 ± 2,80**
5	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 11,25 %)	12,50 ± 1,90**	12,90 ± 3,10**	13,50 ± 1,50**

Примечание:

\* – различия с группой № 1 интактных животных достоверны ( $p < 0,05$ );\*\* – различия с группой № 2 «холодовое воздействие» достоверны ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, употребление экстракта лебеды садовой животными с холодовым стрессом даже в самой низкой концентрации улучшает показатели работоспособности крыс в тесте бега «до отказа», возвращая показатели к уровню здоровых животных, находящихся вне стрессорной ситуации.

Полученные результаты показали, что экстракт лебеды садовой демонстрирует заметный актопротекторный эффект у животных с холодовым стрессом в тесте плавания и бега на тредбане «до отказа», восстанавливая показатели работоспособности до уровня здоровых интактных крыс.

Для выбора контролируемых биохимических и гистологических показателей животных, подвергнутых стрессорным воздействиям на фоне приема экстрактов лебеды, принимали во внимание наиболее часто встречаемые и характерные показатели. Так, Slama K., Rouag M., Tichati L. et al. [13] при изучении нефропротекторной роли и антиоксидантной способности водного экстракта листьев *Atriplex halimus* в отношении вызванного четыреххлористым углеродом повреждения почек у крыс, исследовали окислительный стресс на фоне динамики уровней малонового диальдегида и гидроперекисей.

Soliman G.A., Abd El Raheim M. для изучения антигипергликемического и антиоксидантного эффекта экстрактов *A. farinosa* и *A. nummularia* у крыс, страдающих сахарным диабетом в сочетании с контролем уровня глюкозы в крови натошак, гликозилированного гемоглобина в дополнение к сывороточным уровням триглицеридов, общего холестерина, липопротеидов низкой плотности, также фиксиро-

вали содержание малонового диальдегида в гомогенатах поджелудочной железы [19].

Холодовой стресс приводит к значительному повышению содержания первичных и вторичных продуктов перекисного окисления липидов во все исследуемые сроки (табл. 3).

Так, на 10-й день эксперимента содержание диеновых конъюгатов в легких животных на фоне холодового стресса увеличилось поч-

Таблица 3  
Показатели ПОЛ у крыс при холодовом стрессе и введении экстрактов *Atriplex hortēnsis* L.

№	Группы животных	Содержание, нмоль/ г ткани		
		ГП	ДК	МДА
10-й день				
1	Интактные	2,83 ± 1,07	70,90 ± 12,90	46,90 ± 6,50
2	Контроль (подвергнутые холодовому воздействию)	5,25 ± 1,56*	144,90 ± 26,30*	68,60 ± 12,30*
3	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 3,75 %)	2,45 ± 1,50**	85,90 ± 3,20**	47,50 ± 2,10**
4	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 7,50 %)	2,05 ± 0,57**	101,60 ± 13,70**	46,90 ± 3,80**
5	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 11,25 %)	1,99 ± 0,36**	103,10 ± 13,19**	47,20 ± 3,60**
20-й день				
1	Интактные	2,83 ± 1,07	70,90 ± 12,90	46,90 ± 6,50
2	Контроль (подвергнутые холодовому воздействию)	6,19 ± 0,49*	106,80 ± 15,40*	63,00 ± 1,70*
3	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 3,75 %)	8,90 ± 0,77**	85,10 ± 2,41**	53,10 ± 1,80**
4	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 7,50 %)	8,78 ± 0,67**	83,70 ± 5,13**	50,60 ± 4,50**
5	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 11,25 %)	8,55 ± 0,31**	83,10 ± 2,08**	49,90 ± 1,70**
30-й день				
1	Интактные	2,83 ± 1,07	70,90 ± 12,90	46,90 ± 6,50
2	Контроль (подвергнутые холодовому воздействию)	7,02 ± 0,83*	115,60 ± 12,00*	113,00 ± 24,50*
3	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 3,75 %)	7,80 ± 0,87*	80,59 ± 8,70**	54,55 ± 4,30**
4	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 7,50 %)	7,43 ± 1,36*	82,50 ± 14,60**	52,50 ± 1,80**
5	Опыт (с введением экстракта лебеды концентрацией 11,25 %)	7,51 ± 0,85*	84,10 ± 9,80**	53,20 ± 2,70**

Примечание:

\* – различия с группой № 1 интактных животных достоверны (p < 0,05);

\*\* – различия с группой № 2 «холодовое воздействие» достоверны (p < 0,05)

ти в 2 раза, а МДА на 46,2 %. Через 20 дней отмечалось увеличение содержания гидроперекисей в 2,2 раза, диеновых конъюгатов – в 1,5 раза, малонового диальдегида – в 1,3 раза. Через 30 дней холодого воздействия уровень ПОЛ в ткани легких продолжает оставаться на повышенном относительно интактных животных уровне: содержание гидроперекисей повышено в 2,5 раза, диеновых конъюгатов – в 1,6 раза, МДА – в 2,4 раза.

Введение экстракта лебеды садовой нивелировало активирующий ПОЛ эффект холодого стресса в легких крыс (см. табл. 3).

Так, через 10 дней содержание гидроперекисей липидов снижалось по сравнению с группой крыс, потребляющих воду, в 2,1–2,6 раза в зависимости от дозы экстракта; содержание диеновых конъюгатов снизилось на 68,7; 42,6 и 40,7 % при потреблении экстракта лебеды садовой в концентрации 3,75; 7,50 и 11,25 % соответственно. Содержание малонового диальдегида также снижалось в группах, получающих в качестве питья экстракт лебеды в трех исследуемых дозировках, относительно группы крыс с холодовым стрессом, потребляющей воду, на 44–46 %.

При исследовании содержания продуктов ПОЛ в ткани легких крыс на 20-й и 30-й дни антиокислительный эффект экстракта лебеды наиболее выражен в отношении МДА – отмечается возвращение показателя к уровню интактных животных.

При исследовании миокарда животных (рис. 1), подвергавшихся низким температурам, обнаружены признаки структурной реорганизации как паренхиматозных, так и стромальных элементов сердечной мышцы.

Окраска цитоплазмы кардиомиоцитов как отдельных мышечных сегментов, так и клеточных группы, демонстрирует неравномерность (рис. 1, б, д). Также имеет место просветление и разрежение цитоплазмы в некоторых кардиомиоцитах (рис. 1, д), мозаичная картина повреждения миокарда (рис. 1, б). Встречаются истонченные мышечные сегменты, вокруг которых собираются моноклеарные клетки. В некоторых участках рядом с клетками, подвергшимися контрактурным изменениям, находятся кардиомиоциты с перерастяжением миофибрилл. Следует отметить, что описанные изменения наиболее выражены в миокарде левого желудочка.

Дополнительно при гистологическом исследовании также было обнаружено увеличе-

ние количества фиброзных тканей в миокарде животных, подвергавшихся низким температурам. Это свидетельствует о процессе фиброза, который является реакцией организма на повреждение сердечной мышцы. Фиброзные ткани образуются в результате пролиферации фибробластов и отложения экстрацеллюлярного матрикса, что приводит к утолщению стенок сердечных камер и нарушению их функции.

Кроме того, в некоторых образцах миокарда наблюдались признаки воспалительной реакции, такие как наличие воспалительных клеток, включая лейкоциты и макрофаги. Это указывает на активацию иммунной системы в ответ на повреждение сердца. Воспаление может способствовать дальнейшей дегенерации тканей и ухудшению функции сердца.

Таким образом, гистологическое исследование миокарда животных, подвергавшихся низким температурам, позволяет выявить не только структурные изменения в сердечной мышце, но и патологические процессы, такие как фиброз и воспаление. Эти изменения могут способствовать развитию сердечной недостаточности и других сердечно-сосудистых заболеваний.

Исследования показали, что экстракт лебеды садовой оказывает положительное влияние на состояние миокарда при общем охлаждении (рис. 1, в, е). Он способствует нормализации морфологической картины, затрагивающей тканевую и внутриклеточный уровни организации. Конкретные изменения, которые происходят в миокарде под действием экстракта лебеды садовой, следующие:

- снижение эозинофилии мышечных сегментов. Это связано с уменьшением количества гликогена в цитоплазме кардиомиоцитов;
- уменьшение гипертрофии и гиперплазии кардиомиоцитов. Это происходит за счёт уменьшения нагрузки на сердце;
- улучшение структуры миофибрилл. Это связано с повышением уровня АТФ в клетках;
- усиление межклеточных контактов. Это способствует восстановлению функциональной активности миокарда;
- снижение отёка интерстициальной ткани. Это связано с уменьшением проницаемости капилляров;
- уменьшение количества фибробластов. Это происходит в результате снижения интенсивности воспалительного процесса;



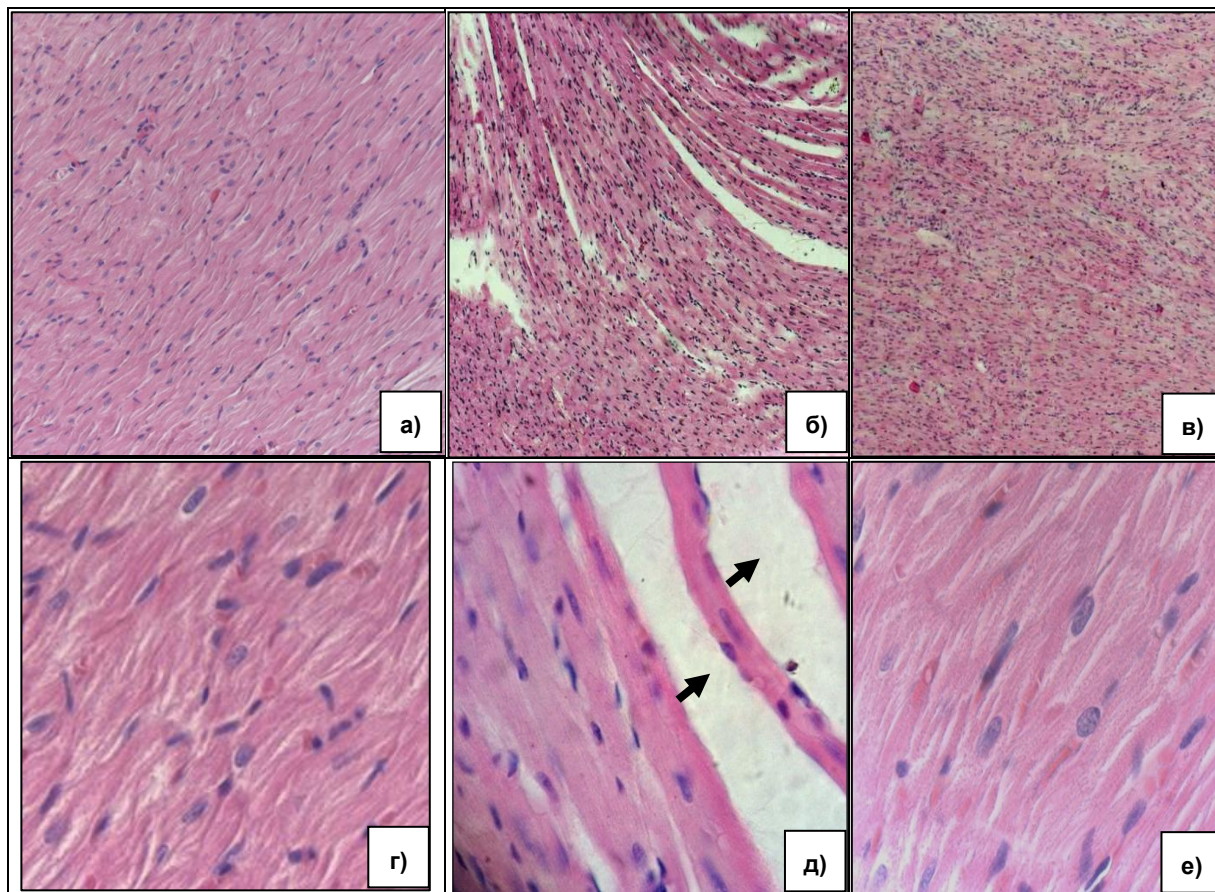


Рис. 1. Гистологические исследования миокарда животных (патоморфологические особенности миокарда левого желудочка крыс): а) intactные животные (увеличение объектива  $\times 20$ ); б) с холодным стрессом (увеличение объектива  $\times 20$ ); в) с холодным стрессом на фоне введения экстракта *Atriplex hortēnsis* L. (увеличение объектива  $\times 20$ ); г) intactные животные (увеличение объектива  $\times 100$ ); д) с холодным стрессом (увеличение объектива  $\times 100$ , стрелками обозначены области расширения межмышечных пространств, разобщения кардиомиоцитов); е) с холодным стрессом на фоне введения экстракта *Atriplex hortēnsis* L. (увеличение объектива  $\times 100$ )

– исчезновение очагов интерстициального склероза. Это связано с восстановлением структуры ткани.

Таким образом, экстракт лебеды садовой является перспективным средством для профилактики и лечения повреждений миокарда, вызванных общим охлаждением.

Большее число клеток, обладающих нормальной структурой, возможно, связано с тем, что экстракт лебеды садовой может нормализовать структуру и функциональность клеточных мембран, входящих в состав биомолекул. Возможно, именно благодаря антиоксидантным свойствам и мембраностабилизирующей функции также уменьшается количество клеток, которые находятся в состоянии пересокращения.

Также известно, что защитное действие антиоксидантов при стрессе может быть обу-

словлено их способностью воздействовать на функциональное состояние нейроэндокринной системы [26, 27], что, по-видимому, находит свое отражение в нормализации уровня стрессорных гормонов и, как следствие, улучшении состояния миокарда.

Полученные в ходе выполнения работы результаты согласуются с литературными данными [12–21], что говорит об их верификации.

#### Заключение

Растения семейства *Amaranthaceae* рода *Atriplex* в независимости от вида и ареала произрастания обладают высоким биологически активным и фармацевтическим потенциалом.

*Atriplex hortēnsis* L. проявляет актопротекторный эффект у животных с холодным стрессом в тесте плавания и бега на тредбане

«до отказа», восстанавливая показатели работоспособности до уровня здоровых интактных крыс.

На фоне введения водного экстракта лебеды садовой в питьевой режим крыс в модели стрессирующего холодового воздействия в миокарде развиваются компенсаторно-при-

способительные реакции, направленные на улучшение транскапиллярного обмена и стимуляцию биосинтеза сократительных и энергообразующих структур, что говорит о перспективности и целесообразности применения *Atriplex hortēnsis* L. как источника фитoadаптогенов.

### Список литературы

1. Короленко А.В. Стресс как фактор риска здоровья населения и распространения вредных привычек // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2019. № 1 (12). С. 3–26.
2. Суркова Д.Р., Пискайкина М.Н. Стресс и его влияние на здоровье человека // Известия Института систем управления СГЭУ. 2018. № 1. С. 34–36.
3. Kucharska H.W. Analysis of the frequency of use of supplements based on plant adaptogens and their impact on the psychophysical well-being of users // Med Srod. 2022. DOI: 10.26444/ms/153024.
4. Gregory S. Kelly. *Rhodiola rosea*: a possible plant adaptogen // Altern Med Rev. 2001. Т. 6, № 3. С. 293–302.
5. Brekhman A.I., Dardymov I.V. New substances of plant origin which increase nonspecific resistance // Annu. Rev. Pharmacol. 1969; 9. P. 419–430.
6. Panossian A., Wikman G. Evidence-based efficacy of adaptogens in fatigue, and molecular mechanisms related to their stress-protective activity // Curr Clin Pharmacol. 2009;4(3). P. 198–219.
7. Рябоконева Л.А., Сергеева И.Ю. Фармакологические свойства *Taraxacum officinale* // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов XI Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 18 мая 2023 года / под общ. ред. А.Ю. Просекова. Кемерово: Кемеровский гос. ун-т, 2023. С. 71–72. EDN: ERUGIU
8. Аншуков А.В., Сергеева И.Ю. Физиологическая ценность растительного сырья Сибири // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов XI Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 18 мая 2023 года / под общ. ред. А.Ю. Просекова. Кемерово: Кемеровский гос. ун-т, 2023. С. 7–8. EDN: OCENWD.
9. Аншуков А.В., Марков А.С., Сергеева И.Ю. Применение флавоноидов для профилактических продуктов питания // Холодильная техника и биотехнологии: сборник тезисов IV национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 01–03 декабря 2022 года. Кемерово: Кемеровский гос. ун-т, 2023. С. 89–90. EDN: XFWCOH.
10. Аншуков А.В., Сергеева И.Ю., Марков А.С. Питание как фактор профилактической среды для работников угольной промышленности // Потребительский рынок: устойчивое развитие в условиях новых вызовов: сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Новосибирск, 10 ноября 2022 года / под ред. Ю.Ю. Миллер. Новосибирск: Сибирский университет потребительской кооперации, 2022. С. 114–118. EDN: XDEDME.
11. Zohra T., Ovais M., Khalil A.T. et al. Bio-guided profiling and HPLC-DAD finger printing of *Atriplex lasiantha* Boiss // BMC Complement Altern Med 19, 4 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2416-1>
12. Верещага О.С. Фитохимический анализ *Atriplex fera* // Образовательная инициатива как ключевой фактор развития сферы знаний: сборник научных трудов. Казань: ООО «СитИвент», 2019. С. 298–303.
13. Slama K., Rouag M., Tichati L. et al. Nephroprotective role and antioxidant capacity of *Atriplexhalimus* on carbon tetrachloride-induced kidney damage in rats // Comp Clin Pathol. 2021. V. 30. P. 75–87.
14. Amin E., Abdel-Bakky M.S., Darwish M.A. et al. The Glycemic Control Potential of Some Amaranthaceae Plants, with Particular Reference to In Vivo Antidiabetic Potential of *Agathophora alopecuroides* // Molecules, 2022, 27, 973.

15. Wright K.H. et al. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds // *Journal of food science*. 2002. Т. 67, № 4. С. 1383–1385. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10294.x>
16. Zaghloul E., Handousa H., Singab A.N.B. et al. Phytoecdysteroids and Anabolic Effect of *Atriplex dimorphostegia*: UPLC-PDA-MS/MS Profiling, In Silico and In Vivo Models // *Plants*. 2023, 12, 206. <https://doi.org/10.3390/plants12010206>
17. Elaid, Bounouar & Missoun, Fatiha & Nesrine Ouda, Amari & Belabaci, Fatima & Belabaci, Senia & Sekkal, Fatima & Djebli, Noureddine. Antidiabetic effect of *Atriplex halimus long* and short term treatment against streptozotocin induced diabetes in rats // *Anales de Biología*. 2022. P. 21–30. DOI: 10.6018/analesbio.44.03.
18. Zine H., Ibrahim M., Loqman S., Papazoglou E.G., Ouhaddou S., Elgadi S., Ouhdouch Y., Hakkou R., Adnani M.E., Ouhammou A. Chemical Composition, Antioxidant, and Antibacterial Activities of Essential Oil of *Atriplex semibaccata* R.Br. Aerial Parts: First Assessment against Multi-drug-Resistant Bacteria // *Agronomy* 2021, 11, 362. DOI: 10.3390/agronomy11020362
19. Soliman G.A., Abd El Raheim M. Antihyperglycemic, Antihyperlipidemic and Antioxidant effect of *Atriplex farinosa* and *Atriplex nummularia* in Streptozotocin-induced Diabetes in rats // *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*. 2015. Т. 4. № 12. С. 10–18.
20. Awaad A.S. et al. Novel flavonoids with antioxidant activity from a Chenopodiaceous plant // *Pharmaceutical Biology*. 2012. Т. 50. № 1. С. 99–104.
21. Parvez M.K., Arbab A.H., Al Dosari M.S., Al Rehaily A.J., Alam P., Ibrahim K.E., Alsaied M.S. and Rafatullah S. Protective effect of *Atriplex subrecta* extract against oxidative and apoptotic hepatotoxicity // *Exp Ther Med* 15: 3883–3891, 2018.
22. Stanković J., Godevac D., Tešević V., Dajić-Stevanović Z., Ćirić A., Soković M., Novaković M. Antibacterial and Antibiofilm Activity of Flavonoid and Saponin Derivatives from *Atriplex tatarica* against *Pseudomonas aeruginosa* // *J Nat Prod*. 2019 Jun 28;82(6):1487–1495. DOI: 10.1021/acs.jnatprod.8b00970. Epub 2019 Jun 4. PMID: 31181926.
23. Бобков Ю.Г. Фармакологическая коррекция утомления / Ю.Г. Бобков, В.М. Виноградов, В.Ф. Катков и др. М.: Медицина, 1984. 208 с.
24. Романова Л.А., Стальная И.Д. Метод определения гидроперекисей липидов с помощью тиоционата аммония // *Современные методы в биохимии*. М.: Медицина, 1977. С. 64–66.
25. Маркин А.А., Федорова Т.Н., Колесова О.Е. Перекисное окисление липидов и методы определения продуктов липопероксидации в биологических средах // *Лаб. дело*. 1984. Т. 9. С. 540–546.
26. Ясенявская А.Л., Самогруева М.А., Лужнова С.А. Влияние антиоксидантов на нейроэндокринный статус в условиях иммобилизационного стресса // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 8-2. С. 57–59.
27. Мамонтова Е.В., Семенищева О.Е. Исследование реакции гипоталамо-адренкортикальной системы на стресс и коррекция стрессорных нарушений антиоксидантами // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 2. С. 53.

### References

1. Korolenko A.V. Stress as a risk factor for public health and the spread of bad habits. *Human health, theory and methodology of physical culture and sports*, 2019, no. 1 (12), pp. 3–26. (In Russ.)
2. Surkova D.R., Piskaikina M.N. Stress and its impact on human health. *Izvestiya Institute of Management Systems of SSEU*, 2018, no. 1, pp. 34–36. (In Russ.)
3. Kucharska H.W. Analysis of the frequency of use of supplements based on plant adaptogens and their impact on the psychophysical well-being of users. *Med Srod*. 2022;25(3-4):46–53. DOI: 10.26444/ms/153024.

4. Gregory S.K. *Rhodiola rosea*: a possible plant adaptogen. *Altern Med Rev.*, 2001, vol. 6, no. 3, pp. 293–302.
5. Brekhman A.I., Dardymov I.V. New substances of plant origin which increase nonspecific resistance. *Annu. Rev. Pharmacol.*, 1969; 9; pp. 419–430.
6. Panossian A., Wikman G. Evidence-based efficacy of adaptogens in fatigue, and molecular mechanisms related to their stress-protective activity. *Curr Clin Pharmacol.*, 2009;4(3): pp. 198–219.
7. Ryabokoneva L.A., Sergeeva I.Yu. Pharmacological properties of *Taraxacum officinale*. *Pishchevye innovatsii i biotekhnologii: sbornik tezisov XI Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Food innovations and biotechnologies: Collection of abstracts of the XI All-Russian (National) Scientific Conference of students, postgraduates and young scientists]. Kemerovo, 2023, pp. 71–72. (In Russ.) EDN: ERUGIU
8. Anshukov A.V., Sergeeva I.Yu. Physiological value of plant raw materials of Siberia. *Pishchevye innovatsii i biotekhnologii: sbornik tezisov XI Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Food innovations and biotechnologies: Collection of abstracts of the XI All-Russian (National) Scientific Conference of students, postgraduates and young scientists]. Kemerovo, 2023, pp. 7–8. (In Russ.) EDN: OCENWD
9. Anshukov A.V., Markov A.S., Sergeeva I.Yu. The use of flavonoids for preventive food. *Kholodil'naya tekhnika i biotekhnologii: sbornik tezisov IV natsional'noy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Refrigeration technology and biotechnology: Collection of abstracts of the IV National Conference of students, postgraduates and young scientists. Kemerovo, 2023, pp. 89–90. (In Russ.) EDN: XFWCOH
10. Anshukov A.V., Sergeeva I.Yu., Markov A.S. Nutrition as a preventive environment factor for coal industry workers. *Potrebitel'skiy rynek: ustoychivoe razvitiye v usloviyakh novykh vyzovov: sbornik materialov Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Consumer market: sustainable development in the face of new challenges: A collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference]. Novosibirsk, 2022. pp. 114–118. (In Russ.) EDN: XDEDME
11. Zohra T., Ovais M., Khalil A.T. et al. Bio-guided profiling and HPLC-DAD finger printing of *Atriplex lasiantha* Boiss. *BMC Complement Altern Med*, 2019, 19, 4. <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2416-1>
12. Vereshchaga O.S. Phytochemical analysis of *Atriplex fera*. *Obrazovatel'naya initsiativa kak klyuchevoy faktor razvitiya sfery znaniy* [Educational initiative as a key factor in the development of the sphere of knowledge: a collection of scientific papers]. Kazan, 2019. pp. 298–303. (In Russ.)
13. Slama K., Rouag M., Tichati L. et al. Nephroprotective role and antioxidant capacity of *Atriplex halimus* on carbon tetrachloride-induced kidney damage in rats. *Comp Clin Pathol*, 2021, vol. 30, pp. 75–87.
14. Amin E., Abdel-Bakky M.S., Darwish M.A., Mohammed H.A., Chigurupati S., Qureshi K.A., Hassan M.H.A. The Glycemic Control Potential of Some Amaranthaceae Plants, with Particular Reference to In Vivo Antidiabetic Potential of *Agathophora alopecuroides*. *Molecules*, 2022, 27, 973.
15. Wright K.H. et al. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *Journal of food science*, 2002, vol. 67, no. 4, pp. 1383–1385. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10294.x>
16. Zaghoul E., Handousa H., Singab A.N.B., Elmazar M.M., Ayoub I.M., Swilam N. Phytoecdysteroids and Anabolic Effect of *Atriplex dimorphostegia*: UPLC-PDA-MS/MS Profiling, In Silico and In Vivo Models. *Plants*, 2023, 12, p.206. <https://doi.org/10.3390/plants12010206>
17. Elaid Bounouar, Missoun, Fatiha, Nesrine Ouda Amari, Belabaci Fatima, Belabaci Senia, Sekkal Fatima & Djebli Nouredine. Antidiabetic effect of *Atriplex halimus* long and short term treatment against streptozotocin induced diabetes in rats. *Anales de Biología*, 2022, pp. 21–30. DOI: 10.6018/analesbio.44.03.
18. Zine H., Ibrahim M., Loqman S., Papazoglou E.G., Ouhaddou S., Elgadi S., Ouhdouch Y., Hakkou R., Adnani M.E., Ouhammou A. Chemical Composition, Antioxidant, and Antibacterial Activities of Essential Oil of *Atriplex semibaccata* R.Br. Aerial Parts. First Assessment against Multi-drug-Resistant Bacteria. *Agronomy*, 2021, 11, p. 362. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020362>

19. Soliman G.A., Abd El. Raheim M. Antihyperglycemic, Antihyperlipidemic and Antioxidant effect of *Atriplex farinosa* and *Atriplex nummularia* in Streptozotocin-induced Diabetes in rats. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.*, 2015, vol. 4, no. 12, pp. 10–18.
20. Awaad A.S. et al. Novel flavonoids with antioxidant activity from a Chenopodiaceous plant. *Pharmaceutical Biology*, 2012, vol. 50, no. 1, pp. 99–104.
21. Parvez M.K., Arbab A.H., Al Dosari M.S., Al Rehaily A.J., Alam P., Ibrahim K.E., Alsaïd M.S. and Rafatullah S. Protective effect of *Atriplex suberecta* extract against oxidative and apoptotic hepatotoxicity. *Exp Ther Med*, 2018,15, pp. 3883–3891.
22. Stanković J., Godevac D., Tešević V., Dajić-Stevanović Z., Ćirić A., Soković M., Novaković M. Antibacterial and Antibiofilm Activity of Flavonoid and Saponin Derivatives from *Atriplex tatarica* against *Pseudomonas aeruginosa*. *J Nat Prod.*, 2019 82(6):1487–1495. DOI: 10.1021/acs.jnatprod.8b00970. Epub 2019 Jun 4. PMID: 31181926.
23. Bobkov Yu.G., Vinogradov V.M., Katkov V.F. et al. *Farmakologicheskaya korrektsiya utomleniya* [Pharmacological correction of fatigue]. Moscow, 1984. 208 p.
24. Romanova L.A., Stal'naya I.D. Method of determination of lipid hydroperoxides using ammonium thiocyanate. *Modern methods in biochemistry*. Moscow, 1977, pp. 64–66. (In Russ.)
25. Markin A.A., Fedorova T.N., Kolesova O.E. Lipid peroxidation and methods for determining lipoperoxidation products in biological media. *Lab. delo*, 1984, vol. 9, pp. 540–546. (In Russ.)
26. Yasenyavskaya A.L., Samotrueva M.A., Luzhnova S.A. The effect of antioxidants on neuroendocrine status in conditions of immobilization stress. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2014, no. 8-2, pp. 57–59. (In Russ.)
27. Mamontova E.V., Semenishcheva O.E. Investigation of the reaction of the hypothalamic-adrenocortical system to stress and correction of stress disorders with antioxidants. *Modern problems of science and education*, 2013, no. 2, p. 53. (In Russ.)

#### **Информация об авторах**

**Сергеева Ирина Юрьевна**, доктор технических наук, заведующая кафедрой технологии продуктов питания из растительного сырья, старший научный сотрудник лаборатории сверхкритической флюидной экстракции, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия, sergeeva.76@list.ru

**Аншукوف Андрей Владимирович**, научный сотрудник лаборатории комплексной научно-технической программы, аспирант кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия, anshukov@live.ru

**Рябоконева Лариса Алексеевна**, ассистент кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, младший научный сотрудник лаборатории сверхкритической флюидной экстракции, аспирант кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия, lara.ryabokoneva22@mail.ru

**Мухлынина Елена Артуровна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории морфологии и биохимии, Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия, elena.mukhlynina@yandex.ru

**Шкрабтак Наталья Викторовна**, доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой безопасности жизнедеятельности, Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия, nataxaa@mail.ru

#### **Information about the authors**

**Irina Yu. Sergeeva**, Doctor of Engineering, Head of the Department of Plant-Based Food Technology, Senior Researcher at the Laboratory of Supercritical Fluid Extraction, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, sergeeva.76@list.ru

**Andrey V. Anshukov**, Researcher at the Laboratory of the Integrated Scientific and Technical program, postgraduate student of the Department of Plant-Based Food Technology, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, anshukov@live.ru

**Larisa A. Ryabokoneva**, Assistant at the Department of Plant-Based Food Technology, Junior Researcher at the Laboratory of Supercritical Fluid Extraction, Postgraduate student at the Department of Plant-Based Food Technology, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, la-ra.ryabokoneva22@mail.ru

**Elena A. Mukhlynina**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Morphology and Biochemistry, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia, elena.mukhlynina@yandex.ru

**Natalia V. Shkrabtak**, Doctor of Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Life Safety, Amur State University, Blagoveshchensk, Russia, nataxaa@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 08.01.2024*

*The article was submitted 08.01.2024*