

НАДЕЖДА ПЕТРОВНА ЧЕРНОБРОВКИНА

доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*chernobrovkina50@bk.ru*

*Рец. на кн.: Марковская Е. Ф., Шмакова Н. Ю. Растения и лишайники Западного Шпицбергена: экология, физиология / Е. Ф. Марковская, Н. Ю. Шмакова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, feder. гос. бюджет. учреждение науки Полярно-альпийский ботан. сад-ин-т им. Н. А. Аврорина, feder. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования Петрозавод. гос. ун-т. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2017. – 270 с.*

Монография «Растения и лишайники Западного Шпицбергена: экология, физиология» написана известными учеными в области физиологии и биохимии растений, экологии Евгенией Федоровной Марковской, Натальей Юрьевной Шмаковой и посвящена исследованиям эколого-физиологических особенностей растений и лишайников, произрастающих в суровых условиях архипелага Шпицберген. Согласно Стратегии развития Арктической зоны, одной из приоритетных задач социально-экономического развития является обеспечение экологической безопасности, где большая роль отводится природному комплексу. Увеличение антропогенной нагрузки в арктическом регионе связано с разработкой и освоением месторождений полезных ископаемых, проблемами обеспечения безопасности их транспортировки и проведением комплексных научно-исследовательских работ по мониторингу окружающей среды, экологических систем и биоресурсов. Акцентируется внимание на вопросе о сохранении природных экосистем и выявлении их адаптационного потенциала при естественных природных и антропогенных воздействиях.

По мнению авторов, современный интерес к Арктике определяется не только активизацией в направлении ее ресурсного богатства, но реакцией природного комплекса на возможные изменения климата, увеличение техногенной нагрузки и их адаптивный потенциал. Вопрос о путях и закономерностях формирования флоры и лихенофлоры Арктики исследуется в связи с адаптацией автотрофных организмов разных экологических групп и географических ареалов, которые осваивают материковые и островные территории в высоких широтах с их экстремальными климатическими условиями. Разнородный состав арктической флоры, включающий таксономические группы разного геологического возраста и центров миграции, может свидетельствовать о различных путях адаптации. Изучение закономерностей приспособительных реакций растений к арктическим условиям среды имеет

большое общебиологическое значение. Исследования истории происхождения растений, закономерностей их адаптации к условиям среды могут быть использованы также при поиске путей целенаправленного изменения их биохимического состава для дальнейшего применения в фармацевтике. Несмотря на многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых в разных районах Арктики, обзорные отечественные работы, посвященные эколого-физиологическим особенностям арктических растений, единичны.

В книге рассматриваются климатические особенности этого региона, которые включают экстремально высокие и низкие температуры, короткий вегетационный период с круглогодичным полярным днем, продолжительную зиму с круглогодичной полярной ночью, нестабильный уровень освещенности в сочетании с особенностями спектрального состава света, ветра и шторма, разные виды осадков и самые неожиданные сочетания этих факторов. Проведенный авторами анализ и обобщение литературных данных показали, что растения в условиях Арктики находятся в разном функциональном состоянии. При этом выделяют три основные стратегии: растение адаптировано к широкому спектру условий на всех уровнях организации; растение адаптировано к локальному спектру условий и имеет некоторые структурно-функциональные ограничения; растение обитает на единичных локальных местообитаниях и находится на пределе выживания.

По наблюдениям авторов, адаптация растений к условиям Арктики затрагивает, прежде всего, активность фотосинтетического аппарата. Количество данные о содержании фотосинтетических пигментов могут рассматриваться как компонент эколого-физиологической характеристики, позволяющей, вместе с другими параметрами функциональной активности, выявлять особенности адаптации вида, обеспечивающие успешное существование растений и лишайников в экстремальных условиях среды. Отмечается, что низкое содержание хлорофиллов

является важным показателем высокого уровня адаптации растения. Среди исследованных 98 видов растений 15 видов имеют низкие значения содержания хлорофиллов, 21 вид – высокое и 62 вида – среднее содержание суммы хлорофиллов. В группе с низким содержанием пигментов (до 0,7 мг/г сырой массы) доминируют виды арктической фракции (за исключением группы метаарктических видов) с циркумполярным и амфиокеаническим типом распространения. В бореальной фракции не отмечено видов растений с низким содержанием хлорофиллов. В группе со средними значениями (до 1,3 мг/г сырой массы) содержания хлорофиллов представлены растения всех широтных географических элементов, но доминируют виды арктической фракции (в основном арктические и арктоальпийские виды) с циркумполярными ареалами. Единично представлены гипоарктические и арктобореальные виды. По соотношению долготных элементов доминируют виды с циркумполярными типами распространения, однако имеются также виды с амфиокеаническими, евразийскими и американскими типами распространения. В группе видов с высоким содержанием хлорофиллов (выше 1,3 мг/г сырой массы) доминируют арктические виды, с меньшим участием – метаарктические и арктоальпийские, роль гипоарктических и арктобореальных видов незначительна. По соотношению долготных элементов лидируют виды с циркумареалами, значима доля видов с европейскими типами распространения, роль других видов незначительна.

В работе отмечается, что флора Арктики представлена видами высших сосудистых растений с различными широтными и долготными географическими элементами и с различным диапазоном содержания хлорофиллов. Наибольший спектр широтных и долготных элементов отмечен в группе видов со средними величинами содержания хлорофиллов. Предполагается, что содержание хлорофиллов является генетически детерминированным и может рассматриваться как фактор географического распространения растений. Среди арктических видов арктической фракции флоры большинство составляют виды со средними значениями содержания хлорофиллов, далее идет группа с высоким содержанием и минимально участие видов с низкими значениями. Метаарктическая группа этой же фракции отличается отсутствием видов с низкими значениями, два других диапазона содержания хлорофиллов представлены примерно равнозначно. Арктоальпийская группа отличается от всех элементов арктической фракции высокой долей видов с низким содержанием хлорофиллов при доминировании среднего диапазона содержания хлорофиллов. Гипоарктическая фракция представлена также в большинстве видами со средним содержанием хлорофиллов. Арктобореальная

фракция отличается отсутствием видов с низкими значениями суммы хлорофиллов и максимальным количеством видов со средним содержанием.

В группе циркумполярных видов растения со средним содержанием хлорофиллов составляют большинство. Амфиокеанические виды, как правило, попадают в диапазон с низкими и средними значениями содержания хлорофиллов. Группа видов с американским типом распространения отличается достаточно широким диапазоном содержания хлорофиллов в целом, но также с доминированием видов со средними величинами. Евразийские виды отличаются отсутствием низких значений содержания хлорофилла и доминированием видов со средними значениями. У европейских видов отмечается доминирование видов с высоким содержанием хлорофиллов.

На основании анализа собственных и литературных данных авторами подтверждена закономерность снижения суммарного содержания хлорофиллов при продвижении в высокие широты. Определенные ограничения отмечаются для видов, которые имеют область оптимума в более южных тундрах на широтном градиенте и более благоприятные климатические условия на долготном градиенте. Среди этих групп имеются виды, которым удается продвинуться достаточно высоко на север со снижением или без изменения содержания хлорофиллов. Пути адаптации их к условиям Арктики остаются неясными. При этом доминирующую роль в растительном покрове Арктики имеют виды цветковых растений арктической фракции со средними значениями содержания хлорофиллов.

Низкая температура в сочетании с невысокой освещенностью являются экстремальными условиями для фотосинтеза растений в высоких широтах, что может приводить к энергетическому дисбалансу между фотохимией, транспортом электронов и метаболизмом и, как следствие, к перевосстановленности компонентов электрон-транспортной цепи хлоропластов, что вызывает окислительный стресс у растений. Это приводит к дополнительной активизации систем антиоксидантной защиты, которая кодируется и регулируется геномом. Коррекция этого состояния производится за счет диссипации избыточной энергии, что обеспечивает восстановление окислительно-восстановительного статуса организма, соответствующего нормальному метаболизму, и является основным условием выживания растений в Арктике.

На основании анализа собственных экспериментальных данных и литературных сведений авторы сделали заключение о том, что на Шпицбергене возможны две классические стратегии адаптации растений к условиям среды. Одна связана с «избеганием» и «поиском» в новых климатических условиях тех локальных местообитаний, которые могут соответствовать

потребностям вида. Динамика его ответных реакций связана на первых этапах с сохранением содержания пигментов и функциональной активности, а при выходе за пределы этих изолированных экотопов отмечается постепенная деградация процессов роста и развития, что сменяется гибелю растения. Второй путь связан с «адаптацией» – активным процессом, который включает спектр разнообразных приспособлений, как на уровне структуры, так и функции. Это может включать объединение отдельных растений в маты, что обеспечивает локальное повышение температуры и более полное поглощение световой энергии; увеличение размеров ассимиляционного аппарата за счет формирования жизненной формы «подушка»; снижение содержания хлорофилла, что обеспечивает уменьшение энергетических расходов на его защиту и поддержание в условиях круглосуточного освещения и низкой температуры. У этих видов за счет выбора широкого спектра экотопов основная часть энергетических процессов направлена на поддержание системы вегетативных и репродуктивных органов, при этом происходит снижение их продуктивности. Эти две стратегии, по мнению авторов, нельзя рассматривать раздельно, поскольку имеются сходные частные общие реакции, характерные для обеих групп видов. По содержанию пигментов и биологическим особенностям вида можно оценить уровень его функциональной активности в период вегетации и степень адаптированности к условиям Арктического региона.

Особое внимание отводится продуктивности сообществ арктических тундр. В условиях автономного ландшафта в приморской тундре были определены запасы надземной фитомассы в ряде наиболее характерных сообществ арктических тундр в окрестностях поселка Баренцбург. Различия в структуре и запасах фитомассы тундровых сообществ определяются мощностью снегового покрова и степенью увлажненности почвы в вегетационный сезон. Отмечается, что растительный покров сообщества арктических тундр Западного Шпицбергена представлен в большинстве 1–2 доминирующими видами сосудистых растений (*Salix polaris*, *Luzula confusa*), которые определяют величину надземной фитомассы. Основная роль в запасе надземной фитомассы принадлежит мохобразным, среди которых выделяются несколько видов (*Sanionia uncinata*, *Dicranum spadiceum*, *Ptilidium ciliare*). Максимальные запасы фитомассы (827–664 г/м<sup>2</sup>) выявлены в относительно однородных по видовому составу ивково-птилидиево-санциониевом и ивково-разнотравно-моховом сообществах, где благоприятны условия увлажнения. Минимальный запас (56 г/м<sup>2</sup>) отмечен в мохово-лишайниковом сообществе с разреженным растительным покровом и пространственной неоднородностью. В структуре надземной фитомассы преобладают ассими-

лирующие органы, запасы которых определяют величину хлорофильного индекса.

В заключение следует отметить, что работа является продолжением эколого-физиологических исследований арктических растений. Особенность настоящей работы заключается в том, что в ней представлены результаты многолетних исследований физиолого-биохимических показателей, полученных на большом количестве видов высших сосудистых растений, небольшом числе мхов и лишайников арктических тундр Западного Шпицбергена. В работе содержатся новые научные данные, полученные авторами, с достаточно полной интерпретацией результатов исследований, приведено большое количество источников литературы. У арктических растений исследованы показатели роста, фотосинтетического аппарата – пигментный комплекс пластид, параметры флуоресценции хлорофилла, азотные, липидные соединения и флавоноиды. Показана роль их в адаптации различных видов к условиям Арктики. Особое внимание уделяется изучению пигментного комплекса растений и лишайников в экстремальных условиях, где оценена изменчивость этого показателя и показано его значение в адаптации разных видов. Представлены специфичные для условий Арктики формы растений. Полученные результаты, касающиеся собственных экспериментальных данных, и литературные сведения обсуждаются с учетом биологических особенностей и географического происхождения видов, что позволило авторам пересмотреть и сформулировать новые представления об адаптивных особенностях растений и лишайников в условиях Арктики. Заключается, что на Шпицбергене возможны две классические стратегии адаптации растений к условиям среды. Одна из них связана с «избеганием» и «поиском» в новых климатических условиях, вторая – с «адаптацией» растений, включающей спектр разнообразных приспособлений на структурно-функциональном уровне. В работе обсуждается прогноз развития флоры Арктики в связи с глобальными климатическими изменениями.

Содержание книги великолепно дополняют уникальные фотографии объектов исследования – растений и лишайников сообществ арктических тундр острова Западный Шпицберген, а также исторические справки и фотографии памятных мест архипелага Шпицберген.

Представленные в монографии сведения и обсуждаемые авторами научные проблемы, несомненно, актуальны, будут полезны не только биологам, экологам, но и специалистам различных профилей, принимающих участие в освоении природных ресурсов Арктических территорий. Книга станет отличным пособием ученым, преподавателям и студентам биологических факультетов, а также многочисленным любителям природы и истории уникальных регионов нашей планеты.

Поступила в редакцию 16.01.2018