

## Лихеноиндикационная оценка загрязнения приземного воздуха западной оконечности гор Пржевальского на примере ООПТ «Тигровая падь»

Фёдор Владимирович СКИРИН  
научный сотрудник  
Autumn.wayfarer@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2982-1729>  
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

**Аннотация.** В последние годы в связи со значительной интенсификацией процессов социально-экономического развития значительно возросла антропогенная нагрузка на лесные экосистемы, прилегающие к Владивостокско-Артемовской агломерации. В ближайшие годы ожидается резкий рост хозяйственного освоения этих территорий, однако уже сейчас степень антропогенной трансформации на многих малонарушенных участках достаточно высока. Так, в 2024 г. автором был отмечен ранее не наблюдавшийся высокий уровень угнетения эпифитных лишайников на территории ООПТ «Тигровая падь», расположенной в 3 км к северо-востоку от пос. Вольно-Надеждинское Приморского края. В связи с этим автором проведены лихеноиндикационные исследования, позволившие определить степень загрязнения приземного воздуха на данном участке. На основании полученных данных рассчитан индекс полеотолерантности. Классы полеотолерантности были дополнительно определены для 27 видов эпифитных лишайников и скорректированы для 6 видов. Для повышения точности исследования использовались сведения о жизненном состоянии и общем видовом богатстве эпифитных лишайников на пробных площадях. Для сравнения с менее нарушенными природными территориями были заложены пробные площади на условно фоновом участке в верхнем течении р. Перевозная и использованы литературные данные. Для исследованной территории построены карты, на которых указаны зоны загрязнения приземного воздуха. Исследования показали, что уровень аэрального загрязнения не только на территории ООПТ «Тигровая падь», но и на юго-западной оконечности гор Пржевальского значительно повышен и сравним с таковым для окраинных районов г. Владивосток.

**Ключевые слова:** лихеноиндикация, эпифитные лишайники, классы полеотолерантности, загрязнение приземного воздуха

**Для цитирования:** Скирин Ф.В. Лихеноиндикационная оценка загрязнения приземного воздуха западной оконечности гор Пржевальского на примере ООПТ «Тигровая падь» // Тихоокеанская география. 2026. № 1. С. 83–93. [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2026\\_25\\_6](https://doi.org/10.35735/26870509_2026_25_6).

# Lichen-indication assessment of ground-level air pollution at the western edge of the Przhivalsky Mountains on the example of the Tigrovaya Pad protected area

Fedor V. SKIRIN

Research associate

Autumn.wayfarer@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2982-1729>

Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

**Abstract.** In recent years, due to the significant intensification of socioeconomic development, the anthropogenic load on forest ecosystems adjacent to the Vladivostok-Artemovsk agglomeration has increased significantly. A sharp increase in economic development of these territories is expected in the coming years; however, the degree of anthropogenic transformation in many intact areas is already quite high. For example, in 2024, the author noted a previously unobserved high level of suppression of epiphytic lichens in the Tigrovaya Pad Protected Area, located 3 km northeast of Volno-Nadezhdinskoye Settlement in Primorsky Krai. Therefore, the author conducted lichen-indication studies to determine the degree of ground-level air pollution in this area. Based on the data obtained, a poleotolerance index was calculated. Poleotolerance classes were additionally determined for 27 epiphytic lichen species and adjusted for 6 species. To improve the accuracy of the study, data on the vital status and overall species richness of epiphytic lichens in sample plots were used. For comparison with less disturbed natural areas, sample plots were established in a conventionally reference area in the upper reaches of the Perevoznaya River, using literature data. Maps were compiled for the study area, indicating zones of ground-level air pollution. Information on the vital state and general species richness of epiphytic lichen flora allowed us to adjust the obtained result. The distribution of air pollution zones has become less mosaic. As a result, the zone of greatest air pollution includes the southwestern and central parts of the protected area, as well as a section in the northeast. The pollution level in the conventional background area is similar to that in the studied area. The results of the study has shown that the level of atmospheric impact in the territory of the “Tigrovaya Pad” protected area and in the southwestern part of the Przhivalsky Mountains is already unusually high and comparable to that in the outskirts of Vladivostok.

**Keywords:** lichen indication, epiphytic lichens, classes of polyotolerance, ground-level air pollution

**For citation:** Skirin F.V. Lichen-indication assessment of ground-level air pollution at the western edge of the Przhivalsky Mountains on the example of the Tigrovaya Pad protected area. Pacific Geography. 2026;(1):83-93. (In Russ.). [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2026\\_25\\_6](https://doi.org/10.35735/26870509_2026_25_6).

## Введение

ООПТ «Тигровая падь» была создана решением № 452 исполнительного комитета Приморского краевого Совета народных депутатов от 29 декабря 1989 г. и предназначена для сохранения в естественном состоянии и восстановления природного комплекса (ландшафта) [1]. Ее общая площадь составляет 500 га. С момента создания ООПТ степень хозяйственного освоения прилегающих территорий значительно возросла. Этот процесс активизировался с созданием ТОР «Надеждинская» (к настоящему моменту ТОР «Приморье») в 2016 г. и с началом строительства в границах ТОР новых жилых кварталов в 2023 г. (DNS-сити). Мониторинговые исследования на территории ООПТ не проводились с момента ее создания. Более того, они не проводились и для юго-западной оконечности гор Пржевальского. Это обширный участок, находящийся в «петле» между Владивостокско-Артемовской агломерацией на юге, Уссурийским городским округом на севере,

пос. Раздольное и землями, отведенными для города-спутника на западе, и границей Уссурийского государственного природного заповедника имени В.Л. Комарова на востоке. Антропогенное же воздействие на природные экосистемы данной территории, а также на западные участки заповедника возрастет уже в ближайшие годы, в частности из-за строительства 4-полосной автотрассы от пос. Соловей Ключ до пос. Алексеевка, проходящей через лесные массивы [2].

Настоящее исследование направлено на получение данных о современном уровне загрязнения воздуха на ООПТ «Тигровая падь» с использованием метода лишеноиндикации. Некоторые методы были актуализированы в ходе настоящего исследования. Данная работа является начальным этапом экологического мониторинга состояния природных экосистем юго-западной оконечности гор Пржевальского.

### Объекты исследования

Территория ООПТ «Тигровая падь» расположена в 3 км к северо-востоку от пос. Вольно-Надеждинское в пади Тигровая и по южным склонам гор, отделяющим ее от долины р. Большая Кипарисовка. Рельеф низкогорный, с преобладающими высотами 200–250 м над ур. м. Максимальные высоты: гора Надеждинская (291 м) и 2 безымянные вершины с высотами 300 и 301 м. Склоны гор изрезаны долинами многочисленных ручьев. Лес в долине реки долинный хвойно-широколиственный, по склонам сопки и гребню водораздела дубовый с елью корейской и сосной корейской. В долине р. Тигровая Падь проложена грунтовая дорога (рис. 1).

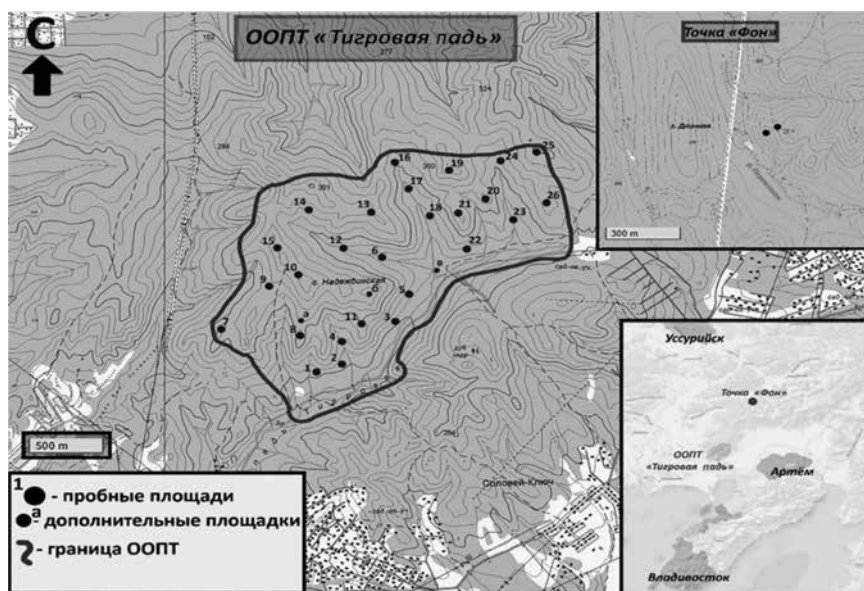


Рис. 1. Карта-схема исследуемой территории

Fig. 1. Map of the study area

Для изучаемой территории основным источником поступления поллютантов является региональный атмосферный перенос с расположенных поблизости урбанизированных территорий и автотрасс, кроме того – продуктов горения от происходящих поблизости низовых пожаров. На самой территории ООПТ следов влияния пирогенного фактора было отмечено крайне мало и всем им более трех лет [3].

## Материалы и методы

Закладка пробных площадок проводилась в 2024–2025 гг. на высотах от 200 до 300 м над ур. м. на гребнях водоразделов, склонах сопок и по долинам ручьев. Пробные площади были равномерно распределены по исследованной территории.

При их размещении учитывалось влияние на лишеносинузии природных и антропогенных факторов (освещенность, влажность, тип леса, экспозиция, близость к антропогенным объектам, влияние пирогенного фактора). Кроме того, в условиях, сходных с таковыми для площадок на территории ООПТ, была заложена пробная площадь на условно фоновой территории в верхнем течении р. Перевозная, располагающейся в 9 км к востоку от пос. Алексеевка Надеждинского района.

На площадке размером 20\*20 м проводился отбор от 3 до 5 деревьев с диаметром ствола более 15 см, главным образом таких пород как дуб монгольский, липы и ясени, поскольку они являются эдификаторами и имеют наиболее богатый видовой состав лишайников. На выбранных деревьях закладывались пробные лишенологические площадки 20\*20 см (одна площадка со стороны с наибольшим покрытием лишайников, вторая – с противоположной). На площадке учитывался видовой состав лишайников, их проективное покрытие и жизненное состояние. Жизненное состояние (ж.с.) лишайников оценивалось по 5-балльной шкале: 1 балл (б.) – полностью погибший таллом; 2 балла – более 50 % таллома погибло; 3 балла – менее 50 % таллома погибло; 4 балла – таллом без заметных некротированных участков, но деформирован; 5 баллов – здоровый таллом. По силе антропогенное воздействие разделено на слабое долговременное (жизненность лишайников 4б.) и кратковременное (3б. – умеренное кратковременное влияние, 1–2б. – сильное кратковременное влияние) [4]. За кратковременное воздействие принимается промежуток от нескольких часов до месяца, за долговременное – более месяца. Также для выявления видового состава лишайников на территории ООПТ отбирались образцы с модельного дерева вне пробных площадок, на соседних деревьях (если попадались виды, не учтенные на выбранном форофите) и по ходу маршрута. Определение видовой принадлежности лишайников проводилось на базе ЦЛЭИ ТИГ ДВО РАН по стандартной методике [4]. На основании полученных данных для территории ООПТ был рассчитан индекс полеотолерантности Трасса ( $I.P.$ ) [5]:

$$I.P. = \sum_{i=1}^n \frac{a_i \cdot C_i}{C_{in}},$$

где  $n$  — количество видов на площадке описания;  $a_i$  – класс полеотолерантности видов;  $C_i$  – покрытие вида;  $C_{in}$  – суммарное покрытие видов. Значения индекса изменяются от 1 (наименее нарушенные экосистемы) до 10 (наиболее нарушенные).

Классы полеотолерантности приведены по литературным источникам [5, 6] с современными уточнениями, сделанными в ходе настоящего исследования. Рассчитанный индекс  $I.P.$  был дополнен данными о жизненном состоянии эпифитных лишайников. На основании результатов лишеноиндикации была построена карта загрязнения приземного воздуха. Для наиболее распространенных на территории видов был рассчитан коэффициент встречаемости ( $R$ , %), т.е. выявлена доля учетных площадок, на которых отмечен данный вид.

Также в работе использованы неопубликованные данные автора о составе и степени угнетения лишайниковых сообществ на территории Приморского края и г. Владивосток. Все они отбирались с использованием единой методики и являются сравнимыми.

## Результаты и их обсуждение

На территории ООПТ «Тигровая падь» было заложено 26 пробных площадей. Отобрано около 370 образцов эпифитных лишайников, которые отнесены к 73 видам. Максимальное число видов, отмеченных на одной пробной площади, – 21, минимальное – 4 (в среднем 10 видов). По данным автора (в том числе неопубликованным), этот показатель значительно снижен не только по сравнению с условно фоновыми территориями, но и с участками, в значительной степени антропогенно-нарушенными (табл. 1).

Таблица 1

Число видов эпифитных лишайников на пробной площади  
Table 1. The number of epiphytic lichen species in the sample area

Пробная площадь	Число видов эпифитных лишайников
Б. Чухуненко, Лазовский МО	57
Б. Чумакова, п-ов Муравьев-Амурский	45
Р-н пос. Сиреневка, Надеждинский МО	30
<b>Р. Перевозная, Надеждинский МО (“фон”)</b>	<b>22</b>
<b>ООПТ Тигровая падь, Надеждинский МО</b>	<b>21</b>
ж/д станция Садгород, п-ов Муравьев-Амурский	20

Лишайники, отмеченные на исследуемой территории, разделены на группы по устойчивости к антропогенному воздействию. Устойчивость определялась с помощью выявления класса полеотолерантности ( $a_i$ ) для каждого вида. По данному показателю эпифитные лишайники разделяются на 10 классов, где 1 – класс наиболее чувствительных к загрязнению видов, 10 – наиболее устойчивых. Для Приморского края классы были рассчитаны для 100 видов, образцы которых были собраны в период с 1984 по 2004 г. [5, 7]. В ходе настоящей работы на основании данных, полученных в период с 2010 по 2025 г., для части видов классы были скорректированы (6 видов), а для некоторых видов были рассчитаны впервые для Дальнего Востока РФ (27 видов) (табл. 2).

Таблица 2

Классы полеотолерантности ( $a_i$ ) для эпифитных лишайников на исследованной территории  
Table 2. Polyotolerance classes ( $a_i$ ) for epiphytic lichens in the studied area

Вид лишайников	$a_i$	Вид лишайников	$a_i$
<i>Acrocordia gemmata</i>	3	<i>Lepraria elobata</i>	7
<i>Anzia calpota</i> Vain.	3	<i>Lepraria finkii</i>	5
<i>Anzia stenophylla</i>	3	<i>Lepraria jackii</i>	7
<i>Bacidia biatorina</i>	3	<i>Lepraria</i> sp.	8
<i>Bacidia circumspeta</i>	2	<i>Leptogium burnetiae</i>	3
<i>Bacidia friesiana</i>	5	<i>Leptogium cyanescens</i>	5
<i>Bacidia propinqua</i>	4	<i>Leptogium tremelloides</i>	3
<i>Bacidia rosella</i>	2	<i>Lobaria quercizans</i>	2
<i>Bacidina</i> sp.	2	<i>Mychtomia gordejevii</i>	7
<i>Biatora chrysantha</i> (Zahlbr.)	7	<i>Myelochroa aurulenta</i>	7
<i>Biatora fallax</i>	4	<i>Myelochroa enthotheiochroa</i>	5
<i>Biatora subduplex</i>	6	<i>Myelochroa galbina</i>	3
<i>Biatora vernalis</i> (L.)	6	<i>Myelochroa leucotyliza</i>	6
<i>Candelaria concolor</i>	7	<i>Myelochroa subaurulenta</i> (Nyl.) Elix & Hale	7
<i>Carbonicola anthracophylla</i>	8	<i>Naetrocymbe punctiformis</i>	5
<i>Cetrelia</i> sp.	5	<i>Ochrolechia parella</i>	3
<i>Cf. Loxospora elatina</i>	2	<i>Ochrolechia yasudae</i>	2
<i>Cf. Schismatomma pericleum</i>	7	<i>Oxneriopsis oxneri</i>	5
<i>Chrysothrix candelaris</i>	8	<i>Parmelia fertilis</i>	5
<i>Chrysothrix chlorina</i>	4	<i>Parmotrema austrosinense</i>	3

Вид лишайников	$a_i$	Вид лишайников	$a_i$
<i>Coenogonium luteum</i>	5	<i>Parvoplaca suspiciosa</i>	7
<i>Collema subflaccidum</i>	3	<i>Pertusaria leioplaca</i>	2
<i>Cresponea chloroconia</i>	3	<i>Pertusaria pertusa</i>	2
<i>Flavoparmelia caperata</i>	5	<i>Phaeophyscia hirtuosa</i>	8
<i>Glaucomaria leptyroides</i>	4	<i>Phaeophyscia hispidula</i> (Ach.)	6
<i>Graphis elegans</i>	3	<i>Phaeophyscia squarrosa</i>	3
<i>Graphis rikuzensis</i>	3	<i>Physciella denigrata</i>	3
<i>Graphis scripta</i>	3	<i>Physciella melanchra</i>	9
<i>Heterodermia hypoleuca</i>	4	<i>Physconia grummosa</i>	6
<i>Heterodermia microphylla</i> (Kurok.)	2	<i>Punctelia ruderata</i>	5
<i>Heterodermia obscurata</i>	4	<i>Punctelia subrudecta</i>	4
<i>Kurokawia isidiata</i>	4	<i>Pyrenula fetivica</i>	2
<i>Kurokawia palmulata</i>	4	<i>Pyrenula mamillana</i>	2
<i>Lecanora allophana</i> (Ach.) Röhl.	8	<i>Pyrenula septicoloris</i>	2
<i>Lecanora chlarotera</i>	6	<i>Pyxine sibirica</i>	5
<i>Lecanora pachycheila</i> (Zahlbr.)	5	<i>Pyxine soorediata</i>	5
<i>Lecanora pulcaris</i>	6	<i>Rinodina ascociscana</i>	4
<i>Lecanora scrupulosa</i>	2	<i>Rinodina dolichospora</i>	9
<i>Lecanora septentrionalis</i>	6	<i>Rinodina</i> sp.	5
<i>Lecanora subrugosa</i>	4	<i>Rinodina subalbida</i>	4
<i>Lecanora symmicta</i>	8	<i>Rinodina subminuta</i>	9
<i>Lecidella euphorea</i>	7	<i>Segestria carpinea</i>	3
<i>Lepra ophthalmiza</i>	2	<i>Swinscowia stigmatella</i>	2
<i>Lepraria alpina</i>	5	<i>Tephromella atra</i>	5

На основании данных классов все выявленные виды эпифитных лишайников были разделены на группы по устойчивости к антропогенному воздействию: устойчивые ( $A_i$  7–10), среднеустойчивые ( $A_i$  – 4–6) и чувствительные ( $A_i$  – 1–3).

Заметную долю в лишайнофлоре изучаемой территории составляют виды с высокой устойчивостью и выдерживающие достаточно серьезное загрязнение приземного воздуха (18 видов, или 24.7 % от общего числа эпифитов). Часть этих видов также является наиболее распространенной на рассматриваемой территории. Так, для *Biatora chrysantha* коэффициент встречаемости (R) составляет 69.2 %, для *Lecanora allophana* – 57.7 %. Эти виды вместе с *Biatora vernalis*, *Lecidella euphorea*, *Michtomia gordejevii*, *Myelochroa aurulenta*, *M. subaurulenta* и некоторыми другими составляют основу лишайнофлоры городов Приморского края, в частности г. Владивосток. Одним из наиболее устойчивых к загрязнению эпифитных лишайников Приморского края является *Physciella melanchra* [5]. Видов со средней устойчивостью к атмосферному загрязнению выявлено 32, или 43.8 %. Это виды, играющие значительную роль в составе природных малонарушенных сообществ, но выдерживающие уровень антропогенного воздействия, характерный для значительно трансформированных ландшафтов (городские пригороды, окраины сельскохозяйственных угодий). Часть этих видов также имеет высокую встречаемость в ООПТ (например, *Lecanora pachycheila* – 53.8 %), а *Phaeophyscia hispidula* является самым распространенным видом на исследованной территории (R–70.1 %). Эпифитные лишайники, чувствительные к антропогенному воздействию, насчитывают 23 вида (31.5 %). Они произрастают прежде всего в природных сообществах, подверженных слабому антропогенному воздействию (горные леса Сихотэ-Алиня и т.д.). Несмотря на сравнительно большое число видов в данной группе, стоит учитывать, что эти лишайники представлены единичными образцами, сохранившимися только на отдельных деревьях с подходящими микроусловиями. Для лишайников микроусловия, в пределах микрофации (отдельная группа валунов на склоне, отдельное дерево и т.д.) часто важнее макроусловий [4]. Это позволяет отдельным образцам чувствительных видов сохраняться даже на значительно трансформированной

территории. Наиболее распространенными видами этой группы в ООПТ являются *Lepra ophthalmiza* и *Graphis rikuzensis*, имеющие частоту встречаемости 30.8 %.

Таким образом, основу лишенофлоры исследованной территории составляет группа видов с высокой и средней устойчивостью к загрязнению приземного воздуха, из них 5 видов с Ai 7–10 (*Lecanora allophana*, *Biatora chrysantha*, *Myelochroa aurulenta*, *M. subaurulenta*, *Physciella melanchra*) и 4 вида с Ai 4–6 (*Biatora vernalis*, *Lecanora pachycheila*, *Phaeopphyscia hispidula*, *P. squarrosa*). Остальные обнаруженные виды эпифитных лишайников являются сопутствующими и характеризуются низкой встречаемостью ( $R < 30\%$ ).

На условно фоновой пробной площади видовой состав и видовое богатство эпифитных лишайников мало отличаются от таковых на территории ООПТ. Здесь отмечено 22 вида эпифитов, среди которых преобладают лишайники со средней и низкой устойчивостью к загрязнению приземного воздуха. Практически все лишайники встречены в 1–2 экземплярах. Среди видов, отмеченных больше одного раза, два являются устойчивыми к загрязнению (Ai 7), один среднеустойчивый (Ai 5) и четыре чувствительных (Ai 2–3).

Также стоит учесть жизненное состояние обнаруженных лишайников (табл. 3).

Таблица 3

Доля лишайников с различным жизненным состоянием на исследуемой территории

Table. 3. The proportion of lichens with different life states in the studied area

Жизненное состояние лишайников (баллы)	Доля в ООПТ (%)	Доля на условно фоновой точке (%)
5б	35.5	75
4б	40.4	12.5
3б	14	12.5
2б	7	0
1б	3	0

Преобладание видов с жизненным состоянием 4б говорит о слабом долговременном антропогенном влиянии на исследуемые лишайниковые сообщества. Значительный процент эпифитов с жизненным состоянием 3б и 2–1б может говорить о повышении антропогенной нагрузки в последние несколько лет. При этом низкой жизненностью отличаются не только виды, чувствительные к загрязнению воздуха, такие как *Parmotrema austrosinense*, *Punctelia ruderata*, *Ochrolechia parella* и т.д., но и виды средне- и высокоустойчивые к антропогенному влиянию, такие как *Myelochroa aurulenta* и *Lecanora allophana*. Более того, отмечаются образцы *Physciella melanchra*, одного из наиболее устойчивых видов на Дальнем Востоке РФ, с жизненным состоянием 2б, хотя и единично.

На условно фоновой пробной площади преобладают лишайники с жизненным состоянием 5б (75 %). Также отмечены лишайники с жизненностью 4 и 3б – по 12.5 %. Снижение жизненности характерно как для видов с низкой (*Bacidia biatorina*), так и с высокой устойчивостью к загрязнению (*Tephromella atra*). В целом для данной пробной площади характерно крайне малое число лишайников на всех субстратах. На большей части древесных стволов их не выявлено совсем, на многих отмечаются пятна от уже погибших талломов.

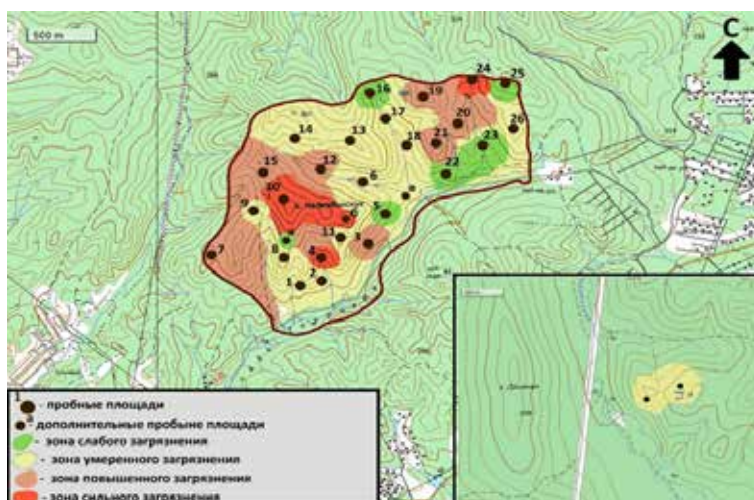
В результате проведенных расчетов для территории ООПТ «Тигровая падь» выделено 4 зоны с различной степенью загрязнения приземного воздуха (табл. 4, рис. 2).

Таблица 4

Зоны по степени загрязнения приземного воздуха

Table. 4. Zones by degree of ground-level air pollution

Зоны по степени загрязнения воздуха	Значения I.P.
1 – слабого загрязнения	1.9–3.0
2 – умеренного загрязнения	3.1–4.0
3 – повышенного загрязнения	4.1–5.0
4 – сильного загрязнения	>5.0



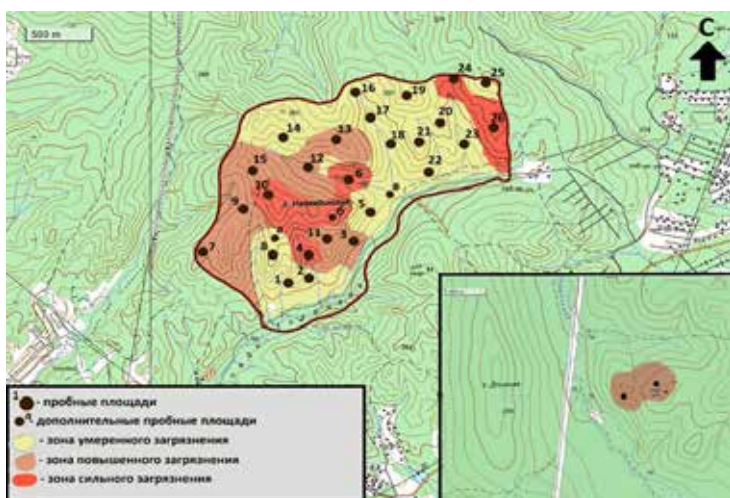
**Рис. 2.** Зоны загрязненности приземного воздуха, выделенные на основании индекса I.P.

**Fig. 2.** Ground-level air pollution zones identified based on the I.P. index only

Индекс полеотолерантности, кроме индивидуальной устойчивости отдельных видов лишайников к загрязнению приземного воздуха, учитывает общее проективное покрытие лишайников на лишеноиндикационной площадке и индивидуальное покрытие каждого отдельного вида. Однако при его расчете общее обилие лишайников и доля устойчивых и чувствительных видов на всей пробной площадке, а также жизненное состояние не учитываются. Учет данных параметров позволяет несколько скорректировать получаемый результат. Для снижения степени субъективности примем, что каждый из вышеупомянутых параметров может добавить либо отнять 0.5 от значения I.P. Например, для пробной площадки 20 значение I.P. составило 4.1, что относило ее к третьей зоне загрязнения. Учитываем, что данная пробная площадка имеет наибольшее видовое богатство из всех исследованных (I.P.–0.5) и на ней при этом преобладают лишайники с низкой и средней устойчивостью к антропогенному воздействию (I.P.–0.5). Преобладающее жизненное состояние – 5б (54.6 % образцов), но высока доля лишайников с ж.с. 4б и 3б. Такая ситуация с ж.с. в среднем характерна для всех пробных площадей (I.P.+0). Таким образом, итоговое значение I.P. составит 3.1, что позволит перевести участок во вторую зону загрязнения (рис. 3).

В результате данной корректировки все участки, относившиеся к первой зоне загрязнения, были переведены во вторую. Вместе с тем во вторую зону были перенесены три площадки из третьей. В составе площадок, отнесенных к четвертой зоне загрязнения, произошло значительно меньше изменений, только одна была перенесена в эту категорию (№ 26, ранее относившаяся ко второй зоне). В целом при таком варианте лишеноиндикационного картирования зоны загрязнения стали располагаться более равномерно, хотя в их распределении и сохраняется некоторая мозаичность, что часто характерно для природных территорий с расчлененным рельефом [8].

Проведенное картирование показывает, что большая часть исследуемой территории относится ко второй зоне загрязнения. Наиболее подвержены антропогенному воздействию участки, расположенные в юго-западной части ООПТ (3-я и 4-я зоны). Главным образом это вершина горы Надеждинская и ее южные отроги, обращенные в сторону поселков Вольно-Надеждинское и Ключевой. Эта вершина перехватывает значительную часть приземных воздушных масс, переносимых в падь Тигровая южными ветрами, господствующими на юге Приморья в летний период [9, 10]. Также к 4-й зоне загрязнения относятся два участка на крайней северо-восточной оконечности исследуемой территории.



**Рис. 3.** Зоны загрязненности приземного воздуха с учетом дополнительных параметров

**Fig. 3.** Zones of ground-level air pollution taking into account additional parameters

Площадка, выбранная в качестве «фоновой» в начале исследования, также оказалась в зоне значительного загрязнения атмосферного воздуха (3-я зона), несмотря на то что она расположена в верхнем течении р. Перевозная, на удалении от автодорог, поселков и других непосредственных источников антропогенного воздействия.

### Заклучение и выводы

Исследования показали, что степень загрязнения приземного воздуха на рассматриваемой территории оказалась значительно выше предполагаемой и сравнима с таковой не только для пригородов г. Владивосток, но и для городской территории. Так, на площадках, заложенных на севере п-ова Муравьев-Амурский, на горе Природный Пуп коэффициент I.P. составил 3.3; для площадок, расположенных вокруг городского полигона ТБО в пригороде г. Владивосток, значения I.P. изменяются от 3.2 до 5.3 (2–4-я зоны загрязнения). Непосредственно на городской территории (улицы Кирова, Русская, Гамарника) эти значения составляли 4.7–5.3 (3, 4-я зоны) [11]. Степень нарушенности лишайниковых сообществ на площадках, считавшихся условно фоновыми, также очень высока и соответствует 3-й зоне загрязнения. Из этого можно заключить, что такая высокая степень загрязнения приземного воздуха может быть характерна для всей юго-западной части гор Пржевальского, вплоть до западных границ Уссурийского заповедника. В связи с этим целесообразным будет проведение дополнительных исследований для выяснения степени нарушенности этих территорий, выявления основных источников антропогенного воздействия и мониторинга состояния лесных экосистем.

**Благодарности.** Работа выполнена по теме государственного задания «Инерционность и динамика равноранговых территориальных аква-территориальных и трансграничных структур природопользования Тихоокеанской России, выявление детерминант и векторов их развития, стадий и вариантов трансформации в рамках моделей устойчивого природопользования в Северо-Восточной Азии». (FWMW-2025-0002).

**Acknowledgments.** The work was carried out on the topic of the state assignment “Inertia and dynamics of multi-rank territorial aqua-territorial and transboundary structures of natural resources management in Pacific Russia; identification of determinants and vectors of its development, stages and options for transformation within the framework of natural resources management models in Northeast Asia”. (FWMW-2025-0002).

## Литература

1. Решение Приморского краевого совета народных депутатов от 29.12.1989 № 452 «Об отнесении уникальных и типичных природных объектов к государственным памятникам природы Приморского края». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20190521182356/http://oopt.aari.ru/doc/Решение-исполнительного-комитета-Приморского-краевого-Совета-народных-депутатов-от-29121989-№452> (Дата обращения: 09.06.2025).
2. На Соловей-Ключе начинают вырубку леса под новую дорогу, для которой еще нет проекта. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.newsvl.ru/society/2025/06/03/232022/> (Дата обращения: 06.06.2025).
3. Сухомлинова В. В. Методы оценки пирогенного воздействия на фитоценозы и ландшафты. Все о Российских лесах – 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://forest.ru/articles/metody-otsenki-pirogenogo-vozdeystviya-na-fitotsenozy-i-landshafty/> (Дата обращения: 06.06.2025).
4. Флора лишайников России. Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М.: СПб.: Т-во науч. изданий КМК, 2014. 392 с.
5. Скирина И.Ф., Коженкова С.И., Родникова И.М. Эпифитные лишайники Приморского края и использование их в экологическом мониторинге. Владивосток: Дальнаука, 2010. 150 с.
6. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометиздат, 1985. Т. 7. С. 122–137.
7. Родникова И.М., Скирина И.Ф., Христофорова Н.К. Оценка воздушной среды в Лазовском заповеднике (Приморский край) методами лишайноиндикации // Ботанический журнал. 1998. Т. 83, № 5. С. 48–56.
8. Пярн А., Трасс Х., Цобель К. Лишайноиндикация степени загрязненности приземного воздуха в Прибайкалье // Биогеохимические аспекты криптоиндикации: Тезисы докладов Симпозиума по биоиндикации Всесоюзной конференции «Биогеохимический круговорот веществ», г. Пушино Московской обл., 7–9 декабря 1982 г. Таллин: Таллинский ботанический сад, 1982. С. 37–38.
9. Урусов В.М. Экологю о природном комплексе района Владивостока (учебное пособие). Владивосток: ВГУЭС, 2002. 86 с.
10. Мезенцева Л.И., Федулов А.С. Климатические тенденции атмосферной циркуляции на Дальнем Востоке // Известия КГТУ. 2017. № 46. С. 175–184.
11. Скирин Ф.В. Скирина И.Ф. Оценка динамики эпифитной лишайнофлоры в г. Владивосток в период с 1971 по 2020 годы с использованием метода лишайноиндикации (предварительные данные) // Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные, природно-ресурсные, социальные и хозяйственные структуры территорий. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2022. С. 136–140. DOI: 10.35735/9785604701171\_136.

## References

1. Primorsky Krai Council of Public Deputies. Decision of December 29 1989 № 452 “On the classification of unique and typical natural objects as state natural monuments of Primorsky Krai”. Available online: <https://web.archive.org/web/20190521182356/http://oopt.aari.ru/doc/Решение-исполнительного-го-комитета-Приморского-краевого-Совета-народных-депутатов-от-29121989-№452> (accessed on 09 June 2025). (In Russian)
2. At Solovey-Klyuch, they are starting to cut down the forest for a new road, for which there is no project yet. Available online: <https://www.newsvl.ru/society/2025/06/03/232022/>. (accessed on 06 June 2025). (In Russian)
3. Sukhomlinova V.V. Methods for assessing pyrogenic impact on phytocenoses and landscapes. Forest.ru. All about Russian forests. 2021, Available online: <https://forest.ru/articles/metody-otsenki-pirogenogo-vozdeystviya-na-fitotsenozy-i-landshafty/> (accessed on: 06 June 2025) (In Russian)
4. The lichen flora of Russia. Biology, ecology, diversity, distribution and methods to study lichens. KMK Scientific Press: Moscow; St. Petersburg, Russia, 2014; 392 p. (In Russian)
5. Skirina, I.F.; Kozhenkova, S.I.; Rodnikova, I.M. Epiphytic lichens of Primorsky Krai and their use in environmental monitoring. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2010; 150 p. (In Russian)
6. Trass, H.H. Lichen polyotolerance classes and ecological monitoring. In *Problems of environmental monitoring and ecosystem modeling*. 1985, Vol. 7, 122–137. (In Russian)
7. Rodnikova, I.M.; Skirina, I.F.; Christophorova N.K. Assessment of the air environment in the Lazovsky Reserve (Primorsky Krai) using lichen indication methods. *Botanical Journal*. 1998, 83(5), 48–56. (In Russian)
8. Pyarn, A.; Trass, H.; Tsobel, K. Lichen indication of the degree of ground air pollution in the Baikal region. In *Biogeochemical aspects of cryptoindication*. Proceedings of the symposium on bioindication of the All-Union conference “Biogeochemical circulation of substances” Pushchino, Moscow Region, December 7-9, 1982. Tallinn Botanical Garden: Tallinn, Estonian SSR, 1982, 37–38. (In Russian)
9. Urusov, V.M. For an ecologist about the natural complex of the Vladivostok region (study guide). VSUES: Vladivostok, Russia 2002; 86 p. (In Russian)
10. Mezentseva, L.I.; Fedulov, A.S. Climate trends of atmospheric circulation in the Far East. *Izvestia KSTU*. 2017, 46, 175–184. (In Russian)

11. Skirin, F.V.; Skirina, I.F. Evaluation of the dynamics of epiphytic lichen flora in Vladivostok from 1971 to 2020 using the lichen indication method (preliminary data). In *Geosystems of North-East Asia: natural, natural-resource, social and economic structures of territories*. Pacific Geographical Institute FEB RAS: Vladivostok, Russia. 2022, 136–140. DOI: 10.35735/9785604701171\_136.

Статья поступила в редакцию 20.06.2025; одобрена после рецензирования 30.09.25; принята к публикации 15.10.2025.

The article was submitted 20.06.2025; approved after reviewing 30.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

