

Экология

ID: 2012-04-977-A-1518

Оригинальная статья

Хамбеков Р.С.

Оценка содержания диоксида серы в атмосферном воздухе в окрестностях села Октябрьское Ульяновской области

ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздравоохранения России, кафедра общей гигиены и экологии

Ключевые слова: диоксид серы, атмосферный воздух

Загрязнение атмосферного воздуха является важнейшей проблемой в современном мире. Качество атмосферного воздуха является важнейшим фактором, определяющим состояние живой природы и здоровья населения. Среди важнейших загрязнителей выделяют оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, озон, углеводороды, альдегиды, тяжёлые металлы (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr), аммиак, атмосферная пыль, радиоактивные изотопы и др. (рис. 1).

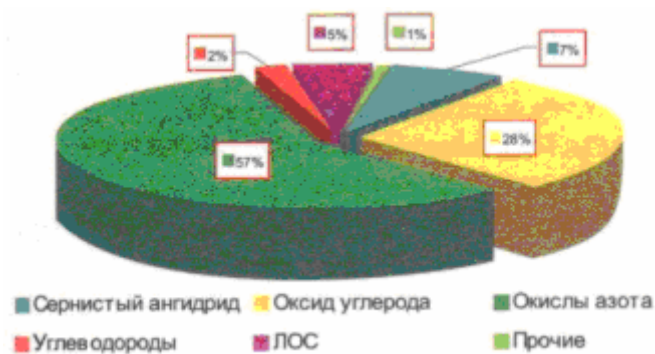


Рис. 1. Процентное распределение основных загрязнителей атмосферного воздуха на территории Российской Федерации в 2007 году.

Сернистый ангидрид или диоксид серы (SO_2) применяется, главным образом, в производстве серной кислоты, а также как восстановитель, отбеливатель, консервант, хладагент, антиоксидант. Он является одним из основных газов, загрязняющих атмосферный воздух. Данные о содержании диоксида серы в атмосферном воздухе по территории России приведены на рис. 2.

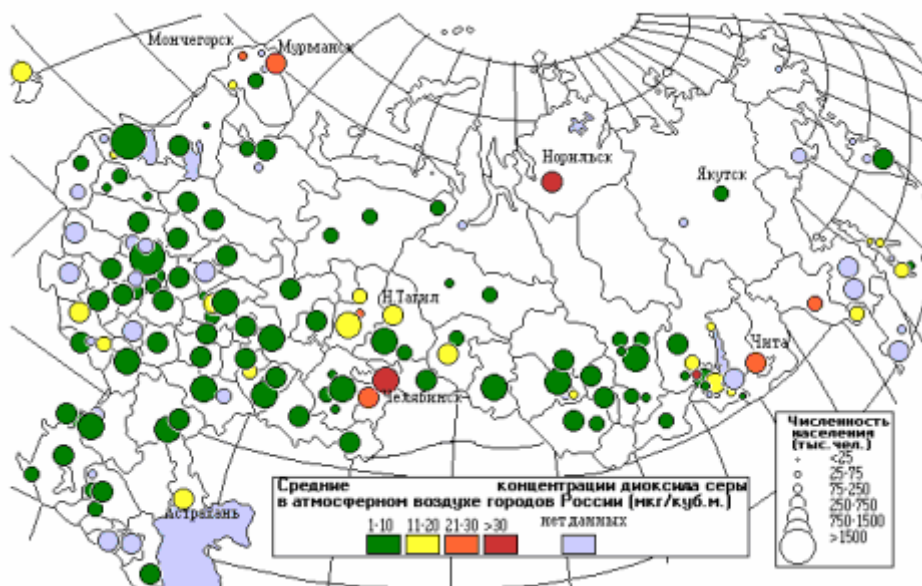


Рис. 2. Средние концентрации диоксида серы (SO_2) в атмосферном воздухе России в 2006 году

При изучении степени загрязнения окружающей среды промышленными газами, важно изучить реакцию биологических объектов на поллютанты (загрязняющие вещества). Система наблюдения за реакцией биологических

объектов на воздействие поллютантов называется биологическим мониторингом. Биологический мониторинг включает в себя наблюдение, оценку и прогноз измерений состояния экосистем и их элементов, вызываемых антропогенным воздействием. Система мониторинга даёт возможность качественно и количественно оценить состояние среды и её изменения.

В наши дни, когда всё более актуальной становится проблема загрязнения окружающей среды, лишайники могут служить инструментом глобального мониторинга загрязнения атмосферного воздуха. Это связано с тем, что лишайники распространены по всему Земному шару и их реакция на внешнее воздействие довольно выраженная, в то время, как их собственная изменчивость незначительна и чрезвычайно замедленна по сравнению с другими организмами. К тому же, разные виды лишайников по-разному реагируют на загрязнение воздуха. Поэтому лишайники можно использовать как индикаторы степени загрязнённости атмосферного воздуха. По приуроченности к субстрату и видовому составу лишайники подразделяют на несколько экологических групп:

Эпилитные лишайники поселяются на камнях и скалах и представлены в основном накипными видами. Напочвенные лишайники редко встречаются на плодородных почвах и лучше развиваются в местах, мало пригодных для высших растений, например, на песчаных почвах, в тундре, полупустыне, на торфяниках. Эти лишайники могут расти, как на открытых местах, так и в лесах. Эпифитные лишайники в качестве субстрата используют деревья и кустарники. Среди них выделяют: эпифильные лишайники – растут на листьях деревьев и кустарников; эпиксилные лишайники – поселяются на обнаженной и обработанной древесине; настоящие эпифитные лишайники – предпочитают кору ствола и ветвей древесных растений.

В определенных условиях некоторые виды настоящих эпифитных лишайников могут нарастать с коры веток на листья (хвою) деревьев, заселять срезы пней, обработанную древесину. Нередко сплошь покрывают ствол дерева на большом участке. На этой основе стало развиваться особое направление индикационной экологии – лихеноиндикация. Различия между лишайниковыми флорами естественных и антропогенных ландшафтов были отмечены лихенологами (учёными, занимающимися лишайниками). Было установлено, что различные виды лишайников обладают разной чувствительностью. Одни растут только в естественных, нетронутых ландшафтах, другие переносят умеренное влияние цивилизации, сохраняясь в небольших посёлках и пр., а третьи способны расти и в крупных городах, по крайней мере, на их окраинах. Интересно, что городских условиях, одни виды лишайников вымирают сразу, а другие приспосабливаются даже к сильно загрязнённой среде.

Из всех экологических групп лишайников наибольшей чувствительностью обладают эпифитные лишайники (или эпифиты), т.е. лишайники, растущие на коре деревьев. Поэтому они и являлись объектом нашего мониторинга.

В данной работе впервые была произведена оценка содержания диоксида серы (SO₂) в атмосферном воздухе Ульяновской области в окрестностях села Октябрьское.

Материалы и методы

Заложение пробных площадок

Пробные площадки были заложены в сосновом лесу. На пробной площадке в центре выбиралось одно дерево, далее вокруг него выбирали ещё девять других деревьев. Деревья выбирались с учётом того, чтобы они были одной породы приблизительно, одного диаметра и одного возраста.

В ходе исследования было заложено 3 пробные площадки: 1) в 3 км от села Октябрьского, в северо-восточном направлении, вблизи родника «Кипучий»; 2) в 1,5 км от села Октябрьского, в северном направлении, автомобильная трасса «Павловка-Николаевка»; 3) в 2 км от села Октябрьского, в юго-западном направлении, вблизи цеха по переработке молока.

Определение видового состава лишайников

Для определения видового многообразия лишайников использовали методическое пособие «Изучение флоры и экологии лишайников (методика описаний лишайниковых сообществ)» А.С. Боголюбов, М.В. Кравченко «Экосистема», 2006 [1]. Также использовался атлас – определитель видов лишайников России [2]. Таблица № 1 иллюстрирует пример идентификации лишайников по форме таллома.

Таблица 1. Видовое многообразие эпифитных лишайников на основе формы таллома.

Накипные	Порошкообразный лишайник, слоевище в виде корочки, сросшейся с корой дерева или поверхностью камня
Листоватые	Лишайник с листообразным слоевищем, с четко выраженной нижней коркой, растет в виде чешуек, отделяющихся от поверхности субстрата
Кустистые	Лишайник кустистой или прямой волосовидной формы, растет в виде нитей или кустиков с широким плоским основанием

Качественная и количественная оценка загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы SO₂

Для оценки площади покрытия коры деревьев лишайниками использовался метод сеточек-квадратов [3] (Боголюбов А. С., «Экосистема» 2000 год) с модификациями. Для оценки этим методом была использована палетка (рис.3).

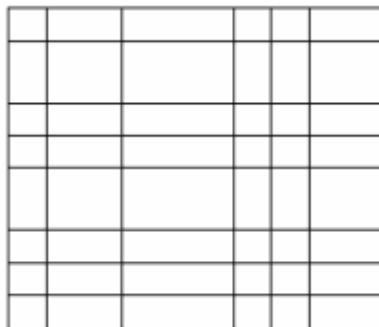


Рис. 3. Палетка

Палетка была изготовлена из прозрачной ёмкости объёмом в два литра. Вырезали квадрат размером 10 см в длину и ширину. Далее данный квадрат размечали на 100 равных клеток, т.е. на одной палетке получали 100 равных клеток размером 1 см². На каждом стволе измерения производились 4 раза со всех сторон света (север, юг, запад, восток), на уровне полтора метра (1,5 м) от поверхности земли. Для правильной ориентировки в пространстве использовался туристический компас. Подсчёт начинали с клеток, которые были наиболее (более половины клетки), заняты лишайником (обозначали буквой «а»: проективное покрытие = 100 %). Затем подсчитывали клетки, наименее (менее половины клетки), занятые лишайником (обозначали буквой «b»: проективное покрытие = 50 %). Общее проективное покрытие, обозначали буквой «R» и использовали для качественной оценки атмосферного воздуха на наличие диоксида серы (SO₂) по предложенной формуле (Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды: Методическое пособие. М. Экосистема, 2007, 25 с.) [4]:

$$R = (100a + 50b) / C (\%),$$

где C – общее количество клеток на палетке, равное 100; a – проективное покрытие, равное 100%; b – проективное покрытие, равное 50% .

Для каждой конкретной площадки подсчитывали среднее проективное покрытие R ср.(%), которое представляло собой среднее арифметическое показателей общего проективного покрытия, посчитанное для каждого дерева на данных площадках.

Для количественной оценки степени загрязнения атмосферного воздуха рассчитывали индекс полеотолерантности.

Индекс полеотолерантности (I.P., И.П.) вычисляется по формуле [5] (формула 5):

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i C_i}{C_n}$$

где n - количество видов на площадке описания, A_i - класс полеотолерантности вида, C_i - покрытие конкретного вида лишайников в баллах, C_n - суммарное проективное покрытие видов, i – индивидуальный индекс вида.

Покрытие вида в баллах (C_i), наиболее пригодное для Европейской части России по классификации Трасса, 1995г. «Классы полеотолерантности», демонстрирует таб. 2 [6].

Таблица 2. Корреляция проективного покрытия (R,%) и покрытия вида (C_i) по классу полеотолерантности определяющего для конкретного вида лишайника.

Оценка покрытия, R(%)	1-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100
Балл с _i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Статистическая обработка

Статистическая обработка данных производилась с использованием программы Sigma Stat 3.5 при помощи Mann-Whitney Rank Sum Test.

Результаты

Идентификация видового состава лишайников на пробных площадках и определение концентрации диоксида серы SO₂ на основе индекса полеотолерантности

В процессе исследования видового разнообразия лишайников на пробных площадках, как описано в методах, было идентифицировано 3 вида (рис.4).

Для каждого из трёх видов лишайников был рассчитан индекс полеотолерантности по формуле описанной в методах. Результаты представлены в таблице №3.

Для определения концентрации диоксида серы SO₂ в атмосферном воздухе, в соответствии с индексом полеотолерантности (таб.3) была использована таблица № 4 [7].

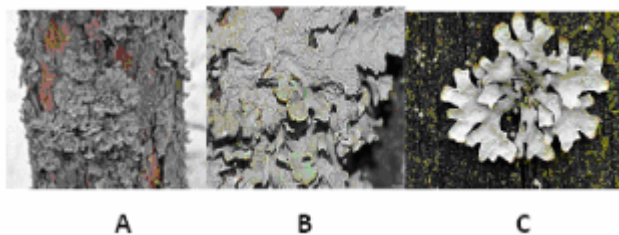


Рис. 4. Видовое разнообразие лишайников. А. Гипогимния обычная — *Hypogymnia* Nyl.; В. Кладония вздутая — *Cladonia turgida* (Ehrh.) Hoffm.; С. Пармелия бороздчатая — *Parmelia sulcata* Tayl.

Таблица 3. Данные индекса полеотолерантности для каждого из трёх видов на площадках.

Виды	Площадка №1	Площадка №2	Площадка №3
1. Гипогимния обычная <i>Hypogymnia</i> Nyl.	3 (I.P.= 3 4/4= 3)	5 (I.P.= 5 1/1=5)	3 (I.P.= 3 3/3=3)
2. Кладония вздутая <i>Cladonia turgida</i> (Ehrh.) Hoffm.	отсутствует	3 (I.P.= 3 1/1=3)	3 (I.P.= 3 3/3=3)
3. Пармелия бороздчатая <i>Parmelia sulcata</i> Tayl.	1 (I.P.= 1 4/4= 1)	отсутствует	1 (I.P.= 1 1/1=1)

Примечание: Слева в первой колонке обозначены виды идентифицированных лишайников. Для площадок №1 – 3, индекс полеотолерантности (I.P.; расчёт показан в скобках), вычисленный согласно формуле [5] описанной в методах.

Таблица 4. Корреляция индексов полеотолерантности лишайников и концентрации выбросов диоксида серы SO₂ (в год).

Индекс полеотолерантности	Концентрация диоксида серы, (мг/м ³)	Зона (по Сернандеру)
1 – 2	--	«Нормальная зона»
2 – 5	0,01 – 0,03	«Смешанная зона (I)»
5 – 7	0,03 – 0,08	«Смешанная зона (II)»
7 – 10	0,08 – 0,10	«Зона борьбы (I)»
10	0,10 – 0,30	«Зона борьбы (II)»
0	Более 0,3	«Лишайниковая пустыня»

Анализ заложенных пробных площадок

Анализ заложенных пробных площадок (таб. 5, рис. 3) показал следующее:

На площадке №1 проективное покрытие оказалось самым высоким – оно составляло 38,47% ± 2,21 (таб. 5). Согласно (таб. 4) концентрация диоксида серы на данном участке составляла 0,03 – 0,08 (мг/м³) и площадка №1 относилась к «смешанной зоне (I)». Мы предполагаем, что низкая концентрация диоксида серы SO₂ и высокое проективное покрытие лишайником связано с тем, что площадка № 1 находится в экологически чистой зоне с отсутствием близлежащих промышленных предприятий и автомобильных дорог.

На площадке № 2 было обнаружено самое низкое проективное покрытие – 6, 84% ± 0,81 (таб. 5), т.е. популяция лишайников была представлена незначительно. Эта площадка относилась к «зоне борьбы (I)» и концентрация диоксида серы составляла - 0, 08 – 0,10 (мг/м³) (таб.4). Мы предполагаем, что более высокая концентрация диоксида серы SO₂ и низкое проективное покрытие лишайником связано с тем, что площадка №2 находится на расстоянии 25 м от центральной автомобильной трасы «Павловка – Николаевка».

На площадке №3 проективное покрытие составило – 24,2% ± 0,87 (таб. 5). Данная площадка относилась к «смешанной зоне (II)» и концентрация диоксида серы составляла 0,03 – 0,08 (мг/м³). Поскольку вблизи площадки №3, промышленные предприятия и автомобильные дороги отсутствуют, концентрация диоксида серы SO₂ была незначительной. Находящееся вблизи предприятие по переработке молока особого отрицательного влияния не оказывает.

Данные среднего проективного покрытия с трёх заложенных пробных площадок (таб. 5) были обработаны при помощи программы Sigma Stat 3.5 с помощью Mann-Whitney Rank Sum Test. Результаты графически представлены на рис. 5.

На данном рисунке представлено среднее проективное покрытие R ср.(%), подсчитанное в таб. 5 Номера пробных площадок отображены по оси категорий, среднее проективное покрытие R ср.(%) – по оси значений. Скобками показаны статистически достоверные различия (p<0,05) между пробными площадками. При этом величина p представлена над соответствующими скобками.

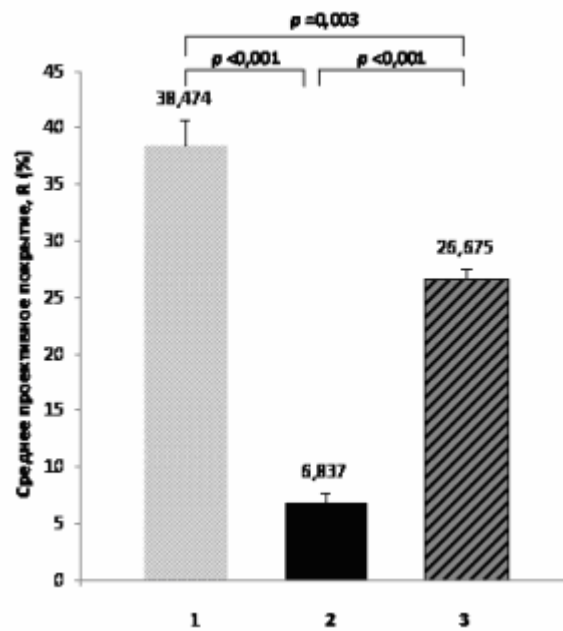


Рис. 5. Среднее проективное покрытие с трёх площадок

Выводы

На основе полученных данных о состоянии атмосферного воздуха в районе села Октябрьское Ульяновской области, был произведен экологический мониторинг на содержание диоксида серы SO_2 . Анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. С целью идентификации содержания диоксида серы SO_2 в атмосферном воздухе был определён видовой состав лишайников на территории исследованных участков. На данных площадках был определён эпифитный лишайник – Гипогимния обычная (*Hypogymnia Nyl.*), который считается устойчивым к загрязнению атмосферного воздуха диоксидом серы SO_2 . Это свидетельствует о том, что экологическая обстановка на исследуемой территории является умеренно – благоприятной.

2. По мере удаления от посёлка, а соответственно и автотранспорта, концентрация диоксида серы SO_2 в атмосферном воздухе статистически достоверно снижалась ($p < 0,05$). Самая высокая концентрация SO_2 была обнаружена на площадке № 1 и 3, вблизи которых не располагались объекты, загрязняющие атмосферный воздух. На основе полученных данных о концентрации диоксида серы SO_2 в атмосферном воздухе, площадка № 2 относится к «зоне борьбы» (относительно – неблагоприятная зона: концентрация SO_2 : 0,08 – 0,10 мг/м³), а площадка № 1 и 3 – к «смешанной зоне» (относительно – благоприятная зона: концентрация SO_2 : 0,03 – 0,08 мг/м³). Предположительно главным источником загрязнения воздуха на площадке № 2 явился автотранспорт, т.к. эта площадка находилась на незначительном удалении (25 м) от центральной автомобильной трасы «Павловка – Николаевка».

Заключение

В данной работе впервые была произведена количественная оценка содержания диоксида серы в атмосферном воздухе в окрестностях села Октябрьское Ульяновской области. Подобное исследование планируется провести на территории города Саратова.

Литература

1. Методика описаний лишайниковых сообществ // А.С. Боголюбов, М.В. Кравченко «Экосистема», 2006.
2. Определитель лишайников России. Т.6-8. <http://www.ecosystema.ru/04materials/guides/03lich.htm>.
3. «Метод сеточек-квадратов» // Боголюбов А. С., «Экосистема» 2000 год.
4. Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лишайноиндикации загрязнений окружающей среды // Методическое пособие. М. Экосистема, 2007, 25 с.
5. <http://www.ecosystema.ru/07referats/pchelkin/monitoring.htm>
6. Трасс Х.Х. Классы полевотолерантности лишайников и экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат. 198
7. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие. М.: АГАР. 2000. - 386с.
8. Боголюбов А.С., Пчелкин А.В. Методы лишайноиндикации загрязнений окружающей среды: Методическое пособие. – М.: Экосистема, 1997.
9. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. – М.: Научный мир, 2002. – 336с.
10. Жидков А.Н., Мартынюк А.А. Использование эпифитных лишайников для оценки воздушной среды и состояния лесных насаждений // Лесхоз. инф., 2004, N11.
11. Кравченко М.В. Лишайноиндикация. Учебное пособие. — Проект "Экологическое содружество". М.: 2003, 41с.
12. Кравченко М.В., Боголюбов А.С. Методика описания лишайниковых сообществ // Экосистема. М.: 1996.
13. Боголюбов А.С., Пчелкин А.В. Методы лишайноиндикации: Методическое пособие. – М.: Экосистема, 2006

Таблица 5. Анализ проективного покрытия на заложенных пробных площадках.

№ дерева	№ пробной площадки	Север		Юг		Запад		Восток		общее проективное покрытие R(%)	среднее проективное покрытие R _{ср.} (%)
		100% «а»	50% «b»	100% «а»	50% «b»	100% «а»	50% «b»	100% «а»	50% «b»		
1	1	48	12	26	15	19	12	44	15	44,75	38,47±2,21
2		25	38	35	26	18	15	67	17	48,25	
3		12	9	26	31	4	9	14	23	23	
4		22	31	33	7	36	34	29	21	41,63	
5		22	12	36	19	11	28	19	8	30,37	
6		17	23	28	32	30	22	26	34	39	
7		19	23	41	24	28	18	39	20	41,37	
8		36	24	34	19	18	12	31	10	38	
9		31	29	24	21	30	29	29	34	41,52	
10		33	24	29	31	42	12	23	17	40,87	
1	2	5	7	8	3	3	2	11	5	8,87	6,84±0,81
2		7	4	5	4	6	4	2	1	6,5	
3		1	3	5	32	6	17	1	9	11,52	
4		3	2	1	1	8	9	1	2	5,11	
5		2	1	4	3	1	1	2	3	3,25	
6		6	3	5	3	1	3	2	7	5,63	
7		3	4	5	3	7	4	2	3	6,23	
8		2	7	3	2	2	8	5	2	5,26	
9		6	2	4	6	3	7	1	5	6,41	
10		8	7	7	8	7	16	1	12	10,87	
1	3	11	43	14	11	20	15	8	23	24,76	24,21±0,87
2		15	26	10	31	11	29	24	19	28,14	
3		13	32	17	26	19	34	14	27	30,65	
4		12	16	10	11	18	26	15	23	23,26	
5		15	28	20	13	23	18	15	22	28,36	
6		14	16	16	27	15	14	18	31	26,73	
7		19	20	17	14	15	37	12	21	27,31	
8		20	28	14	21	16	29	12	31	29,12	
9		17	22	21	34	15	24	4	25	27,39	
10		16	23	11	13	1	4	25	27	21,51	

Примечание: Слева в первой колонке обозначены порядковые номера деревьев с конкретных площадок; во второй – порядковые номера пробных площадок; данные проективного покрытия лишайников для конкретного дерева представлены в зависимости от локализации лишайников по частям света (север, юг, запад, восток); процентные данные об общем проективном покрытии с каждого дерева вычислены согласно формуле описанной в методах; среднее процентное проективное покрытие с площадок R_{ср.}(%), представляет собой среднее арифметическое общего проективного покрытия R(%) с каждой площадки ± SE (стандартная ошибка средней); а и b – проективное покрытие равное 100% и 50% соответственно, как указано в методах.