

УДК 504.064.02

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Каплина С.П., Каманина И.З.

ГБОУ ВПО МО «Международный университет природы, общества и человека «Дубна»,  
Дубна, e-mail: sv\_kap@mail.ru

Работа посвящена оценке экологического состояния населенных пунктов (г. Дубна и городское поселение Дмитров) с численностью населения до 100 тыс. чел. с промышленностью, характеризующейся относительно небольшими объемами производства, расположенных на севере Московской области. Приведены данные геохимического исследования состояния почв и снежного покрова. Оценка экологического состояния компонентов окружающей среды проведена на основе коэффициента суммарного загрязнения ( $Z_c$ ) для почв и снежного покрова с использованием местных фоновых значений, она позволила районировать территорию города Дубна и городского поселения Дмитров по уровню загрязнения и выявить основные ассоциации загрязнителей. На основе сопряженного анализа данных выявлены экологически неблагоприятные участки в условиях постоянно действующих источников загрязнения, приуроченные к промзонам и автодорогам.

**Ключевые слова:** город, почва, снежный покров, тяжелые металлы, экологическое состояние

## ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF URBAN AREAS

Kaplina S.P., Kamanina I.Z.

International University of Nature, Society and Man «Dubna», Dubna, e-mail: sv\_kap@mail.ru

This work is devoted to estimation of the ecological condition in the towns (Dubna and Dmitrov) with a population less than 100 thousand people with the little developed industry located in the north of Moscow Region. The data of the geochemical researches of soil and snow cover composition are represented in this article. The total indicator of concentration ( $Z_c$ ) for soil and snow cover has been calculated with background values determined specifically for the investigated area. And then the estimation of the ecological condition in the towns is carried out on the basis of this one. This allowed to reveal area of the different pollution and determined principal associations of pollutants. On the basis of cross-spectrum data analysis revealed ecologically neglected zones have been revealed. This zones are located under permanent pollution sources confined to industrial zones and roads.

**Keywords:** town, soil, snow cover, heavy metals, environmental condition

Проблема определения характера и уровней загрязнения на городской территории является одной из наиболее актуальных, так как ее решение является основой для оценки и прогнозирования состояния и изменения компонентов окружающей среды и здоровья населения. В настоящее время накоплен обширный материал по оценке экологического состояния различных компонентов окружающей среды, прежде всего на территориях с высоким уровнем антропогенной нагрузки, мегаполисах и крупных промышленных центрах. Малые и средние города России (с численностью населения до 100 000 чел.) остаются недостаточно изученными или не изученными вовсе, поскольку большинство исследователей обходят вниманием такого рода объекты, считая их благоприятными в экологическом отношении. При этом такие города составляют большую часть городов России, 85%, в которых проживает четверть населения страны, [10] и, несомненно, заслуживают внимания.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования были выбраны населенные пункты (г. Дубна и городское поселение Дмитров) с численностью населения до 100 тыс. чел. с промышленностью, характеризующейся относи-

тельно небольшими объемами производства. Оба объекта расположены на севере Московской области на расстоянии 128 и 65 км соответственно. Город Дубна является городом областного подчинения и наделен статусом наукограда. В состав городского поселения Дмитров входит г. Дмитров и близлежащие деревни и села. Основным источником загрязнения атмосферного воздуха на территории исследованных населенных пунктов является автотранспорт, среди стационарных источников – котельные. Суммарный выброс от стационарных источников в среднем составляет для г. Дубны ~ 1500 т/год [2, 4]; для г. п. Дмитров ~ 1650 т/год [3], выбросы от автотранспорта – ~ 2000 т/год [4] и ~ 2457 т/год [3] соответственно. Среди промышленных предприятий преобладает машиностроение, приборостроение, деревообработка, производство строительных материалов. На территории г. Дубны выделяется несколько крупных промзон: на западе в левобережной части города сосредоточены градообразующие предприятия машиностроительного комплекса; в правобережной части – промзона «Александровка», где расположен ряд предприятий разного профиля, промплощадка на юге города и 2 промплощадки ОИЯИ (Объединенного института ядерных исследований). В городе Дмитров выделены 4 крупные промышленные зоны: северная (в районе бывшего поселка Каналстрой); линейная – между полосой отвода Савеловского направления железной дороги и улицами Профессиональной и Промышленной; центральная – севернее мкр. Космонавтов в районе Окружной автодороги и южная – в районе действующего и закрытого карьеров на юго-восточной окраине города Дмитров.

Оценка экологического состояния окружающей среды г. Дубны и г. п. Дмитров проводилась на основе данных о состоянии почв и снежного покрова в период 2006–2010 гг. Отбор проб проводился по равномерной случайно-упорядоченной сетке с охватом всех функциональных зон. Пробы почв были отобраны из верхнего горизонта; каждая проба представляла собой смешанный образец, отобранный с площадки 10x10 м методом «конверга» [6]. В образцах определялись общие показатели и содержание тяжелых металлов (ТМ) (Pb, Zn, Cd, Cu, Ni) в 1 н. HNO<sub>3</sub> вытяжке методом атомной абсорбции. Отбор проб снежного покрова проводился в период максимального влагозапаса из всей толщи снежного покрова [7]. Были определены гидрохимические показатели и содержание ТМ (Pb, Zn, Cd, Cu, Ni) в твердой фазе методом атомной абсорбции. Все определения проводились в аккредитованной лаборатории по стандартным методикам.

Все полученные данные были обработаны методами математической статистики с использованием программных пакетов *Statistica 6.0* и *Microsoft Excel*. Анализ полученных статистических параметров показал, что распределение данных по всем показателям отклоняется от нормального распределения.

Для оценки уровня загрязнения почв и снежного покрова полученные данные сравнивались с местными фоновыми значениями, кроме того, содержание ТМ в почве – с гигиеническими нормативами ОДК (ПДК). В качестве фоновых были выбраны концентрации в районах, испытывающих минимальное антропогенное влияние (для г. Дубны – район «Ратмино», для г. п. Дмитрова – район с. Внуково). Состояние почв и снежного покрова оценивалось по общепринятым геохимическим показателям: коэффициент концентрации химических элементов ( $K_c$ ); суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ); общая масса пыли в снеговой пробе ( $P_n$ ); общая нагрузка загрязнения ( $P_{общ}$ ); коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента ( $K_p$ ); суммарный показатель нагрузки ( $Z_p$ ) [5].

На основе полученных данных были построены картосхемы распределения концентраций всех измеренных элементов и показателей в почве и снежном покрове при помощи программных комплексов *Integro* (версия *Grin View 2.0*), *Surfer* (версия 9.0), *MapInfo* (версия 7.0) или *ArcView GIS* (версия 9.3).

### Результаты исследования и их обсуждение

**Почвы.** В целом почвы района исследования дерново-подзолистые, сформированные на легких флювиогляциальных и древнеаллювиальных отложениях. Естественные дерново-подзолистые почвы с разной степенью выраженности гидроморфизма приурочены к рекреационным зонам городских лесов и лесопарков. Почвы селитебной и промышленных зон (урбано-земы) г. Дубны сформированы на насыпных грунтах, в городском поселении Дмитров на разной степени преобразованности дерново-подзолистых супесчаных почвах.

Результаты исследования показали, что по химическим показателям почвы г. Дубна можно разделить на 2 группы:

1) почвы рекреационных зон имеют кислую реакцию среды (рН 3,1–4,2), низ-

кое и среднее содержание гумуса, высокие значения гидролитической кислотности (> 10 мг·экв/100 г почвы) и пониженную степень насыщенности основаниями (20–50%);

2) почвы селитебной и промышленных зон отличаются слабощелочной и щелочной реакцией среды (рН 7,0–8,2), низким содержанием гумуса (2–4%), низкой гидролитической кислотностью и высокой степенью насыщенности основаниями (85–99%). Почвы г. п. Дмитров отличаются своей относительной однородностью и характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией среды (рН 6,0–7,5), очень низкой и низкой степенью гумусности (до 4%) и высокой степенью насыщенности основаниями (90–99%).

Результаты исследования показали, что на обследованной территории ни в одной пробе не выявлено превышения ОДК для почв населенных мест, однако выявлено повышенное содержание тяжелых металлов относительно местных фоновых значений. С учетом класса опасности почвы г. Дубны и г. п. Дмитров относятся к *слабой степени загрязнения* неорганическими веществами [6].

Значение рН и содержание тяжелых металлов в почвах города Дубны и городского поселения Дмитров представлены в табл. 1.

Районирование по уровню загрязнения почв относительно местных фоновых значений по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) показало, что основная часть территории города Дубна относится к *среднему уровню* загрязнения ( $Z_c$  16–32). Почвы на окраинах города (в основном правобережной части) соответствуют *низкому уровню* загрязнения ( $Z_c < 16$ ). Выявлены районы с *высоким уровнем* загрязнения ( $Z_c$  32–128): в левобережной части в районе въезда на плотину и в районе частной застройки (ул. Кирова, ул. Урицкого), основной вклад вносят Cu и Cd; в правобережной части города – практически вся Институтская часть, включая зоны жилой застройки, основной вклад в загрязнение вносят Cu и Cd. Район с *очень высоким уровнем* загрязнения ( $Z_c > 128$ ) приурочен к промышленной зоне «Александровка», основной вклад вносят Cu, Cd, Zn.

Большая часть территории городского поселения Дмитров относится к *низкому уровню* загрязнения ( $Z_c < 16$ ). В юго-восточной части г. Дмитрова выявлен район, приуроченный к центральной промышленной зоне и восточной объездной дороге. Данная аномалия имеет четко выраженное ядро с *высоким уровнем* загрязнения ( $Z_c$  32–128), захватывая зону жилой застройки микрорайон Космонавтов, основной вклад вносят Cu, Zn, Pb, Cd, и зону со *средним уровнем* загрязнения ( $Z_c$  16–32) на периферии данной аномалии (простирается

на востоке до д. Митькино, на юге – с. Борисово и ул. Одинцово, на западе – ул. Московская, на юго-западе – ул. Волгостроевская и на севере – ул. Аверьянова). Также выделяется район «Заречье» в западной

части г. Дмитрова, который характеризуется *средним уровнем* загрязнения ( $Z_c$  16–32), основной вклад вносят Pb, Ni, Cu, Zn, Cd в данном районе располагается ряд промышленных предприятий.

Таблица 1

Значение pH и содержание тяжелых металлов в почвах г. Дубны и г. п. Дмитров ( $P = 0,95$ )

Элемент Показатель	$\bar{X}$	Med	Min	Max	D	$\sigma$	$S_{\bar{x}}$
Город Дубна ( $n = 47$ )							
pH	6,22	6,70	3,10	8,20	2,32	1,52	0,22
Pb	2,15	1,86	0,50	5,67	1,58	1,26	0,18
Zn	6,23	5,47	0,43	20,54	20,03	4,48	0,65
Cd	0,09	0,08	0,012	0,275	0,00	0,05	0,01
Cu	1,80	1,04	0,09	17,91	9,93	3,15	0,46
Ni	1,14	0,99	0,17	4,98	0,68	0,83	0,12
Городское поселение Дмитров ( $n = 30$ )							
pH	6,85	7,07	3,56	7,47	0,57	0,75	0,14
Pb	3,08	1,99	0,63	20,97	13,78	3,71	0,68
Zn	9,11	5,92	1,72	36,16	58,41	7,64	1,40
Cd	0,02	0,02	0,002	0,064	0,00	0,01	0,001
Cu	0,90	0,57	0,20	7,52	1,85	1,36	0,25
Ni	1,10	0,95	0,40	2,52	0,29	0,54	0,10

Примечания:  $n$  – количество точек в выборке;  $\bar{X}$  – среднее значение;  $Med$  – медиана;  $Min$  – минимум;  $Max$  – максимум;  $D$  – дисперсия;  $\sigma$  – стандартное отклонение;  $S_{\bar{x}}$  – ошибка среднего.

### Снежный покров

Результаты исследования состояния снежного покрова показали, что на обследованной территории наблюдается повсеместное подщелачивание атмосферных осадков, в том числе на фоновых территориях. На территории г. Дубны 61% проб имеет значение pH от 6 до 7. На территории г. п. Дмитров 59% исследованных проб имеют значение pH > 6,5, в то время как незагрязненным атмосферным осадкам свойственно значение pH 5,6, что обусловлено наличием в атмосфере  $CO_2$  [1, 8, 9]

Расчет пылевой нагрузки показал, что вся обследованная территория г. Дубны и г. п. Дмитров имеет *низкий уровень* загрязнения пылью (100–250 кг/км<sup>2</sup>·сут), по суммарному показателю нагрузки ТМ с атмосферными выпадениями ( $Z_p$ ) вся территория также характеризуется *низким уровнем* загрязнения ( $Z_p$  менее 1000 мг/км<sup>2</sup>·сут).

Районирование по уровню загрязнения снежного покрова относительно фона на основе суммарного показателя загрязнения  $Z_c$  показало, что большая часть территории г. Дубны относится к *низкому уровню* загрязнения ( $Z_c$  32–64). В левобережной части города выделяются районы с *высоким уровнем* загрязнения ( $Z_c$  128–256) южнее

промзоны, основной вклад вносят Cd, Pb, Zn; в зоне селитебной застройки основной вклад вносят Cd, Pb, Zn, Cu. Районы с *очень высоким уровнем* загрязнения ( $Z > 256$ ) выделяются в зоне частной застройки, основной вклад вносят Pb, Zn, Cd, и на северо-востоке от промзоны, основной вклад вносят Cd, Pb, Cu, Zn.

Районирование территории городского поселения Дмитров по уровню загрязнения снежного покрова показало, что большая часть относится к *низкому уровню* загрязнения ( $Z_c$  32–64). Район с *высоким уровнем* загрязнения ( $Z_c$  128–256) выявлен на юге г. Дмитров в непосредственной близости от южной промзоны, основной вклад в загрязнение вносят Zn, Cu, Ni, Pb. Район со *средним уровнем* загрязнения ( $Z_c$  16–32) отмечается южнее д. Спиридово (развязка Московского большого кольца), основной вклад вносит Ni, что вероятнее всего связано с истиранием тормозных колодок при торможении автотранспорта на развязке дорог и выделением продуктов сгорания дизельного топлива.

Статистические показатели значения pH, содержания тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова и их среднесуточной нагрузки на территории г. Дубны и г. п. Дмитров представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значение рН, содержание тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова и их среднесуточная нагрузка г. Дубны и г. п. Дмитров

Показатель \ Элемент	$\bar{X}$	Med	Min	Max	D	$\sigma$	$S_{\bar{x}}$
Город Дубна							
рН, ед.	6,26	6,46	4,56	7,37	0,52	0,72	0,09
мг/кг							
Pb	368	58	17	5750	1081114	1040	178
Zn	2661	507	213	38750	51018816	7143	1225
Cd	10,39	1,50	0,41	113,0	696,56	26,4	5,28
Cu	243	48	20	2500	361894	602	103
Ni	276	32	14	3300	596931	773	133
мкг/(м <sup>2</sup> ·сут)							
Pb	2,8	2,3	0,6	16,3	9,2	3,0	0,5
Zn	4,7	1,1	0,1	80,2	193,4	13,9	2,4
Cd	0,09	0,04	0,03	0,77	0,02	0,15	0,03
Cu	1,8	1,8	0,7	3,0	0,4	0,6	0,1
Ni	2,1	1,3	0,5	12,0	7,2	2,7	0,5
Городское поселение Дмитров							
рН, ед.	6,7	6,6	5,6	9,4	0,4	0,6	0,1
мг/кг							
Pb	354	223	76	2271	185563	431	76
Zn	2358	1545	396	20790	12574343	3546	627
Cd	2,11	1,66	0,55	8,04	2,76	1,66	0,29
Cu	261	176	39	1863	107957	329	58
Ni	613	154	66	7164	1805556	1344	238
мкг/(м <sup>2</sup> ·сут)							
Pb	7,2	5,3	1,9	41,2	62,4	7,9	1,4
Zn	41,2	32,0	13,5	120,0	648,2	25,5	4,5
Cd	0,04	0,03	0,02	0,17	0,00	0,03	0,01
Cu	4,9	4,0	1,3	23,2	15,1	3,9	0,7
Ni	5,2	1,8	0,7	75,2	173,4	13,2	2,3

Примечания:  $n$  – количество точек в выборке;  $\bar{X}$  – среднее значение;  $Med$  – медиана;  $Min$  – минимум;  $Max$  – максимум;  $D$  – дисперсия;  $\sigma$  – стандартное отклонение;  $S_{\bar{x}}$  – ошибка среднего.

Для урбанизированных территорий важным является не абсолютное значение концентрации ТМ в снежном покрове, а показатель массы элемента с выпадениями пыли на снежный покров, учитывающий пылевую нагрузку мкг/(м<sup>2</sup>·сут).

Результаты среднесуточной нагрузки исследованных металлов представлены в табл. 2. Полученные данные хорошо сопоставимы с данными Василенко В.Н. (1985), полученными для городов с ограниченной местной промышленностью (7 городов) [1].

Сопряженный анализ загрязнения почв и снежного покрова позволил провести районирование территорий г. Дубны и г. п. Дмитров по динамическим особенностям загрязнения.

Результаты исследования показали, что на территории города Дубны частичное наложение зон повышенных значений отмечается в районе туннеля и плотины (Pb, Zn, Cd, Ni). В данном районе расположена автодорога, которая является единственным транспортным сообщением между левобережной и правобережной частями города. Восточнее левобережной промзоны (Pb, Cd), где расположены предприятия машиностроительного комплекса. В районе промзоны «Александровка» (Zn), где располагаются предприятия различного профиля. На территории городского поселения Дмитров частичное наложение зон повышенных значений отмечается в центре г. Дмитрова (старая часть) – Cd и на западе в районе «Заречье» – Ni.

### Выводы

1. Применение стандартного подхода к оценке экологического состояния урбанизированных территорий, но с применением местных фоновых значений дает возможность районировать территорию городов, не испытывающих высокого техногенного загрязнения. На примере г. Дубны и г. п. Дмитров показано, что территория таких населенных пунктов все же неоднородна с точки зрения качества среды. Выделены участки, испытывающие относительно повышенную антропогенную нагрузку.

2. Районирование территорий г. Дубна и г. п. Дмитров по уровню загрязнения почв и снежного покрова выявило неблагоприятные районы, приуроченные к промзонам и автодорогам. Выявлены основные ассоциации загрязнителей: для почв г. Дубны – Cu, Cd, Zn, для г. п. Дмитров – Cu, Zn, Pb, Cd, Ni; для снежного покрова г. Дубны – Cd, Pb, Zn, Cu, г. п. Дмитров – Zn, Cu, Ni

3. Сопряженный анализ данных о состоянии почв и снежного покрова позволил выделить на территории г. Дубны и г. п. Дмитров зоны с повышенным содержанием загрязнителей в условиях постоянно действующих источников загрязнения.

### Список литературы

1. Василенко В. Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л., Гидромет, 1985. – 195 с.
2. Введение в экологию. Город Дубна – история и экология / С.Г. Баша, М.И. Буланова, И.Л. Григорьева и др. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 2001 – 164 с.
3. Генеральный план Муниципального образования городское поселение Дмитров Дмитровского муниципального района Московской области. В 2 т. Т. 2. – М.: ГУП МО «НИИПИ градостроительства», 2010. – 407 с.
4. Годовой отчет об экологической обстановке на территории г. Дубна за 2005 г. – Дубна: РЭЦ «Дубна», 2006. – 46 с.
5. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – № 5174-90 (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15.05.1990). – М., 1990 – 16 с.
6. МУ 2.1.7.730-99. Методические указания. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. – М.: Санэпидиздат 1999. – 26 с.
7. РД 52.04.186-89. Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Министерство здравоохранения СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – 319 с.

8. Саг Ю.Е., Ревич Е.П. Янин и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

9. Сурикова Г.В. Химия атмосферы: учебное пособие / под ред. Ю.К. Васильчука – М.: Изд-во Моск. у-та, 2002. – 210 с.

10. Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по городам, поселкам городского типа и районам на 1 января 2010 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b10\\_109/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_109/Main.htm). (дата обращения 03.04.2011).

### References

1. Vasilenko V.N. Monitoring zagryaznenija snezhnogo pokrova. L., Gidromet, 1985. 195 p.
2. Vvedenie v jekologiju. Gorod Dubna istorija i jekologija / S.G. Basha, M.I. Bulanova, I.L. Grigoreva i dr. Dubna: Mezhdunarodnyj universitet prirody, obshhestva i cheloveka «Dubna», 2001 164 p.
3. Generalnyj plan Municipalnogo obrazovanija gorodskoe poselenie Dmitrov Dmitrovskogo municipalnogo rajona Moskovskoj oblasti. Vol. 2 t. T. 2. M.: GUP MO «NIPI gradostroitelstva», 2010. 407 p.
4. Godovoj otchet ob jekologicheskoj obstanovke na territorii g. Dubna za 2005 g. Dubna: RJeC «Dubna», 2006. 46 p.
5. Metodicheskie rekomendacii po ocenke stepeni zagryaznenija atmosfernogo vozduha naselennyh punktov metallami po ih sodержaniju v snezhnom pokrove i pochve. no. 5174-90 (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom SSSR 15.05.1990). M., 1990 16 p.
6. МУ 2.1.7.730-99. Metodicheskie ukazaniya. Gigienicheskaja ocenka kachestva pochvy naselennyh mest. M.: Sanjpidizdat 1999. 26 p.
7. RD 52.04.186-89. Rukovodjashhij dokument. Rukovodstvo po kontrolju zagryaznenija atmosfery. Gosudarstvennyj komitet SSSR po gidrometeorologii. Ministerstvo zdrazvoohraneniya SSSR. M.: Gidrometeoizdat, 1991. 319 p.
8. Saet Ju.E., Revich E.P. Janin i dr. Geohimija okruzhajushhej sredy. M.: Nedra, 1990. 335 p.
9. Surikova G.V. Himija atmosfery: uchebnoe posobie./pod red. Ju. K. Vasilchuka M.: izd-vo Mosk. u-ta, 2002. 210 p.
10. Federalnaja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Chislenost naselenija Rossijskoj Federacii po gorodam, poselkam gorodskogo tipa i rajonom na 1 janvarja 2010 goda. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b10\\_109/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_109/Main.htm). (data obrashhenija 03.04.2011).

### Рецензенты:

Макаров О.А., д.б.н., профессор кафедры земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва;

Судницын И.И., д.б.н., профессор кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 18.04.2014.