

*Viktor N. Nesterov,*  
*ScD (biology);*

*Elena S. Bogdanova,*  
*ScD (biology);*

*Olga A. Rozentsvet,*  
*ScD (Doctor in biology),*  
*Institute of Ecology of the Volga River Basin of the RAS*

## **Biochemical Aspects of Ecology of Endemic Species *Suaeda Eltonica* Iljin**

**Key words:** *Suaeda eltonica*, lipids, proteins, pigments, endemic species.

**Annotation:** Study the biochemical aspects of ecology of endemic species of the *Suaeda eltonica* Iljin of flora Prieltonya. It is established the quantitative values of salinity, humidity and pH of the soil in the locus of *S. eltonica*. It was found that the content of pigments, proteins, lipids and fatty acids, with the exception of phospholipids, of *Suaeda eltonica* corresponds to a plant that grows in areas with an arid climate with a high degree of illumination and saline soils. Hypothetically a lower content of phospholipids of *S. eltonica* in comparison with the other species of halophytes and the genus of *Suaeda* can indicate differences in the structural organization of various types of cells of C4-plants.

**Постановка проблемы.** В отличие от видов растений, образующих многочисленные популяции, эндемики имеют узко локализованные ареалы и изолированные популяции. Присутствие эндемиков указывает на оригинальность региональной флоры и уникальность природных условий территории (16).

В условиях Нижнего Поволжья своеобразным локальным «центром биоразнообразия», где на небольшой по площади территории сконцентрировано многообразие растительных сообществ, включая эндемичные формы, является бассейн оз. Эльтон (Приэльтонье) (11). Взаимосвязь естественно высокого уровня засоления почв Приэльтонья, близости залегания грунтовых вод, жаркого и сухого климата с высоким уровнем инсоляции создает условия для развития галотолерантных и галофильных видов, иногда редких, имеющих ограниченное распространение или относящихся к эндемичным формам (8).

*Suaeda eltonica* Iljin – эндемичный вид, однолетник с сочными листьями и мелкими цветками. Вид описан в бассейне озера Эльтон, растет группами на мокрых солончаках (19).

Изучение свойств эндемичных видов необходимо для понимания особенностей их адаптации к определенным условиям произрастания, а также для пополнения банка знаний о биоразнообразии ресурсов Евразии.

**Анализ последних исследований и публикаций.** По способу адаптации к засолению *S. eltonica* относится к группе эугалофитов или «соленакапливающих» растений, по анатомо-морфологическим особенностям – к представителям видов с C4-типом фотосинтеза (5, 24). Известно, что у C4-растений листья имеют особенное строение. В клетках обкладки проводящего пучка хлоропласты по своей форме отличаются от хлоропластов клеток мезофилла внешнего кольца. Клетки обкладки крупные, плотно прилегают к сосудам листа, хлоропласты в них могут не иметь гран, содержат зерна крахмала. Клетки мезофилла мелкие, расположены рыхло, а хлоропласты имеют грани. Клетки обкладки и клетки мезофилла связаны множеством плазмодесм и благодаря этому активно обмениваются осмолитами. В клетках обкладки реализованы реакции цикла Кальвина, в клетках мезофилла – реакции цикла Хэтча–Слэка (4). Важной физиологической особенностью C4-растений является их высокая засухо- и термоустойчивость (21, 22).

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Особый тип строения листа у растений с C4-типом фотосинтеза должен отразиться на его физиолого-биохимических характеристиках. Свойства *S. eltonica* изучены в меньшей степени из-за ограниченного распространения, несмотря на то, что представители рода *Suaeda* Forssk. ex J. F. Gmel. активно исследуются ботаниками, физиологами и биохимиками, (6, 21, 22, 24).

**Цель работы** – исследовать биохимические аспекты экологии эндемичного вида *S. eltonica* в условиях Приэльтонья.

### **Материал и методика**

**Район исследования.** Эльтон – самое крупное самосадочное соленое озеро Европы, расположенное примерно в 170 км к северо-востоку от г. Волгоград (Волгоградская область, Россия) (10). Эльтон – реликт морских условий, когда-то существовавших на Прикаспийской низменности. После отступления Хвалынского моря около 50 тысяч лет назад в наиболее пониженных тектонических котловинах остались соленые морские воды и грязи. Под жарким полупустынным солнцем концентрация соли возросла в несколько раз (17). Характерной чертой данного региона является высокая степень засушливости с резким дефицитом осадков. Температурный режим отличается амплитудой экстремальных температур (более 70 °С): абсолютный минимум – в январе (-31,1 °С), абсолютный максимум – в августе (41,1 °С) (2).

Растительный покров Приэльтонья характеризуется распространением галофитных сообществ, отличающихся высоким разнообразием, обусловленной комплексностью почв. Район Приэльтонья располагается в подзоне светло-каштановых почв. Механический состав почв чаще всего суглинистый, супесчаный и песчаный. Почвенный покров комплексный, с широким распространением солонцов и солончаков из-за близости залегания грунтовых вод и засоленности материнских пород (8).

**Материал для исследования.** Листья растений отбирали в первой половине дня в конце июня 2014 г. в устье р. Чернавка с площадки размером 10x10 м (49°12' с.ш., 44°40' в.д.). Для анализов использовали среднюю часть листьев из 10-15 растений исследуемого вида. Из усредненной биомассы формировали параллельные пробы,

после взвешивания замораживали в жидком азоте и хранили до проведения анализов. Параллельно отбирали образцы почвы в соответствии с рекомендациями (1).

**Методы анализа.** Анализ почвы, а также методы экстракции, идентификации, анализа липидов, пигментов и белков в растительном материале описаны ранее (14, 15, 23).

Результаты представлены в виде средних величин и их стандартных ошибок. Статистическую обработку результатов анализов проводили с использованием программ Statistica 6.0 for Windows, Microsoft Excel 2007 и Statgraphics Centurion XVI.

### **Изложение основного материала**

Исследуя некоторые физико-химические характеристики почвы в месте отбора проб растений, было установлено, что влажность почвы составляла 60%, кислотность почвенной вытяжки – 8,4. Степень засоления – 3,5% от сух. м. почвы, что подтверждает литературные данные о произрастании *S. eltonica* на мокрых солончаках (16, 19). Уровень освещения растений на момент отбора составлял 1500 мкмоль Е м<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup>, а температура воздуха – 38°C. Такие условия – сочетание высокого уровня освещения, температуры, засоления и высокого % увлажнения, характерны для данного региона.

Известно, что в зависимости от окружающих условий произрастания изменяются морфологические и физико-химические показатели клеток растений, такие как, число и размеры клетки и хлоропластов, содержание и соотношение основных пигментов фотосинтеза, организация клеточных мембран (9). Было установлено, что содержание зеленых пигментов в листьях *S. eltonica* составило 0,3, каротиноидов (Кар) – 0,1 мг/г сыр. м. (рис. 1). Соотношение хлорофиллов (Хл) *a/b* равнялось 2, а соотношение зеленые / желтые пигменты (Хл/Кар) – 3. Обычно в зеленых листьях гликофитов, содержание зеленых пигментов заметно выше – от 0,5 до 3,0 мг/г сыр. м. (3). Вероятно, высокий уровень освещения и высокая степень засоления почвы способствует формированию более низких концентраций Хл в листьях *S. eltonica*. Тем более, известно, что в ясные солнечные дни у световых растений содержание хлорофилла снижается, и минимальное его количество отмечается при наиболее сильном освещении (20). Кроме того, у сильно освещенных высокогорных растений отношение зеленых и желтых пигментов обычно выше, чем у растений с более низких высот, и намного выше, чем у растений затененных местообитаний (18).

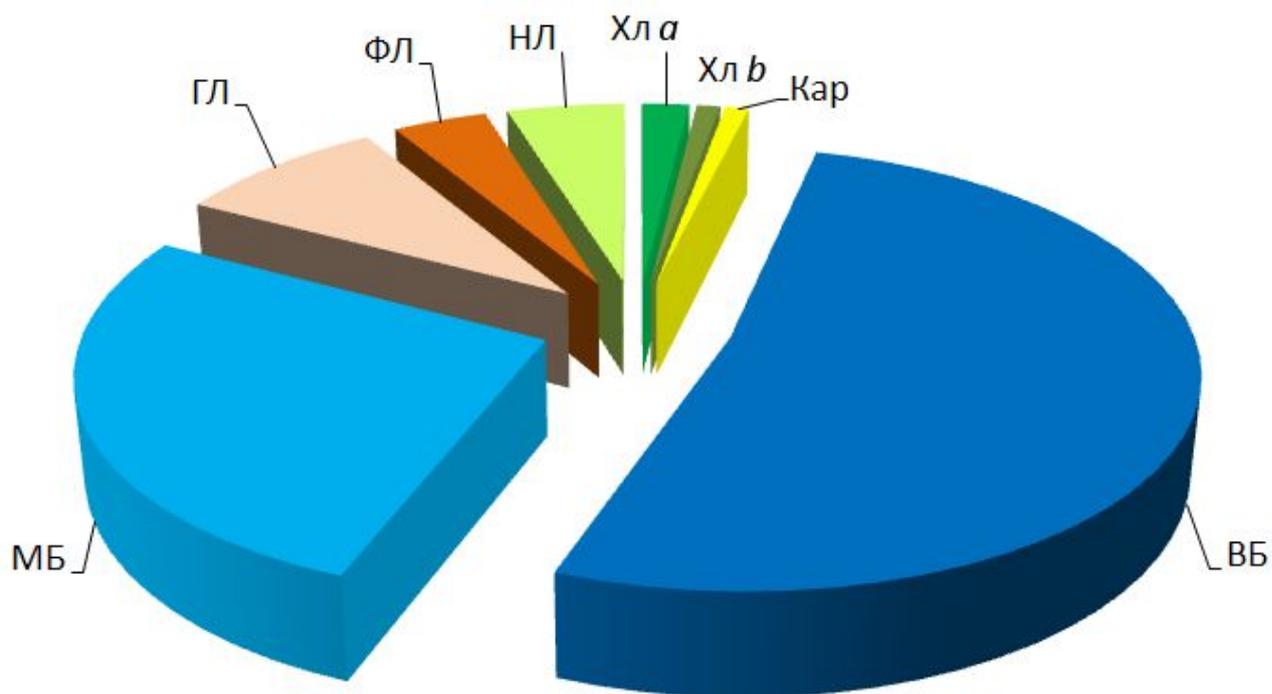
Наряду с пигментами был исследован состав липидов листьев *S. eltonica*. Липиды представляют структурную основу мембран клеток и пластид, определяя степень их жидкостности, латеральную и трансбислойную асимметрию, являются биологически активными соединениями, выступают в качестве вторичных мессенджеров, модуляторов активности ферментов и свойств рецепторов. Количество мембранных глико- (ГЛ) и фосфолипидов (ФЛ) в клетках листьев *S. eltonica* равнялось 0,9 и 0,4 мг/г сыр. м., соответственно (рис. 1). К ГЛ относятся преимущественно хлоропластные, а к ФЛ – липиды внешних мембран клеток и органелл. Количество ГЛ в клетках листьев *S. eltonica* было в два раза больше, чем ФЛ, что является естественным соотношением для многих растений. Количество запасных нейтральных липидов (НЛ) составило 0,5 мг/г сыр. м. (около 30% от суммы). Относительно высокое содержание НЛ по отношению к мембранным ФЛ и ГЛ может быть связано с тем, что в

состав НЛ входят кутикулярные воска и углеводороды, покрывающие листья и защищающие их от потерь воды в засушливых условиях, повреждающего действия ультрафиолетовых лучей, что характерно для большинства галофитов. Однако, в сравнении с близкородственным эугалофитом *S. salsa*, но обладающим С3-типом фотосинтеза, содержание ФЛ в клетках листьев у *S. eltonica* примерно в 2 раза ниже (12).

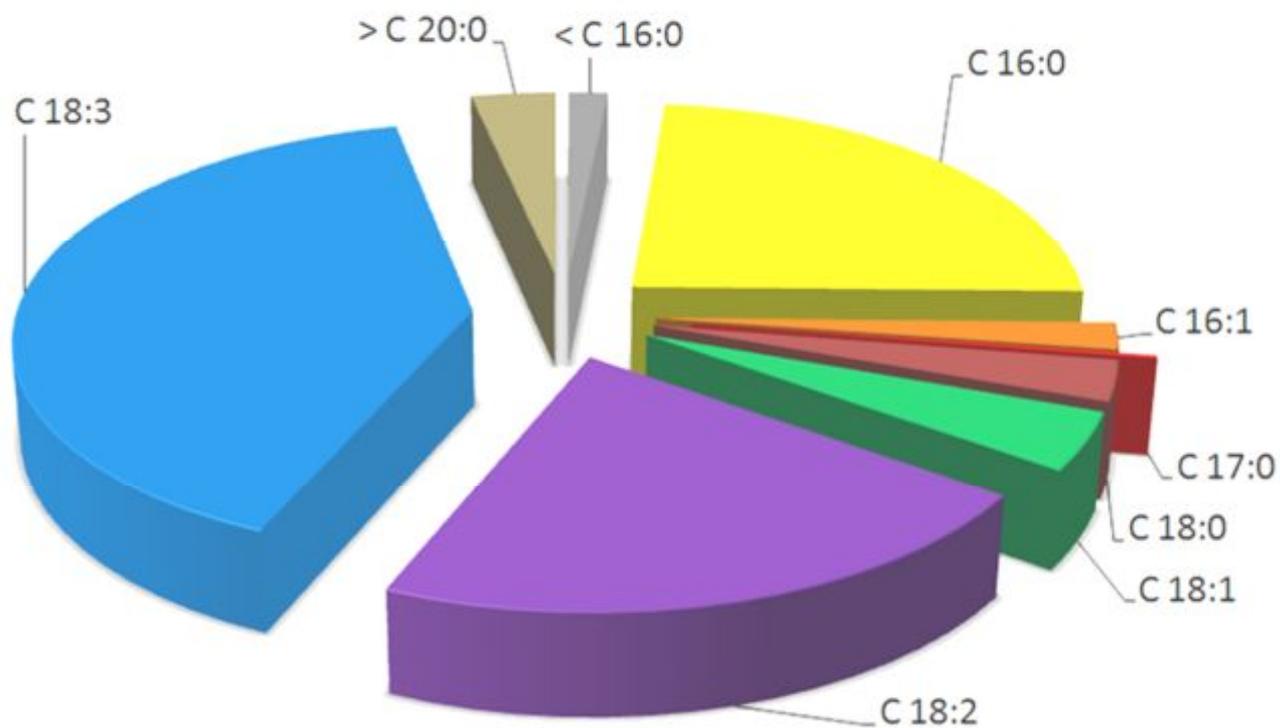
Важной характеристикой, влияющей на процесс адаптации организма к условиям среды, является состав жирных кислот (ЖК) липидов. Ведущая роль в запуске адаптационных механизмов отводится физическому состоянию мембран, зависящему от степени ненасыщенности ЖК в мембранных липидах. Для нормального функционирования клеточных мембран их липиды должны иметь хотя бы одну двойную связь (7). В липидах листьев *S. eltonica* доля ненасыщенных ЖК составила почти 70% от суммы, из которых 6,5% составляли моноеновые ЖК, 21,9% – диеновые и 41,2% – полиеновые (рис. 2). В целом состав ЖК *S. eltonica* не имеет отличий от исследованных ранее растений рода *Suaeda* (12, 23).

Еще одной важнейшей группой биополимеров являются белки. Мембранные белки (МБ) выполняют в основном каталитические и структурные функции, входят в состав мембран, клеточных стенок и др. Водорастворимым белкам (ВБ) принадлежит важная защитная роль в клетках растений – при засолении корневой среды они повышают устойчивость протоплазмы, способствуют повышению водоудерживающей способности клеток и связыванию в них воды. Известно, что увеличение концентрации водорастворимых солей в почве способствует накоплению в корнях белка у галофитов (13). Ранее нами установлено, что количество МБ в клетках листьев эугалофитов - однолетников положительно коррелирует с уровнем засоления почвы (15). В листьях исследуемого в настоящей работе вида содержание ВБ было в два раза больше, чем МБ (5,4 и 2,8, мг/г сыр. м., соответственно) (рис. 1). Такое соотношение было обнаружено ранее для других видов эугалофитов (*Salicornia perennans*, *S. salsa*), в отличие от солевывделяющих криногалофитов (*Limonium Gmelinii*) и соленепроницаемых гликогалофитов (*Artemisia santonica*), для которых характерны более высокие значения – от 3 до 9 (15).

**Выводы.** Таким образом, в условиях Приэльтона растения *S. eltonica* приурочены к произрастанию на сильно засоленных и увлажненных почвах. При этом особенности содержания основных структурно-функциональных компонентов в клетках листьев *S. eltonica* можно охарактеризовать рядом убывания: ВБ > МБ > ГЛ > НЛ > ФЛ > Хл *a* > Хл *b* > Кар. Более низкое содержание ФЛ у *S. eltonica* в сравнении с другими видами рода *Suaeda* может указывать на различия в структурной организации разного типа клеток С4 растений.



**Рис. 1.** Содержание пигментов, липидов и белков в клетках листьев *S. eltonica*, % от суммы. Стандартная ошибка составляет менее 10 %.



**Рис. 2.** Состав ЖК липидов клеток листьев *S. eltonica*, % от суммы ЖК. Стандартная ошибка составляет менее 10 %.

**References:**

1. Arinushkina EV. *Guidance on chemical analysis of soil*. Moscow, MGU, 1970; 487.
2. *Soil Atlas of the USSR: Ed. IS. Kauricheva, ID. Gromyko*. Moscow, Kolos, 1974; 168.

3. Gavrilenko VF, Zhigalova TV. *Large workshop on photosynthesis. Moscow, "Academy", 2003; 256.*
4. Gamaley Yu, Ascension EV. *Structural and biochemical types of C4 plants: Botanic Journal, 1986, 33, № 4; 802-816.*
5. Henkel PA. *Physiology Jarraud and drought resistance of plants. Moscow, Nauka, 1982, 280.*
6. Lomonosov MN, Freytag G. *Rhode Suaeda (Chenopodiaceae) in the Asian part of Russia: The flora of Asian Russia, 2008, № 2; 12-19.*
7. Los' DA. *Fatty acid desaturase. Moscow, The scientific world, 2014; 372.*
8. Lysenko TM. *Plant communities of saline soils Elton lake and its surroundings (Volgograd region): Samara Bend, 2008, V. 17, № 1 (23); 98-104.*
9. Merzlyak MN. *Pigments, Optical sheet and condition of plants: Soros Educational Journal, 1998, № 4; 19-24.*
10. Monikov SN, Sudakov AV. *Historical and geographical uniqueness of the lake Elton: Pskov region-logical magazine, 2011, № 12; 113-126.*
11. Nevsky SA, Davidenko ON, VV Piskunov VV, Davidenko TN. *Herbal Complex coastal brackish ozervostochnoy of the Saratov Trans-Volga: Math. Sam. n. c. Russian Academy of Sciences, 2012, V. 14, № 1 (4): 1077-1079.*
12. Nesterov VN, Rozentsvet OA, Bogdanova ES. *Influence of abiotic factors on the structure of membrane lipids plants halophyte Suaeda salsa: Reports on environmental soil science, 2013, Vol. 18, № 1; 56-67.*
13. Orlova NV, Kusakina MG, Suchkov NV. *The dependence of the content of water-soluble proteins in the bodies of halophytes on soil salinity: Bulletin of Perm University, 2007, Vol. 5 (10); 31-34.*
14. Rozentsvet OA, Nesterov VN, Bogdanova ES. *Structural and functional characterization of the photosynthetic apparatus of halophytes, which differ according to the type of accumulation of salts: Math. Sam. SC RAS, 2013, T.15, № 3 (7); 2189-2195.*
15. Rozentsvet OA, Nesterov VN, Bogdanova ES. *The composition of the membranes of wild halophytes with different mechanisms of regulation of salt metabolism depending on abiotic environmental factors: Biological membranes, 2014, T.31, № 2; 137-146.*
16. Sagalaev VA. *Endemism of the flora of arid steppes and deserts of the south-east of European Russia: Proceedings of the SGMP. Biology, 2005, № 4; 79-88.*
17. Samborski YP, Brylev VA, Anisimov AA. *Surface water resources: Natural conditions and resources of the Volgograd region. Volgograd, 1995; 133-156.*
18. Felaliev RS. *Optical properties and content of pigments in the leaves of plants, depending on the environmental factors of the High Pamir: Diss. can. biol. sciences. Dushanbe, 2008; 126.*
19. *Flora of the USSR: Ed. VL. Komarov, 1936, 6 T; 956.*
20. Brix H. *Chlorophylls and carotenoids in plant material: Protokol Plants Chlorophyll ab carotenoids ethanol, 2009; 1-3.*
21. Dehghani M, Akhani H. *Pollen morphological studies in subfamily Suaedoideae (Chenopodiaceae): Grana, 2009, V. 48; 79-101.*
22. Koteyeva NK, Voznesenskaya EV, Berry JO, Chuong SDX, Franceschi VR, Edwards GE. *Development of structural and biochemical characteristics of C4 photosynthesis in two types of Kranz anatomy in genus Suaeda (family Chenopodiaceae): Journal of Experimental Botany, 2011, V. 62, № 9; 3197-3212.*
23. Rozentsvet OA, Nesterov VN, Bogdanova ES. *Membrane-forming lipids of wild halophytes growing under the conditions of Prieltonie of South Russia: Phytochemistry, 2014, № 105; 37-42.*

24. *Voznesenskaya EV, Chuong SDX, Koteyeva NK, Franceschi VR, Freitag H, Edwards GE. Structural, Biochemical, and Physiological Characterization of C4 Photosynthesis in Species Having Two Vastly Different Types of Kranz Anatomy in Genus Suaeda (Chenopodiaceae): Plant biology, 2007, V. 9; 745-757.*