

3. Поспелов П.И. Проблемы акустического обоснования при проектировании шумозащитных экранов // *Наука и техника в дор. отрасли.* – 2001. – № 4. – С. 12 – 14.

4. Айрбабамян С.А., Бангоян Э.Г. Решения актуальных проблем виброзащиты на автопогрузчиках // *Сборник статей II Международной научно-технической конференции «Проблемы исследования проектирования машин».* – Пенза, 2006, – 194 с.

5. Айрбабамян С.А., Бангоян Э.Г. Снижение шума автопогрузчиков // *Сборник материалов Второй Всероссийской студенческой научно-технической конференции «Экология и безопасность».* – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006, – 120 с.

6. Данилов-Данильян В.И. Экология, охрана природы и экологическая безопасность. Учебное пособие для системы повышения квалификации и переподготовки государственных служащих. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2002.

УДК 502.1: 502.3

ИЗУЧЕНИЕ КАРТИНЫ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЗАПЫЛЁННОСТИ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ Г. ТУЛЫ КАК ФАКТОРА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Ивлиева М.С., Шабалина М.А.

Научный руководитель Волков А.В.

Тульский государственный университет

Рассмотрены принципы и основные результаты изучения картины загрязнения приземной атмосферы г. Тулы инертной пылью, выступающей важным фактором формирования интегрального геоэкологического риска селитебных территорий. Сделано заключение о многолетней устойчивости основных параметров данного геохимического поля.

Обработка и истолкование результатов исследований, проводимых в предметных областях «Техносферная безопасность» и «Науки о Земле», базируется на применении вероятностно-статистических методов исследований.

Исходные данные, получаемые путём регистрации каких-либо физических, химических или иных полей, генерируемых различными по природе, мощности и особенностям функциони-

рования источниками, в отдельные моменты времени или в отдельных точках пространства, рассматривают как совокупности случайных величин. В силу наличия помех, обусловленных погрешностями измерений, локальными неоднородностями и неучтёнными возмущениями среды, изучаемое поле реализуется случайным образом. Поэтому исследователь вынужден оперировать данными, которые с большим основанием описываются случайными величинами и случайными процессами, чем аналитическими функциями. Изучение случайных процессов требует привлечения различных приложений теории вероятностей, в том числе математической статистики, корреляционного анализа, методов разделения полей на составляющие, спектральных преобразований и других.

Главными этапами обработки исходных данных являются:

- обоснование модели изучаемого поля и соответствующая ей постановка задач трансформации данных;

- выявление корреляционных и спектральных характеристик изучаемого поля;

- фильтрация поля с целью выявления его компонент; детектирование аномалий поля;

- оценка качества обработки данных [1].

В большинстве случаев поле $F(t)$ представляют в виде суммы нескольких компонент:

$$F(t) = F_{\text{фон}}(t) + F_{\text{сигнал}}(t) + n(t),$$

где $F_{\text{ф}}(t)$ – фоновая составляющая поля;

$F_{\text{сигнал}}(t)$ – полезный сигнал, или аномалия поля;

$n(t)$ – погрешность измерений, шум или помеха, обусловленная инструментальными и методическими ошибками эксперимента.

Итак, обработка результатов лабораторных и натуральных экспериментов базируется на следующих допущениях:

- случайном характере наблюдаемого поля;

- аддитивной модели поля, включающей фон, сигнал и помеху;

- нормальном законе распределения помехи $n(t)$;

- независимости, некоррелированности сигнала и помехи.

Методология применения вероятностно-статистических методов обработки и интерпретации данных не зависит от типа анализируемого физического поля [2 – 3].

На первом этапе нами рассчитывались средние за месяц значения учитываемых параметров, включая необходимые для ана-

лиза градиенты параметров, и далее определялась матрица их взаимных линейных корреляций. На этом основании формулировалось предварительное заключение о наличии статистически значимых связей между параметрами.

На втором этапе рассматривались эффекты сезонного хода изучаемых параметров и формулировалось заключение о возможном взаимодействии параметров, т.е. координации их внутригодового хода.

Далее выполнялось разделение изучаемых полей на компоненты – фоновую и диагностическую, устанавливались сезонные закономерности их согласованного изменения, а для диагностических компонент рассчитывались значения функции взаимной корреляции двух параметров (ФВК), выполнялся спектральный анализ компонент и другие статистические преобразования.

В качестве исходных данных для расчёта матрицы корреляций в наших исследованиях принимались: средние за месяц величины дневной температуры воздуха (T); направления ветра (Ru); скорости ветра (V); атмосферного давления (P); относительной влажности воздуха (Fi); интенсивности осаждения пыли на горизонтальный планшет, установленный в ЦПКиО ($Mprc$, мг/м²·с); интенсивности осаждения пыли у дороги с оживлённым движением ($Mdor$, мг/м²·с); величины разности ($\Delta M = Mdor - Mprc$), предположительно, отражающей массу наиболее грубодисперсной пыли ($PM_{10...50}$), генерируемой дорогой; доля грубодисперсной пыли в составе эмиссии источника – дороги (PM_{50}); величины 24-часового градиента осаждения пыли в парке ($GMprc$, сут⁻¹) и вблизи дороги ($GMdor$).

Результаты расчёта взаимных линейных корреляций указанных параметров представлены в табл. 1.

В столбце Means указаны средние за расчётный период величины, а в столбце Std.Dev (SD) – величины средних квадратических отклонений.

По результатам расчёта установлены параметры, объединенные наиболее сильными связями. В дальнейшем именно эти параметры использовались в качестве входных данных прогнозных моделей.

Величины периодов, выявленные в спектрах процессов осаждения пыли на горизонтальные планшеты, одновременно экспонируемые в нескольких точках наблюдения в различные годы, сведены в табл. 2.

Таблица 1 – Матрица взаимных линейных корреляций факторов, определяющих годовую динамику загрязнения приземной атмосферы инертной пылью в центральном районе Тулы в 2018 году

Correlations (CorrMatr -pil 2018; 2 var)															
Marked correlations are significant at $p < 0,05$															
N=11 (Casewise deletion of missing data)															
Variable	Means	Std.Dev.	T	Ru	V	P	Fi	Mprc	Mdor	DeltaM	PM50	GMprc	GMdor	GT	GP
T	12,0475	11,23651	1,000000	0,672852	0,401244	-0,370380	-0,735650	0,235239	-0,395437	-0,438136	-0,466773	0,225153	0,012107	-0,052462	-0,049409
Ru	182,2834	40,01433	0,672852	1,000000	0,054005	0,056692	-0,408317	0,317819	-0,237724	-0,283043	-0,455101	0,155418	0,005904	-0,096749	-0,113591
V	4,1164	0,88836	0,401244	0,054005	1,000000	-0,453915	-0,646491	-0,137408	-0,039859	-0,026244	0,216128	0,022185	-0,514011	0,596073	-0,152875
P	742,4745	3,76327	-0,370380	0,056692	-0,453915	1,000000	0,461784	-0,091598	-0,235548	-0,235199	-0,115109	-0,347879	-0,144975	-0,572329	0,162237
Fi	72,2582	9,27328	-0,735650	-0,408317	-0,646491	0,461784	1,000000	-0,187132	0,036040	0,058372	-0,149099	0,260922	0,128331	-0,470049	0,361580
Mprc	0,0094	0,00152	0,235239	0,317819	-0,137408	-0,091598	-0,187132	1,000000	0,420950	0,327146	0,068400	0,009305	0,674930	-0,191593	0,434067
Mdor	0,0310	0,01420	-0,395437	-0,237724	-0,039859	-0,235548	0,036040	0,420950	1,000000	0,994883	0,712976	-0,062665	0,314464	0,281070	0,092074
DeltaM	0,0216	0,01363	-0,438136	-0,283043	-0,026244	-0,235199	0,058372	0,327146	0,994883	1,000000	0,735136	-0,066321	0,252436	0,314140	0,047557
PM50	0,6192	0,11132	-0,466773	-0,455101	0,216128	-0,115109	-0,149099	0,068400	0,712976	0,735136	1,000000	-0,334860	-0,211506	0,502487	0,010101
GMprc	-0,0000	0,00014	0,225153	0,155418	0,022185	-0,347879	0,260922	0,009305	-0,062665	-0,066321	-0,334860	1,000000	-0,048854	-0,249068	0,561830
GMdor	-0,0000	0,00047	0,012107	0,005904	-0,514011	-0,144975	0,128131	0,674930	0,314464	0,252436	-0,211506	-0,048854	1,000000	-0,310505	0,130520
GT	-0,0076	0,34882	-0,052462	-0,096749	0,596073	-0,572329	-0,470049	-0,191593	0,281070	0,314140	0,502487	-0,249068	-0,310505	1,000000	-0,592476
GP	0,0715	0,40975	-0,049409	-0,113591	-0,152875	0,162237	0,361580	0,434067	0,092074	0,047557	0,010101	0,561830	0,130520	-0,592476	1,000000

По результатам сопоставления величин периодов выделяемых в спектрах колебательных мод сделано заключение о многолетней устойчивости картины загрязнения приземной атмосферы г. Тулы инертной пылью.

В частности, во всех временных рядах имеется блок колебательных мод с периодами, близкими к 25, 31, 41 и 73...93 суткам, причем данное заключение справедливо и для Тулы, и для Калуги. В целом, как в многолетнем, так и в региональном аспектах, структура спектров изучаемых параметров остаётся практически неизменной, что свидетельствует об устойчивости аэрологической ситуации в регионе, в т.ч. об устойчивости факторов, определяющих эту ситуацию.

В работе установлено, что максимальная энергия диагностических блоков рядов приходится на колебательные моды с периодами 73...93 суток, достоверное выделение которых по привлекаемым данным невозможно.

Поэтому данное заключение носит характер гипотезы и требует верификации иными методами статистической обработки данных. Одним из них является корреляционный анализ, результаты применения которого не противоречат ранее сделанным заключениям.

Таблица 2 – Величины периодов основных колебательных мод в спектрах процессов, отражающих степень запылённости атмосферы регионов среднего течения Оки в различные годы

Условный № Т [дни]	2015 год		2017 год			2018 год	
	Парк	Дорога	Парк	Дорога	Калуга	Парк	Дорога
1		21,53↓		19,16↓	20,12↓	23,12	23,13↓
2	25,00↓	24,40↓	25,00↓	24,27		26,43↓	
3	31,82	30,50	31,82	33,09↑ ₁	28,50	30,83↓	33,64
4		36,60					
5	43,75	45,75	Нет разрешения	40,44	38,00	41,11	41,11
6			50,0		57,00	61,67↑	52,86
7	87,50↑	73,20↑	87,50↑	72,80↑ ₂	85,5↑	92,5	92,5↑

Обозначения: энергия моды – минимальная (↓), максимальная (↑).
 Примечание: в таблице указаны величины периодов, устанавливаемые в спектрах т.н. диагностических компонент изучаемых рядов (без низкочастотного тренда).
 По годовым рядам достоверность выделения мод с T > 50 дней низкая.

В работе для целей разработки прогноза сезонной динамики запылённости воздуха применялись линейные поликомпонентные модели. В подобных моделях единичные моды, как правило, приближаются не гармониками, а единичными циклами. Трансформация гармоник в единичный цикл достигается наложением дополнительных флуктуаций на амплитуду и начальную фазу компоненты.

Согласно прогнозу, сезонная структура ряда осадения пыли в парке сохранится в 2019 году. Однако, даже если сезонная сумма осадков в 2019 году изменится незначительно, то режим осадков будет иной, обеспечивающий возможность быстрого восстановления процесса генерации и выноса пыли.

Анализ динамики изменения регионального фона запылённости приземной атмосферы позволяет сделать общее заключение о характере поведения факторов, контролирующих процесс генерации пыли *TSP*, а также динамики других процессов, на которые эти факторы могут влиять.

К последней группе мы отнесли процессы вегетации растений и дополнительно сформулировали гипотезу о некотором снижении урожая зерновых в 2019 году, по сравнению с 2018 годом.

Библиографический список

1. *Гравиразведка: Справочник геофизика/ под ред. Е.А. Мудрецов, К.Е. Веселова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. – 607 с.*
2. *Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ Под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. – 498 с.*
3. *Сейсморазведка: Справочник геофизика. В двух книгах/ под ред. В.П. Номоконова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. – 400 с.*

УДК 502.1: 502.3

АНАЛИЗ СЕЗОННОГО ФЛИЯНИЯ ФИТОЦЕНОЗА ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАРКА Г. ТУЛЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ВОЗДУШНОЙ МИГРАЦИИ И ОСАЖДЕНИЯ ПЫЛИ

Ивлиева М.С., Шабалина М.А.

Научный руководитель Волков А.В.

Тульский государственный университет

Изложены методология и результаты экспериментального изучения характера влияния фитоценоза селитебной территории на интенсивность воздушной миграции и осаждения на горизонтальную поверхность инертной пыли.

Проблемы загрязнения среды проживания и хозяйственной деятельности человека с наибольшей остротой проявились в 1960-х годах. Теоретической основой их разрешения стали идеи и методы фундаментальной геохимии, в том числе её прикладных направлений – геохимии техногенеза и геохимии ландшафта. Предмет изучения дисциплины – выявление, анализ и практическое использование закономерностей миграции веществ в природных и техногенных системах.

Общим результатом миграции является концентрация и рассеяние элементов, а также формирование геохимической зональности. То есть, система расчленяется на химически разнородные области и таким образом структурируется. Различают зональность субгоризонтальную и вертикальную.

Определяющие ход миграции факторы делят на внутренние и внешние. К первой группе относят свойства химических эле-