

## ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИШАЙНИКОВ ПРИ ФИТОИНДИКАЦИИ БИОТОПА В СТЕПНЫХ ЛЕСАХ

© 2009 Е.С. Корчиков, В.Н. Варакина

Самарский государственный университет, г. Самара

Поступила 30.03.2009

В статье рассматриваются принципы использования лишайников при фитоиндикации биотопа на примере расположенного в зоне степи Красносамарского лесного массива.

Ключевые слова: лишайники, фитоиндикация, степные леса

В настоящее время во многих регионах России и за рубежом проведено зонирование городов по качеству воздушной среды методом лишайноиндикации. Укажем лишь одну обобщающую работу [4], содержащую балльную оценку чувствительности 243 видов лишайников. Однако для фонового экологического мониторинга необходимо изучить влияние абиотических факторов на эти организмы вне действия антропогенных поллютантов на молекулярном, клеточном, организменном и популяционном уровнях организации.

Среди безлесных ландшафтов в Заволжье в подзоне разнотравно-типчаково-ковыльных степей обыкновенного чернозёма располагается единственный относительно крупный на всём крайнем юго-востоке европейской России [5] Красносамарский лесной массив площадью около 30 тыс. га. Он находится в правобережной части долины среднего течения одного из притоков Волги – р. Самары, в границах, координаты которых 50°47'35.9" с.ш., 52°59'45.6" в.д., 51°07'15.6" с.ш., 53°07'06.2" в.д., 51°12'54.0" с.ш., 53°01'18.5" в.д., 50°53'29.8" с.ш., 52°54'03.6" в.д. В соответствии с административно-территориальным делением Самарской области лесной массив находится на стыке Кинельского, Богатовского и Нефтегорского районов, в 40 км юго-восточнее г. Кинеля, у с. М. Малышевка.

На хорошо выраженных трёх террасах здесь формируются естественные (дубравы, березняки, осинники, ивняки, осокорники) и искусственные (сосняки) леса, а на прогалинах и полянах – кустарниковые, луговые, степные и рогозово-осоковые сообщества [8]. Климат здесь характеризуется континентальностью и засушливостью. Величина суммарной солнечной радиации на поверхности земли составляет 4350 МДж/м<sup>2</sup> в год, годовой радиационный баланс – 1750-1800 МДж/м<sup>2</sup>, среднегодовая температура воздуха в январе –13.8 °С, в июле – от

+20.8 до +21.0 °С, сумма биологически активных температур – 2550 °С, испаряемость влаги – 760 мм в год, реальное же испарение составляет 460 мм в год, среднегодовая сумма осадков – 560 мм, из них 330 мм приходится на тёплый период года, гидротермический коэффициент – 1.4, максимальная высота снежного покрова – 35 см, коэффициент континентальности климата – 2.6 [13].

Таким образом, Красносамарский лесной массив, с одной стороны, характеризуется достаточно экстремальными условиями для развития растений, а, с другой стороны, – удивительно большим разнообразием природных экосистем, которые типичны для природы степной зоны вообще. С мая 1974 года здесь функционирует биомониторинговый стационар Самарского государственного университета, исследующий лесные биогеоценозы [8], в составе которого и выполнялась данная работа.

Начиная с 2004 года, нами планомерно изучается флористический состав лишайников всех представленных на территории Красносамарского лесного массива растительных сообществ. Для выявления состава лишайников в изучаемых лесных сообществах закладывали пробные площади (50 x 50 м), на которых осуществляли обследование древостоя, травостоя и почвы с использованием методов, изложенных в работе Н.М. Матвеева [7]. Освещённость определяли с помощью люксметра «Ю 116» на высоте 130 см в 7 точках пробной площади и на открытой местности (не менее 20 x 20 м) при облачности менее 5 % в период с 11:30 до 12:30, а относительную влажность воздуха и температуру – на высоте 130 см в центре пробной площади термогигрометром «Testo 608-N1» (повторность трёхкратная). Для выявления видового состава и проективного покрытия травостоя на пробной площади закладывали по 50 учётных площадок (1 x 1 м), на которых фиксировали отдельные виды и образуемое ими проективное покрытие. В последующем рассчитывали среднее покрытие для каждого вида (среднее арифметическое значение из 50 учётных площадок).

Для оценки эпифитных лишайносинузий в пределах каждой пробной площади на 15 деревьях на высоте 20 и 130 см с четырёх сторон света закладывали по 120 учётных площадок (10 x 10 см) [9]. На учётной площадке фиксировали виды и обра-

---

*Корчиков Евгений Сергеевич*, аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета. E-mail: botany@ssu.samara.ru. *Варакина Вера Николаевна*, аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета. E-mail: botany@ssu.samara.ru.

зуемое ими проективное покрытие с помощью сетки Л.Г. Раменского с точностью до 0,25 %. По результатам обследования 120 учётных площадок рассчитывали среднеарифметическое проективное покрытие и встречаемость для каждого выявленного в фитоценозе вида лишайника. Для описания эпигейных лишайников на пробной площадке закладывали 30 учётных площадок (50 x 50 см) в пределах трансекты, с которых отбирали все особи лишайника *Cladonia fimbriata* (L.) Fr. для определения в лабораторных условиях их возрастного состояния.

В настоящее время существуют различные подходы к фитоиндикации биотопа на основе высших растений (шкалы Л.Г. Раменского, Д.Н. Цыганова, А.Л. Бельгарда с дополнениями М.А. Альбицкой, В.В. Тарасова и Н.М. Матвеева, Я.П. Дидука и П.Г. Плюты и др.) [6]. Высшие растения могут достаточно точно отражать световой, водный, солевой, тепловой режимы конкретного местообитания, однако наши знания будут неполными, если не охарактеризовать экологических условий внутри каждого биогеоценотического горизонта. Ведь не всегда высокая влажность почвы, например, определяет значительную влажность воздуха внутри биогеоценоза, которая зависит также от вида-эдикатора, сомкнутости, ажурности его крон, положения в рельефе и др. Непосредственное измерение экологических условий инструментальными методами трудоёмко и часто нецелесообразно ввиду значительных суточных, сезонных и разногодичных колебаний. Биоиндикаторы же отражают комплексное влияние биотопа с учётом многолетней динамики каждой его составляющей. Эпифитные лишайники представляются нам оптимальными индикаторами абиотических факторов внутри биогеоценотических горизонтов, выраженных в лесных сообществах [11], так как они встречаются практически по всей высоте вида-эдикатора на различных субстратах. Существует даже мнение (Rydzak, 1953, 1957-1959, 1970, 1971 по: [1]), что лишайники являются индикаторами всего комплекса микроклиматических факторов, но, в первую очередь, – сухости воздуха.

На основании проведённых исследований нами были сформулированы следующие принципы использования лишайников как индикаторов условий биотопа.

1. Наиболее полное выявление видового состава лишайников с учётом всех внутривидовых таксонов, характеризующихся известной экологической амплитудой.

2. Выяснение соотношения жизненных форм лишайников как результата приспособления к максимальному использованию ресурсов среды.

3. Изучение структуры ценопопуляций лишайников как показателя влияния того или иного фактора (на популяционном уровне).

На основе первого принципа нами рассчитаны

экологические амплитуды по некоторым абиотическим факторам для тех таксонов лишайников, которые встречаются на более, чем 50 учётных площадках в сообществе. Так, из 960 конкретных описаний ряд видов лишайников формируют наибольшее проективное покрытие при встречаемости более 50 % на определённой древесной породе, характеризующейся особым химическим составом. Известно, что на развитие эпифитных лишайников значительно влияет кислотность субстрата [14]. Наши измерения кислотности измельчённой коры позволили для степных лесов Заволжья обозначить примерный экологический максимум следующих лишайников: *Buellia schaeereri* De Not. (pH = 3,8), *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th. Fr. (5, 9), *Opegrapha rufescens* Pers. (4, 5), *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg (5, 9), *Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt (5, 4), *Scoliciosporum chlorococcum* (Stenh.) Vězda (3, 8), *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (5, 9).

Кроме того, для вышеназванных видов графически были определены экологические оптимумы по отношению к освещённости: *Buellia schaeereri* De Not. (50-2500 лк), *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th. Fr. (50-10000 лк), *Opegrapha rufescens* Pers. (50-3000 лк), *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg (50-19000 лк), *Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt (150-2000 лк), *Scoliciosporum chlorococcum* (Stenh.) Vězda (50-4000 лк), *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (50-7000 лк). Следовательно, проективное покрытие указанных видов может использоваться при индикации светового режима и кислотности коры в степных лесах Заволжья. Данные по другим лишайникам требуют дальнейших исследований.

Учёт всех разновидностей, форм и подвидов также важен для индикации. Так, по дез Аббею, у видов, производящих соредии или изидии, продукция последних уменьшается в сильно и постоянно влажных от капельно-жидкой воды местообитаниях вплоть до форм с отсутствием указанных структур и, наоборот, увеличивается в местообитаниях со слабой или перемежающейся влажностью [10]. Как заметил А.А. Еленкин [3], в условиях интенсивного солнечного освещения у некоторых пластичных видов лишайников верхняя поверхность таллома приобретает сильно складчатый характер. По нашим же наблюдениям, разновидности с налётом на верхней поверхности характерны для контрастных условий увлажнения с чередующимися моментами интенсивного смачивания дождевой влагой и довольно продолжительными засушливыми периодами с высокой солнечной инсоляцией. В первом случае налёт, видимо, непосредственно предотвращает талломы от действия падающих капель, препятствуя механическому вымыванию водорастворимых углеводов, а во втором, – налёт рассеивает прямой солнечный свет, защищая клетки фотобионта. Кроме того, в засушливые периоды налёт, представляющий собой у видов из рода

*Parmelia* кристаллы дигидрата или гидрата оксала-та кальция [16], скорее всего, принимает участие в стабилизации нативной структуры белков поверхности таллома, непосредственно взаимодействующей с агрессивными факторами внешней среды, причём, как структурных, так и белков-ферментов, поддерживая их гидратную оболочку. В пользу этого свидетельствуют и данные о наличии у лишайников внеклеточных ферментов [12].

Исходя из второго принципа, преобладание накипных и кустистых таксонов лишайников в лесных ценозах – показатель повышенного локального увлажнения. В первом случае, из-за меньшего контакта с внешней средой ограничивается возможность поглощения организмом водяных паров в ксерофитных условиях, во втором, – полученная влага активнее теряется при высыхании через огромную поверхность слоевища по отношению к объёму. Листоватые же лишайники наиболее приспособлены к контрастным условиям увлажнения, сохраняя некоторое время влагу в пространстве между субстратом и нижней поверхностью [10]. А представители чешуйчато-кустистого класса жизненных форм (по: [2]) – кладонии – имеют широкую экологическую амплитуду, так как могут образовывать как чешуйчатые, так и почти исключительно кустистые морфы (например, *Cladonia cariosa* (Ach.) Spreng.). Таким образом, жизненная форма в конкретном местообитании есть результат противоречия между стремлением организма к увеличению отношения поверхности к объёму с целью максимального использования водных ресурсов и стабилизирующим отбором внешней сре-

ды, так как увеличение поверхности ведёт к ослаблению способности удерживать влагу.

В рамках третьего принципа нами обнаружено, что контрастные условия влажности при высокой освещённости (на осине вне поймы) стимулируют вегетативное размножение соредиобразующих видов, приводя здесь к высоким значениям обилия таксонов при низких показателях линейных размеров, и ускоряют темпы их онтогенеза, что проявляется в образовании плодовых тел у ещё совсем малых по размерам для каждого вида (молодых) лишайников, причём во влажных условиях поймы данные виды размножаются исключительно соредиями. Ограничение роста лишайников на коре осины в указанных условиях можно объяснить тем, что с возрастом отношение площади поверхности к объёму несколько снижается за счёт незначительного увеличения ширины лопастей таллома, но этого оказывается достаточно для ограничения роста во влагодефицитных условиях. Подобные условия для эпифитов на осине сложились, вероятно, потому, что как мелколиственная порода её кора получает больше влаги, нежели стволы широколиственных дуба, липы, но период увлажнения довольно кратковременен благодаря стеканию дождевой влаги по гладкой коре стволов исключительно с малыми углами наклона. Напротив, кора липы, дуба долгое время остаётся влажной, а стволы берёз из-за сильной их искривлённости в результате борьбы её как светлюбивой породы за свет и получают много влаги, и долго её хранят.

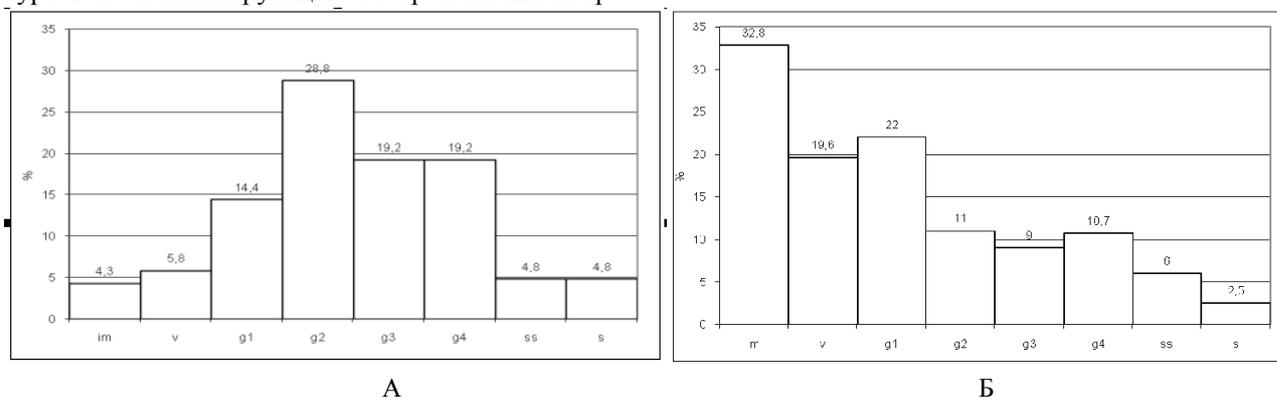


Рис. 1. Возрастные спектры ценопопуляций кладонии бахромчатой: А – в зрелом сосняке; Б – в молодом сосняке.

Изучение ценопопуляций *Cladonia fimbriata* (L.) Fr. в сосняках показало, что на одних участках заметно вселение данного вида в сообщество (доминируют имматурные и виргинильные особи), на других — устойчивое развитие (полночленные ценопопуляции), наконец, встречаются сообщества с депрессирующими ценопопуляциями данного почвенного лишайника в условиях антропогенной нагрузки (преобладают субсенильные и сенильные особи) (рис. 1). «Изменения в возрастных спектрах ценопопуляций – неизбежное явление», так как

«спектры ценопопуляций отражают разные моменты их развития» [15]. И хотя нам не удалось выявить конкретные факторы, влияющие на развитие обследованных ценопопуляций, остаётся несомненным то обстоятельство, что каждая из них реагирует на весь комплекс условий биотопа в том или ином сосняке. И в данном направлении необходимы специальные исследования.

Таким образом, изучение видового состава, спектра жизненных форм и ценопопуляций лишайников позволяет проводить мониторинг локального

увлажнения, светового режима и кислотности субстрата внутри биогеоценотических горизонтов в степных лесах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аблаева З.Х.* К вопросу о связи загрязнения атмосферы и распространения лишайников // Современные успехи микологии и лишайнологии в Советской Прибалтике. Тарту: АН Эстонской ССР, 1974. С. 195-197.
2. *Голубкова Н.С.* Анализ флоры лишайников Монголии. Л.: Наука, 1983. 248 с.
3. *Еленкин А.А.* Орто- и плагитропный рост с биомеханической точки зрения у лишайников и некоторых других низших споровых // Ботанический журнал: Тр. Императорского Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. СПб, 1907. Т. 35. Вып. 3. №2. С. 19-61.
4. *Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э.* Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. Т. 12. С. 113-175.
5. Леса России [Карта]. М. 1: 14 000 000. М.: Институт космических исследований РАН, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов, Всемирная лесная вахта, Гринпис России, 2004.
6. *Матвеев Н.М.* Оптимизация системы экоморф растений А.Л. Бельгарда в целях фитоиндикации экотопа и биотопа // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетровського університету, 2003. С. 105-113.
7. *Матвеев Н.М.* Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной зоны). Самара: Самарский университет, 2006. 311 с.
8. *Матвеев Н.М., Терентьев В.Г., Мозговой Д.П.* О биогеоценотических принципах исследования лесных сообществ в степном Заволжье // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. Куйбышев, 1976. Вып. 1. С. 3-16.
9. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.
10. Определитель лишайников СССР: Морфология, систематика и географическое распространение. Л.: Наука, 1974. Вып. 2. 284 с.
11. Основы лесной биогеоценологии / Под ред. В.Н. Сукачёва и Н.В. Дылиса. М.: Наука, 1964. 574 с.
12. *Рябкова К.А.* Лишайники Урала. Свердловск: СГПУ, 1981. 52 с.
13. *Сидоренко М.В., Орлова М.В., Сурова Н.А.* Экология ландшафтов Волжского бассейна в системе глобальных изменений климата (прогнозный Атлас-монография). Нижний Новгород, 1995. 163 с.
14. *Тарасова В.Н., Степанова В.Н., Горшков В.В.* Эпифитный лишайниковый покров и рН коры сосен в основных типах сосновых лесов средней Карелии // Проблемы ботаники на рубеже XX-XXI веков: Тез. докл., представленных II (X) съезду Русского ботанического общества. СПб.: СПГУТД, 1998. Т. 2. С. 80-81.
15. *Уранов А.А.* Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 7-33.
16. *Hale Mason Ellsworth.* A monograph of the lichen genus *Parmelia* Acharius sensu stricto (Ascomycotina: Parmeliaceae) // Smithsonian contributions to botany. Washington: Smithsonian institution press, 1987. N 66. 55 p.

### PRINCIPLES USING LICHENS IN PHYTOINDICATION BIOTOPE IN STEPPE FOREST

© 2009 E.S. Korchickov, V.N. Varaksina

Samara State University

In this article principles using lichens in phytoindication biotope in Krasnosamarsky Woodland as an example were given.

Key words: lichens, phytoindication, steppe forests.

---

*Korchickov Evgeniy Sergeevich*, graduate student of department of ecology, botanic and protection of environment Samara state university. E-mail: botany@ssu.samara.ru.  
*Varaksina Vera Nikolaevna*, graduate student of department of ecology, botanic and protection of environment Samara state university. E-mail: botany@ssu.samara.ru.