

УДК 504 + 519.6 + 574

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ АДЛЕРСКОГО РАЙОНА БОЛЬШОГО СОЧИ

¹Архипова О.Е., ²Приваленко В.В.¹ФГБУН «Институт аридных зон Южного научного центра РАН»,
Ростов-на-Дону, e-mail: arkhipova@ssc-ras.ru;²ООО НПП «Экологическая лаборатория», Ростов-на-Дону, e-mail: privav@aaanet.ru

По материалам исследований показателей геохимического загрязнения атмосферы («пылевой нагрузки») территории Адлерского района Большого Сочи, проведенных летом 1992 и 2010 гг. (19 и 27 станций) выполнен сравнительный анализ пространственно-временной изменчивости загрязнения района мелкодисперсными частицами и адсорбированными ими тяжелыми металлами в периоды до и после начала строительства объектов зимней олимпиады «Сочи-2014». Выполнено районирование территории по уровню загрязнения атмосферными выпадениями. В зонах интенсивного строительства установлены факты превышения природного фона по средним показателям в 5–20 раз. При этом только в единичных случаях ПДК для уровня загрязнения курортной зоны превышены в 2 раза. Исследование проводится при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН и проекта РФФИ № 09-05-00194.

Ключевые слова: Адлерский район, загрязнение атмосферы, «пылевая нагрузка», тяжелые металлы, районирование

THE RESULTS OF ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL RESEARCHES OF ATMOSPHERIC POLLUTION OF ADLER DISTRICT OF SOCHI

¹Arkhipova O.E., ²Privalenko V.V.¹Institute of Arid Zones Southern Scientific Centre of Russian Academy of Science,
Rostov-on-Don, e-mail: arkhipova@ssc-ras.ru;²Ecological Laboratory, Rostov-on-Don, e-mail: privav@aaanet.ru

On materials of researches of geochemical indicators of atmospheric pollution («dust load») the territory of the Adler region of Big Sochi is made a comparative analysis of the spatial-temporal variability of contamination of the fine-dispersed particles and adsorbed them heavy metals. The period of analysis is up to and after the beginning of construction of objects of winter Olympic Games «Sochi-2014» (the summer of 1992 and 2010 (19 and 27 stations)). The territory zoning according to the level of pollution of atmospheric precipitations was performed. In zones of intensive construction the facts of exceeding the natural background by average indicators in 5–20 times were defined. However, only in a few cases MPC (maximum permissible concentration) for the pollution level of the resort area exceeded in 2 times. The study was founded at partial financial support of the Program of fundamental research of the Presidium of the RAS and the project of RFBR № 09-05-00194.

Keywords: the Adler district, the pollution of the atmosphere, «dust load», heavy metals, zoning

Одним из основных природных ресурсов территориально-рекреационного комплекса (ТРК) Большого Сочи является высокое качество атмосферного воздуха. В течение последних нескольких лет в процессе подготовки к проведению зимней олимпиады «Сочи-2014» в этом районе резко активизировалась строительная деятельность (транспортные развязки, автомагистраль Адлер – Красная поляна, морской порт, олимпийские объекты), что не могло не сказаться на качестве атмосферного воздуха. Кроме того, расширение курорта, интенсификация рекреационной нагрузки, сельскохозяйственного и промышленного производства в начале XXI века также отражаются на уровне экологической комфортности исследуемого района.

Цель работы – исследовать пространственно-временную изменчивость показателей загрязнения атмосферы Адлерского района Большого Сочи. Для ее

достижения были поставлены следующие задачи:

- отобрать пробы атмосферных выпадений на территории района;

- определить суммарное содержание в них мелкодисперсной пыли («пылевую нагрузку») и содержание различных (органических и неорганических) ее компонент;

- по известным соотношениям [3] рассчитать суммарное количество тяжелых металлов, содержащееся в пыли, и сравнить с выбранными фоновыми величинами;

- районировать территорию Адлерского района Большого Сочи по показателю загрязнения атмосферы мелкодисперсной пылью и тяжелыми металлами из атмосферных выпадений;

- провести сравнительную оценку полученных результатов с аналогичными данными для предшествующего периода, до активации хозяйственной деятельности в исследуемом районе.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленных задач использовались материалы экспедиционных исследований уровня загрязнения атмосферы в 19 пунктах на территории Большого Сочи летом 1992 года и в 27 пунктах Адлерского района Большого Сочи в августе 2010. Отбор атмосферных выпадений проводился по методике [3]. В качестве «планшета»-ловушки применялась кювета с дистиллированной водой, в которой в течение 20–30 суток осаждались атмосферные взвеси и аэрозоли. Состав высушенной пыли определялся

методом спектрального анализа. Для пересчета величин «пылевой нагрузки» в концентрации тяжелых металлов использовались зависимости, связывающие их переход из атмосферы в литосферу и гидросферу [4, 7]. Суммарный показатель загрязнения атмосферы рассчитывался по методике [5].

По результатам обработки собранных полевых геохимических материалов исследованная территория была районирована по уровню суммарного загрязнения атмосферы. При этом его критерии определялись из табл. 1 [3].

Таблица 1

Слагаемые суммарного загрязнения атмосферы

Уровень загрязнения	Пылевая нагрузка, кг/км ² в сутки	Концентрация металлов в нерастворимой неорганической пыли, кг/км ² в сутки				Концентрация загрязняющих веществ в воде ловушек		Суммарное загрязнение Zc
		свинец	хром	цинк	медь	сульфаты	аммиак	
Незначительное загрязнение	менее 200	менее 0,1	менее 0,5	менее 1	менее 0,1	менее 2	менее 0,1	2–16
Слабое	200–800	0,1–0,5	0,5–1,5	1,0–2,0	0,1–0,5	2,0–10,0	0,1–1,0	16–64
Среднее	800–1600	0,5–1,0	1,5–5	2,0–4,0	0,5–1,0	10,0–50	1,0–3,0	64–128
Сильное	1600–3200	1,0–2,0	5,0–15	4,0–8,0	1,0–2,0	50–100	3,0–5,0	128–256
Очень сильное	> 3200	> 2	> 15	> 8	> 2	> 100	> 5	> 256

При оценке масштабов загрязнения Адлерского района в качестве фоновых величин были приняты концентрации пыли и тяжелых металлов в атмосфере в верховьях р. Мзымта (район оз. Кардывач) – максимально удаленной от промышленных центров и мощных источников регионального и локального загрязнения (автострад и строительных площадок). Для сравнительной оценки среднего для района уровня загрязнения атмосферы в периоды до и после строительства олимпийских объектов и активизации других форм хозяйственной деятельности рассчитывались средние и экстремальные показатели, а также вклад каждого компонента геохимического загрязнения в его суммарную величину. При построении интегральной карты суммарного загрязнения атмосферы Адлерского района использовались методы пространственного моделирования ArcGis Desktop.

Результаты исследования и их обсуждение

1. «Пылевая нагрузка» территории Адлерского района. Среднее общее количество пыли, поступавшей на территорию Адлерского района Большого Сочи летом 2010 г., превышало 680 кг/км² в сутки – в 11 раз выше фоновой величины у оз. Кардывач (табл. 2). При этом доля нерастворимой пыли – основного адсорбента тяжелых металлов, составляла 82 % (558 кг/км²), нерастворимых органических соединений – 9,7 % (66 кг/м²), а растворимых солей – 8,3 % (57 кг/км²).

Максимумы общего загрязнения территории выпадениями из атмосферы отмечены в районе путепровода

(1634 кг/км²), порта (1474 кг/км²), Адлера (1146–1397 кг/км²), пос. Высокое (1187 кг/км²), пос. Хоста (1064 кг/км²). Эти величины превышают фоновую (63 кг/км²) в 25, 23, 18–22, 19, 17 раз соответственно (см. табл. 2). В этих же зонах в составе пыли отмечены максимальные (1430, 1357, 988–1245, 1024, 934 кг/км²) количества нерастворимых органических частиц, что превышает фоновую величину (18 кг/км²) в 79, 75, 55–69, 57, 52 раза.

Сравнивая полученные максимальные значения пылевой нагрузки территории Адлерского района с предельно допустимыми величинами среднесуточной концентрации пыли в воздухе для курортных зон (0,12 мг/м³) [6], легко рассчитать, что в самых загрязненных местах исследуемого района (путепровод и порт) этот показатель составлял 0,24 и 0,22 мг/м³ – **превышал ПДК в 2 раза.** При этом в районе Имеретинской долины (902 кг/км²) и Красной поляны (376 кг/км²) – в зоне интенсивного строительства олимпийских объектов, общая «пылевая нагрузка» **не превышала ПДК.**

2. Валовое содержание микроэлементов в атмосферной пыли. Среднее суммарное валовое содержание микроэлементов в атмосфере всех исследованных участков Адлерского района летом 2010 г. достигало 3099 мг/кг, что превышало фоновую величину (1375 мг/кг) в 1,8 раза. При этом максимальные превышения (рис. 1) наблюдались в Адлере (302–422 % –

4150–5800 мг/кг), в районе путепровода (415 % – 5700 мг/кг), Кудепста (276 % – 3800 мг/кг), Хоста (311 % – 4280 мг/кг), Казачий Брод (253 % – 3480 мг/кг), пос. Высокое (268 % – 3680 мг/кг), Кепша (208 % – 2860 мг/кг).

Таблица 2

Атмосферные выпадения (кг/км² в сутки) на территорию Адлерского района Большого Сочи и их структура в августе 2010 года

Номер пробы	Место отбора проб	Пыль нерастворимая неорганическая	Нерастворимые органические соединения	Растворимые соли	Общая масса выпадений
1	Имеретинка	768	87	47	902
2	порт	1357	66	51	1474
3	Адлер – пляж	267	34	98	399
4	Адлер – центр	1245	109	43	1397
5	Адлер	988	93	65	1146
6	Кудепста	812	76	43	931
7	Хоста	934	81	49	1064
8	Высокое	1024	78	85	1187
9	Путепровод	1430	115	89	1634
10	Веселое	658	65	46	769
11	Нижняя Шиловка	349	72	38	459
12	Нижняя Шиловка	355	58	36	449
13	Нижняя Шиловка	298	43	42	383
14	Верхняя Шиловка	243	51	53	347
15	Казачий Брод	451	79	75	605
16	Верхнениколаевская	411	67	61	539
17	Красная Воля	363	80	57	500
18	Калиновое озеро	322	47	83	452
19	Галицино-пещеры	409	53	56	518
20	Галицино	378	58	66	502
21	Красная скала	560	62	72	694
22	Кепша	451	74	83	608
23	Чвижепсе	344	63	70	477
24	Красная Поляна	298	48	30	376
25	Эсто-Садок	315	53	36	404
26	Устье Пслуха	29	34	22	85
27	оз. Кардывач	18	24	21	63
Среднее		558,4	65,6	56,2	680

В районах активного олимпийского строительства и вдоль оживленных автострад (Адлер, путепровод, Имеретинская долина, Кудепста, Хоста, Высокое, Казачий Брод, Галицино) по отдельным токсичным элементам (Mn, Ni, V, Cr, Cu, Pb) превышения составляли 500–1000 %/(см. табл. 3).

Для исследуемой территории характерно преобладание в атмосферной пыли цинка, марганца, свинца, а общее валовое содержание этих элементов в целом по району составляет 227, 240 и 467 % соответственно, а также меди, хрома, ванадия – 470, 412, 255 %. Здесь прослеживается связь с выбросами автотранспорта и влияние топливно-энергетического комплекса.

Особенно характерно повышенное содержание микроэлементов в районе Имеретинской долины (Ni – 5 раз (150 мг/кг), Cr – 4 (200 мг/кг), Cu – 5 (100 мг/кг), Pb – 3 (50 мг/кг) раза); порта – здесь значения отдельных элементов Ni, Cr, Pb превышают фоновые в 10 раз (300, 500, 150 мг/кг); Адлера – здесь практически все проведенные измерения показывают содержание микроэлементов в пыли, более чем в 5 раз превышающее фоновые; Красной поляны (Mn – 2000 мг/кг, Ni – 150 мг/кг, Cr – 200 мг/кг, Cu – 100 мг/кг, Pb – 100 мг/кг), что превышает фон в 4–6 раз; Эсто-Садка – здесь превышение по V и Pb более чем в 10 раз (300 мг/кг, 150 мг/кг). Суммарная доля этих элементов в общем валовом содержании превышает 60 %.

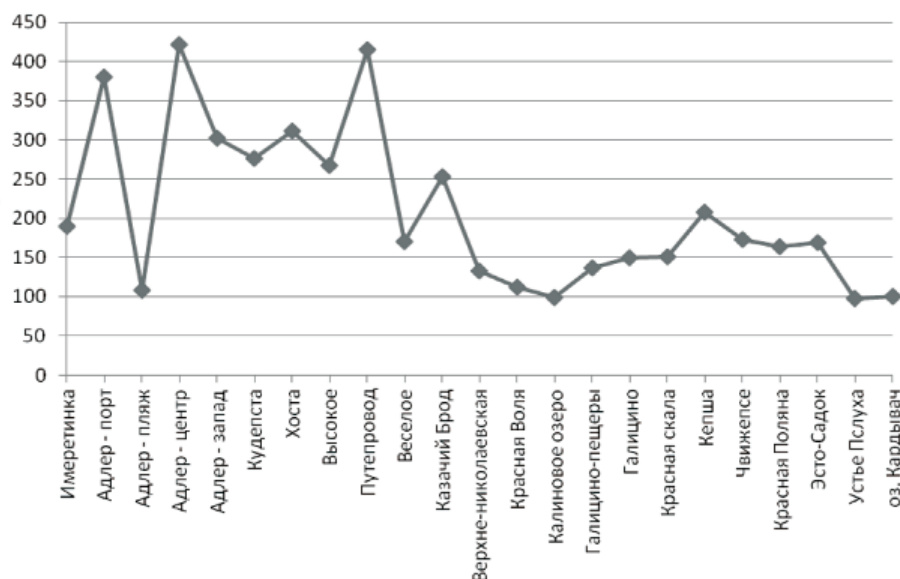


Рис. 1. Суммарное валовое содержание микроэлементов (в % от фона) в атмосфере над территорией Адлерского района в августе 2010 г.

Таблица 3

Валовое содержание (мг/кг) микроэлементов в твердофазных атмосферных выпадениях (числитель) и его превышение (%) над фоновым (знаменатель) на территории Адлерского района Большого Сочи летом 2010 г (цветом выделены максимальные превышения над уровнем фона)

N	Место отбора	Mn	Ni	V	Cr	Cu	Pb	Zn	Ba	Sr	Сумма
1	Имеретинка	1000	1503	100	200	100	50	300	400	300	3953
		167	500	167	400	500	333	200	133	200	287
2	Адлер – порт	2000	300	300	500	80	150	500	600	800	5230
		333	1000	500	1000	400	1000	333	200	533	380
3	Адлер – пляж	800	60	60	100	40	20	150	150	100	1480
		133	200	100	200	200	133	100	50	67	108
4	Адлер – центр	3000	200	300	400	150	150	500	500	600	5800
		500	667	500	800	750	1000	333	167	400	422
5	Адлер – запад	2000	150	200	300	100	100	400	400	500	4150
		333	500	333	600	500	667	267	133	333	302
6	Кудепста	1500	200	200	300	100	100	400	500	500	3800
		250	667	333	600	500	667	267	167	333	276
7	Хоста	2000	200	200	300	150	80	500	500	400	4330
		333	667	333	600	750	533	333	167	267	315
8	Высокое	2000	100	150	200	150	80	400	300	300	3680
		333	333	250	400	750	533	267	100	200	268
9	Путепровод	3000	200	300	400	200	100	500	500	500	5700
		500	667	500	800	1000	667	333	167	333	415
10	Веселое	800	100	150	200	150	50	300	300	300	2350
		133	333	250	400	750	333	200	100	200	171
15	Казачий Брод	1500	150	150	200	100	80	400	400	500	3480
		250	500	250	400	500	533	267	133	333	253
16	Верхнениколаевская	800	80	100	100	60	40	300	150	200	1830
		133	267	167	200	300	267	200	50	133	133
17	Красная Воля	600	80	80	100	50	30	200	200	200	1540
		100	267	133	200	250	200	133	67	133	112

Окончание табл. 3

N	Место отбора	Mn	Ni	V	Cr	Cu	Pb	Zn	Ba	Sr	Сумма
18	Калиновое озеро	600	60	60	80	40	20	200	150	150	1360
		100	200	100	160	200	133	133	50	100	99
19	Галицино-пещеры	800	100	80	100	60	30	300	200	200	1870
		133	333	133	200	300	200	200	67	133	136
20	Галицино	800	150	100	150	100	50	300	200	200	2050
		133	500	167	300	500	333	200	67	133	149
21	Красная скала	1000	100	100	100	80	50	200	150	300	2080
		167	333	167	200	400	333	133	50	200	151
22	Кепша	1500	150	150	100	80	80	300	200	300	2860
		250	500	250	200	400	533	200	67	200	208
23	Чвижепсе	1000	100	100	150	60	60	400	300	200	2370
		167	333	167	300	300	400	267	100	133	172
24	Красная Поляна	2000	150	200	200	100	100	400	300	300	3750
		333	500	333	400	500	667	267	100	200	273
25	Эсто-Садок	3000	300	300	400	150	150	600	500	600	6000
		500	1000	500	800	750	1000	400	167	400	436
26	Устье Пслуха	800	60	80	100	40	20	150	300	100	1650
		133	200	133	200	200	133	100	100	67	120
27	оз. Кардывач	600	30	60	50	20	15	150	300	150	1375
		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Среднее по району		1226	168	130	175	80	59	291	278	285	3101
		240	453	255	412	470	467	227	109	223	226

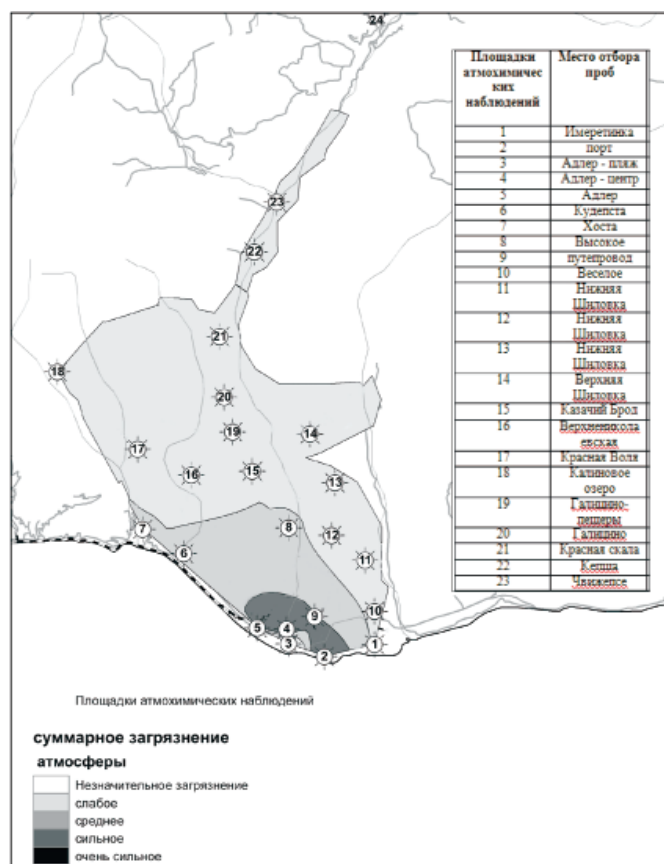


Рис. 2. Районирование территории Адлерского района по уровню суммарного геохимического загрязнения атмосферы (пылевой нагрузки и валового содержания тяжелых металлов в атмосферных выпадениях)

3. Районирование Адлерского района по показателям геохимического загрязнения атмосферы. В 2010 г. на исследованной территории Адлерского района зон с «очень сильным» загрязнением атмосферных выпадений по использованным критериям (см. табл. 1) не обнаружено (рис. 2). Участок «сильного» загрязнения занимает 5% территории и включает район строительства объектов олимпиады «Сочи-2014». Здесь содержание пыли и тяжелых металлов в атмосфере превышает фоновый уровень в 25 раз. Согласно табл. 1 в эту группу попали территории путепровода, Имеретинка, порт и Адлер-центр, Эсто-Садок. Данные районы характеризуются превышением над фоном практически всех исследуемых микроэлементов.

Зона «среднего» загрязнения занимает около 20% урбанизированной территории района и расположена преимущественно вдоль автомобильных магистралей. Содержание антропогенных геохимических поллютантов в атмосфере здесь превышает

ет фоновую в 10 раз. В зоне «слабого» загрязнения, занимающей около 40% Адлерского района, наблюдается незначительное превышение фона отдельных токсичных микроэлементов (Cr, Cu, Pb, Zn). На участке «незначительного загрязнения, расположенного в верхней части водораздельных склонов со сложным рельефом и богатой растительностью, превышений ПДК и тяжелых металлов в атмосфере не отмечено, но и здесь тем не менее практически повсеместно превышен их природный фон.

4. Динамика геохимического загрязнения атмосферы Адлерского района. Среднее количество пыли, поступавшей на территорию Большого Сочи летом 1992 года, достигало 1277 кг/км² в сутки – в 20 раз выше современной фоновой величины (табл. 4). Тем не менее при этом доля нерастворимой неорганической пыли – наиболее опасного в экологическом плане компонента «пылевой» нагрузки в общей ее массе была в 3 раза меньше, чем в 2010 году и составляла всего 25% (316,4 кг/км²) от суммы [2].

Таблица 4

Атмосферные выпадения (кг/км² в сутки) на территорию Большого Сочи и их структура летом 1992 г. [2]

Номер пробы	Место отбора проб	Пыль нерастворимая неорганическая	Нерастворимые органические соединения	Растворимые соли	Общая масса выпадений
1	Красная Поляна, Вертодром	46	48	618	712
2	г. Адлер, ул. Мира, 89	163	44	500	707
3	г. Адлер, ул. Луначарского, 3	87	62	347	496
4	г. Адлер, ул. Гастелло, 26	289	123	802	1214
5	Кудепста, ул. Дарвина, 25	121	50	698	869
6	Кудепста, ул. Дарвина, 58	135	29	616	780
7	Хоста, вокзал	162	85	949	1196
8	Хоста, ул. Октября, 12	220	43	715	978
9	Мацеста, ул. Челтенхема, 3	197	56	701	954
10	Сочи, ж/д вокзал	1520	361	2167	4048
11	Сочи, АБЗ	682	36	1245	1963
12	Сочи, «Жемчужина»	453	496	1514	2463
13	Сочи, Северный водозабор	192	78	835	1105
14	Мамайка, ул. Крымская, 19	728	84	1410	2222
15	Сочи, морской вокзал	361	117	809	1287
16	Дагомыс, у моста	263	85	917	1265
17	Дагомыс, «Интурист»	147	46	600	793
18	Лоо, ул. Азовская, 11	164	33	522	719
19	Вардане, Мостоотряд, 10	81	17	397	495
	Среднее	316,4	99,6	861,2	1277,1

Вклад нерастворимых органических соединений – 7,8% (99,6 кг/км²), был на уровне современного – 9,7% (65,6 кг/км²), а основу геохимического загрязнения атмосферы до начала олимпийского строительства со-

ставляли экологически безвредные растворимые соли – 67,4% (861,2 кг/км²). Сегодня их среднее количество в атмосферных выпадениях уменьшилось в 15 раз (56,2 кг/км²) и составляет всего 8,35% от суммы.

В 1992 году на территории Большого Сочи содержание в пыли нерастворимых неорганических частиц изменялось от 81 (Вардане) до 1520 кг/км² (Сочи, ж/д вокзал), что в 4,5 и 84 раза превышало современную фоновую величину для этого показателя (18 кг/км²). Тем не менее в конце XX века превышение ПДК (в 2 раза) было отмечено только в одном (5%) из 19 обследованных мест Большого Сочи – на ж/д вокзале (см.

табл. 4). Сегодня же аналогичные превышения ПДК наблюдаются во многих местах Большого Сочи и составляют 22% от общего количества обследованных мест (см. табл. 2).

По валовому содержанию микроэлементов в 1992 г. характерно высокое содержание Cr, Cu, Pb, Zn, – превышение по фону составляет в тех же районах Адлера в 10, 50, 33, 40 раз соответственно (500, 5000, 500, 6000 мг/кг) (табл. 5).

Таблица 5

Валовое содержание (мг/кг) микроэлементов в твердофазных атмосферных выпадениях (числитель) и его превышение (%) над фоновым (знаменатель) на территории Большого Сочи летом 1992 г (цветом выделены максимальные превышения над уровнем фона)

№ п/п	Место отбора	Mn	Ni	V	Cr	Cu	Pb	Zn	Ba	Sr	Сумма
1	Красная Поляна, Вертодром	300 50	50 167	60 100	300 600	300 1500	2000 13333	10000 6667	1000 333	10 7	14020 1020
2	Адлер, ул. Мира, 89	500 83	100 333	70 117	500 1000	1000 5000	500 3333	6000 4000	300 100	- -	8970 652
3	Адлер, ул. Луначарского,	300 50	60 200	50 83	100 200	800 4000	400 2667	1000 667	500 167	100 67	3310 241
4	Адлер, ул. Гастелло, 26	400 67	80 267	100 167	200 400	600 3000	1000 6667	6000 4000	800 267	100 67	9280 675
5	Кудепста, ул. Дарвина, 25	300 50	70 233	60 100	100 200	500 2500	200 1333	3000 2000	400 133	100 67	4730 344
6	Кудепста, ул. Дарвина, 58	300 50	150 500	60 100	400 800	500 2500	300 2000	2000 1333	500 167	100 67	4310 313
7	Хоста, вокзал	400 67	150 500	60 100	300 600	2000 10000	300 2000	1000 667	800 267	100 67	5110 372
8	Хоста, ул. Октября, 12	400 67	15 50	60 100	300 600	2000 10000	300 2000	1000 667	800 267	100 67	4975 362
9	Мацеста, ул. Челтенхема, 3	400 67	60 200	70 117	200 400	1000 5000	400 2667	6000 4000	2000 667	300 200	10430 759
10	Сочи, ж/д вокзал	500 83	80 267	70 117	500 1000	1000 5000	1000 6667	8000 5333	1000 333	1000 667	13150 956
11	Сочи, АБЗ	400 67	50 167	70 117	100 200	200 1000	200 1333	1000 667	2000 667	200 133	4220 307
12	Сочи, «Жемчужина»	500 83	400 1333	80 133	1000 2000	800 4000	600 4000	8000 5333	800 267	100 67	12280 893
13	Сочи, Северный водозабор	300 50	80 267	100 167	150 300	400 2000	150 1000	600 400	1000 333	100 67	2880 209
14	Мамайка, ул. Крымская, 19	500 83	100 333	70 117	200 400	1000 5000	1000 6667	5000 3333	2000 667	150 100	10020 729
15	Сочи, морской вокзал	500 83	100 333	80 133	200 400	400 2000	700 4667	3000 2000	2000 667	150 100	7130 519
16	Дагомыс, у моста	400 67	80 267	60 100	150 300	3000 15000	400 2667	1000 667	1000 333	100 67	6190 450
17	Дагомыс, «Интурист»	500 83	300 1000	100 167	600 1200	1000 5000	1000 6667	6000 4000	1000 333	100 67	10600 771
18	Лео, ул. Азовская, 11	300 50	60 200	60 100	150 300	400 2000	200 1333	700 467	1000 333	100 67	2970 216
19	Вардане, Мостоотряд, 10	400 67	80 267	80 133	200 400	1000 5000	300 2000	2000 1333	1500 500	200 133	5760 419

Окончание табл. 5

№ п/п	Место отбора	Mn	Ni	V	Cr	Cu	Pb	Zn	Ba	Sr	Сумма
20	Головинка, Центральная, 99	300 50	150 500	80 133	100 200	400 2000	150 1000	1000 667	1000 333	100 67	3280 239
21	Каткова Щель, Курганная, 1	300 50	100 333	70 117	200 400	1000 5000	200 1333	2000 1333	600 200	100 67	4570 332
22	Лазаревское, «Бирюза»	400 67	100 333	80 133	200 400	1500 7500	400 2667	3000 2000	800 267	200 133	6680 486
23	Лазаревское, ж/д вокзал	400 67	150 500	80 133	300 600	1500 7500	1000 6667	6000 4000	3000 1000	100 67	12530 911
24	пос. Аше	300 50	100 333	60 100	150 300	1000 5000	400 2667	3000 2000	400 133	100 67	5510 401
25	пос. Макопсе	400 67	200 667	80 133	400 800	2000 10000	600 4000	4000 2667	1000 333	100 67	8780 639
26	Сочи, Донская 32, промзона	500 83	70 233	100 167	1000 2000	300 1500	300 2000	2000 1333	1000 333	100 67	5370 391
27	Сочи, дендрарий	300 50	80 267	60 100	300 600	800 4000	500 3333	2000 1333	600 200	100 67	4740 345
Среднее по району		389 65	114 372	73 122	304 615	920 4889	550 3580	3640 2328	1074 356	122 99	7186 523

Суммарное валовое содержание микроэлементов превышало современную фоновую величину в Адлере в 6 раз, в Кудепсте – в 3 раза, Мацесте – 7 раз, в центре Сочи в 9 раз. В среднем по району исследования суммарное современное фоновое содержание было превышено в 5 раз. Сравнение табл. 3 и 5 позволяет сделать вывод об изменении структуры содержания микроэлементов в составе неорганической пыли. Доля Zn, Pb, Cu уменьшилась практически в 10 раз. Содержание Zn в составе неорганической пыли, в среднем по району в 1992 превышавшее современный фон в 23 раза (2328 мг/кг), в 2010 году уменьшилось и превышало фон в среднем по району в 2,2 раза (291 мг/кг). Содержание Pb в составе неорганической пыли, в среднем по району в 1992 превышавшее современный фон в 35 раз (3580 мг/кг), в 2010 году уменьшилось и превышало фон в среднем по району в 4,6 раза (59 мг/кг). Содержание Cu в составе неорганической пыли, в среднем по району в 1992 превышавшее современный фон в 49 раз (920 мг/кг), в 2010 году уменьшилось и превышало фон в среднем по району в 4,9 раза (80 мг/кг). Среднее валовое содержание микроэлементов по району в настоящее время превышает фон в 2,2 раза (3101 мг/кг) против 5,2 раза (7186 мг/кг) в 1992 г. Однако возросла доля Mn со значений ниже современного фона (389 мг/кг) до превышения современного фона в 2010 году в 2,4 раза (1226 мг/кг). Возросло содержание Ni от превышения современного фона в 3,7 раза (114 мг/кг) до 4,5 раз (168 мг/кг).

Содержание V в составе неорганической пыли возросло в два раза (со 122 мг/кг до 255 мг/кг), что превышает уровень современного фона в 2,5 раза.

Выводы

Проведенная оценка объемов пылевой нагрузки и спектральный анализ ее химического состава позволяет сделать следующие выводы:

- летом 2010 г. на территорию Адлерского района Большого Сочи ежедневно поступало из атмосферы в среднем 680 кг/км² пыли, из которых 82% составляли нерастворимые органические частицы (основные адсорбенты тяжелых металлов), 9,7% – органическая пыль и 8,3% – экологически безвредные соли;

- на фоновом участке исследуемого района, удаленного от зоны интенсивного олимпийского строительства (верховья р. Мзымта у оз. Кардывач), суммарная пылевая нагрузка составляла **63 кг/км²**, а для неорганических частиц – **18 кг/км²**

- несмотря на то, что средняя суммарная пылевая нагрузка атмосферы летом 2010 г. в **11 раз** превышала фоновую, а на отдельных площадках максимальные превышения достигали **17–26 раз**, на большей части района, в том числе и в зоне интенсивного олимпийского строительства (Имеретинская долина, Красная Поляна), этот показатель **не превышал ПДК** для курортных зон (0,12 мг/м³);

- только на двух площадках – в районе строительства путепровода и торгового порта, суммарная пылевая нагрузка превысила ПДК в 2 раза;

• среднее суммарное валовое содержание микроэлементов в атмосфере Адлерского района летом 2010 года превышало фоновую величину в 1,8 раза, а в районах максимумов геохимического загрязнения по **Mn, Ni, V, Cr, Cu, Pb** превышения составляли **500–1000 %**;

• Для исследуемой территории характерно преобладание в атмосферной пыли цинка, марганца, свинца, в общее валовое содержание этих элементов в целом по району составляет **227, 240 и 467 %** соответственно, а также меди, хрома, ванадия – **470, 412, 255 %**. Особенно характерно повышенное содержание этих элементов в районе Имеретинской долины, порта, Адлера, Красной Поляны, Эсто-Садка, Кепши и пос. Высокое, где суммарная доля этих элементов в общем валовом содержании превышает **60 %**;

• на территории Адлерского района летом 2010 г. зон с *«очень сильным»* загрязнением атмосферных выпадений не обнаружено, на 5% территории (район строительства объектов олимпиады «Сочи-2014») геохимическое загрязнение *«сильное»*, на 20% (вдоль магистралей) – *«среднее»*, на 40% – *«слабое»*;

• в выделенных зонах содержание пыли и тяжелых металлов в атмосфере с уровня «слабое» до уровня «сильное» «возрастает от 1,5 до 25 раз по сравнению с фоновым загрязнением»;

• летом 1992 г. среднее общее количество пыли, поступавшей на территорию Большого Сочи, достигало 1277 кг/км² в сутки – в 1,8 раза больше современного количества и в 20 раз выше фоновой величины, но в отличие от 2010 г. большую часть пылевой нагрузки (67% или 861 кг/км² в сутки) в период до начала олимпийского строительства составляли безвредные растворимые соли, а доля экологически опасных нерастворимых частиц была в 3 раза ниже и составляла всего 25% (316,4 кг/км² в сутки);

• сегодня среднее количество растворимых солей в атмосферных выпадениях уменьшилось в 15 раз (56,2 кг/км²) и составляет всего 8,3% от суммы;

• после начала олимпийского строительства на территории района произошло увеличение количества единичных локальных участков с уровнем пылевой нагрузки атмосферы 2 ПДК с 5 до 22% от общего количества обследованных мест;

• среднее валовое содержание микроэлементов в пыли в целом по району в настоящее время превышает современный фон в 2,5 раза (3099 мг/кг) против 5,2 раза (7186 мг/кг) в 1992 г. Особенно характерно повышенное содержание микроэлементов Mn, Ni, V, Cr в районе Имеретинской долины, порта, Адлера, Красной Поляны, Эсто-Садка. По сравнению с 1992 г. их содержание в воздухе повысилось в 4–5 раз, тогда как содержание Cu, Pb, Zn при значительном превышении фона меньше наблюдаемых значений в 1992 году

в этих же районах в 8–10 раз. Суммарная доля этих элементов в общем валовом содержании превышает 60%.

Опыт собственных полевых исследований [2], а также анализ результатов изучения геохимического состава атмосферы и гидрометеорологических особенностей Адлерского района Большого Сочи, полученных другими авторами [1,4], дают основание предположить, что возникновение здесь в последние годы зон с низкой экологической комфортностью по показателям геохимического состава атмосферы – **явление временное**. После завершения строительства олимпийских объектов при грамотной экологической политике муниципалитета Большого Сочи геохимическая ситуация в коротких срок может восстановиться.

Список литературы

1. Отчет о проведении работ по обследованию уровней загрязнения окружающей среды (воздух, вода, донные отложения почва) в зоне строительства олимпийских объектов в г. Сочи 4–21 мая 2010 г. // Обнинск, 2010. URL: http://www.feerc.obninsk.org/monit_data (дата обращения 27/10/2013).
2. Приваленко В.В. и др. «Комплексная оценка экологической ситуации на территории Большого Сочи», 1992.
3. Приваленко В.В., Безуглова О.С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Том 1. Экология города Ростова-на-Дону. – Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦВШ, 2003. 57 с. ISBN 5-87872.
4. Саэт Ю.Е. Геохимическая оценка техногенной нагрузки на окружающую среду/ Геохимия ландшафтов и география почв. – М., 1982.
5. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990.
6. СНиП 30-01 Градостроительство. Планировка и застройка. URL: www.nngasu.ru/word/nauka/snip/snip_30-01.doc (дата обращения 27/10/2013).
7. Хват В. М. Анализ антропогенного воздействия на формирование поверхностного стока. – М., 1989.
8. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н.С. Касимова. – М.: МГУ, 1995. – 336 с.

References

1. Otchet o provedenii rabot po obsledovaniju urovnej zagraznenija okruzhajushhej sredy (vozduh, voda, donnye otlozhenija pochva) v zone stroitel'stva olimpijskih ob'ektov v g. Sochi 4-21 maja 2010 g. // Obninsk, 2010. URL: http://www.feerc.obninsk.org/monit_data (data obrashhenija 27/10/2013).
2. Privalenko V.V. i dr. «Kompleksnaja ocenka jekologicheskoi situacii na territorii Bol'shogo Sochi», 1992.
3. Privalenko V.V., Bezuglova O.S. Jekologicheskie problemy antropogennyh landshaftov Rostovskoj oblasti. Tom 1. Jekologija goroda Rostova-na-Donu. – Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo SKNCVSh, 2003. 57 p. ISBN 5-87872.
4. Saet Ju.E. Geohimicheskaja ocenka tehnogennoj nagruzki na okruzhajushhiju sredju/ Geohimija landshaftov i geografija pochv. M., 1982.
5. Saet Ju.E., Revich B.A., Janin E.P. Geohimija okruzhajushhej sredy, Moskva, Nedra, 1990.
6. SNiP 30-01 Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka .. URL: www.nngasu.ru/word/nauka/snip/snip_30-01.doc (data obrashhenija 27/10/2013).
7. Hvat V.M. Analiz antropogennogo vozdejstvija na formirovanie poverhnostnogo stoka. M., 1989.
8. Jekogeohimija gorodskih landshaftov / pod red. N.S. Kasimova. M.: MGU, 1995. 336 p.

Рецензенты:

Ивлиева О.В., д.г.н., зав. кафедрой рекреации и туризма, ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону;
Беспалова Л.А., д.г.н., доцент, профессор кафедры океанологии, ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 30.12.2013.