

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРИДОРОЖНЫЕ ТЕРРИТОРИИ г. ОРЕНБУРГА

Статья посвящена проблеме загрязнения придорожной территории улиц г. Оренбурга. Проведена оценка качества придорожной зоны по суммарной экологической нагрузке загрязняющих веществ и по коэффициенту превышения этих нагрузок над фоновыми.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха продолжает оставаться актуальной. Урбанизация территории, рост промышленных объектов и постоянное увеличение интенсивности городского транспорта сопровождается рядом негативных явлений, и прежде всего чрезмерным скоплением в атмосфере различных газо- и пылеобразных загрязнений, что приводит в крупных промышленных городах к необратимым разрушениям окружающего ландшафта и биосферы в целом.

Особую опасность для окружающей среды автотранспорт создает тем, что выброс загрязняющих веществ осуществляется в приземном слое воздуха на небольшой высоте (менее 1 м). В конечном счете загрязняющие вещества с атмосферными осадками попадают на подстилающую поверхность. Осадки являются хорошим индикатором загрязнения воздуха в населенных пунктах и достаточно точно позволяют определить пространственную дифференциацию химических веществ и количественно оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха.

Известно, что под действием промышленно-транспортных загрязнителей процесс трансформации экосистемы в целом схематично можно представить как последовательность определенных стадий /1/.

1. Выпадения чувствительных видов (лишайников) при сохранении основных параметров экосистемы (фоновая нагрузка превышена в 1,5-2 раза).

2. Структурных перестроек экосистемы (превышение фоновой нагрузки в 2,7-4 раза).

3. Стадия частичного разрушения экосистемы (превышение фона в 6,0-7 раз).

4. Стадия полного разрушения (коллапса) экосистемы (превышение фоновой нагрузки в 10 раз и более).

Общее направление техногенных смен противоположно ходу естественных сукцессий и может быть охарактеризовано как движение вспять. Состояние экосистемы в зоне техногенной пустыни (экологической катастрофы) аналогично стадии пионерского сообщества при демулационных сукцессиях.

Техногенная сукцессия сопровождается снижением биоразнообразия, падением продуктивности и упрощением структуры, замедлением и разрывом круговорота биогенов. Тормозятся как продукционные, так и деструкционные процессы, нарушается баланс между ними. Ряд структурных элементов полностью элиминируется (лесное разнотравье, почвенные сапрофаги, эпифитные лишайники). Две последние стадии патологичны, и переход к ним означает для экосистемы полную потерю устойчивости как способности возвращаться в исходное состояние.

Поэтому нами проведены исследования по определению экологических нагрузок, формирующихся через загрязнение снежного покрова и дождевой воды в придорожной территории соединения серы и азота, а также взвешенными частицами. В качестве объектов исследования были выбраны территории двадцати улиц, расположенных в разных районах города Оренбурга, различающихся по техническим категориям, структуре и интенсивности проходящих по ним транспортных потоков, а также по характеру застройки придорожного пространства. Среди выбранных улиц согласно СНиП 11-60-75 40% составили дороги общегородского значения (имеют 4 полосы движения, с шириной одной полосы 3,7 м и интенсивностью транспортного потока 1000-2500 автомобилей в час со средней скоростью 80 км/ч), 25% – дороги районного значения (имеют 4 полосы движения, с шириной одной полосы 3,5 м и интенсивностью движения 200-1000 автомобилей в час со средней скоростью 80 км/ч), 35% – дороги местного значения (имеют две полосы движения, с шириной одной полосы 3 м и интенсивностью – 200 автомобилей в час со средней скоростью 40-60 км/ч). Наблюдения велись в различное время года. Содержание загрязняющих веществ определяли в снежном покрове и дождевых осадках, собранных в придорожной зоне. Отбор проб проводился в четырех точках, расположенных на расстояниях 5, 10, 15 и 25 м от кромки выбранного участка автодороги.

Химический анализ состава отобранных нами проб осуществляли по общепринятым методикам /2, 3, 4/. Содержание взвешенных частиц опреде-

ляли гравиметрическим методом. Содержание сульфат-, нитрат-ионов определяли фотоколориметрией. Содержание гидросульфид-, сульфит-ионов, карбонат- и гидрокарбонат-ионов определяли титрометрическим методом /2, 3/.

Оценку экологических нагрузок на почву через атмосферу проводили через дифференциальные и интегральные параметры системы «улица промышленного города (УПГ)» по трем разным схемам:

- по абсолютной нагрузке на почву отдельной i-ой примеси (N_i);
- по абсолютной суммарной нагрузке на почву всех примесей, выделяющихся из атмосферного воздуха ($N_{\text{сум}}$);
- по относительной суммарной нагрузке на почву, отнесенной к фоновой нагрузке (А).

Первая схема дифференциальной оценки экологической нагрузки на земную поверхность реализуется при использовании уравнения:

$$N_i = \frac{m_i}{S \cdot t}, \quad (1)$$

где S – площадь поверхности среза снежного покрова;

t – время, в течение которого собирались осадки;

m_i – масса i-ой примеси.

Экологическую нагрузку на почву можно представить через концентрационные характеристики промежуточных сред (воздуха и осадков) в виде

$$N_i = C_{\text{ж}i} \cdot I \quad (2)$$

где $C_{\text{ж}i}$ – концентрация i-ой примеси в осадках;

I – интенсивность осадков.

Следовательно, экологическая нагрузка, оказываемая примесью на почву, может быть представлена через характеристики промежуточных состояний системы, а уравнение (2) может быть использовано для ретроспективных и прогнозных оценок процессов вымывания примеси осадками. При этом эталонами служат нормированные нагрузки по отдельным примесям, описанные в литературе /5/ (таблица 1).

Одним из критериев качества территории промышленного города являются суммарные экологические нагрузки по всем загрязняющим веществам. Поэтому вторая схема дифференциальной оценки, опирающаяся на суммарные нагрузки по совокупности примесей, рассчитывается по формуле

$$N_{\text{сум}} = \sum_i^n N_i = \sum_i^n C_i \cdot I, \quad (3)$$

где C_i – средняя концентрация i-ой примеси в атмосферных осадках;

I – средняя интенсивность осадков.

При этом оценка воздействия загрязнения на придорожные территории осуществляется из следующих соображений (таблица 2) /7/.

В ходе исследований установлено, что из газообразных веществ наибольшую нагрузку на придорожную зону оказывают гидрокарбонат-ионы. На улицах общегородского значения в зимний период года нагрузка изменяется от 5,12 до 12,2 т/км² сезон. Нагрузка по гидрокарбонатам в летний период в 5-6 раз больше, чем в зимний, и изменяется от 13,3 т/км² сезон до 35,4 т/км² сезон (таблица 3).

На улицах районного значения нагрузка, оказываемая гидрокарбонат-ионами, несколько ниже: зимой 8,86-11,7 т/км² сезон и летом 28,14-32,2 т/км² сезон. В 1,5 раза меньшую экологическую нагрузку по гидрокарбонатам испытывают улицы местного значения (таблица 3).

Причем экологические нагрузки на придорожные территории по гидрокарбонатам превышают

Таблица 1. Критические нагрузки по веществам, влияющим на растительность и водные экосистемы

Показатели	Критические нагрузки, т/км год		
	Параметры		Норма
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	
Соединения серы	> 5	3-5	< 0,32
Соединения азота	> 4	2-4	< 0,28

Таблица 2. Критерии оценки качества территории по суммарным экологическим нагрузкам

Значения экологической нагрузки, т/км ² год	Характеристика территории
0-50	Сравнительно-чистая территория
50-100	Умеренно загрязненная территория
100-200	Сильно загрязненная территория
>200	Территория с превышением предельно-допустимой нагрузки

Таблица 3. Влияние удаленности точки отбора пробы от дороги на экологические нагрузки гидрокарбонатов

Классификация улиц	Названия улиц	Значения экологической нагрузки гидрокарбонатов в различное время года, т/км ² год, на различном расстоянии, м							
		зима				лето			
		5	10	15	25	5	10	15	25
	Контроль	4,19				13,26			
Магистральные улицы общегородского значения	Чкалова	9,91	10,97	7,8	7,8	24,7	33,8	24,7	14,1
	Пр. Победы	6,17	12,22	8,86	7,65	17,4	30,9	21,2	17,4
	Терешковой	11,23	11,7	9,94	8,86	30,9	35,1	26,5	30,9
	Володарского	11,7	9,74	9,74	7,8	30,9	32,1	30,9	26,5
Улицы районного значения	Салмышская	11,3	11,7	9,74	8,86	32,1	32,2	31,3	30,5
	Шевченко	10,73	9,98	11,27	10,23	30	30,6	30,9	28,1
Улицы местного значения	Юных Ленинцев	9,57	9,74	9,74	7,79	20,5	22,1	19,7	16,5

фоновые значения более чем в 2 раза на расстоянии до 10-15 м от дорожного полотна.

Нами также определена степень загрязнения атмосферных осадков соединениями серы и азота. Так, на улицах общегородского значения в зимний период года наибольшая нагрузка по соединениям серы составила 0,84 т/км² сезон, а наименьшая – 0,54 т/км² сезон. В летний период года она изменялась от 1,74 до 3,29 т/км² сезон (таблица 4, 5). Примерно такую же нагрузку испытывают придорожные территории улиц районного значения. Отметим, что максимальная нагрузка соединений серы в зимний и летний периоды составила 0,94 т/км² сезон и 2,9 т/км² сезон, а минимальная – 0,61 т/км² сезон и 1,74 т/км² сезон соответственно, что в 1,5-2 раза выше, чем на улицах местного значения. Причем больше всего подвержены воздействию соединениями серы территории, расположенные вблизи (5-10 м) дорожного полотна.

Максимальные значения экологических нагрузок соединений азота в зимний период на улицах общегородского, районного и местного значения составили 0,21 т/км² сезон, 0,17 т/км² сезон и 0,085 т/км² сезон соответственно. Такие нагрузки по соединениям азота испытывают в основном придорожные территории на расстоянии до 15 м от дороги. В летний период экологические нагрузки по соединениям азота в 3-3,5 раза выше, чем в зимний период года, для улиц общегородского, районного и местного значений и составили соответственно: 0,64; 0,61 и 0,29 т/км² сезон (таблица 4). Кроме того, соединения азота оказывают максимальные экологические нагрузки на придорожную территорию, расположенную на 5-10 м от дорожного полотна. При увеличении расстояния нагрузка снижается в 1,5-2 раза.

Сравнение полученных нами данных по экологической нагрузке соединений серы и азота за год (таблица 6) с существующими критическими нагрузками по соединениям серы и азота (таблица 1) позволяет провести ранжирование придорожных территорий улиц города Оренбурга.

Так, по нагрузкам соединений азота придорожные территории 34% улиц характеризуются относительно благополучной экологической обстановкой ($N < 0,28$), а на 66% придорожных территорий складывается критическая экологическая ситуация ($0,3 < N < 1$).

По соединениям серы придорожные территории 73% улиц следует отнести к зоне с критической экологической ситуацией ($0,32 < N < 3$) и 27% – к зоне с чрезвычайной экологической обстановкой ($N < 3$).

Из атмосферы осадками вымываются не только газообразные вещества, но и взвешенные частицы, которые могут оказывать значительную экологическую нагрузку на придорожную территорию.

Загрязнение придорожных территорий взвешенными частицами происходит по ряду причин:

1. Вследствие большого количества автомобилей на улицах города и плохого качества асфальтового покрытия, что приводит к выбросу пыли в атмосферу.

2. Из-за того, что к улицам, имеющим асфальтовое покрытие, примыкают улицы без постоянного покрытия. В результате чего происходит вынос грунта на проезжую часть, имеющую асфальтовое покрытие.

3. Потому, что измельченный грунт, находящийся на пылящей поверхности, способен многократно переходить в состояние пыли и возвращаться на поверхность дороги.

Установлено, что максимальная экологическая нагрузка, создаваемая взвешенными частицами, равная 170,2 т/км² год, наблюдается на улице Шевченко. Остальные улицы города характеризуются нагрузками на один-два порядка меньшими, чем максимальная по городу (таблица 7).

Если расположить дороги города в порядке уменьшения нагрузок по взвешенным частицам на придорожную территорию, то наблюдается следующая картина: сначала идут улицы районного значения, с превышением фонового значения до 51 раза; затем улицы общегородского значения (до 39,7 раз) и замыкают ряд улицы местного значения (до 2,6 раз).

Нами также исследована специфика рассеяния взвешенных веществ с удалением от дороги. Независимо от назначения улиц и времени года максимальные экологические нагрузки наблюдаются непосредственно у полотна дороги (5-10 м), и по мере удаления от нее на расстояние до 25 м экологические нагрузки по взвешенным веществам снижаются до 7 раз.

Таким образом, придорожная территория улиц г. Оренбурга характеризуется значительными экологическими нагрузками по взвешенным веществам.

Анализ суммарных экологических нагрузок загрязняющих веществ, рассчитанный по уравнению (3), показывает (таблица 8), что 4,5% площади придорожных территорий улиц на расстоянии до 10 м от дороги характеризуются как территория с превышением предельно допустимых нагрузок ($N_{\text{сум}} > 200 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$), 11,3% площади придорожных территорий характеризуются как сравнитель-

Таблица 4. Влияние удаленности точки отбора пробы от дороги на экологические нагрузки соединений серы и азота в холодный период года

Классификация улиц	Названия улиц	Значения экологических нагрузок соединений азота, т/км ² сезон, на различном расстоянии от дороги, м				Значения экологических нагрузок соединений серы, т/км ² сезон, на различном расстоянии от дороги, м			
		5	10	15	25	5	10	15	25
	Контроль	0,021				0,17			
Улицы общегородского значения	Володарского	0,04	0,07	0,05	0,04	0,68	0,57	0,69	0,63
	Пр. Победы	0,04	0,085	0,13	0,11	0,65	0,56	0,58	0,55
	Терешковой	0,11	0,21	0,13	0,085	0,6	0,64	0,81	0,75
	Чкалова	0,13	0,14	0,11	0,056	0,58	0,68	0,84	0,68
Улицы районного значения	Салмышская	0,04	0,099	0,085	0,028	0,62	0,65	0,62	0,61
	Шевченко	0,14	0,056	0,17	0,028	0,76	0,94	0,92	0,84
Улицы местного значения	Юн. Ленинцев	0,056	0,085	0,042	0,071	0,27	0,32	0,32	0,30

Таблица 5. Влияние удаленности точки отбора пробы от дороги на экологические нагрузки соединений серы и азота в теплый период года

Классификация улиц	Названия улиц	Значения экологических нагрузок соединений азота, т/км ² сезон, на различном расстоянии от дороги, м				Значения экологических нагрузок соединений серы, т/км ² сезон, на различном расстоянии от дороги, м			
		5	10	15	25	5	10	15	25
	Контроль	0,083				0,288			
Улицы общегородского значения	Володарского	0,29	0,52	0,16	0,13	2,16	1,81	3,29	2,09
	Гагарина	0,26	0,13	0,64	0,45	2,58	2,18	2,54	2,09
	Пр. Победы	0,13	0,52	0,55	0,48	2,25	2,51	2,47	2,05
	Терешковой	0,32	0,64	0,31	0,29	2,6	2,28	2,67	1,87
	Чкалова	0,58	0,48	0,35	0,19	1,74	2	2,87	2,12
Улицы районного значения	Салмышская	0,26	0,45	0,13	0,13	1,87	1,74	1,9	2,41
	Шевченко	0,55	0,16	0,61	0,19	2,9	2,64	2,06	2,19
Улицы местного значения	Юн. Ленинцев	0,19	0,29	0,16	0,13	1,77	1,64	1,71	1,74

Таблица 6. Влияние удаленности точки отбора пробы от дороги на экологические нагрузки соединений серы и азота

Классификация улиц	Названия улиц	Значения экологических нагрузок соединений азота, т/км ² год, на различном расстоянии от дороги, м				Значения экологических нагрузок соединений серы, т/км ² год, на различном расстоянии от дороги, м			
		5	10	15	25	5	10	15	25
	Контроль	0,104				0,455			
Улицы общегородского значения	Володарского	0,33	0,59	0,21	0,17	2,84	2,38	3,98	2,72
	Гагарина	0,33	0,17	0,75	0,55	3,29	2,9	3,25	2,89
	Пр. Победы (1)	0,27	0,27	0,63	0,49	2,55	2,73	2,7	2,5
	Пр. Победы (2)	0,17	0,6	0,68	0,59	2,9	3,07	3,05	2,6
	Терешковой (1)	0,29	0,2	0,81	0,66	2,79	3,1	2,96	2,67
	Терешковой (2)	0,43	0,85	0,44	0,37	3,2	2,92	3,48	2,62
	Терешковой (3)	0,25	0,36	0,52	0,42	2,91	2,69	3,3	2,84
	Чкалова	0,71	0,62	0,46	0,25	2,32	2,68	3,71	2,8
Улицы районного значения	Салмышская	0,3	0,55	0,22	0,16	2,49	2,39	2,52	3,02
	Шевченко	0,69	0,22	0,78	0,22	3,66	3,58	2,98	3,03
Улицы местного значения	Юн. Ленинцев	0,25	0,37	0,2	0,2	2,04	1,96	2,03	2,04

Таблица 7. Влияние удаленности точки отбора пробы от дороги на экологическую нагрузку, создаваемую взвешенными частицами

Классификация улиц	Названия улиц	Экологические нагрузки создаваемые взвешенными веществами, т/км ² год, при удалении от дороги, м			
		5	10	15	25
	Контроль	3,3			
Улицы общегородского значения	Володарского	48	23,7	18,9	18,3
	Гагарина	71,9	73,5	27,7	15,8
	Пр. Победы	131,5	71,5	126	59,2
	Терешковой	85,7	85,6	41,4	19,5
	Чкалова	72,5	91,8	45,1	33,2
Улицы районного значения	Салмышская	44,8	30,7	27,3	25,8
	Шевченко	170,2	168,6	37,4	27,1
Улицы местного значения	Юных Ленинцев	8,66	7,6	4,65	4,24

Таблица 8. Значения суммарных экологических нагрузок загрязняющих веществ на придорожных территориях различных улиц

Классификация улиц	Названия улиц	Суммарные экологические нагрузки т/км ² год, на различном расстоянии от дороги, м			
		5	10	15	25
	Контроль	21,3			
Улицы общегородского значения	Володарского	103,8	75,6	68,6	57,5
	Гагарина	125,2	119,8	79,3	62,8
	Пр. Победы (1)	177,1	123,8	163,4	92,6
	Пр. Победы (2)	83,6	67,7	72	72,2
	Терешковой (1)	137,1	136,3	84,3	61,5
	Терешковой (2)	91,9	94,9	83,7	84,3
	Терешковой (3)	61,6	70,8	62,3	48,5
	Чкалова	112,5	142	84	60
Улицы районного значения	Салмышская	128	92,1	77	73,2
	Шевченко	235	218,7	85,6	70,8
Улицы местного значения	Юных Ленинцев	46,1	43,7	38	31,7

Таблица 9. Коэффициенты превышения экологических нагрузок

Классификация улиц	Названия улиц	Значения коэффициента превышения экологических нагрузок											
		по соединениям азота				по соединениям серы				по взвешенным веществам			
		5 м	10 м	15 м	25 м	5 м	10 м	15 м	25 м	5 м	10 м	15 м	25 м
Улицы общегородского значения	Володарского	3,2	5,6	2	1,6	6,2	5,2	8,7	6	14,5	7,2	5,7	5,5
	Гагарина	3,2	1,6	7,2	5,2	7,2	6,3	7,1	6,3	21,8	22,3	8,4	4,8
	Пр. Победы (1)	2,6	2,6	6	4,7	5,6	6	5,9	5,5	39,8	21,6	38,2	17,9
	Пр. Победы (2)	1,6	5,7	6,5	5,6	6,3	6,7	6,7	5,7	17,7	10,4	13,3	14,7
	Терешковой (1)	2,8	1,9	7,8	6,3	6,1	6,8	6,5	5,8	26	25,9	12,5	5,9
	Терешковой (2)	4,1	8,2	4,2	3,5	7	6,4	7,6	5,7	12,5	12,7	12,5	11,8
	Терешковой (3)	2,4	3,4	5	4	6,4	5,9	7,2	6,2	9	9,5	6,6	5,7
	Чкалова	6,8	5,9	4,4	2,4	5,1	5,9	8,1	6,1	21,9	27,8	13,6	10
Улицы районного значения	Салмышская	2,8	5,3	2,1	1,5	5,4	5,2	5,5	6,6	13,5	9,3	8,3	7,8
	Шевченко	6,6	2,1	7,5	2,1	8	7,8	6,5	6,6	51,5	51,1	11,3	8,2
Улицы местного значения	Юн. Ленинцев	2,4	3,5	1,9	1,9	4,5	4,3	4,4	4,5	2,6	2,3	1,4	1,3

но чистые ($N < 50$), 59% площади придорожных территорий относятся к умеренно загрязненным ($50 < N < 100$ т/км² · год) и 25% площади можно отнести к сильно загрязненной территории ($100 < N < 200$ т/км² · год).

Третья схема предусматривает интегральную оценку воздействия на земную поверхность через определение относительных суммарных нагрузок (A_1)

$$A_1 = \frac{N_{\text{сум}}}{N_{\text{фон}}^{\text{сум}}} \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что судить о степени загрязнения придорожной территории можно и по коэффициенту превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ (A_1) над фоновыми значениями. Контрольные пробы были отобраны на расстоянии 200 км от города Оренбурга в Ташлинском районе, в с. Болдырево.

Наибольшие значения коэффициентов превышения нагрузки по соединениям серы (5,6-8,7) и азота (2-8,2) наблюдаются на улицах общегородского значения (таблица 9), а наименьшие по соединениям серы (4,3-4,5) и азота (1,9-3,5) – на улицах местного значения. Экологические нагрузки по соединениям серы и азота на улицах районного значения в 3-7 раз превышают фоновые. Во много раз выше фоновых значений и экологические нагрузки по взвешенным частицам. Так, на 88% улиц общегородского и 50% улиц районного значения коэффициент превышения составил 10-39 и 11-51 соответственно, что свидетельствует о том, что на придорожных территориях этих улиц экосистемы находятся в стадии полного разрушения. Мини-

мальные коэффициенты превышения, равные 1,3-3,2, наблюдаются на улицах местного значения, где, очевидно, экосистемы находятся либо в стадии выпадения чувствительных видов, либо в стадии структурных перестроек (превышение фоновой нагрузки в 2,7-4 раза).

По коэффициенту превышения экологических нагрузок можно установить приоритетные примеси, которые, оседая в придорожной территории улиц, могут оказывать значительное влияние на экологическую ситуацию. Анализ показал, что приоритетной примесью на большинстве из исследованных нами улиц г. Оренбурга (65%) являются взвешенные частицы. На магистральных улицах общегородского и районного значений к числу приоритетных примесей относятся также соединения азота.

Очевидно, что существует взаимосвязь между интенсивностью транспортного потока, особенно на дорогах высокой технической категории (такowymi являются улицы общегородского и районного значения), технологическими параметрами дороги, определяющими скорость движения

по ней, и количеством примесей в воздухе над дорожным полотном. Эти факторы и определяют экологические нагрузки загрязняющих веществ на территорию улиц. Причем улицы местного значения характеризуются низким качеством дорожного покрытия, вследствие чего к числу приоритетных примесей на них относятся взвешенные частицы (40%).

Таким образом, оценку качества придорожной зоны лучше проводить по суммарной нагрузке загрязняющих веществ и/или коэффициенту превышения этих нагрузок над фоновыми. Причем суммарные экологические нагрузки позволяют провести ранжирование придорожной территории улиц промышленного города по уровню экологического неблагополучия, а по коэффициенту превышения нагрузок можно осуществить выбор приоритетных примесей и спрогнозировать трансформации экосистемы. Специалистам остается определить именно тот параметр или критерий оценки, который наиболее полно охарактеризует состояние системы и позволит прогнозировать пути ее трансформации.

Список использованной литературы:

1. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. Учеб. для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. Шк., 2001. – 273 с.
2. Резников А.А., Мулиновская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1963. – С. 113 – 114, 240 – 252.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Издательство Московского университета, 1962. – С. 95 – 113.
4. Физико-химические методы анализа. Под ред. Алесковского В.Б. и Яцемирского К.Б. – Л.: Химия, 1971. – С. 79 – 82.
5. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 567 с.
6. Цыкура А.А., Боев В.М., Куксанов В.Ф., Старокожева Е.А. Комплексная оценка качества атмосферы городов Оренбургской области. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 1999. – 168 с.
7. Временное руководство по борьбе с пылью / В.П. Журавлев, Л.Т. Саркисянц, А.А. Цыкура. – М.: Минавтопром СССР, 1986. – 38 с.