

Экологический контроль. Прогнозирование

УДК 911.3.33

DOI: 10.52190/2073-2589_2024_2_25

EDN: BRTVTS

Оценка состояния окружающей среды методом биоиндикации в городах центральной части Кольского полуострова

Е. А. АРИСТАРХОВА; Р. С. ЛУЖКОВ; Н. Б. СЕДОВА, канд. геогр. наук;
М. В. СЛИПЕНЧУК, д-р эконом. наук

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Для оценки воздействия промышленности на природную среду в городах центральной части Мурманской области проведены биоиндикационные исследования по хвойным породам деревьев. В качестве тест-объектов были выбраны сосна (*Pinus sylvestris* L.) и ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.). Применена оригинальная система балльной оценки по состоянию хвоинок, посредством которой была произведена интегральная оценка состояния окружающей среды в городах Апатиты, Кировск и Мончегорск. В городах Кировск и Апатиты наблюдается удовлетворительное состояние окружающей среды (показатель интегральной оценки 0,8), в Мончегорске — неудовлетворительное (показатель интегральной оценки –0,33).

Ключевые слова: биоиндикация в городах, загрязнение атмосферного воздуха, Мурманская область.

Интенсивное индустриальное освоение центральных районов Кольского полуострова началось в первой четверти прошлого века, в результате чего природа изучаемой территории претерпела изменения. В районе проводимых авторами исследований располагаются предприятия по добыче и обогащению апатит-нефелиновых руд (Кировский филиал АО "Апатит" группы компаний "ФосАгро") и выплавке цветных металлов (Комбинат "Североникель" АО "Кольская горно-металлургическая компания"). Ключевые участки изучаемой территории (города Кировск, Апатиты, Мончегорск и их окрестности) с разной степенью интенсивности испытывают ответные реакции природной среды на антропогенную деятельность [1].

Данное исследование посвящено оценке состояния окружающей среды в городах Апатиты, Кировск и Мончегорск Мурманской области методом биоиндикации по хвойным породам деревьев, находящихся под воздействием аэротехногенных выбросов. В качестве индикаторных видов голосеменных были выбраны типичные представители естественных лесных и редколесных сообществ и парковых зеленых насаждений — сосна (*Pinus sylvestris* L.) и ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.).

Исходя из этого, в ходе исследования решались следующие задачи:

- Провести оценку по ряду морфологических признаков жизненного состояния хвои с выбранных тест-объектов (ель сибирская, сосна) на основании разработанной шкалы в трех городах.
- Выявить особенности воздействия загрязняющих веществ на состояние хвойных пород.
- Определить факторы, оказывающие наибольшее воздействие на состояние и качество окружающей среды в районах исследования.

Присутствие загрязняющих веществ в окружающей среде сопровождается различными морфологическими реакциями растений: изменением цвета в результате хлороза листовой (хвои), преждевременным частичным либо полным (до безвозвратного)

Аристархова Екатерина Александровна, соискатель.

E-mail: kattariss@ya.ru

Лужков Роман Сергеевич, магистрант.

E-mail: roma.roman-luzhkov@yandex.ru

Седова Наталья Борисовна, старший научный сотрудник.

E-mail: nsedova@mail.ru

Слипенчук Михаил Викторович, заведующий кафедрой.

E-mail: ecologmsu@gmail.com

Статья поступила в редакцию 27 марта 2024 г.

© Аристархова Е. А., Лужков Р. С., Седова Н. Б., Слипенчук М. В., 2024

увяданием и усыханием растений, сокращением жизненности и наличием некротических пятен на органах растений. Количественные и качественные данные, обычно форма и цвет некротических пятен, их площадь — это специфическая реакция на определенный тип загрязнения [2—5].

Растительный покров Кольского полуострова представлен сообществами гипоарктических тундр и бореальных лесов. Города Кировск и Апатиты относятся к Хибинскому лесорастительному району (VIII), а Мончегорск, расположенный севернее — к Мончегорскому лесорастительному району (VI) [6]. Преобладают варианты мелколиственно-хвойных и хвойных лесов, сосновых (*Pinus sylvestris* L.), еловых (*Picea obovata* Ledeb.), с сопутствующей породой — *Betula pubescens* Ehrh. В зеленых насаждениях городов преобладают: береза пушистая, рябина Городкова, ива козья, из хвойных наиболее характерны рассматриваемые в рамках исследования сосна обыкновенная и ель сибирская, в парках и скверах вблизи домов встречается лиственница [7].

Хвойные представители древесной растительности являются надежными индикаторами, нередко используемыми в качестве тест-объектов как по причине возможности их применения в круглогодичных обследованиях и на значительных площадях, так и в связи с их главным свойством — высокой чувствительностью к изменениям экологических условий, в особенности к загрязнению воздушной среды [8—11].

Материалы и методы исследования

Биоиндикационные исследования предполагают использование различных тест-объектов в зависимости от территории и индицируемого явления. Например, древесные насаждения, как неотъемлемая часть обустройства урбанизированных территорий, используются в биотестировании в городах. Авторами были взяты за основу методические приемы биоиндикации качества воздуха с применением хвойных пород деревьев [11—13]. В ходе изучения опыта коллег и подбора наиболее эффективных способов применения данного инструментария и апробации на участках исследований, авторами были разработаны некоторые методические рекомендации [8].

В рамках научной экспедиции, организованной кафедрой рационального природопользования Географического ф-та МГУ им. М. В. Ломоносова, в январе—феврале 2023 г. проведены биоиндикационные исследования по оценке состояния окружающей среды методом отбора хвоинок и осмотра состояния

хвойных пород деревьев в пределах и окрестностях трех городов, испытывающих воздействие со стороны промышленных предприятий. В ходе проведения полевых маршрутных исследований в городах Кировск, Апатиты и Мончегорск, согласно предварительно намеченной сетке отбора проб, в 21 точке были заложены пробные площадки (10×10 м) и составлены геоботанические описания.

Биоматериал был собран с ветвей молодых побегов с хвоинками предыдущего года (вторые сверху мутовки) представителей голосеменных двух видов — ели европейской (*Picea obovata*) и сосны (*Pinus sylvestris*). Хвою отбирали с нескольких экземпляров (смешанная проба, с 2—5 деревьев одного вида), расположенных на площадке, в количестве 30 хвоинок. С каждой пробной площадки, где произрастали ель и сосна, была отобрана 31 смешанная проба с учетом точек, где произведен сбор хвои сразу с двух пород деревьев [1].

Полученные смешанные пробы были разобраны в камеральных условиях. По морфофизиологическим признакам хвоинок были выявлены категории усыхания и доля повреждений [2—4]. Состояние хвоинок оценено по следующим признакам: проявление хлороза — наличие пигментации, доля пожелтения и/или почернения от общей площади хвоинки (в %), степень усыхания (в %), общая доля повреждений (в %). В качестве шкалы, определяющей отнесение хвоинок к одной из четырех категорий состояния хвои (классу усыхания), авторами была предложена следующая таблица (табл. 1).

В результате, по каждой смешанной пробе произведено ранжирование хвоинок, попадающих в тот или иной класс усыхания (I, II, III, IV) и, в соответствии с этим, в одну из категорий состояния окружающей среды. При оценке преобладания в смешанной пробе доли хвоинок определенного класса для каждой из категорий установлено следующее соответствие: преобладает доля хвоинок из класса I — состояние окружающей среды оценивается как хорошее, из II — удовлетворительное, III — неудовлетворительное, IV — крайне неудовлетворительное [8].

Далее были построены диаграммы, отражающие соотношение точек с разными категориями состояния окружающей среды. Складывались точки с категориями: хорошее; удовлетворительное; неудовлетворительно; крайне неудовлетворительно, соответственно. После чего сумма двух позитивных категорий делилась на сумму двух негативных. Если полученное значение превышает единицу, то можно говорить о благоприятной экологической обстановке в городе.

Классы усыхания хвои по морфологическим признакам [8]

Таблица 1

Классы усыхания	I	II	III	IV
Средняя доля повреждений	Не более 5 %	5—10 %	10—20 %	Более 20 %
Характер повреждений	Пятна отсутствуют (на хвоинках нет сухих участков)	Обнаруживаются чёрные или желтые пятна и/или усох кончик 2—5 мм	Отмечается частичное усыхание хвои (1/3 хвоинки)	Наблюдается усыхание хвои (вся или более 1/3 хвоинки)

В целях получения среднего показателя состояния хвои по каждому изучаемому району, был предложен еще один способ оценки. Для каждой категории задать определенный вес с одинаковым интервалом, равным 2. Таким образом, были получены положительные (больше 0) и отрицательные (меньше 0) численные эквиваленты категорий состояния среды: 3 (хорошее), 1 (удовлетворительное), -1 (неудовлетворительное) и -3 (крайне неудовлетворительное). Указанные числа были умножены на количество точек, входящих в каждую из категорий, затем полученные значения просуммированы и разделены на общую сумму находок по району. Таким образом, был получен некий средний показатель в диапазоне от -3 до 3, который соответствовал среднему взвешенному значению состояния окружающей среды по каждому району. С помощью этого показателя оценивали, в каком из районов наибольшим образом проявилось воздействие загрязняющих объектов на воздушную среду и растительность.

При проведении интегральной оценки состояния окружающей среды в двух исследуемых районах обращалось внимание на количество отобранных проб в точке. Если была отобрана одна проба, то по ее состоянию оценивали качество окружающей среды в точке. В этой ситуации в итоговый расчет отдавалась одна условная единица категории состояния окружающей среды. Если производили отбор двух проб в точке, то учитывалась совокупная общая сумма точки, состоящая из двух половин условной единицы категории состояния окружающей среды.

Полученные результаты

В ходе исследования были осмотрены зеленые насаждения и фрагменты сохранившихся естественных лесов в пределах городов и по их периферии. При проведении анализа полученные пробы были разделены на две группы: Кировско-Апатитская (г. Апатиты и Кировск) и Мончегорская (г. Мончегорск). Деление на группы определяется различиями в рельефе, розе ветров, а также преобладающими видами загрязняющих веществ, оказывающих непо-

средственное влияние на хвойные породы. Для городов Апатиты и Кировск, в пределах которых расположены предприятия по добыче и обогащению апатит-нефелиновых руд, характерными поллютантами являются соединения азотной группы, фосфора, сульфатов, хлоридов, Al, Sr, Fe, Mn, Zn, щелочных и щелочноземельных металлов. В Мончегорске при производстве меди и никеля основными загрязнителями выступают SO₂, пыль, NO_x, CO₂, тяжелые металлы и их соединения (Cd, Cu, As, Hg, Pb и др.), летучие органические соединения, фураны [1, 14].

После определения классов усыхания и средней доли повреждений в каждой точке была установлена категория состояния окружающей среды (табл. 2).

При проведении исследования было выявлено, что обе породы деревьев реагируют на загрязнение воздуха деградацией хвои. Причем не всегда отмечается совпадение класса усыхания хвои у взятых из одной точки проб для ели и сосны. Известно, что менее устойчивая к присутствию вредных соединений в воздушной среде ель, она первой выпадает из древостоя вблизи крупных загрязняющих объектов [15], однако во многих точках мы видим обратную картину, класс усыхания хвои сосны оказывается выше, чем у ели сибирской. Это связано с тем, что при аналогичных нагрузках в виде присутствия газообразных загрязнителей и твердых частиц (сажа, пыль) в воздухе, сосна демонстрирует выживаемость с более высокой долей затронутой хлорозом и некрозом кроны, а ель при меньшей площади пораженной кроны уже выпадает из древостоя. В пределах наших районов исследования оба вида хвойных сохранялись в составе сообществ и позволили произвести интегральную оценку в соотношении 1/3 проб сосны к пробам ели.

В ходе анализа полученных результатов можно отметить, что в Кировско-Апатитском районе ель переносит загрязнения атмосферного воздуха лучше, чем сосна. В этом районе отсутствуют объекты биотестирования, по которым можно сделать вывод о крайне неудовлетворительном состоянии окружающей среды (рис. 1, а).

Таблица 2

Данные о категориях состояния окружающей среды в точках отбора проб хвои (фрагмент сводной таблицы, 2023 г.)

Номер точки	Местоположение точки (координаты, абс. высота, функциональная зона)	Фитоценоз	Категория состояния окружающей среды			
			Хорошее	Удовл.	Неудовл.	Крайне неудовл.
Кировско-Апатитский район исследований (города Апатиты и Кировск)						
А-1 (ель)	67.56846 33.40441; 199 м; учебно-образовательная	Березово-осиново-рябиновый с ивой козьей и единичной ели участок насаждений			+	
А-2 (сосна)	67.57362 33.40166; 220 м; селитебная	Осиново-ивово-березовые насаждения с подростом ели			+	
А-3 (ель)	67.55662 33.41434; 171 м; селитебная	Сосново-березовые насаждения	+			
А-3 (сосна)	67.55662 33.41434; 171 м; селитебная	Сосново-березовые насаждения		+		
К-1 (ель)	67.65234 33.66270; 342 м; спортивно-рекреационного назначения	Елово-березовое редколесье	+			
К-2 (ель)	67.63772 33.72550; 224 м; учебно-образовательная	Березово-ольхово-еловые насаждения	+			
К-3 (ель)	67.61121 33.67979; 404 м; лесопарковая	Березово-еловые насаждения			+	

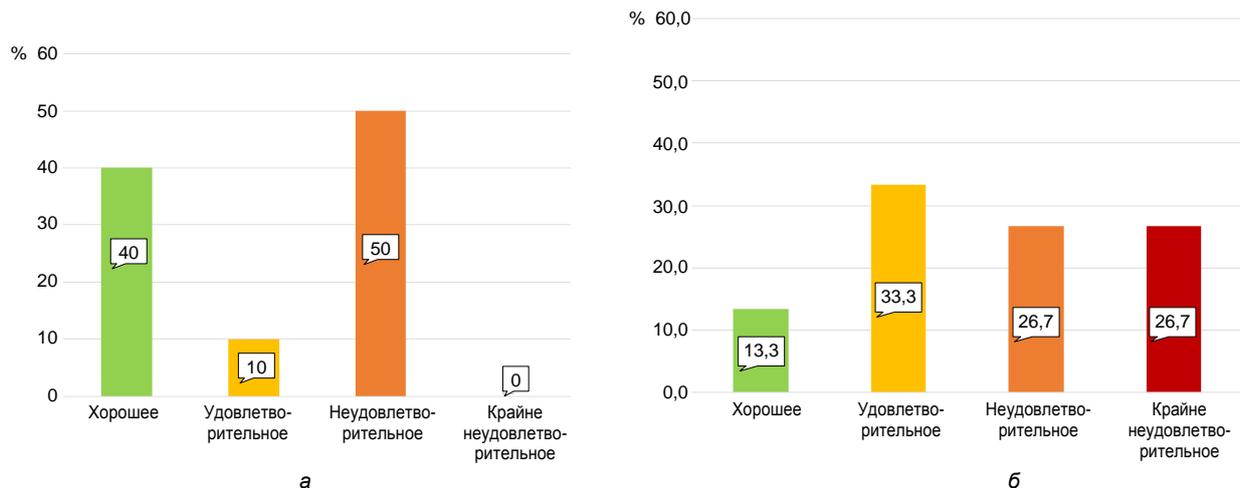


Рис. 1. Соотношение точек по категориям состояния окружающей среды: Кировско-Апатитский (а) и Мончегорский (б) районы исследований

В городе Мончегорске, наоборот, ель переносит загрязнение воздушного бассейна хуже, чем сосна, что связано с ее высокой чувствительностью к выбросам SO_2 [16]. Также установлено, что в Мончегорском районе исследования по обоим индикаторным видам деревьев фиксируется очень мало точек с неповрежденным состоянием хвои в сообществах (рис. 1, б). В Кировско-Апатитском районе исследования наблюдается довольно сглаженный градиент перехода от неблагоприятного состояния среды в нормальное, относительно четко выделяются только две категории. Точки с удовлетворительным состоянием расположены в непосредственной близости (по розе ветров) к комбинатам и промышленным зонам; точки с хорошим состоянием наиболее удалены от источников воздействия (все пробы из г. Кировска), либо расположены вне преобладающей розы ветров в направлении от объектов промышленности. В г. Мончегорске, напротив, дифференциация на четыре категории состояния среды выражена отчетливо, что связано с фактором близости района иссле-

дования к источникам загрязнения и возникновения эффекта локальных перегрузок, когда потоки загрязняющих веществ от промышленных выбросов могут с осадками при определенных ветровых условиях выпадать или застаиваться на одних участках и транзитно смещаться, смягчая воздействие по отношению к другим. Таким образом, специфика миграции газообразных загрязнителей в разные периоды будет обеспечивать перераспределение вредных соединений в воздушной среде и тем самым отражаться на растительности, создавая мозаичность в морфологическом проявлении реакции сообществ на данное воздействие.

В связи с тем, что в Кировско-Апатитском районе для хвойных деревьев характерно более стабильное состояние, чем в Мончегорском, то на примере второго района были определены факторы, определяющие категорию состояния окружающей среды в точках отбора проб. Для этого результаты исследования нанесены на карту функционального зонирования г. Мончегорска (рис. 2).

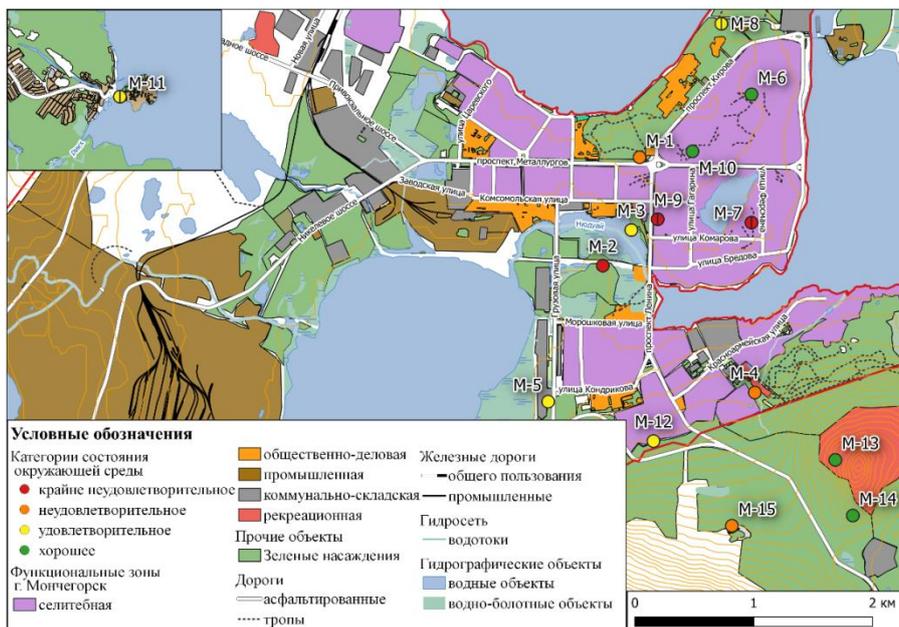


Рис. 2. Распределение полученных условных единиц категорий состояния окружающей среды в точках биотестирования (Мончегорский район исследований)

В центральной части города наблюдается крайне неудовлетворительное состояние окружающей среды (точки М-2, М-7, М-9), что связано с преобладающей розой ветров юго-западного направления, которая способствует, в сочетании с отсутствием орографических преград, переносу загрязняющих веществ от медно-никелевого комбината. Неудовлетворительное состояние хвойных и окружающей среды также отмечено у подножья и на северном склоне г. Ньюдайвенча (точки М-4, М-15). Нормальное состояние ели и сосны характерно для нескольких точек в северо-западной части города (точки М-6, М-10), что объясняется их удаленностью от основного источника воздействия и особенностями застройки жилой зоны. Удовлетворительное состояние окружающей среды отмечено в южной (точки М-5, М-12) и северной частях (точка М-8) города, что связано с их местоположением вне преобладающей розы ветров. Особенности жилой застройки, которая позволяет создать ветровую тень, уменьшают негативное воздействие от акцепторов (точка М-3). Высокая интенсивность автотранспортного движения на площади Революции, наоборот, отрицательно отражается на состоянии тест-объектов (точка М-1). Таким образом, среди факторов, определяющих состояние окружающей среды, выделяются местоположение точки относительно источника загрязнения и преобладающая роза ветров, положение в рельефе, особенности загрязнения в функциональной зоне, в которой произрастает дерево.

При получении интегральной оценки состояния окружающей среды было выявлено, что в Кировско-Апатитском районе определяемый показатель равен 0,8, что говорит об удовлетворительном состоянии окружающей среды в городах Апатиты и Кировск. Для Мончегорского района значение коэффициента состояния окружающей среды высчитывалось как с учетом точек по периферии города, расположенных на наибольшем расстоянии от источников воздействия, так и без учета таковых. В первом случае значение интегральной оценки равно 0,1, т. е. ситуацию можно охарактеризовать, как пограничную между положительными и отрицательными категориями состояния окружающей среды в принятой нами системе оценивания. Во втором случае показатель был равен -0,33, а значит, качество окружающей среды уже можно охарактеризовать как неудовлетворительное. Авторы использовали данный прием, чтобы продемонстрировать, что при внесении корректировок в сетку отбора проб остаются неизменными различия в показателях состояния среды для исследуемых территорий Кировско-Апатитского и Мончегорского районов.

Результаты альтернативной оценки состояния экологической ситуации в городах, полученные путем суммирования точек с различными категориями состояния среды и получения частного от суммы позитивных и негативных категорий, следующие: города Кировско-Апатитского района исследования получили интегральную оценку "1,2", что говорит об относительно благоприятной экологической ситуации в Апатитах и Кировске. Городу Мончегорску была присвоена оценка "0,9", потому как в городе выделено несколько точек, в которых наблюдается недо-

влетворительное и крайне неудовлетворительное состояние окружающей среды. Это связано с тем, что на г. Мончегорск приходится 14,68 % от общего количества выбросов основных загрязняющих веществ от стационарных источников Мурманской области (на города Апатиты и Кировск в сумме приходится только 7,65 %) [14]. Комбинат "Североникель", несмотря на модернизацию технического оснащения и введение мер по "экологизации" производства, продолжает оказывать существенное отрицательное воздействие на состояние окружающей среды города. Помимо количества выбросов, на состояние идентичных объектов биотестирования оказывает влияние состав выбросов загрязняющих веществ.

Заключение

Биотестирование с использованием *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* Ledeb. возможно использовать в качестве одного из методов исследования геоэкологической ситуации в городах центра Кольского полуострова. Определение классов усыхания, средней доли и характера повреждений хвои дает возможность проанализировать качество воздушной среды в точках отбора проб, а затем перевести полученные данные в интегральную оценку состояния окружающей среды в городах и других субъектах исследования [1].

Проведенные исследования показали, что более благоприятное состояние воздушной среды и экологическая ситуация в целом отмечаются в городах Кировск и Апатиты (коэффициент интегральной оценки 0,8), что определяется, прежде всего, объемом и качественным составом выбросов загрязняющих веществ от объектов промышленного природопользования. Состояние окружающей среды в городе Мончегорске соответствует отрицательному значению коэффициента интегральной оценки (-0,33) — неудовлетворительное. Среди определяющих факторов: расположение мест опробования в рельефе, местоположение точек относительно преобладающей розы ветров и источника воздействия, а также локальные особенности проявления загрязнения в функциональной зоне, где произрастает биоиндикатор.

Определение уровня воздействия на природную среду при помощи сосны (*Pinus sylvestris*) и ели сибирской (*Picea obovata*) является перспективным методом оценки эффективности модернизации промышленных объектов в области охраны окружающей среды и позволяет адаптировать его под специфику региона. В дальнейшем для изучения негативного воздействия атмосферных поллютантов на состояние хвойных пород планируется более пристальное внимание уделить ветровому режиму территории и, по возможности, включить данные по составу и объему конкретных загрязнителей, поступающих с выбросами.

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова "Будущее планеты и глобаль-

ные изменения окружающей среды" и в рамках государственного задания "Устойчивое развитие территориальных систем природопользования" (проект № 121051100162-6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьевская Е. Л., Седова Н. Б., Александрова Е. А. и др. Геоэкологическая обстановка в городах центральной части Мурманской области // Исследования молодых географов: Сб. статей участников зимних студенческих экспедиций / Под ред. Савоскул М. С., Фроловой Н. Л. — М.: ИД Академии Жуковского, 2023. С. 117—128.
2. Александрова Е. Ю., Троценко А. А., Калиновская Л. С. Оценка качества окружающей среды в городе Кировске (Мурманская область) по состоянию хвои ели сибирской // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 3. С. 10—14.
3. Vascomb R., Bromberg P. A., Costa D. L. et al. Health Effects of Outdoor Air Pollution Am // J. Respir Crit. Care Med. 1996. Vol. 53. P. 477—98.
4. Deynega E. A. Express control of anthropogenic transformation of urban ecosystems by the methods of bioindication of conifers Fundamentalnye issledovaniya // Biologicheskie nauki. 2012. V. 5. P. 407—11.
5. Kriger N. V. Bioindication of urban ecosystems by morphophysiological characters of coniferous woody plants // Vestnik Krasnoyarskogo Gosudarstvennogo Agramogo Universiteta. 213. V. 11. P. 166—8.
6. Цветков В. Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и система ведения хозяйства в них. — Архангельск, 2002. — 386 с.
7. Гонтарь О. Б. и др. Зеленое строительство в городах Мурманской области / Кол. науч. центр РАН, Полярно-альп. бот. сад-ин-т им. Н. А. Аврорина. — Апатиты: Изд-во Кол. науч. центра РАН, 2010. — 224 с.
8. Аристархова Е. А., Лужков Р. С., Воробьевская Е. Л. Особенности биотестирования путем оценки состояния хвойных деревьев на Кольском полуострове: Междунар. науч.-практ. конф. "Природно-ресурсный потенциал и экологическая реабилитация деградированных ландшафтов" 17—18 марта 2023 года. — Грозный: ЧГУ. 2023.
9. Калякина Р. Г., Рябухина М. В., Рябинина З. Н., Ангальт Е. М. Эколого-биологические особенности хвойных пород деревьев в урбанизированной среде. — Оренбург: Изд-во. ОГАУ, 2018. — 171 с.
10. Криволицкий Д. А. и др. Экологическое нормирование на примере радиоактивного загрязнения экосистем. Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. — М.: Наука, 1988.
11. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. — М.: Издательский центр "Академия", 2007. — 288 с.
12. Нафикова Э. В., Платонова А. С., Александров Д. В. и др. Фрактальный анализ в биоиндикации качества окружающей среды по березе повислой (*Betula pendula* Roth.) // Международный науч.-исслед. журнал Геоэкология. 2022. № 9(123). 1—6 с.
13. Aleksandrova E. Yu., Trotsenko A. A., Minchenok E. E. et al. Bioindication potential of conifers for environmental assessment / Overview of the II International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies — AGRITECH-II — 2019 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 421(1). P. 011001 (1—10).
14. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2021 году. — Мурманск: Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2022. — 196 с.
15. Илькун Г. М. Газоустойчивость растений: Вопросы экологии и физиологии / АН УССР. Центр. респ. ботан. сад. — Киев: Наукова думка, 1971. — 146 с.
16. Веретенников А. В. Физиология растений. — М.: Академический Проект, 2006. — 480 с.

Environmental assessment using bioindication methods in the towns of the central part of the Kola Peninsula

E. A. ARISTARKHOVA, R. S. LUZHKOVA, N. B. SEDOVA, M. V. SLIPENCHUK
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*Bioindication studies were conducted to assess the impact of industry on the natural environment in the towns of the central part of the Murmansk region. Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) were selected as test objects. An original scoring system based on the condition of needles was used, through which an integral assessment of the environmental situation in the towns of Apatity, Kirovsk and Monchegorsk was made. According to the assessment results, a satisfactory state of the environment is observed in the cities of Kirovsk and Apatity, and unsatisfactory in Monchegorsk.*

Keywords: bioindication in cities, air pollution, Murmansk region.

Bibliography — 16 references.

Received March 27, 2024