

0.5

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Принципы сортировки фраз

ЭКОЛОГИЯ

№ 4

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

1982

- Гончаров Н. Ф. Род *Astragalus* L. Флора СССР. Т. 12. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1946, 918 с.
- Горчаковский П. Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала.— Тр. Ин-та экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР, 1969, вып. 66, 285 с.
- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1972, 283 с.
- Рупрехт Ф. И. Флора Северного Урала.—В кн.: Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой. Т. 2. СПб, 1856.
- Jentys-Szaferowa J. A. graphical method of comparing the shapes of plantes.— *Rov-Pol-Acad-Sci.*, 1959, 4, № 1/13, с. 9—36.
- Korshinsky S. Tentamen florae Rossiae orientalis. Mem. de L'Academie Imp. des sciences de St.-Petersbourg, VIII Serie. vol. 7, № 1, St.-Petersbourg, 1898, 566 p.
- Mizianthy M. Variability of *Rhinanthus serotinus* (Schönh.) Oborny in Poland.— *Fragmenta floristica et geobotanica*, 1978, 24, № 3, p. 387—425.

УДК 581.524.44

МИКРОКЛИМАТ МОХОВЫХ И ЛИШАЙНИКОВЫХ СИНУЗИЙ В СОСНЯКЕ ЗЕЛЕНОМОШНО-ЛИШАЙНИКОВОМ

В. С. Ипатов, Т. Н. Тархова

Исследованы изменения влажности и температуры в моховых и лишайниковых синузиях. Сделаны выводы о большей эдификаторной роли моховой синузии по сравнению с лишайниковой. Моховой ковер сильнее, чем лишайниковый, «смягчает» и выравнивает температурный режим и поддерживает большую влажность.

Моховые и лишайниковые синузии в сухих сосновых борах на песчаных почвах произрастают в сходных местообитаниях. Их экологические амплитуды по таким факторам, как световой режим, температура и относительная влажность приземного слоя воздуха, температура верхнего слоя почвы (при удалении мохового и лишайникового ковра), в значительной мере перекрываются, причем полного совпадения не наблюдается. На открытых (со сквозистостью древостоя более 80%) местах, интенсивно прогреваемых в солнечную погоду, лишайниковые синузии успешно произрастают, моховые — отмирают (Ипатов, Тархова, 1980). Вместе с тем зеленые мхи и кустистые лишайники, образуя плотный ковер, трансформируют условия среды, создают внутри ковра собственный микроклимат (Irmscher, 1912; Romose, 1940; Корчагина, 1956; Мельничук, 1956, 1957; Библь, 1965; Gimmingham, 1967; Streeter, 1970; Дьяченко, 1976). Занимая значительные площади, они изменяют гидрологический и температурный режим почвы (Сахаров, 1938; Костюкевич, 1948; Молчанов, 1953; Солдатенкова, 1968; Норин и др., 1970; Kershaw, 1975; Елагин, 1976), влияют на температуру приземного слоя воздуха (Елагин, 1967).

В связи с неодинаковым строением мохового и лишайникового ковра создаваемый ими микроклимат может различаться. Этот вопрос представляет интерес для понимания механизма смен в напочвенном покрове и возобновления сосны в возрастных рядах лишайниково-зеленомошных сосняков.

Задача настоящей работы — показать некоторые особенности температурного режима и влажности мохового и лишайникового ковра в лишайниково-зеленомошном сосняке на песчаной почве. Изучаемый сосняк расположен на прибрежных дюнах северо-восточного побережья Ладожского озера. Подробная характеристика сосняков и методика исследования опубликованы нами ранее (Ипатов, Тархова, 1980). В указанной работе приведены данные о микроклимате местообитаний моховых и лишайниковых синузий, для чего использованы площадки с удаленным моховым и лишайниковым ковром. Отметим только, что иссле-

дованные синузии образуют плотный ковер толщиной 5—8 см с проективным покрытием 100%. В зеленомошных синузиях господствует *Pleurozium schreberi*; в сложении их участвуют также *Dicranum polysetum* (до 15% проективного покрытия) и *Hylocomium splendens*. В лишайниковых синузиях доминирует *Cladonia sylvatica*, с проективным покрытием 10—40% участвует *C. rangiferina*, имеется незначительная примесь *C. uncialis*.

Исследования проводились следующим образом:

1. На открытом месте на трех площадках был удален лишайниковый покров. Одна из них оставлена «голой», на вторую пересажен лишайниковый ковер, на третью — моховой ковер. Площадки прикрывали марлевым пологом, в результате чего их освещенность составляла 75% от освещенности открытого места. Затенение предохраняло моховой ковер от быстрой гибели из-за перегрева. Температуру на каждой площадке измеряли в течение 13 дней (5 ясных, 8 облачных) пятью максимальными и пятью ми-

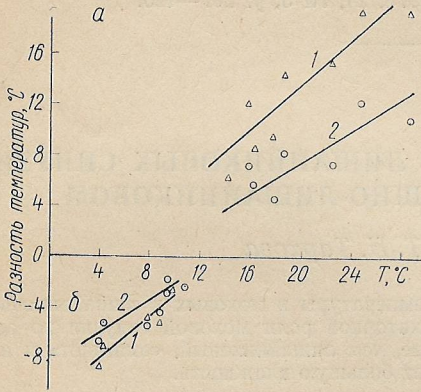


Рис. 1. Разность максимальных дневных (а) и минимальных ночных (б) температур поверхности ковра и под ним при различной температуре воздуха.

1 — моховой ковер, 2 — лишайниковый ковер.

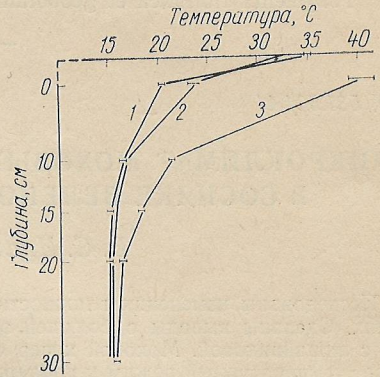


Рис. 2. Средняя дневная (с 12 до 17 ч) температура почвы за пять ясных дней под лишайниковым (1) и моховым (2) ковром и при его удалении (3).

ценность составляла 75% от освещенности открытого места. Затенение предохраняло моховой ковер от быстрой гибели из-за перегрева. Температуру на каждой площадке измеряли в течение 13 дней (5 ясных, 8 облачных) пятью максимальными и пятью ми-

Таблица 1

Сравнение максимальной дневной температуры поверхности лишайникового, мохового ковра и почвы с удаленным ковром (по данным за 13 дней)

Поверхность	Лишайник 1	Мох 2	Почва 3
Амплитуда	18,2—38,6	19,8—42,2	16,8—45,6
Средняя	30,1	32,9	34,1
При максимальной температуре почвы	Средняя разница (\bar{d})*		
	2—1	3—1	3—2
43,0—45,6	+3,7	+6,7	+3,0
38,7—39,4	+3,4	+6,2	+2,8
27,7—29,4	+2,2	+2,1	-0,1
16,8	+1,6	-1,4	-3,0
16,8—45,6	+2,8	+4,0	+1,2

* Все значения \bar{d} , кроме -0,1, достоверны при уровне значимости 0,05.

нимальными термометрами, расположенными на поверхности мохового (лишайникового) ковра и почвы (слегка прикрытыми соответствующим субстратом) и под ковром (в той же повторности), термометрами Савинова — на глубине 10, 15, 20 и 30 см, термографом — на высоте 5 см над почвой. Полученные данные (табл. 1, рис. 1, 2) позволяют сравнить температурный режим лишайниковых и моховых синузий, находящихся в одинаковых условиях.

2. В двух моховых и двух лишайниковых синузиях, расположенных рядом, но при разной сквозистости древостоя, были сделаны пересадки мохового ковра в лишайниковую синузию и лишайникового — в моховую. В образованных четырех вариантах в течение двух дней электротермометрами измеряли (ежечасно с 12 до 17 ч) температуру поверхности и под ковром (табл. 2).

Таблица 2

Средние дневные (с 12 до 17 ч) температуры поверхности лишайникового и мохового ковра и под ковром ($n=6$)

№ п. п.	Сквозистость древостоя, %	Лишайник		Мох	
		поверхность	под ковром	поверхность	под ковром
1	29	22,3*	15,1*	24,8	14,9
2	37	26,8	18,2	23,6**	15,8**
3	60	30,8*	16,6*	32,3	15,6
4	90	41,7	27,8	43,7**	20,5**

* Пересажен лишайниковый ковер в моховой.

** Пересажен моховой ковер в лишайниковый.

3. Для определения влажности ковра использовали сетчатые кюветы размером 15×15 см, в которые помещали моховые и лишайниковые коврики. Кюветы размещали в произрастающие рядом моховую и лишайниковую синузии при разной сквозистости древостоя (повторность каждого из четырех вариантов — трехкратная). После дождя, полностью промочившего моховой и лишайниковый ковры, в течение двух дней (при ясной погоде) ежечасно (с 10 до 20 ч) кюветы взвешивали. По окончании измерений коврики были доведены до воздушно-сухого состояния и взвешены (воздушно-сухой вес около 30 г). Влажность ковра определяли как разницу между сырым и воздушно-сухим весом, отнесенную к воздушно-сухому весу. Вычисляли среднюю влажность за день по 11 срокам измерений (табл. 3).

Таблица 3

Влажность лишайникового и мохового ковра в местообитаниях лишайниковых и моховых синузий (средние данные за 11 сроков — с 10 до 20 ч), % к воздушно-сухому весу

Дата	Местообитание			
	лишайниковое		моховое	
	1	2	3	4
	при сквозистости древостоя, %			
	90		60	
17/VII	119	168	190	271
18/VII	35	52	112	152

4. Для определения динамики влажности мохового и лишайникового ковров, находящихся в одинаковых условиях, использовали также по три сетчатые кюветы с моховыми и лишайниковыми ковриками, которые через мелкую сетку поливали водой до полного насыщения. После стекания воды в течение часа и стряхивания ее кюветы обтирали, взвешивали и помещали рядом друг с другом в лишайниковую синузию. В течение трех дней при солнечной погоде кюветы взвешивали ежечасно с 10 до 17 ч. Воздушно-сухой вес ковриков составил около 31 г. Определяли влажность ковра на каждый час измерения и потери влаги за каждый час в процентах к воздушно-сухому весу (рис. 3).

Очевидно, что нагрев поверхности мохового и лишайникового ковра может оказывать влияние на температурный режим всей его толщи. В течение суток температура обычно сильно колеблется, поэтому в первую очередь интерес представляют экстремальные температуры, в частности максимальные дневные. В табл. 1 приведены данные о максимальной температуре поверхности мохового и лишайникового ковров, находящихся в одинаковых условиях освещенности (пересадка на открытое место под марлевым пологом), которые свидетельствуют о том, что поверхность и мохового, и лишайникового ковра нагревается меньше поверхности почвы, лишенной растительности. Видимо, это связано с тем, что поверхность растительного ковра медленнее иссушается и

часть тепловой энергии расходуется на испарение. Из-за более темной окраски поверхность мохового ковра нагревается несколько больше лишайникового. Указанные различия возрастают при увеличении температур. Обращает на себя внимание незначительное колебание максимальной температуры и мохового, и лишайникового ковра по сравнению с «оголенной» почвой.

Различия температурных характеристик мохового и лишайникового ковра более контрастно выявляются при сравнении перепада температур между поверхностью ковра и нижней его частью (см. рис. 1). При одной и той же температуре воздуха над ковром разница максимальной температуры поверхности и под ковром в моховой синузиде всегда значительно больше (почти в 2 раза), чем в лишайниковой, причем различие увеличивается с ростом температуры. Разный температурный градиент у моховых и лишайниковых синузид наблюдается и по ночным минимальным температурам, причем и здесь разность температуры поверхности и под ковром в моховой синузиде больше и увеличивается с уменьшением температуры быстрее, чем в лишайниковой.

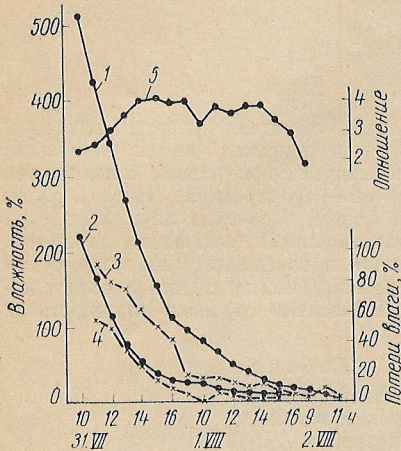


Рис. 3. Изменение влажности в лишайниковой и моховой синузиде после насыщения до полной влагоемкости ковра (среднее для $n=3$).

1 — влажность моховой и 2 — лишайниковой синузид; 3 — потери воды за час в моховой и 4 — лишайниковой синузиде; 5 — отношение влажности мохового ковра к влажности лишайникового ковра.

Трансформирующая роль моховой и лишайниковой синузид четко выявляется и при сравнении средней дневной температуры по вертикальному профилю (см. рис. 2), что подтверждает указанные выше закономерности (большой нагрев поверхности, меньшая температура под ковром в моховой синузиде, чем в лишайниковой). Вместе с тем из рис. 2 следует, что влияние и мохового, и лишайникового ковра на температуру почвы на глубине 10 см и глубже практически одинаково, но и тот, и другой существенно задерживают по сравнению с «ого-

ленным» участком нагрев почвы в корнеобитаемом слое.

В табл. 2 приведены данные о средней дневной температуре моховой и лишайниковой синузид в реальных условиях. Пары 1—2, 3—4 — рядом расположенные (соответственно моховые и лишайниковые) синузиды, различающиеся сквозистостью древостоя над ними. Эти данные не противоречат представленным выше, но здесь обнаруживается и новое обстоятельство — даже при сравнительно небольшой разнице в сквозистости древостоя (8%, пары 1—2) поверхность лишайников нагревается, хотя и незначительно, но больше поверхности мхов. Температура под ковром достоверно различается при сквозистости 90%.

Важным микроклиматическим показателем моховых и лишайниковых синузид является режим влажности, зависящий прежде всего от способности поглощать и отдавать влагу, а также от конкретных условий, в которых находятся синузиды; среди них определяющим условием является сквозистость древостоя.

На рис. 3 показано изменение в сухую ясную погоду, после насыщения до полной влагоемкости, влажности мохового и лишайникового ковров, находящихся в одинаковых условиях. Моховой ковер за час теряет воды в расчете на воздушно-сухой вес больше, чем лишайниковый, но благодаря тому, что его влагоемкость почти в 2,5 раза выше, а потеря воды по отношению к ее исходному содержанию меньше, чем

в лишайниковом, влажность мохового ковра при высыхании в течение двух суток постоянно сохраняется в 3—4 раза более высокой.

О значительно большей влажности мохового ковра свидетельствуют и данные табл. 3, полученные при пересадке моховых ковриков (2, 4) в лишайниковую синузию, а лишайниковых (1, 3)—в моховую. Эти материалы подтверждают, что при меньшей сквозистости наблюдается большая влажность и моховой, и лишайниковой синузий. Следует обратить внимание на то, что влажность лишайникового ковра в моховой синузии (сквозистость древостоя 60%) больше, чем мохового в лишайниковой (сквозистость 90%).

Сравнение влажности исследуемых синузий в период длительной жаркой и сухой погоды показало, что при низкой их влажности достоверного различия между ними не обнаруживается.

Выполненные нами наблюдения позволяют сделать следующие заключения.

И моховая, и лишайниковая синузии «смягчают» температурный режим по сравнению с почвой, лишенной растительного ковра: высокая дневная температура снижается в толще ковра и в почве под ним, а ночная сохраняется более высокой. Причем моховая синузия «смягчает» и выравнивает температурный режим больше, чем лишайниковая. В реальных условиях, в отличие от экспериментальных (при сравнении «поведения» моховой и лишайниковой синузий в одинаковых условиях), указанные выше различия проявляются менее ярко. Это свидетельствует о том, что моховой ковер сильнее трансформирует среду; эдификаторная роль моховой синузии выражена больше лишайниковой.

Если исходить из того, что гидротермические свойства моховой и лишайниковой синузий соответствуют потребностям нормальной жизнедеятельности образующих их зеленых мхов и кустистых лишайников, то можно высказать некоторые предположения об экологических взаимоотношениях зеленомошной и лишайниковой синузий.

Высокая температура и длительное пересыхание субстрата могут препятствовать развитию моховых синузий в отличие от лишайниковых. Вместе с тем при смене лишайниковых синузий моховыми условия по температурному режиму для развития зеленых мхов предпочтительнее в лишайниковых синузиях, чем на «оголенной» почве.

Допустив, что поддержание большой влажности моховой синузии отражает необходимые условия для мхов, а высокая влажность может сохраняться только в достаточно плотном моховом ковре; при смене лишайниковой синузии моховая будет формироваться не диффузно, а в виде пятен в лишайниковом ковре. При обратных же сменах (например, при разреживании древостоя) слоевища лишайников могут распределяться диффузно в моховой синузии, главным образом в верхней части мохового ковра. Препятствием для роста кустистых лишайников может быть сравнительно длительное поддержание здесь высокой влажности. Последнее обстоятельство может быть также причиной деградации лишайниковой синузии в зоне контакта с моховым ковром.

Биологический НИИ
Ленинградского госуниверситета
имени А. А. Жданова

Поступила в редакцию
4 мая 1981 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Библия Р. Цитологические основы экологии растений. М., 1965, 463 с.
Дьяченко А. П. Фотосинтез арктических мхов в естественных условиях.—Экология, 1976, № 1, с. 92—95.
Елагин И. Н. Максимальные суточные температуры различных слоев воздуха в сосняке-черничнике.—Лесоведение, 1967, № 2, с. 81—82.
Елагин И. Н. Сезонное развитие сосновых лесов. Новосибирск, 1976, 227 с.

- Ипатов В. С., Тархова Т. Н. О микроклимате местообитаний моховых и лишайниковых синузий сосняка зеленомошно-лишайникового.—*Экология*, 1980, № 5, с. 14—20.
- Корчагина И. А. Вододерживающая способность некоторых видов лесных мхов.—*Вестник ЛГУ, сер. биол.*, 1956, № 6, с. 26—29.
- Костюкевич Н. И. Задержание осадков травяным и моховым покровом.—*Метеорология и гидрология*, Л., 1948, № 5, с. 86—88.
- Мельничук В. М. Температурный режим моховых дернинок.—*Украинский бот. журнал*, 1956, 13, № 2, с. 61—63.
- Мельничук В. М. Материалы по изучению водного режима листовых мхов.—*Украинский бот. журнал*, 1957, 4, № 14, с. 54—58.
- Молчанов А. А. Сосновый лес и влага. М.: Изд-во АН СССР, 1953, 140 с.
- Норин Б. Н., Солоневич Н. Г., Боч М. С. Микроклимат.—В кн.: *Экология и биология растений Восточно-Европейской лесотундры*. Л.: 1970, с. 87—138.
- Сахаров М. И. Промерзание и разморзание почвы в лесных фитоценозах.—*Метеорология и гидрология*, Л., 1938, № 11—12, с. 99—114.
- Солдатенкова Ю. П. Некоторые данные по экологии мхов лесотундры в районе Салехарда.—*НДВШ, Биол. науки*, 1968, № 1, с. 62—66.
- Gimingham C. H. Quantitative community analysis and bryophyte ecology on Signy Island.—*Philos. Trans. Roy. Soc., London*, 1967, B252, № 777, p. 251—259.
- Irmischer E. Über die Resistenz der Laubmoose gegen Austrocknung und Kälte.—*Jb. Wiss. Bot.*, 1912, 50, S. 387—449.
- Kershaw K. A. Studies on lichen dominated systems. XY. The temperature and humidity profiles in a *Cladina alpestris* mat.—*Can. J. Bot.*, 1975, 53, № 22, p. 2614—2620.
- Romose V. Ökologische Untersuchungen über *Homalothecium sericeum*, seine Wachstumsperioden und seine Stoffproduktion.—*Dansk. Bot. Arkiv.*, 1940, 10, S. 1—138.
- Streeter D. T. Bryophyte ecology.—*Sci. Progr.*, 1970, 58, № 231, p. 419—434.

УДК 581.5 : 591.5

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ СОСНЯКОВ

Л. С. Шугалей, В. К. Дмитриенко

Показано, что высокие рекреационные нагрузки подавляют целлюлозоразрушающую, аммонифицирующую способности, ферментативную активность почвы, а также деятельность почвенных беспозвоночных.

Одной из сторон антропогенного воздействия на природу является использование лесов в рекреационных целях. Оценка рекреационного воздействия на лесной биогеоценоз (БГЦ) большинством исследователей проводится по состоянию травяного покрова и изменению некоторых физических свойств почвы (Зеликов, Пшоннова, 1961; Будрюнас, 1971). Почва — один из главных компонентов БГЦ — по существу определяет биопродуктивность фитоценозов.

Наши исследования проводились на территории Дороховского бора, ценного лесного массива в малооблесенной Назаровской котловине Чулымо-Висейской денудационной равнины. Территория котловины относится к умеренно прохладному агроклиматическому району. Мера континентальности по Галахову 58—59% (Галахов, 1962). Общая площадь бора 171 га. При глазомерном обследовании установлено, что парковая часть бора оказалась сильно вытоптанной, усыхание сосняков отмечалось именно на этой территории бора. Для выяснения причин гибели сосняков Дороховского бора в лесопарковой и парковой частях было заложено два профиля, пересекающих его с севера на юг и охватывающих все элементы рельефа и участки с различной степенью рекреационных воздействий.

Основная лесобразующая порода бора — сосна, занимает 90% лесопокрытой площади, и только 10% приходится на осину и березу. Сосновые насаждения I и II класса бонитета представлены IV и V классами возраста, средних и низких полнот, разнотравной группы типов леса. Почвенный покров бора представлен серыми лесными почвами среднесуглинистого механического состава, сформированными при заметном участии пирогенного фактора (Семечкина и др., 1980).

В качестве показателей напряженности биологических процессов использованы целлюлозоразрушающая, аммонифицирующая, нитрофицирующая способности, фрак-