

Лишайники в окрестностях алюминиевых комбинатов Иркутской области

The lichens in aluminum plants vicinities of Irkutsk region

Харпухаева Т. М.

Kharpukhaeva T. M.

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия. E-mail: takhar@mail.ru
Institute of General and Experimental Biology SB RAS (IGEB SB RAS), Ulan-Ude, Russia*

Реферат. Целью нашей работы было оценить разнообразие лишайников в лесах, загрязняемых аэропромывбросами Братского (БрАЗу), Иркутского (ИрКАЗу) и Тайшетского (ТАЗ) алюминиевых заводов, а также на фоновых (незагрязненных) территориях, сходных с загрязненными по природным и лесорастительным условиям. Всего на пробных площадях было выявлено 102 вида широко распространенных лишайников. Это количество обусловлено тем, что древесный ярус разрежен и обеднен породный состав форофитов. На разнообразие лишайников влияет как тип растительности, так и антропогенный фактор. Видовое разнообразие в окрестностях заводов и на удалении от них одинаково, за исключением контрольных площадей с участками темнохвойных лесов. Установлено, что по мере приближения к алюминиевым заводам – к ИрКАЗу и особенно БрАЗу, снижается проективное покрытие, уменьшается обилие видов, изменяется их видовой состав. Выраженные морфологические изменения талломов лишайников наблюдались в импактной зоне БрАЗ. Относительно устойчивые к атмосферному загрязнению воздуха лишайники встречаются в окрестностях заводов в импактной и буферной зонах. На стволах и в кроне деревьев эпифитные лишайники часто отсутствуют, зато на основаниях стволов обилие лишайников резко возрастает.

Ключевые слова. Атмосферное загрязнение, эпифитные и напочвенные лишайники.

Summary. The aim of our work was to assess the diversity of lichens in the forests polluted by the air emissions from the Bratsk (BRAZ), Irkutsk (IRKAZ) and Taishet (TAZ) aluminum smelters, as well as in the background (non-polluted) territories, similar to those by natural and forest-growing conditions. 102 wide-distributed lichen species were found on plots. This amount is due to the fact that the wood tier is sparse and forophytes composition is depleted. The lichen diversity varies in different types of vegetation and according to the influence of anthropogenic factors. Species diversity in vicinities of smelters and in buffer zones are similar, excluding control zones with dark-conifers forests. It's established that as we move closer to the aluminum plants – to the IRKAZ and especially BRAZ, the projective cover, the total number of species decreases, and their species composition changes. Clear morphological changes of lichen thalloma were observed in the impact zone of the BRAZ. Relatively resistant to atmospheric pollution lichens are found in the impact and buffer zones in vicinities of plants. Lichens are absent in the crowns and trunks, but their abundance increases on bases of trees trunks.

Key words. Atmospheric pollution, epiphytic and epigeic lichens.

На территории Байкальского региона воздействие техногенных эмиссий в настоящее время является одним из приоритетных негативных факторов, оказывающих влияние на состояние лесных экосистем. В настоящее время в Иркутской области действует два мощных предприятия алюминиевой промышленности – Братский (БрАЗ) и Иркутский (ИрКАЗ) заводы. Ежегодно с выбросами БрАЗа в атмосферу поступает около 80 тыс. тонн загрязняющих веществ; объем эмиссий ИрКАЗа равен 25,2 тыс. тонн (Государственный доклад ..., 2019). В 2020 г. на территории региона введен в эксплуатацию еще один завод по производству алюминия – Тайшетский (ТАЗ). Обследованные территории входят в зону темнохвойных и лиственничных таёжных лесов, которые в настоящее время заменены долгопроизводными сукцессионными рядами сосновых и лиственнично-сосновых лесов (окрестности ТАЗ и БрАЗ), а также в зону подтаежных сосновых лесов (окрестности ИрКАЗа). Исходным типом леса были темнохвойные леса на траптовых грядках, на склонах южной экспозиции – светлохвойные (Пармузин, 1964).

В настоящее время леса этих районов в представлении в массе сосново-березовыми и сосново-осиновыми лесами (Атлас..., 2004). В связи с этим состоялась экспедиция, целью которой было проследить изменения физиологических параметров и флористического состава лесных сообществ по мере удаления от заводов.

Материал и методики. Район исследования расположен на Среднесибирском плоскогорье и включает в себя Ангаро-Ленское плато и Иркутскую равнину, расположенную в зоне Иркутско-Черемховского прогиба. Административно эти территории относятся к Тайшетскому, Братскому и Шелеховскому районам Иркутской области. В 2020 г. в период с 15 июля по 11 августа нами были обследованы светлохвойные леса на территориях, подвергающихся воздействию выбросов Тайшетского и Братского алюминиевых заводов. На разном удалении от заводов произведена закладка пробных площадей (ПП) с учетом особенностей рельефа и локальной циркуляции воздушных масс (рис.). Геоботанические описания проводились по стандартным методикам (Шенников, 1964; Ярошенко, 1961). В составе древесного яруса в зоне воздействия выбросов преобладают сосна и береза, лиственница встречается редко. В подлеске и подросте преобладает сосна, хорошо возобновляется лиственница, ель, кедр, рябина и сосна. Но подрост редко достигает высоты 1,5 м. Древостои, как правило, средневозрастные, многоярусные, средние по высоте. Кустарниковый и кустарничковый ярус развит плохо, маловидовой. Травянистый ярус представлен разнотравьем, отличается высокой плотностью и сплошным задернением. Часто доминирует орляк (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.), проективное покрытие которого может достигать до 90 %. Напочвенные мхи и лишайники в них развиты плохо из-за высокого задернения. В составе древесного яруса в зоне воздействия выбросов ИркаЗа преобладает сосна, в примеси часто встречается береза и осина. Древостои средневозрастные, многоярусные, средние по высоте. По мере приближения к ИркаЗу встречается обильный подрост мелколиственных видов – осины и березы высотой от 1 до 3,5 м, возобновление хвойных пород на удалении до 3 км от завода неудовлетворительное, по мере увеличения расстояния количество сеянцев сосны увеличивается.

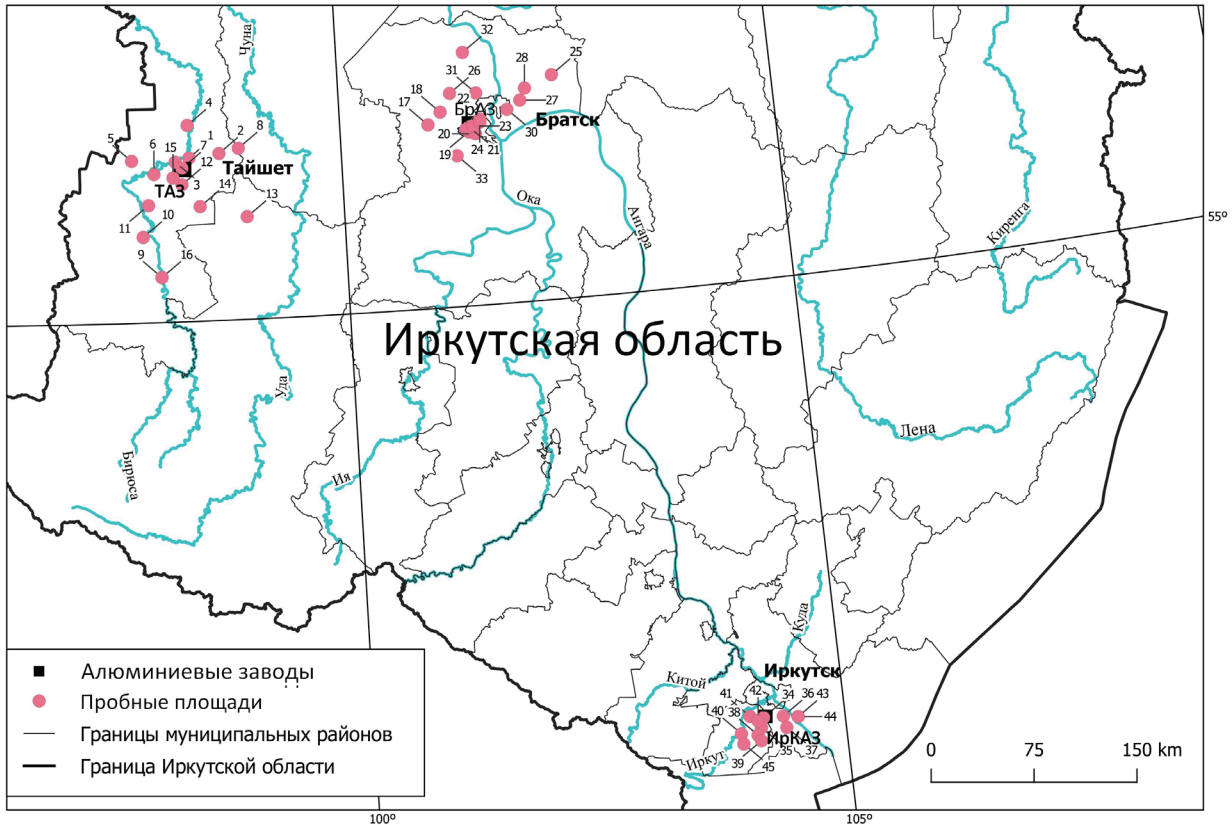


Рис. Карта пробных площадей.

В окрестностях Тайшета и Братска распространены разнотравные сосновые и березово-сосново-лиственничные леса. Растительные сообщества сильно нарушены, основными антропогенными факторами являются лесопользование: рубка леса, пожары, рекреация. В 2005 г. в окрестностях г. Тайшет проводилось комплексное исследование окружающей среды перед пуском нового алюминиевого производства, в том числе были обследован состав лишайников и мохообразных (Дударева, Воронюк, 2005).

Лишайники, встречающиеся на пробных площадях, в соответствии с поставленными задачами, вносились в описания и отбирались образцы для изучения видовой принадлежности. Лихеноиндикация не была в числе основных задач коллектива. При изучении морфологии и анатомии лишайников анатомического строения применялись стандартные методики (световая микроскопия и цветные реакции). Для определения цветных реакций использовались реактивы: парафенилендиамин (Pd), 10 % раствор КОН (К), раствор гипохлорита натрия (С) и другие.

Результаты. В 2020 г. было сделано 35 описаний в окрестностях алюминиевых заводов, изучены состояние древостоев и лесных сообществ в целом. На пробных площадях было выявлено 102 вида широко распространенных лишайников и 11 видов мохообразных. На пробных площадях преобладают листоватые (48 видов) и кустистые (36 видов) лишайники. В связи с нарушенностью лесов накипные редки (18 видов), тому есть две причины: во-первых, древесный ярус разрежен, преобладает молодняк; во-вторых, породный состав форофитов обеднен, чаще всего встречаются сосна и береза. На стволах и в кроне деревьев лишайники часто отсутствуют, зато на основаниях стволов обилие лишайников резко возрастает. Лишайники представлены видами *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Imshaugia aleurites* (Ach.) S. L. F. Meyer, *Flavopunctelia soledica* (Nyl.) Hale, *Parmelia sulcata* Tayl. и другими. На стволах берез встречаются *Melanohalea olivacea*, *Melanelixia subargentifera* (Nyl.) O. Blanco et al., *Hypogymnia austerodes* (Nyl.) Räsänen, *Evernia mesomorpha* Nyl. На ветвях берез и черемух найдены *Tuckermannopsis ciliaris* (Ach.) Gyeln., *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Ph. aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr. На соснах *Evernia mesomorpha* Nyl., *Bryoria furcellata* (Fr.) Brodo et D. Hawksw., *Lecanora symmicta* (Ach.) Ach., *Usnea lapponica* Vain., *Hypogymnia physodes*. В окрестностях с. Старый Акульшет (1 км от ТАЗ) и на среднеудаленной пробной площади (с. Облепиха) встречается вид *Cyphelium pinicola* Tibell.

На внеярусных элементах, таких как валежник, камни встречаются виды рода *Peltigera*, такие как *P. aphthosa* (L.) Willd., *P. canina* (L.) Willd. Большое количество видов напочвенных лишайников встречается в ксерофитных сосняках. Классические боры-беломошники отсутствуют, встречаются мертвопокровные и сухие разнотравные с разреженным (проективное покрытие 30–40 %) травяным покровом. Проективное покрытие возрастает до 30 %, распространение мозаичное, преобладают виды рода *Cladonia*, такие как *C. pyxidata* (L.) Hoffm., *C. fimbriata* (L.) Fr., *C. cornuta* (L.) Hoffm., *C. coniocraea* (Flörke) Spreng., *C. gracilis* (L.) Willd., *C. arbuscula* (Wahlbr.) Flot., *C. amaurocraea* (Wahlbr.) Schaer., *C. stellaris* (Opiz.) Pouzar et Vezda, *C. cenotea* (Ach.) Schaer. А также виды рода *Peltigera*: *P. rufescens* (Weiss) Humb., *P. didactyla* (With.) J.R. Laundon, *P. canina*. Эпилитные виды представлены слабо в связи с отсутствием скальных выходов. Лишайники отсутствуют в моновидовых лесных культурах, что в общем является признаком экологического неблагополучия. В лесопарках лишайников мало, сообщества деградируют. Одной из причин является уборка валежника и старых деревьев.

В темнохвойных лесах на контрольных площадях возрастает разнообразие эпифитных лишайников, которые считаются показателями чистоты воздуха, особенно виды родов *Usnea* и *Bryoria*. На ели и пихте встречаются *Usnea longissima* Ach., *Usnea barbata* (L.) Weber ex F.H. Wigg., *Usnea cavernosa* Tuck., *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw., *Usnea glabrescens* (Nyl. ex Vain.) Vain., *Ramalina roesleri* (Hochst. ex Schaer.) Hue, *Nephroma helveticum* Ach., *Biatora pallens* (Kullh.) Printzen, *Physcia adscendens* H. Olivier, и другие. На контрольных площадях в окрестностях с. Патриха и границе Тайшетского района на душекии обнаружены виды калициевых лишайников: *Phaeocalicium compressulum* (Nyl. ex Vain.) A. F. W. Schmidt, *Phaeocalicium populneum* (Brond. ex Duby) A. F. W. Schmidt. На основаниях стволов осины, ивы, ели встречается краснокнижный вид *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (Красная ..., 2008; Красная ..., 2020).

Видовое разнообразие в окрестностях заводов и на удалении от них одинаково, за исключением контрольных площадей. Однако контрольные площади относятся к другому типу растительности, к остаткам когда-то распространенных темнохвойных лесов. В целом, состав эпифитных лишайников беден, обилие низкое. К относительно устойчивым к атмосферному загрязнению воздуха относятся *Melanohalea olivacea* (L.) O. Blanco et al., *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Flavopunctelia soledica*. Эти виды часто встречаются на основаниях стволов до высоты 1 м в сосновых лесах в окрест-

ностях заводов. Из накипных к устойчивым к загрязнению относятся *Lecidella euphorea* (Flörke) Hertel, *Ochrolechia arborea* (Kreyer) Almb., *Lecanora symmetrica* по данным И. Ф. Скириной и др. (2010). Но в то же время они распространены и в экологически благополучных районах. К числу нитрофильных видов относятся виды *Flavorpunctelia soledica*, *Physcia vitii* Nadv. и *Oxneria fallax* (Hepp ex Arnold) S. Y. Kondr. et Kärnefelt. Эти виды часто встречаются в окрестностях поселений и скотоводческих ферм, в том числе около с. Старый Акульшет (1 км от ТАЗ).

Внешних признаков деградации лишайников от атмосферного загрязнения не выявлено, кроме одного исключения. Основной перенос от БрАЗ приходится на северное и северо-восточное направления – в сторону г. Братск и Братского водохранилища. Явные морфологические изменения талломов выявлены на пробной площади, расположенной в непосредственной близости от БрАЗ, в 0,5 км к северо-востоку от завода (ПП 19). Сообщество относилось к ивово-осиновому зеленомошному лесу с отдельно стоящими лиственницами. Здесь было выявлено 19 видов сосудистых растений, 2 вида мхов, 1 вид лишайника на почве и 3 эпиксильных лишайника. В первом и втором ярусах встречаются отдельно стоящие деревья сосны и лиственницы на большом удалении друг от друга. Во третьем ярусе преобладают загущенный молодняк и пнёвая поросль лиственных пород (березы, осины, ивы (*Salix bebbiana* Sarg.)), подрост хвойных (ель, лиственница) встречается единично в сильно угнетенном состоянии с химическими ожогами. Кустарники и кустарнички присутствуют в единичных экземплярах, угнетенные с малочисленными пораженными листьями. Мощный эпигейный моховой покров (проективное покрытие – 100 %) обусловлен подкислением почв компонентами техногенных выбросов, которые выжгли травянистый ярус, представлен видом *Bryum argenteum* Hedw. с вкраплениями *Polytrichum commune* Hedw. Изредка встречается первичные слоевища лишайника *Cladonia* sp. Поверх мхов разрастаются маты цианобактерий. Внеярусные элементы, такие как валежник, поросли теми же видами мха – 100 %. Среди них встречаются эпиксильные лишайники: *Cladonia* sp., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Imshaugia aleurites* (Ach.) S. L. F. Meyer, *Flavorpunctelia soledica* (Nyl.) Hale. Их талломы деформированные, без вегетативных органов размножения, имеют карликовые размеры.

Заключение. Наибольшему атмосферному влиянию подвергаются лишайники (и растительность) в зоне воздействия БрАЗ. Исследование имеет практическое значение не только для выявления текущей ситуации. Долговременный мониторинг поможет выявить скорость и/или степень деградации естественных сообществ. В настоящее время во вторичных лесах разнообразие эпифитных лишайников падает. Там, где в коренных сообществах велико разнообразие пород деревьев и их полотно формирует постоянный микроклимат, количество и разнообразие лишайников увеличивается, тогда как во вторичных лесных сообществах присутствует одна-две породы деревьев, сомкнутость крон низкая (0,1–0,3), диаспоры для расселения видов уничтожены при вырубках или при пожарах. Площадь лесов в регионе сокращается, леса фрагментируются, поэтому заселение нарушенных площадей лишайниками замедлено.

Благодарности. Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 20-44-380009р_а.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас. Иркутская область (экологические условия развития). – М.; Иркутск, 2004. – 90 с.
- Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Иркутской области в 2019 г». – Иркутск, ООО «Мегапринт», 2020. – 314 с.
- Дударева Н. В., Воронюк С. Э. Состав и развитие лишайников и мохообразных в лесах Тайшетского района // Комплексная экологическая оценка состояния лесов Тайшетского района перед запуском алюминиевого производства в г. Тайшет. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2005. – С. 141–145.
- Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. – М., 2008. – 855 с.
- Красная книга Иркутской области. 3 изд. – Улан-Удэ, 2020. – 550 с.
- Пармузин Ю. П. Средняя Сибирь. Очерк природы. – М.: Изд-во «Мысль», 1964. – 312 с.
- Скирина И. Ф., Коженкова С. И., Родникова И. М. Эпифитные лишайники Приморского края и использование их в экологическом мониторинге. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 150 с.
- Шенников А. П. Введение в геоботанику. – Л.: Издательство ЛГУ, 1964. – 447 с.
- Ярошенко П. Д. Геоботаника. – М.; Л., 1961. – 474 с.