

УДК 581.522.5+581.526.4 (571.64)

СТРУКТУРНЫЕ ЭКОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ САХАЛИНА И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

© А.В. Копанина

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

г. Южно-Сахалинск

E-mail: a.kopanina@imgg.ru

В экстремальных условиях островных природных комплексов у древесных растений протекает сложный разнонаправленный процесс адаптации. Современная поствулканическая деятельность вызывает не только количественные, но и качественные перестройки в стебле растения на протяжении всей его жизни. На основании первых результатов изучения структурных изменений тканей стебля древесных растений Курильских островов в условиях газогидротермальной деятельности определены основные перспективные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: экстремальные природные условия, газогидротермальная деятельность, внутренняя структура стебля, структурная адаптация, древесные растения Сахалина и Курильских островов, кора.

Введение

Сахалин и Курильские острова – геодинамически активные зоны, в которых реализуются процессы тектонических движений контактирующих литосферных плит, сопровождающиеся высокой сейсмичностью и вулканизмом. Природные комплексы Сахалина и Курильских островов формируются в условиях экстремальных и стрессовых факторов. Наши исследования направлены на изучение структурного отклика древесных растений на изменение ключевых параметров экологических систем островных территорий в условиях холодного умеренного и субарктического климата. Одним из мощных преобразователей геологической среды и природы в целом, а также климатических условий в региональном и планетарном масштабах, является деятельность магматических и грязевых вулканов. Влияние вулканической деятельности, в том числе в условиях холодного морского климата и субарктики, на ландшафты, растительность, флору, растительный организм и его отдельные системы – сложное природное явление, многие аспекты которого до сих пор остаются неисследованными. Активная поствулканическая деятельность формирует ландшафты с особым комплексом экологических факторов – высокие температуры в почвах и приземном слое атмосферы, насыщенность токсичными для растений газами, повышенное содержание редких и рассеянных химических элементов (Побережная, 2010; Побережная, Копанина, 2011). Мировой опыт изучения влияния геофизических явлений на древесные растения, в том числе вулканической деятельности с позиций дендрохронологии, изложен в работе F.H. Schweingruber (2007). Эффекты от влияния вулканической деятельности на древесину сводятся к структурным изменениям, выраженным в формировании узких годичных колец, узкой поздней древесины и ложных годичных колец. Дополнительные сведения о реакции тканей коры на действие каких-либо геофизических параметров среды и вулканической активности в литературе нет. В этом плане исследования, которые выпол-

няет наш коллектив в ИМГиГ ДВО РАН с 2007 года являются пионерными. Структурными экологическими исследованиями в настоящее время охвачены более 15 видов древесных растений островной флоры различных жизненных форм из различных семейств.

Основной предмет нашего изучения – структурные реакции и адаптации стебля древесных растений деятельности грязевых и магматических вулканов о-ва Сахалин и Курильских о-вов: Кунашир, Итуруп, Уруп, Чирпой, Симушир, Матуа, Янкича, Чиринкотан, Шиашкотан, Харимкотан, Онекотан и Алаид. Особое внимание мы уделяем анатомическому исследованию коры – наиболее сложному комплексу стебля по клеточно-тканевому составу, физиологической деятельности и «отзывчивому» к действию экологических факторов.

Материалы и методы

Сравнительно-экологическое исследование изменений коры древесных растений в ответ на экстремальные природные условия ведется нами преимущественно на количественной основе. Изучение комплексного воздействия экологических факторов выполняется для широкого перечня структурных показателей тканей коры и древесины, относящихся к разным функциональным группам (водопроводящей, покровной, секреторной, депонирующей/запасующей, механической, метаболической). При анализе параметров тканей и клеток используются методы математической статистики: расчет точечных и интервальных оценок для измеряемых показателей, корреляционный анализ для изучения взаимосвязей между показателями, регрессионный анализ для построения временных трендов – закономерностей изменения показателей с возрастом растений. Отбор и фиксация растительного материала для анатомического анализа выполняется в нормальных условиях и в ландшафтах Курильских о-вов, измененных вулканической деятельностью (Прокина, 1960; Барыкина и др., 2004). Образцы разновозрастных стеблей отбираются на отдельных участках вне зоны воздействия вулканических проявлений и в нескольких полевых точках на различном расстоянии от газогидротермальных выходов на трансектах, ориентированных по розе ветров. В каждом пункте отбора растительного материала по стандартным методикам нами выполняется краткое геоботаническое описание растительных сообществ и отдельных растительных группировок с участием древесных растений. Осуществляется формирование гербарного фонда исследуемых растений. Проводится элементный анализ содержания макро- и микроэлементов в почвах и в растительных образцах древесных растений в Аналитическом сертифицированном центре Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (п. Черноголовка, Московская область). Нами применяются современные аналити-

ческие подходы принятые в ксилотомии, и используется стандартная методика анатомических исследований растений методами световой микроскопии. Работы выполняются на лабораторном оборудовании лаборатории экологии растений и геоэкологии ИМГиГ ДВО РАН. Компьютерная обработка изображений микросрезов для измерения биометрических параметров и получения микрофотографий выполняется с использованием программного обеспечения Axio Vision Carl Zeiss 40v4.6.3.0 на световом микроскопе Axio Scope.A1, Carl Zeiss.

Результаты и обсуждения

Анализ структурных показателей стебля различных видов древесных растений и, прежде всего, коры позволяет заключить, что выявленная ранее исследователями (Еремин, Сивак, 1978) тенденция уменьшения значений большинства количественных показателей тканей стебля в условиях вулканических ландшафтов не является универсальной. Нами выявлены отдельные признаки и их функциональные группы, изменения которых весьма специфичны под воздействием активных поствулканических процессов. Крайне неоднозначно и разнонаправлено изменяются показатели тканей древесных растений в условиях гидротермальных источников.

В стеблях *Hydrangea paniculata* Siebold в условиях гидротермальных источников (хвойно-широколиственное высокоствольное сообщество, Столбовские гидротермальные источники вулкана Менделеева, о-в Кунашир) в сравнении с нормой (ельник кустарниково-лизихитоновый на побережье оз. Серебряное, о-в Кунашир), имеют место следующие изменения в структуре коры (Побережная, Копанина, 2011): увеличение годовичного прироста феллемы в сравнении с нормой, длительное сохранение эпидермы, увеличение длины членников ситовидных трубок, увеличение числа флоэмных лучей.

В коре однолетних стеблей *Toxicodendron orientale* Greene в условиях газогидротермальных источников (бамбучниково-кустарниково-папоротниковый лес, Верхнедодворские термальные источники вулкана Менделеева, термальное горячее оз. Фауста, о-в Кунашир) обнаружены толстостенные периваскулярные волокна с точечными просветами, которые в нормальных условиях (широколиственный бамбучниковый лес у подножия вулкана Менделеева, о-в Кунашир) не обнаружены. В условиях морского побережья формируются периваскулярные волокна как тонкостенные, так и с более утолщенной клеточной стенкой. В описаниях структуры коры *T. orientale*, выполненных другими исследователями и ранее нами (Еремин, Цырендоржиева, 2007; Еремин, Копанина, 2012), такие волокна не отмечены. Формирование феллемы в стеблях *T. orientale* в ходе онтогенеза меняется в разных экологических условиях по-разному. В норме эта ткань в стеблях 8–10-летнего возраста начинает отслаиваться, сшелушиваться и ее ширина, незначительно снижаясь, остается постоянной в высоком возрасте стебля. В условиях газогидротерм скорость ее роста самая высокая и до 10 лет она только нарастает без отслаивания. На морском побережье (кустарниковое сообщество с участием *Pinus pumila* (Pall.) Regel, *Sorbus sambucifolia* Cham. et Schlecht., *H. paniculata*, первая морская терраса, мыс Столбчатый, о-в Кунашир) характер зависимости ширины феллемы от возраста сходный с условиями терм, но ее ширина меньше. Вероятно, в экстремальных условиях толстый слой феллемы определяет усиленную защитную функцию, а также служит резерватом продуктов обмена. Значительные изменения в условиях гидротермальных источников имеют место в отноше-

нии показателей ширины вторичной, непроводящей и проводящей флоэмы *T. orientale*. С возрастом в нормальных условиях эти показатели увеличиваются, при этом ширина проводящей флоэмы увеличивается линейно. Такая же тенденция изменения этих показателей выявлена для растений с морского побережья. В условиях гидротерм обнаружен иной характер изменения этих показателей. Увеличение ширины тканей происходит только до 5–6 лет, а далее – до 9 лет – значение показателей уменьшается. Выявленная тенденция, вероятно, является следствием формирования камбием в высоком возрасте более узких приростов вторичной флоэмы и слабой дилатации паренхимы в непроводящей флоэме. Кроме этого, следует отметить, что ширина проводящей флоэмы больше в молодых стеблях именно в условиях гидротерм.

В условиях газотермальных выходов на склонах вулканов формируются особые ландшафты, характеризующиеся значительным дефицитом почвенной влаги, высокими концентрациями солей тяжелых металлов, соединений серы, а в приземном слое воздуха – высокими концентрациями оксидов серы и азота и др. В этих ландшафтах стебель древесных растений претерпевает ряд существенных перестроек. В разреженных травяно-кустарниковых группировках, сформированных под воздействием комплекса экологических факторов Центрального Восточного сольфатарного поля (вулкан Головинина, о-в Кунашир), у *Spirea beauverdiana* Schneid. (несомкнутые травяно-кустарничковые группировки, северный участок поля) и *Betula ermanii* Cham. (сланниково-кустарниковое разреженное сообщество, западный участок поля) выявлены структурные отклонения от нормального роста стебля нарастания. Они выражены в эксцентричности стебля за счет различной ширины вторичной флоэмы и ксилемы на разных участках стебля, а также формирования ложных годовичных колец вторичной ксилемы. Крайним выражением структурных отклонений стебля *S. beauverdiana* в экстремальных условиях сольфатарного поля является формирование зон аномального строения коры и древесины стебля. Структурно аномальные зоны локализованы как участки различного размера, преобразующие отдельные ткани или их комплексы. Структура аномалий существенно изменяется в онтогенезе стебля. С возрастом эти участки аномального строения разрастаются, увеличиваются в размерах, что приводит к деформации стебля в целом, искривлению его оси или увеличению ширины коры, главным образом, за счет аномальной перидермы. Эти процессы усиливаются до 7–8 лет. К 9–10 годам перидерма слущивается, и закладываются повторные перидермы. С этого возраста начинает формироваться корка. Значительной толщины и сильной склерификации достигает вторичная флоэма *S. beauverdiana*. Объемы коры и древесины «выравниваются» относительно окружности стебля. В камбиальной зоне отмечается все меньше «провалов» в древесину. В 25–35 лет в стволике *S. beauverdiana* аномалии локализованы только во вторичной флоэме и древесине, в перидерме они уже не формируются.

Выводы

Изучение структуры стеблей древесных растений в экстремальных условиях позволяет нам сделать вывод о формировании сложного разнонаправленного процесса адаптации у древесных растений. Современная поствулканическая деятельность вызывает не только количественные, но и качественные перестройки в стебле растения на протяжении всей его жизни. Первые результаты изучения структурных изменений тканей стебля древесных

растений Курильских о-вов в условиях газогидротермальной деятельности позволили нам определить основные перспективные направления исследований: 1) Структурные перестройки в тканях коры разных жизненных форм древесных растений (деревья, кустарники, кустарнички, стланники, стланнички, лианы). 2) Роль отдельных тканей коры и пути их структурных перестроек, характер процесса склерификации паренхимы в разных тканевых комплексах коры. 3) Пути адаптации тканей коры в условиях различных проявлений современной вулканической активности: гидротермальные источники, сольфатарные и фумарольные выходы, лавовые потоки, пеплопады и т.д. 4) Обоснование и разработка дискриминационных диаграмм на основе массивов статистического материала по количественным показателям для растений из разных экологических условий, позволяющих проводить на их основе биоиндикацию условий местообитания растений.

Благодарности

За техническую помощь и измерительную обработку микропрепаратов выражаю свою искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории экологии растений и геоэкологии – к.б.н. И.И. Власовой и аспирантке Е.О. Вацерионовой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (инициативные гранты № 07–04–00881а, № 15–04–04774), конкурсных проектов ДВО РАН, совместного проекта с ИГ РАН и Государственным космическим научно-производственным центром имени М.В. Хруничева по программе «Мониторинг-СГ», а также в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. – М.: МГУ, 2004. – 312 с.
- Еремин В.М., Копанина А.В. Атлас анатомии коры деревьев, кустарников и лиан Сахалина и Курильских островов. – Брест. ИМГиГ ДВО РАН, 2012. – 896 с.

- Еремин В.М., Сивак С.В. Влияние географического положения на анатомическую структуру коры лиственницы даурской // Лесной журнал. – 1978. – № 4. – С. 5–9.
- Еремин В.М., Цырендоржиева О.Ж. Сравнительная анатомия стебля лиан Сахалина и Курил. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2007. – 172 с.
- Побережная Т.М. Геохимия природных и техногенных ландшафтов Сахалина и Южных Курильских островов. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 124 с.
- Побережная Т.М., Копанина А.В. Биогеохимические и анатомические особенности растений в местах проявления современного вулканизма // Сибирский экологический журнал. – 2011. – № 2. – С. 285–292.
- Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высшая школа, 1960. – 206 с.
- Schweingruber F.H. Wood Structure and Environment. – Springer, 2007. – 279 p.

Доклад представлен на седьмой научной конференции с международным участием «Растения в муссонном климате: острова и растения» (26–29 сентября 2016 г., г. Южно-Сахалинск).

STRUCTURAL ECOLOGICAL AND ANATOMICAL STUDIES OF WOODY PLANTS IN SAKHALIN AND KURILE ISLANDS

A.V. Kopanina

Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk

There is a complex multi-directional process of adaptation in natural complexes of islands with the extreme conditions for trees. Modern post-volcanic activity causes not only quantitative but also qualitative changes in the stem of a plant throughout its entire life. On the basis of the first results of the study of the structural changes in the stem tissue of woody plants in the gashydrothermal conditions of the Kuril Islands promising directions for further research are determined.

Key words: extreme natural conditions, gashydrothermal activities, woody plants of Sakhalin and the Kuril Islands, bark.

Bibl. 8