

ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННОЕ КАРТИРОВАНИЕ Г. БАРНАУЛА

LICHENOINDICATOR MAPPING OF BARNAUL

Методической основой для проведения данной работы послужили исследования Х.Х.Трасса (1971, 1985) в области оценки состояния окружающей среды с помощью лишайников. Работа Сериандера (1926) по выделению зон распространения лишайников в городе показала, что только небольшое количество видов является устойчивыми к загрязнению воздуха. В настоящее время закартировано более 200 городов и промышленных районов в Западной Европе, Японии, Новой Зеландии, Северной и Южной Америке и СССР. Наиболее важным выводом из всех этих работ является положение о том, что лишайники могут служить хорошим средством биомониторинга окружающей среды. Для этой цели рядом ученых были разработаны методики по оценке и зонированию лишайнофлоры. Ко второй группе работ, связанных с изучением влияния загрязнения воздуха на лишайники, особенно на эпифиты, можно отнести исследования трансплантированных лишайников из природной среды в загрязненную.

Подобные эксперименты впервые были проведены Арнольди (1891-1901), затем Бордо (1961, 1960). Позднее метод трансплантации был видоизменен и развит рядом исследователей (Лебланк, Рао, 1966, 1973; Лебланк, 1968; Шопенбек, 1968, 1969; Швиебода, Калембал, 1978). Это направление дало много сведений об индивидуальной устойчивости видов лишайников и позволило объяснить ряд морфологических и анатомических изменений в слоевище лишайников.

Воздействие урбанизированной среды на биоту имеет разнообразный характер. Причиной этого разнообразия является как варьирование состава и структуры самой среды, так и разная устойчивость видов, их популяций и биогеоценозов к антропогенным факторам. Целесообразно искать индикаторы, которые реагируют даже на самые незначительные колебания определенных свойств физико-химической среды, ибо именно там возникают аномалии в первую очередь. Вероятно, в качестве индикаторов более пригодны организмы, занимающие более низкие трофические уровни. Поэтому виды с относительно простым строением, т.е. низшие растения, более пригодны в качестве индикаторов, чем высшие. Эти виды должны быть достаточно чувствительными и инертными и должны иметь достаточно продолжительный жизненный цикл. Для расширения пределов индикации целесообразно использовать виды с перекрывающимися экологическими амплитудами. На индикаторных видах и их экологических реакциях и основываются шкалы, позволяющие через наличие или отсутствие определенных видов установить уровень загрязнения воздуха и окружающей среды в целом.

Первые шкалы токсикотолерантности (палеоталерантности) были опубликованы в разных странах в 60х годах. На чувствительность лишайников к загрязнению влияют следующие факторы:

1. рН субстрата и слоевища лишайника, присутствие определенного количества накопленных в слоевище поллюгантов;
2. водный режим лишайников до и после загрязнения, температура воздуха, тепловой режим;
3. способность лишайников восстанавливать свой метаболизм после действия сублетальных доз загрязняющего вещества (Инсарова, 1982).

4. особенности морфологии слоевища;

На однократное воздействие поллютантов лишайники реагируют точно также, как сосудистые растения, при значительной фумигации реагируют гораздо резче в силу своих особенностей морфологии и физиологии:

1. Лишайники аккумулируют вещества из воды и воздуха всей поверхностью таллома;
2. Будучи пойкиловодными организмами, лишайники способны поглощать до 300% воды и соответственно весь растворенный в ней SO_2 ;
3. Симбиотическая природа лишайников требует соблюдения баланса метаболизма между партнерами, нарушение этого приводит к необратимым нарушениям.
4. Малая скорость обмена веществ приводит к тому, что в талломе в значительном количестве накапливаются чрезвычайно токсичные продукты растворения SO_2 в воде: сульфит и бисульфит.

Трудность применения методов лишеноиндикации заключается в неравномерной изученности различных районов. Наиболее наглядным выражением лишеноиндикационных исследований являются карты и картосхемы. Множество индикационных карт, выполненных в различных странах основываются на различных индексах, т.е. на синергических показателях, количественно выражающих свойства лишайниковых группировок. Речь идет главным образом о двух наиболее распространенных индексах и их модификациях:

- а) J.P. - индекс палеотолерантности Трасса (1968), который по существу является взвешенным арифметическим средним степеней палеотолерантности видов, составивших изучаемые группировки лишайников;
- б) J.A.P. - индекс чистоты атмосферы Леблана и Де Слувера, который математически является суммой произведений комбинированного показателя покрытия-встречаемости и экологического индекса, отражающего чувствительность к загрязнению воздуха каждого из составляющих группировку видов.

Оба индекса дают сходные карты. Цифровые значения индексов удовлетворительно коррелируют с концентрациями двуокиси серы и фторидов. При составлении карт на основе указанных индексов основной трудностью является сам процесс выделения зон, который часто весьма субъективен. Удовлетворительный результат может быть достигнут при однотипном загрязнении.

Решающим фактором исчезновения лишайников во флоре крупных городов и населенных пунктов (Инсарова, 1982) является загрязнение воздуха, особенно двуокисью серы и фтористым водородом. Двуокись серы вызывает у лишайников повышение проницаемости мембран, в результате чего происходит вымывание клеточных веществ в межклеточное пространство. Полевые наблюдения показывают, что более чувствительными к SO_2 являются листоватые и кустистые лишайники (*Usnea*, *Ramalina*). Очень чувствительны к HF *Parmelia caperata*, *Pseudovernia furferaceae*, *Parmelia sulcata*, *Hypogimnia phisoides*. Более устойчивая *Parmelia acetaleulum*.

Окислы азота (NO , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_5) выбрасываются в атмосферу при очистке нефти, сжигании топлива, также содержатся в выхлопных газах автомобилей, о токсичности которых нет однозначного мнения.

Сероводород H_2S обладает сильным восстановительным свойством и оказывает токсичное воздействие на растения.

Пары бензина в больших концентрациях подавляют CO_2 -обмен. Возможно и суммарное синергическое воздействие загрязнителей. Трасс (1971) использовал в работе 10-бальную шкалу, в которую в степени (1-3) входят гетерофобные виды естественных ландшафтов, в степени (4-7) - гетерофобные виды, переносящие слабое или среднее влияние культуры и загрязненности воздуха, в степени (8-10) - гетерофильные виды, переносящие довольно сильное влияние культуры.

Если, например, какой-либо вид имеет оценку 8, то это означает, что предельно он может произрастать при довольно загрязненном воздухе (встречаясь, конечно, и в более естественных условиях, имея амплитуду степеней от 3 до 8). В этой же работе Трассом были приведены примеры по принадлежности к разным степеням палеотолерантности:

1. Виды, встречающиеся лишь в девственной природе, далеко от населенных пунктов, даже слабое загрязнение губительно (*Zecanactis abietina*, *Menegazzia pertusa*, *Mycoblastus sanguinaris*).

2. Как и виды первой группы, но встречаются и в экотопах под слабым влиянием культуры (*Lecanora coilocarpa*, *Lethraria divaricata*, *Ochrolechia androgyna*).

3. Произрастают с большей или меньшей встречаемостью как в девственной, так и измененной природе (*Hypogimnia tubulosa*, *Lecidea tenebricosa*, *Opegrapha pulicaris*).

4. Встречаются как и виды 1-3 групп, но изредка попадают и в умеренно загрязненных экотопах (*Cetraria glauca*, *C. pinastri*, *Lobaria pulmonaria*).

5. Как и группа 4, но сравнительно часто встречаются и в умеренно загрязненных экотопах (*Lecanora allophana*, *Lecidea lixitata*, *Evernia furfuraceae*).

6. Встречаются обильно и часто в умеренно загрязненных экотопах (*Lecanora carpinea*, *Arthonia radiata*, *Evernia prunastri*).

7. Как и группа 6, но изредка встречаются и в довольно сильнозагрязненных экотопах (*Caloplaca vitellinula*, *Lecanora varia*, *Physcia nigricaus*).

8. Могут встречаться в довольно сильнозагрязненных экотопах (*Anaptychia ciliaris*, *Caloplaca serina*, *Romalina fraxinea*).

9. Встречаются в сильнозагрязненных экотопах (*Physcia grisea*, *Xanthoria candelaria*, *X. polycarpa*).

10. Доходят до очень сильнозагрязненных местообитаний, хотя и встречаются здесь с пониженной жизненностью (*Physcia orbicularis*, *Xanthoria parietina*, *Lecanora hagenii*).

Изучая флору городов и поселков Эстонии, Трасс Х.Х. пришел к выводу, что при использовании лишайников как индикаторов необходимо исходить из лишайниковых группировок - лишайносинузий, а не отдельных видов, при этом для каждой конкретной синузии на основе показателей видового состава, покрытия и степеней палеотолерантности видов определяется индекс палеотолерантности (Р), по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{a_i \cdot c_i}{C_i}$$

где n - число видов
 a_i - степень палеотолерантности
 c_i - покрытие вида
 C_i - сумма покрытий видов.

Шкала покрытия 10-бальная (16 - покрытие 1-10%, 26 - 11-20% и т.д.). Умножая показатели a_i и c_i каждого вида, сложив эти данные и разделив полученную сумму на сумму показателей C_i всех видов, получим взвешенную среднюю - индекс Р.

Первоначальная проверка индекса Р в городах и населенных пунктах показала, что при Р=1-3 - SO₂ практически отсутствует, при Р=3-6 - концентрация SO₂ колеблется в амплитуде 0.01-0.03 мг/м³, при Р=6-9 - количество SO₂ составляет 0.03-0.08 мг/м³, при Р=9-10 - концентрация 0.08-0.1 мг/м³, при Р=10 - концентрация 0.1-0.3 мг/м³ (Трасс, 1971). На основе показателей индекса Р легко составлять соответствующие карты загрязнений городов, показывая на карте одинаковой краской или условными знаками части города, в пределах которой индекс Р колеблется в одинаковой амплитуде.

В исследуемой точке определялось наиболее типичное местообитание, затем обследовались лежащие на одной прямой 10 деревьев с диаметром ствола не менее 30 см (Глуздаков, 1950). Для изучения лишайниковых синузид использовалась квадрат-сетка 20 на 20 см², которая накладывалась на ствол на высоте 1.5 метра. Степень покрытия в процентах от всей площади квадрата. Затем по двум другим прямым обследовалось таким же образом по 10 деревьев, затем данные по 30 деревьям усреднялись, фиксировалось состояние лишайников, их видовой состав. Полученный после обработки индекс Р наносился на карту, на которой затем выделялись зоны с одинаковой амплитудой Р.

Сбор материалов проводился в июле-сентябре 1989-1990 годов. При этом было обследовано более 2000 деревьев в 72 точках лесных массивов, парков, скверов, кладбищ, улиц города. При обработке были использованы индексы палеотолерантности, разработанные Трассом (1971) и Мартином (1982).

Барнаул - современный крупный промышленный центр Алтайского края, где размещены предприятия машиностроительной, химической, нефтехимической, легкой и пищевой промышленности. В атмосферу города поступает большое количество золы, сернистого газа, окиси углерода, окислов азота, паров бензина, свинцовых соединений, а также большое количество специфических соединений, входящих в состав технологических выбросов промышленных предприятий. Вместе с тем, площадь зеленых насаждений в городе уменьшается (Коменский, Кухарская, 1984).

Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха хорошо прослеживается в устойчивом ходе концентраций вредных веществ. Ярко выражен суточный ход с максимумом в утренние и вечерние часы по содержанию в воздухе сажи. Годовой ход концентраций сажи характеризуется максимумом зимой - в период отопительного сезона. В летние месяцы наблюдается рост концентрации пыли.

Содержание SO₂ тоже мало связано с суточным ходом и зависит от изменения объема выбросов промышленных предприятий.

В годовом ходе концентрации SO₂ максимум приходится на летние месяцы из-за изменения метеоусловий. Это же касается и H₂S.

В отдельные дни может наблюдаться повышенное содержание вредных примесей в воздухе одновременно в нескольких пунктах. Этому способствуют главным образом метеоусловия. Одним из основных параметров, определяющих в значительной мере загрязнение атмосферы, является ветер. В зависимости от его скорости наблюдается 2 максимума. Один при малых скоростях ветра (0-1 м/с). Он связан с источниками загрязнений, расположенных в слое, высотой до 200 метров. Второй максимум при скоростях ветра 4-6 м/с. Этот максимум обусловлен выбросами от высоких источников.

В Барнауле промышленные предприятия рассредоточены по всем районам города, однако наиболее крупные предприятия, дающие большой объем выброса вредных веществ, расположены в северной и северо-западной частях города. Такое расположение является наиболее приемлемым, т.к. в большинстве сезонов года преобладающими являются юго-западные и южные ветра, однако летом, когда наряду с юго-западными и южными учащаются ветры северного и северо-восточного направлений, факелы выбросов этих предприятий накрывают жилые районы.

Данные, имеющиеся в распоряжении гидрометеослужбы, позволили сделать вывод о том, что воздух города Барнаула в наибольшей степени загрязнен H₂S, сажой, SO₂, окисью углерода и пылью. Самыми загрязненными районами города являются Ленинский, на территории которого расположен ряд больших предприятий, и Железнодорожный, где скапливается большое количество автотранспорта. Причем воздух Ленинского наиболее загрязнен сероводородом. Максимум его

концентрации обнаружены при штиле и ветрах восточной четверти. Воздух Железнодорожного и Центрального районов наиболее загрязнен сажей. Самые высокие ее концентрации наблюдались при штиле и ветрах южного направления. Окисью углерода город загрязнен в течении всего года и во всех районах. С ростом относительной влажности вероятность появления высокого уровня загрязнения пылью и SO_2 возрастает.

Газовые выбросы, пыль и другие загрязнители способствуют деградации растений. В городе среднегодовая температура на 15 градусов выше, чем в окрестностях, воздух суше, так как относительная влажность ниже на 5-10%, чем в окрестностях.

На основании подсчета индексов палеотолерантности (P) и нанесения их на карту было выделено 5 зон распределения лишайников в зависимости от воздушного загрязнения:

I. $P=0-38$ - нормальная зона, находящаяся на расстоянии 6-12 км от центра города. Наиболее распространенными видами, образующими общий фон лишайниковых группировок на сосне, являются *Parmelia physoides*, разбросанная по всему стволу и сучьям, *Evernia prunastri* и *Ramalina farinacea*, в верхней части ствола, *Parmelia furfuracea* и *Parmelia sulcata* в нижней. Виды *Cladonia* обычно поселяются на корневых лапах и прилегающих к ним участках ствола. Часто там же большие участки занимают слоевища *Lecidea scularis*, пятнами разбросаны *Parmeliopsis ambigua*. Такие виды, как *Parmelia caperata*, *Cetraria glauca*, виды *Pertusaria*, *Lecanoga* и некоторые другие встречаются в виде вкраплений по всему стволу. На осине чаще всего встречаются *Arthonia radiata*, *Graphis scripta*, *Lecidea euphorea*, *Parmelia furfuracea*, *P. olivacea*, *P. sulcata*, *Evernia prunastri*, *Xanthoria parietina*, *Physcia stellaris*.

II. $P=4-6.9$ - периферийная зона (внешняя зона борьбы). В этой зоне, находящейся на расстоянии от 5 до 8 км от центра города, расположены следующие населенные пункты: Гоньба, Борзовая Заимка, Власиха, Лебяжье, Ползунова, Южный. Это зона умеренно вредного влияния воздушного загрязнения и представлена островками старых лесных массивов. Зона характеризуется господством оксифильных лишайников, но уже появляются нитро- и нейтрофильные виды. Здесь расположены внутренние границы распространения *Parmelia scortea*, *P. caperata*, *Evernia prunastri*. Вид *Hypogymnia physoides* уже с измененными слоевищами (уменьшенные размеры) по сравнению с нормальным. Кустистые лишайники встречаются реже, чем в зоне I. Степень покрытия деревьев лишайниками от 50 до 70%.

III. $P=7-8.9$. Зона умеренного загрязнения (промежуточная зона борьбы). Охватывает территорию окраины города и населенные пункты: Землянуха, Пригородный, Моховая поляна, Ерестная, Затон, Присягино, а также такие предприятия как ТЭЦ-3, ЭСВ, Моторный завод, Роторный завод. Здесь ощущается большое влияние городского загрязнения воздуха. Оптимальная область нитро- и нейтрофильных лишайников, а также таких пылеустойчивых видов как *Parmelia sulcata*, *Physcia stellaris*, *Hypogymnia physoides*. Наблюдается морфологическое изменение слоевищ и относительное снижение высоты расположения лишайниковых сипузий из-за понижения влажности. К этой зоне относятся также такие повышенные участки, как территория ВДНХ, расположенная рядом с низинным парком культуры и отдыха, лежащим в долине реки Барнаулки, относящимся к IV зоне загрязнения. На этом примере наглядно видно влияние ландшафта на распространение лишайников.

IV. $P=9-10$. Зона сильного загрязнения (внутренняя зона борьбы). Зона занимает городскую территорию с большим количеством расположенных на ней промышленных предприятий, кочегарок и т.п.. Она характеризуется также разветвленной сетью автострад и деградирующими зелеными насаждениями, окруженными со всех сторон застроенными жилыми массивами. Южная граница зоны пролегает по реке Барнаулке, восточный участок границы длиной в 7 км по левому берегу

Оби. Лихенофлора зоны характеризуется немногочисленными (3-5 видов) составом, сильно разрушенным слоевищем листоватых лишайников и полным отсутствием кустистых. Расположение лихеносипузий на стволе по высоте не выше 1.5 м из-за недостаточной влажности. Относительно хорошее состояние накипных лишайников, появление монокультур. Присутствуют нитрофильные лишайники *Xanthoria parietina*, *Physcia orbicularis* (редко), *Parmelia sulcata*, *Xanthoria candelaria*, *Psova ostreata*.

V. Лишайниковая пустыня. Занимает территорию вдоль проспектов Калинина и Космонавтов, где расположены только промышленные предприятия и уровень загрязнения наиболее высок.

Лишайников в этой зоне нет или они почти полностью разрушены, вследствие чего их определение затруднено. Содержание в воздухе SO_2 почти всегда выше 0.1 мг/м^3 .

В результате анализа распределения лишайников в зависимости от расстояния от центра города, выявлена следующая картина (Рис. 1).

По зонам виды-индикаторы распределяются следующим образом:

I зона	II зона
<i>Parmelia olivaceae</i>	<i>Cetraria pinastri</i>
<i>Usnea hirta</i>	<i>Parmelia caperata</i>
<i>Anaphychia ciliaris</i>	<i>Evernia prunastri</i>
<i>Hypogymnia physoides</i>	<i>Stereocaulon coralloides</i>
<i>H. tubulosa</i>	<i>Bacidia rubella</i>
III зона	IV зона
<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Parmelia sulcata</i>
<i>Physcia stellaris</i>	<i>Xanthoria candelaria</i>
<i>Hypogymnia physoides</i>	<i>Psova ostreata</i>

Как показали исследования, в городских условиях лишайники располагаются ниже по дереву, чем в естественных условиях, что объясняется нехваткой влаги в городе, и, отсюда появляется своего рода гидротаксис по направлению к почве.

При обработке экспериментальных данных получена возможность сравнения показателей о предполагаемом уровне загрязнения (Трасс, 1971; Голубкова, Малышева, 1978; Горбач, 1982) с фактическими данными, взятыми в лаборатории контроля загрязнения окружающей среды г. Барнаула. Это в итоге дает возможность составить на основе лихеноиндикционной карты карту загрязнения воздушной среды, имея в виду, что изоплета SO_2 точно совпадает с внутренними границами распространения лишайников в городе, определяя критические уровни концентрации SO_2 для разных видов. (Для вида *Xanthoria parietina* он составляет $0.08-0.09 \text{ мг/м}^3$, Инсарова, 1982).

Фактические и предполагаемые значения SO_2 в воздухе сильно расходятся по абсолютной величине, хотя и коррелируют в целом. Это можно объяснить синергическим эффектом действия загрязнителей в результате наличия в воздухе нескольких токсикантов, оказывающих на растений гораздо более сильное воздействие, чем каждый из них в отдельности.

В силу этого можно заключить, что карта распределения лишайников дает возможность не только судить о наличии и концентрации загрязнения, сколько о том, как это загрязнение в совокупности с экологическими условиями влияет на окружающую среду.

1. Исследования подтвердили состоятельность использования метода Трасса для картирования районов с разной степенью загрязнения, а также дублирующего другие методы контроля.

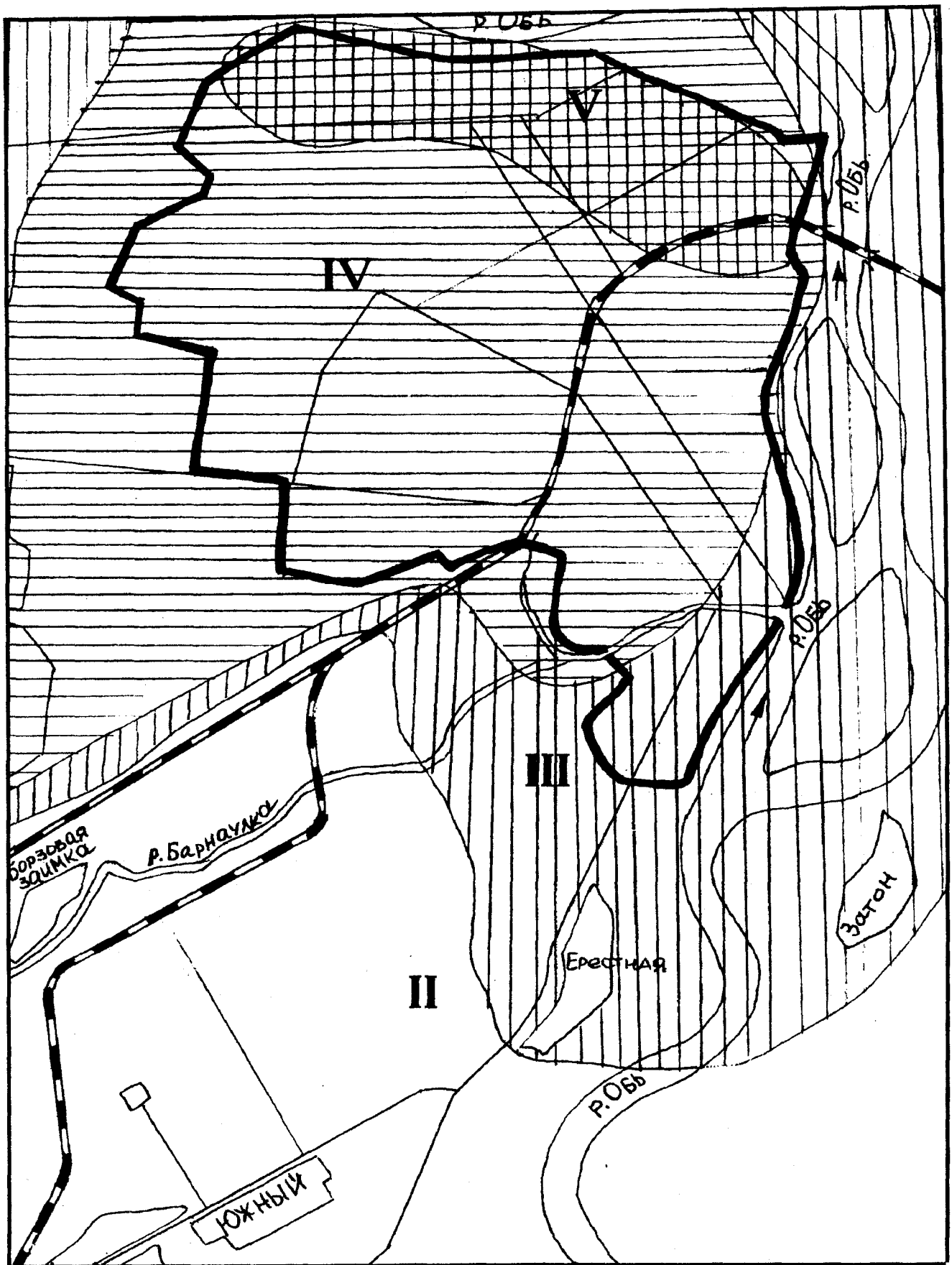


Рис 1. Зоны распределения лишайников в г. Барнауле в зависимости от загрязнения.

2. Выявились преимущества лихеноиндикационного контроля перед традиционными методами (простота, дешевизна, возможность оценки не столько наличия и величины загрязнения, сколько отрицательного влияния на окружающую среду).

3. Выявлено явление синергизма различных загрязнителей в атмосфере при сравнении полученных экспериментальных данных концентрации загрязнения и данных лаборатории контроля состояния среды г. Барнаула.

4. Выявлены и ооконтурены на карте 5 зон распределения лишайников, по которым соответственно можно выделить 5 зон загрязнения с определенными интервалами концентрации загрязнения для каждой зоны.

Приложение 1

Значения индекса Р для пунктов наблюдения

N	ρ	зона	N	ρ	зона	N	ρ	зона
1	5.1	2	25	6.3	2	49	8.9	3
2	5.3	2	26	8.5	3	50	7.9	3
3	5.1	2	27	8.3	3	51	9.8	5
4	4.2	2	28	6.6	2	52	9.8	5
5	4.3	2	29	5.0	2	53	9.7	5
6	3.7	1	30	6.8	2	54	9.3	4
7	3.5	1	31	9.2	4	55	9.2	4
8	4.3	2	32	2.6	1	56	9.5	5
9	4.7	2	33	7.0	3	57	9.6	5
10	6.5	2	34	6.7	2	58	9.5	5
11	8.1	3	35	6.9	2	59	9.1	4
12	7.0	3	36	6.8	2	60	9.2	4
13	6.7	2	37	8.3	3	61	9.1	4
14	7.7	3	38	8.0	3	62	9.1	4
15	8.8	3	39	9.1	4	63	9.1	4
16	8.2	3	40	9.4	4	64	8.8	3
17	9.0	4	41	4.2	2	65	8.1	3
18	8.8	3	42	7.0	3	66	9.5	5
19	8.7	3	43	5.6	2	67	9.3	4
20	8.3	3	44	7.5	3	68	9.3	4
21	9.2	4	45	7.2	3	69	9.3	4
22	9.0	4	46	6.7	2	70	9.1	4
23	8.7	3	47	6.5	2	71	9.1	4
24	6.3	2	48	8.7	3	72	9.6	5

Приложение 2

t - распределение Стьюдента

Для оценки различий между средними арифметическими независимых распределений для вычислений использовались следующие выражения:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

, где t - критерий достоверности суммарных показателей,
 \bar{x} - среднее арифметическое выборочных совокупностей,
 m - средне-квадратическая ошибка выборочных показателей.

$$m_x = \frac{\delta}{\sqrt{n}},$$

где δ - среднее квадратическое отклонение,
 n - общее число наблюдений,
 x - числовое значение признака или вариант.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}}$$

При обработке данных (см. Приложение 1) получено следующее:

$$\text{V зона } \bar{x} = 9.625 \quad m_{xV} = 0.0516 \quad \delta = 0.1447$$

$$\text{IV зона } \bar{x} = 9.179 \quad m_{xIV} = 0.0245 \quad \delta = 0.1070$$

$$\text{III зона } \bar{x} = 8.082 \quad m_{xIII} = 0.1272 \quad \delta = 0.5965$$

$$\text{II зона } \bar{x} = 5.715 \quad m_{xII} = 0.2241 \quad \delta = 1.0023$$

Для доверительной вероятности $P=0.95$ соответствует нормированное отклонение $t=1.96$, отсюда доверительная граница случайных колебаний $tm_x = 1.96 \times 0.057 = 0.112$.

Критерий достоверности различий для сравниваемых групп индексов V и IV зон - $t=7.82$.

В данном случае критерий достоверности намного превышает границу случайных колебаний наблюдаемых различий между средними, что подтверждает достоверность этих различий. Для других сравниваемых групп эта достоверность подтверждается:

$$\text{IV и III зоны: } t = 8.471 \quad tm_x = 0.25$$

$$\text{III и II зоны: } t = 9.21 \quad tm_x = 0.5$$

$$\text{V и II зоны: } t = 17.0 \quad tm_x = 0.15$$

Доверительные интервалы для зон следующие:

$$\text{V } \bar{x} \pm m_x t = 9.625 \pm 0.342$$

$$\text{IV } \bar{x} \pm m_x t = 9.179 \pm 0.225$$

$$\text{III } \bar{x} \pm m_x t = 8.082 \pm 1.24$$

$$\text{II } \bar{x} \pm m_x t = 5.715 \pm 2.09$$

при значении $P=0.05$ и количествах наблюдений в V зоне - 8, во IV - 19, в III - 22, во II - 20.

ЛИТЕРАТУРА

- Голубкова Н. С., Малышева Н. В. Влияние роста городов на лишайники и лишеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани // Бот. журн., 1978.- Т. 68.- № 8.- С. 1145-1154.
- Инсаров Г. Э. Сравнительная оценка чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологич. мониторинга и моделирования экосистем.- Л., 1990.- Т. 12.- С. 113-176.
- Инсарова И. Д. Влияние сернистого газа на лишайники // Проблемы экологич. мониторинга и моделирования экосистем.- Л., 1982.- Т. 6.- С. 33-41.
- Инсарова И. Д. Влияние тяжелых металлов на лишайники // Проблемы экологич. мониторинга и моделирования экосистем.- Л., 1982.- Т. 6.- С. 101-113.
- Климат Барнаула.- Л., 1984.- 324 С.
- Манн Р. Е. Основные принципы и критерии системы комплексного мониторинга // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды.- Л., 1980.- С. 15-24.
- Седельникова Н. В. Лишайники Алтая и Кузнецкого нагорья.- Новосибирск, 1990.- 174 С.
- Трасс Х. Х. Палеотолерантность лишайников // Проблемы экологич. мониторинга и моделирования экосистем.- Л., 1985.- Т. 7.- С. 122-168.

SUMMARY

In this letter adduce data about use of method of lichenoindication for estimation of cumulative air pollution of Barnaul - is one of the biggest city of the West Siberia. For drawing a map was been use index of palaeotolerance of Trass. Territory was been divide into 5 zones:

1. The normal zone. It was at 6-12 km from center of the town. Include suburban forests.
2. The outlying district zone, outward zone of fight. Islands of old forest tracts.
3. Zone of middle pollution, intermediate zone of fight. Suburb of the town.
4. Zone of strong pollution, internal zone of fight. Basic part of town's territory.
5. Zone of lichen desert. District of industrial enterprises.