

УДК 581.52 58.02 581.1

## ПИГМЕНТНЫЙ АППАРАТ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ПРИЛИВНЫХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Марковская Е.Ф., Сергиенко Л.А., Стародубцева А.А.

ГОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет»,  
Петрозаводск, e-mail: muddycoast@gmail.com

Определено содержание фотосинтетических пигментов в листьях 13 видов высших сосудистых растений, произрастающих на побережье Белого моря в разных локальных условиях местообитаний. Проведенный анализ показал, что у большинства бореальных видов, произрастающих на приливно-отливной зоне, содержание пигментов варьируется в зависимости от условий экотопов, эти виды заселяют широкий спектр экотопов, имеют эврибионтную стратегию адаптации и доминируют на илистых заливаемых осушках. Арктические виды также достаточно активны на этих территориях, но ограничиваются более узким спектром экотопов, единичные виды выходят на заливаемые территории, незначительно изменяют содержание пигментов в зависимости от условий экотопов, имеют более стенобионтную стратегию адаптации.

**Ключевые слова:** контактная зона суша-океан, фотосинтетические пигменты, арктические моря, локальные условия местообитаний.

## PIGMENT APPARATUS OF SOME SPECIES OF HIGHER PLANTS OF COASTAL ZONE OF ARCTIC TIDAL SEAS

Markovskaya E.F., Sergienko L.A., Starodubtceva A.A.

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: muddycoast@gmail.com

The content of photosynthetic pigments in leaves of 13 species of vascular plants growing on the coastal zone of the White Sea in the different local conditions of habitats has been determined. The content of pigments of the boreal species, growing in the intertidal zone, varies considerable, depending on the ecotypes. These species occupy a wide spectrum of ecotypes, having the everybiont strategy of adaptation; they prefer the low muddy coasts. Arctic species are also quite active in these areas, but are limited to a narrower spectrum of ecotypes, slightly varies the content of pigments, depending on the conditions of ecotypes, have more stenobiont adaptation strategy.

**Keywords:** coastal zone, photosynthetic pigments, Arctic seas, local environmental conditions

Береговая зона приливных морей Арктики и Голарктики относится к аazonальным местообитаниям, эти ландшафты определяют своеобразие структуры и функциональную активность приморских растительных сообществ [3]. На приморские растения большое влияние оказывают локальные факторы, которые включают особенности микрорельефа экотопа, структуру почвенного слоя, длительность отлива и прилива. Их разное сочетание приводит к большому разнообразию приморских растительных сообществ [1, 4]. Однако влияние этих факторов на жизнедеятельность сосудистых растений, произрастающих в данных типах местообитаний, исследована недостаточно [3, 4, 7]. Для изучения выбран эколого-физиологический подход, который ранее был применен при изучении видов, произрастающих в условиях Арктики [7].

В задачу работы входило изучение особенностей фотосинтетического аппарата (ФА) сосудистых растений, произрастающих в различных типах местообитаний приливно-отливной зоны Белого моря.

### Материал и методы исследования

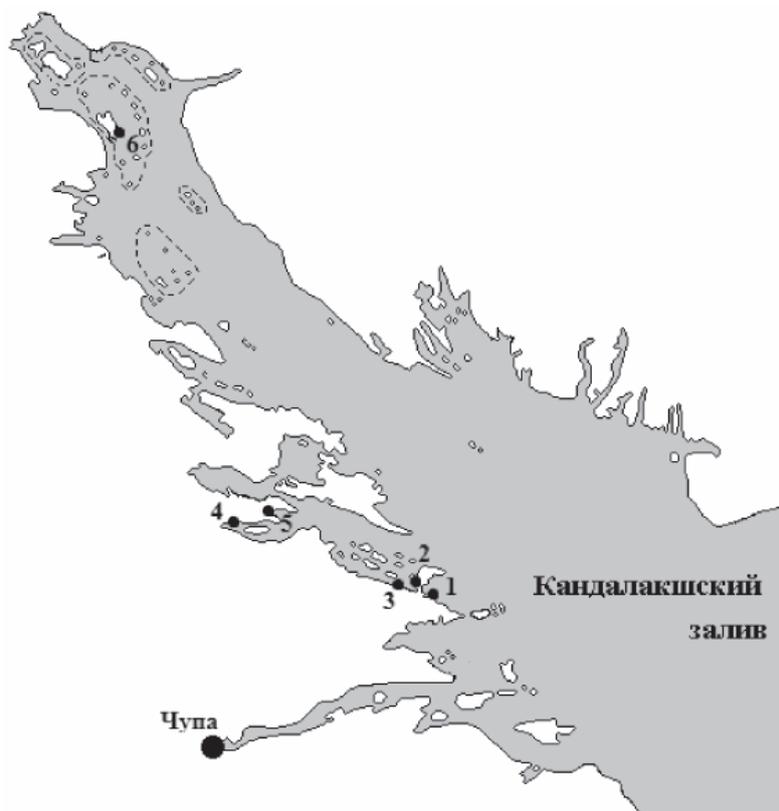
Материал для настоящей работы был собран в июне 2008 года на побережье Кандалакшского за-

лива в 6 точках (рисунок). Обследовалась приморская полоса с детальным описанием растительных сообществ от линии уреза воды до окружающей приморские марши зональной растительности. В работе было исследовано 13 видов высших сосудистых растений: *Triglochin maritimum* L., *Triglochin palustre* L. (*Juncaginaceae*), *Leymus arenarius* (L.) Hohst (*Poaceae*), *Eleocharis uniglumis* Link. (*Cyperaceae*), *Juncus gerardii* Loisel. (*Juncaceae*), *Honckenya oblongifolia* Torr. & A. Gray (*Caryophyllaceae*), *Potentilla egedei* Wormsk. (*Rosaceae*), *Lathyrus aleuticus* (Greene) Pobed. (*Fabaceae*), *Cochlearia arctica* Schlecht. ex DC. (*Brassicaceae*), *Ligusticum scoticum* L. (*Apiaceae*), *Glaux maritima* L. (*Primulaceae*), *Plantago maritima* L. (*Plantagonaceae*), *Tripolium vulgare* Nees. (*Asteraceae*).

Содержание фотосинтетических пигментов определяли по общепринятым методам [2, 8, 9, 10] спектрофотометрически (СФ-26, Россия), содержание хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) – расчетным путем.

### Результаты исследования и их обсуждение

Изученные приморские виды растений относятся к разным экологическим группам по отношению к засолению и почвенным характеристикам: 6 эвгалофитов, 5 факультативных галофитов, 3 псаммогалофита. В таблице приводятся средние значения содержания пигментов для всех исследованных условий местообитаний.



Места исследования в Кандалакшском заливе Белого моря:  
 1 – о. Белая луда, 2 – Кузакотская губа (северный берег губы Заволочье), 3 – губа Нерная  
 (напротив о. Березовый), 4 – губа Чернореченская, 5 – губа Кислая, 6 – о. Ряшков

Содержание пигментов у видов приливной зоны побережья Белого моря

Вид	Содержание хлорофиллов, $M \pm SD$ , мг/г сух. массы	Содержание каротиноидов, $M \pm SD$ , мг/г сух. массы	Хл. а/Хл. б	Хл./Кар.	ССК, %
<i>Honckenya oblongifolia</i>	4,88 ± 0,99	2,45 ± 0,44	4,49 ± 0,81	1,98 ± 0,08	40,9 ± 6,1
<i>Lathyrus aleuticus</i>	7,01 ± 2,12	3,17 ± 0,70	3,66 ± 0,84	2,18 ± 0,21	48,6 ± 8,2
<i>Ligusticum scoticum</i>	6,09 ± 1,98	2,78 ± 0,75	3,99 ± 0,63	2,16 ± 0,17	44,9 ± 6,5
<i>Leymus arenarius</i>	4,28 ± 1,10	1,65 ± 0,45	3,38 ± 0,40	2,61 ± 0,31	50,6 ± 4,6
<i>Cochlearia arctica</i>	4,76 ± 1,83	2,04 ± 0,66	3,87 ± 1,03	2,31 ± 0,23	46,9 ± 8,6
<i>Potentilla egedei</i>	4,43 ± 0,94	1,86 ± 0,21	3,68 ± 0,39	2,36 ± 0,25	47,3 ± 3,9
<i>Triglochin palustre</i>	4,96 ± 0,52	2,77 ± 0,12	6,64 ± 1,57	1,79 ± 0,11	29,8 ± 6,1
<i>Plantago maritima</i>	3,90 ± 1,28	1,38 ± 0,42	3,14 ± 0,55	2,81 ± 0,31	53,9 ± 6,6
<i>Triglochin maritima</i>	4,53 ± 1,28	1,59 ± 0,46	3,21 ± 0,81	2,92 ± 0,56	54,1 ± 9,9
<i>Tripolium vulgare</i>	5,06 ± 1,59	1,82 ± 0,63	3,38 ± 0,43	3,09 ± 1,90	50,7 ± 5,0
<i>Glaux maritima</i>	8,01 ± 1,06	3,49 ± 0,17	3,58 ± 0,58	2,29 ± 0,20	48,6 ± 6,1
<i>Juncus gerardii</i>	4,16 ± 0,38	1,61 ± 0,06	3,26 ± 0,14	2,58 ± 0,17	51,7 ± 1,6
<i>Eleocharis uniglumis</i>	6,88 ± 0,65	4,33 ± 0,39	8,30 ± 1,58	1,59 ± 0,05	24,3 ± 4,3

Анализ показал, что для таких видов как *Triglochin palustre*, *Glaux maritima*, *Juncus gerardii*, *Eleocharis uniglumis*, отмечается небольшое варьирование содержания пигментов (10–20%) у растений разных экотопов. Для остальных видов это варьирование достигает 30%. Эти данные показывают, что большинство исследуемых галофитов

изменяют содержание пигментов в зависимости от локальных условий.

Из 7 видов с бореальным широтным географическим распространением, произрастающих на приморской полосе, 5 видов (*Eleocharis uniglumis*, *Glaux maritima*, *Plantago maritima*, *Tripolium vulgare*, *Triglochin maritimum*) подвергаются еже-

дневному заливанию, а 2 вида (*Leymus arenarius*, *Ligusticum scoticum*) произрастают вне этой зоны. *Eleocharis uniglumis* и *Glaux maritima* имеют высокие значения содержания хлорофиллов и каротиноидов, что свидетельствует о высокой функциональной активности фотосинтетического аппарата. Кроме того, для *Eleocharis uniglumis* отмечаются необычно высокие значения соотношения хлорофиллов и соответственно небольшие размеры светособирающего комплекса (ССК). Этот вид является пионером зарастания приморских осушек, с чем и могут быть связаны его повышенная функциональная активность и высокий уровень светового насыщения. Наличие корневой микоризы у *Glaux maritima* увеличивает поглощающую способность корней, улучшает минеральное питание растений и создает более благоприятные условия для синтеза пигментов ассимиляционного аппарата. Являясь содоминантом в сомкнутых приморских сообществах, небольшие по размеру растения этого вида часто растут в условиях небольшого затенения другими видами и этим можно объяснить низкие значения соотношения хлорофиллов и более высокие значения ССК. Оба эти вида предпочитают солоноватые воды и адаптированы к условиям заливания и засоления при помощи как морфологических (образование столонов у *Eleocharis uniglumis*, суккулентность побегов у *Glaux maritima*), так и физиологических (особенности в организации фотосинтетического аппарата) приспособлений. Их высокий адаптивный потенциал приводит к низким значениям варьирования содержания пигментов в широком спектре экотопов.

Для облигатных галофитов, пионеров зарастания илистых мористых осушек – *Plantago maritima*, *Tripolium vulgare* и *Triglochin maritimum*, отмечаются более низкие значения содержания пигментов, по сравнению с *Glaux maritima* и *Eleocharis uniglumis*, особенно для *Plantago maritima*. Данные пигментные характеристики сочетаются и с большей величиной ССК, что может быть связано с их длительным заливанием (затенением) во время прилива. Такие условия могут лимитировать синтез пигментов. Эти виды имеют сходный пигментный аппарат, но его активность зависит от физико-химических свойств субстрата, что проявляется в варьировании содержания пигментов (до 40%) у растений из разных экотопов.

*Leymus arenarius* и *Ligusticum scoticum*, произрастающие вне зоны заливания, являются бореальными амфиокеаническими факультативными галофитами, но за-

нимают различные экологические ниши: *Leymus arenarius* предпочитает песчаные и песчано-галечные пляжи и береговые валы, а *Ligusticum scoticum* произрастает в экотонной зоне приморских сообществ. Они различаются и по содержанию пигментов: для *Ligusticum scoticum*, как бореально-неморального вида, характерно более высокое содержание, как хлорофиллов, так и каротиноидов. Более низкие значения содержания пигментов отмечены у амфиокеанического вида *Leymus arenarius*, который занимает специфические скально-галечные местообитания.

Четыре арктических (*Honckenya oblongifolia*, *Cochlearia arctica*, *Potentilla egedei*, *Lathyrus aleuticus*) и 2 гипоарктических вида (*Triglochin palustre*, *Juncus gerardii*) произрастают как в сомкнутых приморских сообществах вне зоны ежедневного заливания морскими водами, так и на песчаных и песчано-галечных барах и косах (*Honckenya oblongifolia*, *Lathyrus aleuticus*). У облигатных галофитов *Cochlearia arctica*, *Potentilla egedei* содержание пигментов несколько ниже, чем у других арктических видов. Для *Honckenya oblongifolia* характерно более высокое содержание каротиноидов, что может быть связано с более высокой значимостью для этого вида группы пигментов, которые участвуют в защите ФА. Особенностью этого вида является вариабельность морфологических и морфометрических признаков растений, которые относятся к этому виду. Эта особенность свидетельствует об активном формообразовании, что может способствовать функциональной нестабильности и важности дополнительной защиты ФА. *Triglochin palustre* имеет средние значения содержания хлорофиллов и некоторое увеличение содержания каротиноидов. Но для его ФА характерно высокое соотношение хлорофиллов и соответственно низкие значения размеров ССК. Эти характеристики свидетельствуют о функциональной активности ФА и потребности в высоком уровне освещенности на фоне низких значений содержания пигментов. Этот вид, будучи факультативным галофитом, произрастает в экотонной зоне на приморских лугах, нигде не бывает обильным, встречается и на других сырых местообитаниях около пресных водоемов. *Juncus gerardii* – факультативный галофит, доминирующий на приморских лугах среднего уровня, и иногда произрастающий на скальных выходах. Имеет наиболее низкие значения содержания пигментов, которые слабо изменяются в зависимости от экотопа. Возможность, как доминирования, так и содоминирова-

ния, поддерживается его эврибионтичностью. Особое место в этой группе видов занимает *Lathyrus aleuticus*, для которого характерны высокие значения содержания зеленых и желтых пигментов, расчетные характеристики свидетельствуют о том, что вид имеет адекватный условиям произрастания ФА. *Lathyrus aleuticus* принадлежит к семейству *Fabaceae*, включающему наиболее активно фотосинтезирующие виды сосудистых растений. Он является факультативным псаммогалофитом и преимущественно занимает экотопы выше уровня заливания и с минимальным проективным покрытием может входить в состав различных приморских сообществ, где имеет более благоприятные условия минерального питания. Вид имеет микоризу с азотфиксирующими бактериями, что также способствует активной ассимиляции CO<sub>2</sub>.

### Заключение

Проведенный анализ показал, что среди растений приливно-отливной зоны имеется группа видов, пигментный аппарат которых варьируется в зависимости от условий экотопа и группа видов, у которых содержание пигментов растений разных местообитаний изменяется незначительно. Причем в группу с сильно варьирующим пигментным аппаратом вошли в основном бореальные виды. Эта группа включает как факультативные, так и облигатные галофиты, они типичны для тундровой зоны, заселяют широкий спектр экотопов, имеют эврибионтную стратегию адаптации и доминируют на илистых заливаемых осушках [5]. Арктические виды также достаточно активны на этих территориях, но для ее освоения они подключают специальные приспособления [6] либо ограничиваются более узким спектром экотопов, единичные виды выходят на заливаемые территории, имеют средние значения содержания пигментов, незначительно изменяют их содержание в зависимости от условий экотопа, имеют более стенобионтную стратегию адаптации. Использованный нами эколого-физиологический подход для анализа флоры приливно-отливной зоны позволил получить

дополнительную информацию для дальнейшего комплексного рассмотрения особенностей жизнедеятельности группы видов приливных арктических морей.

### Список литературы

1. Берега / П.А. Каплин, О.К. Леонтьев, С.А. Лукьянова, Л.Г. Никифорова. – М.: Мысль, 1991. – 479 с.
2. Метод фиксации и хранения листьев для количественного определения пигментов / Д.И. Сапожников, Т.Г. Маслова, О.Ф. Попова и др. // Бот. журн. – 1978. – Т. 63, №11. – С. 1586–1592.
3. Сергиенко Л.А. Флора и растительность побережий российской Арктики и сопредельных территорий. – Петрозаводск.: Изд-во ПетрГУ, 2008. – 225 с.
4. Сергиенко Л.А., Сониная А.В. Основные пути освоения околводных северных территорий высшими растениями и лишайниками // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – №6. (приложение «Биологические науки»). – С. 4.
5. Чернов Ю.И. Тепловые условия и биота Арктики // Экология. – 1989. – № 2. – С. 49–57.
6. Чернов Ю.И., Матвеева Н.В. Ландшафтно-зональное распределение видов арктической биоты // Успехи совр. биол. – 2002. – Т. 122, № 1. – С. 26–45.
7. Шмакова Н.Ю., Марковская Е.Ф. Фотосинтетические пигменты растений и лишайников арктических тундр Западного Шпицбергена // Физиология растений. – 2010. – Т. 57, № 6. – С. 819–825
8. Lichtestaller H.K. Chlorophylls and carotenoids – pigments of photosynthetic biomembrans // Methods of Enzymology. – 1987. – Vol. 148. – P. 350–382.
9. Lichtestaller H.K., Wellburn A.R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaves extracts in different solvents // Biochem. Soc. Trans. – 1983. – Vol. 11, №5. – P. 591–592.
10. Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive properties of the plant pigment system // Photosynthetica. – 1993. – Vol. 29, №2. – P. 195–203.

### Рецензенты:

Василевская Н.В., д.б.н., профессор кафедры биологии и химии ГОУ ВПО «Мурманский государственный гуманитарный университет» (ГОУВПО МГГУ) Министерства образования и науки РФ, г. Мурманск;

Чернобровкина Н.П., д.б.н., доцент по специальности «физиология и биохимия растений», ведущий научный сотрудник Учреждения Российской академии наук Института леса Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск.

Работа поступила в редакцию 10.11.2011.