

УДК 574.24
<https://doi.org/10.36906/KSP-2023/55>

Юмагулова Э.Р.

*ORCID: 0000-0003-4076-4059, канд. биол. наук
Дерябкина Н.А., Зайнетдинова Г.С., Юмагулов Р.Н.
Нижневартровский государственный университет
г. Нижневартовск, Россия*

АНАТОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИСТЬЕВ *CHAMAEDAPHNE CALYCVLATA* (L.) MOENCH В ЗОНЕ ТЕПЛОВОГО ВЛИЯНИЯ ГАЗОВОГО ФАКЕЛА

Аннотация. Работа проведена на верховом болоте в условиях теплового влияния газового факела по сжиганию попутного нефтяного газа. Показано, что тепловое влияние факела приводит к уменьшению значения большинства изученных анатомических параметров листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench от 13 до 28%. Исключение выявлено по толщине столбчатого мезофилла. Данный показатель увеличивался в среднем на 5%, что связано с компенсаторной функцией растений в неблагоприятных условиях обитания.

Ключевые слова: верховое болото; газовый факел; *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; анатомические параметры листьев.

Yumagulova E.R.

*ORCID: 0000-0003-4076-4059, Candidate of Biological Sciences
Deryabkina N.A., Zainetdinova G.S., Yumagulov R.N.
Nizhnevartovsk State University
Nizhnevartovsk, Russia*

ANATOMICAL INDICATORS OF LEAVES OF *CHAMAEDAPHNE CALYCVLATA* (L.) MOENCH) IN THE ZONE OF THE THERMAL INFLUENCE OF A GAS FLARE

Abstract. The work was carried out on a raised bog under conditions of the thermal influence of a gas torch for burning associated petroleum gas. It has been shown that the thermal influence of the torch leads to a decrease in the value of most of the studied anatomical parameters of leaves of *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench from 13 to 28%. An exception was found in the thickness of the columnar mesophyll. This indicator increased by an average of 5%, which is associated with the compensatory function of plants in unfavorable living conditions.

Keywords: raised bog; gas torch; *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; anatomical parameters of leaves.

Болотные экосистемы выполняют комплекс важных экологических функций в биосфере: климатическую, геоморфологическую, гидрологическую, обеспечивают сохранение генофонда живых организмов [2].

Проблема прогнозирования состояния торфяных болот актуальна в связи с наблюдаемыми в последние десятилетия изменениями климата, которые связывают с увеличением содержания парниковых газов в атмосфере [7].

В зоне влияния факела сжигания попутного газа, которое определяется преимущественно повышением температуры среды, происходит существенная

трансформация растительного сообщества, обусловленная различным характером адаптационных процессов у разных видов растительного сообщества [5].

Анатомические особенности листьев сосудистых растений верховых болот среднетаежной зоны в условиях теплового влияния газового факела по сжиганию попутного нефтяного газа изучены недостаточно, в связи с чем, данная тема была выбрана нами для изучения.

Целью исследования являлось изучение анатомических параметров листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench в зоне теплового влияния газового факела.

В качестве объекта нами был выбран один из доминирующих вечнозеленых кустарничков верховых болот - мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench).

Исследование проводилось в период с 2021 по 2022 гг (конец июня – начало июля) на территории верхового (олиготрофного) болота, расположенного возле газового факела по сжиганию попутного нефтяного газа Покачевского нефтяного месторождения (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра).

Сообщество верхового болота представлено сосново-кустарничково-сфагновой ассоциацией. Рельеф выположенный, грядово-мочажинный. Почвы торфяно-глеевые, с торфяным слоем до 1–2 м.

Для изучения анатомических параметров, на каждом участке, был проведен сбор сформированных листьев со средней части 30 кустарничков. Отобранные листья фиксировали в 70% этаноле. Количество отобранных листьев с каждого растения составило – 10.

Контрольный участок располагался в 500 м от ствола факела, опытный в 100 м. Размер пробной площадки составлял 10×10 м.

Поперечные срезы листьев проводили с использованием замораживающего микротом МЗ-3 (Россия). Анатомические параметры листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench: толщину – листа, кутина, нижнего и верхнего эпидермиса листа, столбчатого и губчатого мезофилла листа изучали с помощью цифрового видео микроскопа высокого разрешения HIROX KH-7700 с использованием Lens MX (G) – 140.

Определение температуры и относительной влажности воздуха проводили с помощью измерителя KIMO KISTOK модели KT100; температуры торфогрунта – почвенным термометром; pH торфогрунта - кондуктометром inoLab 740; освещенность – цифровым фотометром ТКА-04/3.

Статистическую обработку данных проводили с помощью регрессивного и корреляционного анализа с доверительной вероятностью 95%. Статистически значимые различия были выявлены с использованием дисперсионного непараметрического метода (тест Краскела-Уоллиса). Значительные расхождения между сравниваемыми средними значениями принимались с уровнем достоверности 95% и выше ($P < 0,05$). В таблице приведены средние арифметические биологических репликаций и стандартные погрешности.

Анализ физико-химических параметров среды показал, что газовый факел значительно влияет на свойства почвенной и воздушной среды. При приближении к факелу в ряду 500м →

100 м повышаются значения температуры воздуха (на 3°C) и влажности атмосферного воздуха (на 15%), температуры торфогрунта (на 3°C); снижается уровень освещения (от 1320,00 до 1210,50 люкс), сдвигается значение pH - водородного показателя (от 2,5 до 3,4).

Анализ результатов исследования анатомических параметров листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench в условиях теплового влияния газового факела Покачевского месторождения, показал снижение значения большинства изученных показателей (83%) на опытном участке (100 м от ствола факела) по сравнению с контролем (500 м). Снижение параметров происходило от 13 (по толщине листа) до 28% (по толщине верхнего эпидермиса). Увеличивался на опыте один показатель - толщина столбчатого мезофилла, на 5% (табл.).

Толщина кутина у листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) на контроле изменялась в пределах от 6,05 до 12,11 мкм и в среднем составляло 8,92 мкм. На опытном участке данный показатель варьировал от 4,04 до 9,49 мкм, что соответствовало усредненному значению 6,50 мкм. Сравнение данных показало, что на опыте, в условиях теплового, иссушающего влияния факела - толщина кутикулы снижается на 27% в сравнении с контролем (табл.).

Таблица

Анатомические параметры листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench на территории факельного хозяйства Покачевского месторождения

Параметры	Показатель	Контроль	Опыт
Толщина кутина, мкм	Хср.	8,92 ± 1,81	6,50 ± 1,87
	Lim	6,05 - 12,11	4,04 - 9,49
Толщина листа, мкм	Хср	260,12 ± 34,06	225,39 ± 44,19
	Lim	217,60 - 353,39	173,17 - 352,64
Толщина верхнего эпидермиса, мкм	Хср	5,49 ± 1,13	3,94 ± 0,98
	Lim	3,08 - 7,61	2,42 - 5,85
Толщина нижнего эпидермиса, мкм	Хср	6,22 ± 1,42	4,75 ± 1,17
	Lim	3,75 - 8,57	3,01 - 6,59
Толщина столбчатого мезофилла, мкм	Хср	98,39 ± 11,04	103,27 ± 19,25
	Lim	58,09 - 123,41	83,30 - 164,43
Толщина губчатого мезофилла, мкм	Хср	127,88 ± 15,32	104,67 ± 20,66
	Lim	106,27 - 163,28	78,03 - 155,34

Значение толщины листа варьировало на контрольном участке от 217,60 до 353,39 мкм, что соответствовало среднему значению 260,12 мкм. В условиях опыта данный параметр изменялся от 173,17 до 352,64 мкм, среднее его значение составило - 225,39 мкм. Выявлено, что на опытном участке толщина листа снижалась на 13% по сравнению с показателями, полученными на контроле (табл.).

Показатель толщины нижнего эпидермиса листа на всех участках был выше по сравнению с толщиной верхнего эпидермиса, на контроле на 12%, на опыте на 17%.

Толщина нижнего эпидермиса листа изменялась: на контроле от 3,75 до 8,57 мкм и имела среднее значение 6,22 мкм; на опыте – от 3,01 до 6,59 мкм, средний показатель составил 4,75

мкм. Сравнение полученных данных показало, что на опыте толщина нижнего эпидермиса уменьшается в среднем на 24% при сопоставлении с данными на контрольном участке (табл.).

Параметры толщины верхнего эпидермиса листа на контрольном участке варьировали от 3,08 до 7,61 мкм и в среднем составлял 5,49 мкм, на опыте от 2,42 до 5,85 мкм, что соответствовало среднему значению 3,94 мкм. Анализ данных показал, что на 28% показатель толщины верхнего эпидермиса снижался на опытном участке в 100 м от факела, при сравнении с данными полученными на контроле (табл.).

Значение толщины губчатого мезофилла в среднем на всех участках было выше по сравнению с данными по толщине столбчатого мезофилла, на контрольном участке на 23 и на опытном, на 1%. Соотношение толщины губчатого и столбчатого мезофилла на опыте было минимальным по сравнению с контролем (табл.).

Толщина столбчатого мезофилла изменялась на контроле в пределах от 58,09 до 123,41 мкм и в среднем имела значение 98,39 мкм, на опыте от 83,30 до 164,43 мкм со средним значением 103,27 мкм. В условиях теплового влияния факела, значение толщины столбчатого мезофилла повышалось на 5% при сопоставлении с данными полученными на контроле. Данный показатель единственный из всех изученных, значение которого, на опыте увеличивалось. Все остальные параметры наоборот уменьшались от 13 (по толщине листа) до 28% (по толщине верхнего эпидермиса) (табл.).

Показатель толщины губчатого мезофилла варьировал на контрольном участке от 106,27 до 163,28 мкм, что в среднем составило 127,88 мкм, соответственно на опытном от 78,03 до 155,34 мкм со средним значением 104,67 мкм. Результат исследования показал, что на 18% толщина губчатого мезофилла снижалась на опыте по сравнению с данными на контрольном участке (табл.).

Изученные анатомические параметры листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench в условиях теплового влияния факела, позволили определить, показатели, которые в наибольшей степени снижались на опытном участке по сравнению с контролем: толщина верхнего эпидермиса, толщина кутина и толщина нижнего эпидермиса, соответственно на 28, 27 и 24%. В наименьшей степени уменьшались значения данных по толщине губчатого мезофилла и толщине листа, соответственно на 18 и 13 %. Показатель толщины столбчатого мезофилла – оказался единственным из изученных, который не снижался, а наоборот повышался в условиях теплового действия факела (на 5%).

Анализ полученных данных показывает, что газовый факел меняет физико-химические свойства торфогрунта, воздушной среды и уровень освещения. Растения адаптируются к новым условиям обитания и изменяют, вначале физиологические и биохимические механизмы адаптации, а затем происходят анатомо-морфологические изменения [6].

Воздействие факторов внешней среды, в том числе антропогенных, в первую очередь оказывают влияние на физико-химические и биологические процессы клетки, которые меняют химический метаболизм и вызывают функциональную, структурную перестройку растения [1; 3].

В литературе показано, что размеры ассимиляционной ткани играют существенную роль в адаптации вида к новым условиям произрастания [4].

Растения верховых болот в ходе онтогенеза адаптируются к антропогенным и к неблагоприятным природным факторам среды, таким как: обилие влаги, застойность и слабая проточность воды, недостаток кислорода в торфогрунте (1%), низкая теплопроводность торфогрунта, бедность торфогрунта минеральными элементами, повышенная кислотность и постоянное нарастание сфагновой дернины и торфа. В результате на болоте сформировалась специфическая флора, которая характеризуется наличием: гидроморфных и ксероморфных признаков; образованием микоризы на корнях; формированием новых придаточных корней, корневищ, узлов кущения; отсутствие ризоидов у мхов; переход к смешанному автотрофно-голозойному питанию у насекомоядных росянок [2].

Таким образом, анализ полученных нами данных показал, что тепловое влияние газового факела Покачевского месторождения приводит к уменьшению значения большинства изученных анатомических параметров листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench от 13 до 28%. Исключение выявлено по толщине столбчатого мезофилла, данный показатель увеличивался в среднем на 5%, что связано с компенсаторной функцией растений в неблагоприятных условиях воздействия факела по сжиганию попутного нефтяного газа и в целом носит адаптационный характер.

В дальнейшем, мы планируем проведение комплексного анализа анатомо-морфологических, физиологических и биохимических параметров доминирующих сосудистых растений верховых болот (клюквы болотной, багульника болотного, подбела восколистного, морошки приземистой и др.) в условиях влияния газового факела и урбанизированной среды.

Полученные результаты могут быть использованы в оценке состояния сосудистых растений при биомониторинге верховых болот в условиях изменения климата и влияния различных антропогенных факторов.

Литература

1. Иванов Л.А. Морфологические и биохимические особенности бореальной зоны с разными типами адаптивных стратегий: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2001. 24 с.
2. Иванова Н.А., Юмагулова Э.Р. Эколого-физиологические механизмы адаптации и типы стратегии сосудистых растений верховых болот. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2009. 186 с.
3. Луговской А.М. Мониторинг природной среды методом индикации сосны обыкновенной в условиях техногенеза Русской равнины: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Волгоград, 2004. 37 с.
4. Лукина Н.В., Чукина Н.В., Филимонова Е.И., Глазырина М.А., Учаев А.П., Борисова Г.Г. Морфофизиологические особенности *Pinus silvestris* L. в искусственных насаждениях на дражном отвале после золотодобычи // Лесохозйственная информация. 2022. № 3. С. 145-157.

5. Шавнин С.А., Юсупов И.А., Артемьева Е.П. Трансформация структуры нижних ярусов лесоболотной растительности в зоне теплового влияния газового факела // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 1. С. 20-25.

6. Юмагулова Э.Р., Иванова Н.А., Скоробогатова О.Н. Функционально биохимические особенности *Oxycoccus palustris* Rels. в условиях влияния газового факела (Ханты-Мансийский округ Югра, Россия) // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: Мат-лы VI Международного полевого симпозиума (г. Ханты-Мансийск, 28 июня – 08 июля 2021 г.). Томск, 2021. С. 211-213.

7. World Development Report 2010. Development and Climate Change. Washington DC: IBRD / World Bank, 2010. 417 p.

© Юмагулова Э.Р., Дерябкина Н.А., Зайнетдинова Г.С., Юмагулов Р.Н., 2024