

ЛИТЕРАТУРА

1. *Болондинский В.К.* Исследование зависимости фотосинтеза от солнечной радиации, температуры и влажности воздуха у растений карельской березы и березы повислой // Труды Карельского научного центра РАН. Петрозаводск. 2010. С. 3–9.
2. *Ветчинникова Л.В.* Береза. Вопросы изменчивости. М.: Наука, 2004. 199 с.
3. *Ветчинникова Л.В.* Карельская береза и другие редкие представители рода *Betula* L. М.: Наука, 2005. 268 с.
4. *Голикова Г.И., Панченко Л.А., Фридман М.З.* Каталог планов второго порядка. М.: Изд. МГУ, 1974. Вып. 47, Ч. 1. 387 с.
5. *Ермаков В.И.* Морфо-физиологические адаптации основных видов березы на Севере. Петрозаводск, 1975. С. 64–88.
6. *Курец В.К., Попов Э.Г.* Статистическое моделирование системы растение–среда. Л.: Наука, 1991. 152 с.
7. *Лисенков А.Н.* Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов. М.: Медицина, 1979. 344 с.
8. *Новицкая Л.Л.* Карельская береза: механизмы роста и развития структурных аномалий. Петрозаводск., 2008. 143 с.
9. *Соколов Н.О.* Карельская береза. Петрозаводск: Госиздат, 1950. 115 с.
10. *Суворова Г.Г.* Фотосинтез хвойных деревьев в условиях Сибири. Новосибирск: изд. «Гео», 2009. 195 с.
11. *Тооминг Х.Г.* Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометиздат, 1977. 199 с.
12. *Тренин В.В.* Ценные формы деревьев. Петрозаводск: Карелия, 1999. 88 с.
13. *Цельникер Ю.Л.* Дыхание корней и их роль в углеродном балансе древесных // Лесоведение. 2005. № 6. С. 11–18.
14. *Aphalo Pedro J., Lahti M., Lehto T., Repo T., Rummukainen A., Mannerkoski H., Finer L.* Responses of silver birch saplings to low soil temperature // *Silva Fennica*. 2006. Vol. 40. № 3. P. 429–442.

ANATOMY BARK OF SOME SHRUBS AND DWARF SHRUBS GROWING IN THE CONDITIONS OF HYDROTHERMAL ACTIVITY VOLCANOES OF KUNASHIR ISLAND (SOUTHERN KURIL ISLANDS)

Kopanina A.V., Yeromin V.M.

The establishment of the Russian Academy of Sciences Institute of Marine Geology and Geophysics, Far-Eastern Branch of RAS 693022, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki St., 1 B, tel. (4242) 793-099, E-mail: avk@imgg.ru

Abstract. Anatomical structural of bark in four species of Ericaceae Juss. (*Menziesia pentandra* Maxim., *Vaccinium hirtum* Thunb., *Gaultheria miqueliana* Takeda *Vaccinium praestans* Lamb.) growing in the conditions of hydrothermal activity Mendeleev volcano in Kunashir Island is described in details. Comparative-anatomic analysis of the bark tissues of studied species allowed determining the specific of quantitative and qualitative changes of the bark structure of different age. Pattern of the cell wall thickness in cortical sclereids, number of the calcium oxalate crystals in the cortical parenchyma cells, lifespan of primary tissues, time of phellogen initiation, rhytidome structure, type of the secondary phloem dilatation, type of sclereids of the secondary phloem are distinguished as the characters of certain characteristic at the researched species from hot springs.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЫ НЕКОТОРЫХ КУСТАРНИКОВ И КУСТАРНИЧКОВ В УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНОВ ОСТРОВА КУНАШИР (ЮЖНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

Копанина А.В., Еремин В.М.

Учреждение Российской академии наук Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1 Б, тел. (4242) 793-099, E-mail: avk@imgg.ru

Влияние вулканических газов и особых почвенно-геохимических условий гидротермальных и сольфатарных выходов на растительный организм как научная проблема представлена в литературе немногочисленными публикациями, главным образом, о реакции ассимиляционного аппарата, а также структурных изменениях тканей листа [12, 4, 1, 7].

Нами продолжены, начатые в 2006 году, исследования воздействия активных проявлений курильских вулканов на структуру коры древесных растений [2, 6, 5]. Целью настоящей работы является изучение особенностей строения коры и отдельных ее тканей представителей *Ericaceae* Juss.: летнезеленых кустарников до 1,5–2 м высоты *Menziesia pentandra* Maxim., *Vaccinium hirtum* Thunb., зимнезеленого кустарничка высотой до 0,4 м *Gaultheria miqueliana* Takeda и летнезеленого стланничка до 0,2 м высоты *Vaccinium praestans* Lamb.; произрастающих в условиях вулканических микроландшафтов вулкана Менделеева о-ва Кунашир (Курильские о-ва), измененных гидротермальной деятельностью.

В целях настоящего исследования осуществлены экспедиционные работы в районы современных проявлений вулканической активности на о-ве Кунашир, в ходе которых выполнены комплексные экологические обследования гидротермальных источников вулкана Менделеева. Произведены натурные описания растительных сообществ и отборы образцов для анатомического анализа. Образцы *Vaccinium hirtum* и *Vaccinium praestans* взяты у парогазовых выходов Нижнедокторских термальных источников вулкана Менделеева в елово-широколиственном бамбучниково-кустарниково-папоротниковом сообществе. Термы кислые (рН 1,6–1,9), азотные, хлоридно-сульфатные натриевые. Температура в местах выходов термальных вод достигает 66°C [3]. Образцы *Gaultheria miqueliana* взяты вблизи гидросольфатар у бортов грязевых котлов термального оз. Овального вулкана Менделеева. В гидросольфатарах температура воды до 95°C, а температура грязи в котле до 101°C. Пары содержат сероводород и различные химически агрессивные газы [3]. Образцы *Menziesia pentandra* взяты у бортов терм Нижней группы источников ручья Кислый в елово-пихтовом кустарниково-бамбучниковом лесу. Воды источников сильнокислые, хлоридно-сульфатные натриевые, азотные. Содержание в воздухе CH_4 и H_2S незначительно [8]. Контрольные образцы были взяты в кустарниково-лизихитовом ельнике из *Picea glehnii* (Fr. Schmidt) Mast. с берегов оз. Серебряного (о-в Кунашир).

Для анатомического анализа образцы отбирали от 3-х разновозрастных стеблей каждого вида вблизи гидротерм, в максимальном приближении к источнику – от 0 до 50 см. Собранный материал фиксировали в день сбора в 96 % этиловом спирте. Из фиксированного материала на санном микро-томе с замораживающим столиком готовили поперечные и продольные (тангентальные и радиальные) срезы толщиной 15–20 мкм в 20-кратной повторности. По общепринятой в анатомии растений методике [9, 10] изготавливали временные и постоянные препараты. Срезы окрашивали регрессивным методом сафранином и нильским синим, фиксировали в канадском бальзаме. Анализ микропрепаратов осуществляли на фотонных микроскопах «Микмед-6», «Биолам-И» и Axioskop 40 CarlZeiss. Компьютерную обработку изображений микросрезов для измерения биометрических параметров и получения микрофотографий производили с использованием программного обеспечения AxioVision 40 v 4.6.3.0. и цифровой камеры AxioCam MRc CarlZeiss.

Выявлены следующие структурные особенности в строении коры древесных растений, произрастающих вблизи гидротермальных источников вулкана Менделеева. У большинства видов с терм в многолетних и реже в однолетних стеблях увеличивается общая ширина коры (табл.). Характер утолщения эпидермальных клеток сохраняется. Для *Gaultheria miqueliana*, *Vaccinium hirtum* и *Menziesia pentandra* характерно увеличение параметров основных эпидермальных клеток и увеличение толщины внешнего кутикулярного слоя.

Замечено, что первичные ткани коры в однолетних и многолетних стеблях включают эпидерму, дольше сохраняют свое функциональное значение в условиях терм. В паренхиме первичной коры увеличивается число кристаллов на единицу площади поперечного среза. Эта же структурная особенность имеет место у *Vaccinium hirtum*, у которого в идиобластах содержатся многочисленные друзы. Кольцо первичных механических элементов сохраняет свою структуру, свойственную каждому виду.

У *Menziesia pentandra*, *Vaccinium praestans*, *Vaccinium hirtum* в однолетних и многолетних стеблях в условиях терм феллоген формирует меньше слоев феллемы, но более крупноклеточной, при этом число слоев феллодермы остается одинаковым (3–4). Клетки феллодермы расположены более рыхло, их форма округло-овальная. У *Vaccinium hirtum* феллодерма склерифицирована. В условиях терм у *Vaccinium hirtum* феллоген закладывается позже и фрагментарно на второй год нарастания стебля. Перидерма формируется на третий–четвертый год и в сравнении с нормой значительно меньшей мощности. У *Gaultheria miqueliana* очень редко в феллеме однолетних стеблей образуются одиночные склереиды, форма которых такая же, как и окружающих их клеток феллемы.

В строении корки *Vaccinium praestans* с термальных источников отчетливо выделяется склерифицированная, двухслойная зона в виде кольца брахисклереид, образованных из дилатированных клеток лучей и аксиальной паренхимы непроводящей флоэмы, и, возможно, одного слоя феллодермы. Утолщение клеточных оболочек склереид более или менее равномерное, реже более мощное утолщение формируется в сторону межклетных пространств.

Ширина годичного слоя флоэмы зависит не только от условий обитания, но и незначительно от климатических условий, о чем говорит разная ширина в разные годы в одних и тех же условиях. Тем не менее, после первого года это различие увеличивается у растений с терм у всех исследованных видов. У всех видов в ствольной части ширина годичного слоя флоэмы с терм больше, особенно в непроводящей и дилатационной флоэме. Наиболее ярко это изменение выражено у *Vaccinium hirtum*, *Gaultheria miqueliana* и *Menziesia pentandra*. У *Menziesia pentandra* утолщение клеточных оболочек в непроводящей флоэме более значительно по сравнению с нормой. В непроводящей флоэме *Vaccinium hirtum* выделяется склерифицированная зона, которая имеет большую мощность по сравнению с нормой. В многолетних стеблях с терм, вероятно, эта зона выполняет основную защитную функцию стебля. Из аксиальной паренхимы в стволках образуются одиночные брахисклереиды с утолщенными внутренними клеточными стенками. Особые структурные перестройки во вторичной флоэме многолетних стеблей–стволков выявлены у *Menziesia pentandra*, связанные с утолщением клеточных оболочек не только паренхимных, но и проводящих элементов. В непроводящей флоэме этого вида встречаются отдельные ситовидные трубки, у которых толщина клеточной оболочки равна ширине половины просвета поперечного сечения. Склерификация в дилатационной зоне выражена меньше. В коре стволков *Menziesia pentandra* в дилатационной флоэме за счет утолщения клеточных оболочек всех элементов и склерификации образуется единый кольцевой массив прочной ткани. Благодаря интенсивной склерификации ситовидных трубок *Menziesia pentandra*, разрастания и утолщения клеточных стенок паренхимных клеток в непроводящей флоэме образуются склереиды (волокнистые и брахисклереиды). В дилатационной флоэме многолетних стеблей (5–10 лет) в клетках лучевой и аксиальной паренхимы откладывается крахмал, клетки почти полностью заполнены содержимым. В непроводящей флоэме *Gaultheria miqueliana* также выделяется периферическая зона, в которой за счет интенсивной дилатации тяжелой паренхимы и ее склерификации образуются многочисленные склереиды. Эта зона наиболее выражена (2–4 слоя) в коре 4–7-летнего возраста. В коре ствольной части *Gaultheria miqueliana* она не просматривается, что, вероятно, связано с повторным заложением феллогена. В силу этого в коре ствольной части склерифицированная зона прерывистая.

Увеличивается незначительно ширина годичного слоя вторичной флоэмы по сравнению с нормальными условиями за счет увеличения паренхимы у *Vaccinium hirtum*, *Gaultheria miqueliana*, *Vaccinium praestans*. В паренхиме непроводящей флоэмы *Gaultheria miqueliana* откладываются немногочисленные кристаллы в виде друз и мелких сростков различной формы. По сравнению с нормой увеличивается число лучей во вторичной флоэме. Число ситовидных трубок в радиальном ряду близкое с нормой у всех видов.

Для всех исследованных видов отмечена тенденция увеличения паренхимных тканей во вторичной флоэме, особенно с возрастом. Типы флоэмных лучей, свойственных видам, сохраняются, но соотношение между ними меняется, главным образом, в пользу многорядных гетероцеллюлярных лучей. У *Vaccinium hirtum* в проводящей флоэме многолетних стеблей существенно преобладают многорядные (5–7-рядные, реже 4-рядные) агрегатные лучи. Реже встречаются многорядные лучи из 30–40 клеток.

Анализ полученных результатов позволяет сделать ряд выводов об изменении структуры коры стеблей, изученных с гидротерм активных вулканов о-ва Кунашир. В однолетних и молодых стеблях покровные ткани меньшей мощности по сравнению с нормой, клетки их более крупные и тонкостенные. Феллоген формирует меньше слоев феллемы, но более крупноклеточной. Первичные ткани коры в однолетних и многолетних стеблях дольше сохраняют свое функциональное значение. В паренхиме первичной коры увеличивается число кристаллов на единицу площади поперечного среза. У отдельных видов первый феллоген закладывается несколько позже и фрагментарно. В непроводящей вторичной флоэме формируется склерифицированная зона, которая имеет большую мощность по сравнению с нормой и включает различные типы склереид. Изменяется соотношение паренхимных тканей и проводящих элементов во вторичной флоэме. Наблюдается увеличение общего числа флоэмных лучей и диаметра ситовидных трубок.

Таблица. Количественная характеристика компонентов коры с термальных источников вулкана Менделеева (о-в Кунашир)

Признак	<i>Vaccinium hirtum</i>		<i>Gaultheria miqueliana</i>		<i>Vaccinium praestans</i>		<i>Menziesia pentandra</i>	
	Оз. Серебряное, (норма)	Нижнедокторская группа терм	Оз. Серебряное, (норма)	Термальное оз. Овальное	Оз. Серебряное, (норма)	Нижнедокторская группа терм	Оз. Серебряное, (норма)	Нижняя группа терм р. Кислый
Однолетний стебель								
Ширина кутикулы, мкм	3,6±0,29	7,2±0,35	2,3±0,12	4,5±0,20	—	—	—	—
Ширина эпидермы, мкм	19,8±5,87	13,2±0,41	9,9±0,32	15,4±0,45	9,2±0,40	—	11,1±0,74	12,3±0,70
Ширина перидермы, мкм	—	—	—	—	—	—	28,5±1,14	57,0±13,02
Ширина феллемы, мкм	—	—	—	—	—	—	18,7±0,71	39,2±1,07
Ширина паренхимы первичной коры, мкм	84,4±4,60	289,0±20,72	121,9±4,68	108,4±4,50	282,5±20,53	—	187,5±12,55	95,3±4,02
Ширина вторичных флоэм, мкм	28,1±1,47	36,7±1,30	32,8±1,39	30,4±1,01	40,3±2,42	16,4±0,60	30,9±0,99	30,3±1,07
Диаметр члеников ситовидных трубок, мкм	7,4±0,45	5,2±0,21	6,5±0,31	6,0±0,38	7,1±0,46	9,4±2,83	10,1±0,66	11,0±3,39
Общее число клеток флоэм в радиальном ряду, шт.	4,8±0,15	5,0±0,12	5,3±0,19	6,0±0,19	4,6±0,11	3,2±0,11	4,3±0,16	5,2±0,09
Число ситовидных трубок в радиальном ряду, шт.	2,0±0,14	1,9±0,11	2,4±0,11	3,5±0,17	2,2±0,17	1,5±0,20	1,3±0,14	2,5±0,13
Длина члеников ситовидных трубок, мкм	134,9±10,49	72,4±3,59	80,6±3,43	56,1±1,78	120,2±6,72	65,9±4,04	72,2±4,00	98,2±5,23
Высота флоэмных лучей, мкм	178,4±8,22	247,5±26,17	199,4±11,85	266,4±14,88	194,8±17,58	—	201,8±18,11	109,7±16,75
Общее число флоэмных лучей на 1 мм ² тангентального среза, шт.:	26,9	55,0	25,3	92,0	99,4	—	83,0	114,8
Многолетний стебель								
Возраст стволиков, лет	12	10	7	7	8	6	17	15
Ширина коры, мкм	226,2±8,97	266,1±5,05	154,7±4,96	260,7±4,88	75,2±2,95	134,3±2,92	400,8±10,34	337,8±6,84
Ширина перидермы, мкм	113,0±6,45	70,7±3,06	54,3±1,65	51,7±1,80	49,1±2,18	72,2±1,76	36,9±1,89	23,8±0,72
Ширина феллемы, мкм	93,0±4,99	40,6±1,44	36,7±1,52	37,9±1,21	41,5±2,79	57,6±1,73	29,9±1,40	14,9±0,78
Ширина непроводящей флоэмы, мкм	69,8±2,79	88,2±3,38	58,3±1,54	100,3±1,93	—	—	164,1±1,93	186,2±2,86
Ширина проводящей флоэмы, мкм	47,5±1,45	54,2±2,03	37,1±1,44	72,4±3,79	19,6±1,11	56,6±1,08	—	—
Диаметр члеников ситовидных трубок, мкм	7,8±0,35	7,6±0,24	7,3±0,31	8,0±0,32	6,0±0,22	7,6±0,30	7,4±0,13	8,6±0,04
Общее число клеток флоэм в радиальном ряду, шт.	7,2±0,20	10,7±0,27	5,1±0,14	7,2±0,18	4,0±0,04	6,8±0,16	9,8±0,31	9,6±0,39
Число ситовидных трубок в радиальном ряду, шт.	3,9±0,13	4,7±0,28	3,7±0,14	5,1±0,15	1,5±0,15	3,4±0,13	9,2±0,26	7,1±0,14
Высота флоэмных лучей, мкм	173,4±22,57	233,5±34,06	278,8±18,47	244,5±28,78	—	—	186,6±18,96	117,5±16,95
Общее число флоэмных лучей на 1 мм ² тангентального среза, шт.	180,4	195,9	90,0	145,0	181,2	—	156,0	199,6

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (инициативный грант № 07-04-00881а), а также экспедиционных грантов Дальневосточного отделения Российской академии наук: № 07-III-Д-06-067 и № 07-III-Д-06-060.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворошилов В.П., Сидельников А.Н., Ворошилова Г.И., Манько Ю.И. Влияние сольфатарной деятельности на растительность (на примере вулкана Менделеева) // Почвенно-лесоводственные исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1977. С. 74–94.
2. Еремин В.М., Копанина А.В. Особенности анатомической структуры стебля *Hydrangea paniculata* в условиях гидротерм и сольфатар вулкана Менделеева (о-в Кунашир) // Тез. докл. междунар. науч. симпоз. «Проблемы и достижения в геологических и геофизических исследованиях в зоне Курильских островов и Хоккайдо: сильные землетрясения, цунами и извержения вулканов». Южно-Курильск, 2007. С. 46–49.
3. Жарков Р.В. Условия формирования термальных вод вулкана Менделеева (о. Кунашир, Курильские острова) // Матер. I (XIX) Междунар. конф. молодых ученых. «Изучение природных катастроф на Сахалине и Курильских островах». Южно-Сахалинск, 2007. С. 143–150.
4. Ковалевский А.Л. О поглощении растениями химических элементов, находящихся во внешней среде в твердом, жидком и газообразном состояниях // Топологические аспекты изучения поведения вещества в геосистемах. Иркутск, 1973. С. 29–33.
5. Копанина А.В., Еремин В.М. Строение коры представителей сем. Ericaceae Juss., произрастающих в условиях вулканических микроландшафтов Курильских островов // Тез. докл. научных чтений памяти профессора А.А. Яценко-Хмелевского (к 100-летию со дня рождения) «Структурно-функциональные исследования растений в приложении к актуальным проблемам экологии и эволюции биосферы». СПб: Ботанический институт им. В.Л. Комарова, 2009. С.28.
6. Копанина А.В., Еремин В.М. Структурные особенности коры стеблей некоторых представителей арборифлоры острова Кунашир в условиях гидросольфатарной активности вулкана Менделеева // Матер. всерос. конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века»: Ч.1: Структурная ботаника. Эмбриология и репродуктивная биология. Петрозаводск, 2008. С. 195–197.
7. Манько Ю.И., Сидельников А.Н. Влияние вулканизма на растительность. Владивосток, 1989. 185 с.
8. Мархинин Е.К., Стратула Д.С. Гидротермы Курильских островов. М., 1977. 212 с.
9. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. М., 1960. 130 с.
10. Юрцев В.Н., Пухальский В.А. Методическое руководство к лабораторно-практическим занятиям по цитологической и эмбриологической микротехнике. М., 1968. 113 с.
11. Garrec J.P., Lounwsky A., Plebin R. The influence of volcanic fluoride emissions on the surrounding vegetation // Fluoride. 1977. Vol. 1. № 4. P. 152–156.

STRUCTURAL ANOMALIES OF THE STALK OF WOOD PLANTS: RESULTS OF SUPERVISION

Korovin V.V.

The Moscow State Forest University. Mytishi the Moscow region, Russia
Ph. 8 (495)-687-39-52, E-mail: vladimir.v.korovin@gmail.com

Abstract. Nonspecific structural changes of stalks of wood plants are considered. Abnormal formations are grouped on the most important morphological features. Attempt to explain the mechanism of occurrence and growth of abnormal structures is undertaken. Separate problems of abnormal growth are discussed in the light of the evolution theory.

СТРУКТУРНЫЕ АНОМАЛИИ СТЕБЛЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ: ИТОГИ НАБЛЮДЕНИЙ

Коровин В.В.

Московский государственный университет леса. Мытищи Московской обл., Россия
Тел. 8-(495)-687-39-52, E-mail: vladimir.v.korovin@gmail.com

С некоторыми допущениями структурными аномалиями стебля древесных растений можно называть морфологические изменения, выходящие за пределы внутривидовой изменчивости это-