

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

С.В. Крюкова

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ АНАЛИЗ ДАННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Лабораторный практикум



Санкт-Петербург
2015

УДК 504.3.054

Рецензент: Биненко В.И., д-р физ.-мат. наук, проф., ведущ. науч. сотр. Санкт-Петербургского центра экологической безопасности РАН.

Крюкова С.В. Контроль загрязнения природной среды: анализ данных загрязнения. Лабораторный практикум. — СПб.: РГГМУ, 2015. — 46 с.

ISBN 978-5-86813-408-1

Лабораторный практикум предназначен для студентов, обучающихся по специальности «Прикладная гидрометеорология». Практикум содержит 7 лабораторных работ и отражает тему «Анализа данных загрязнений», читаемую в рамках учебной дисциплины «Контроль загрязнений природной среды», а также способствует выработке навыков обработки временных числовых рядов, нормировки качества атмосферы, проведению статистического и графического анализов.

Kryukova S.V. Natural environment pollution control: data contamination analysis. The laboratory course. — St. Petersburg, RSHU Publishers, 2015. — 46 pp.

The handbook is designed for students studying Meteorology at Russian State Hydrometeorological University. It includes laboratory works on processing of pollutants concentration and meteorological data in the atmosphere.

ISBN 978-5-86813-408-1

© Крюкова С.В., 2015

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2015

ВВЕДЕНИЕ

Исходным материалом для лабораторных работ являются данные 20 станций экологического контроля, расположенных на территории Санкт-Петербурга. Данные предоставлены Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности (КПООС) г. Санкт-Петербурга. Данные по станциям наблюдения представлены в виде электронных таблиц «Excel». На рис. 1 представлена схема расположения станций.

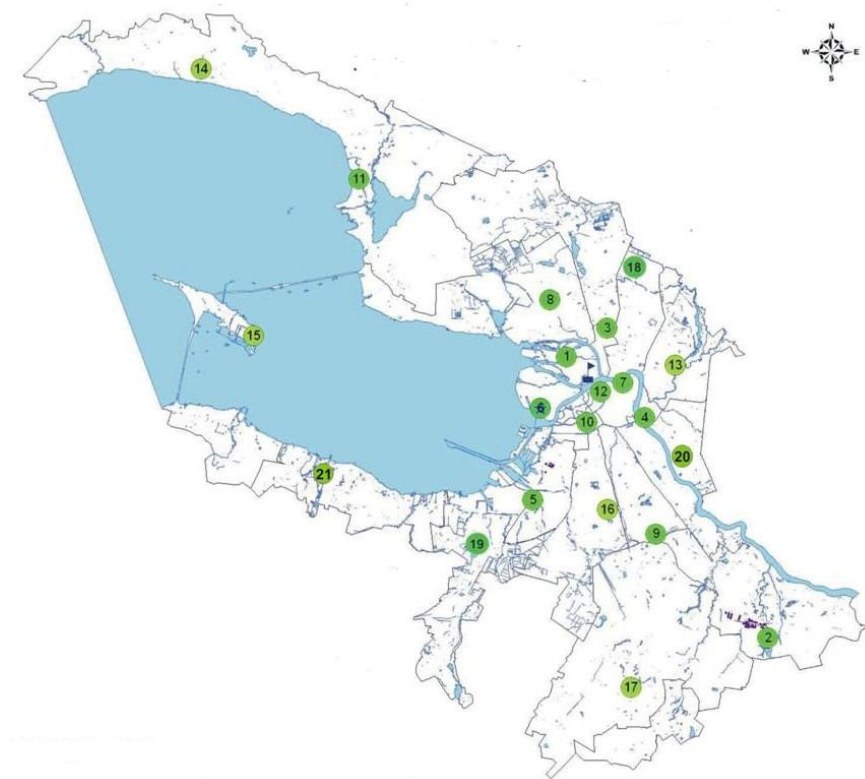


Рис. 1. Схема расположения станций

Адреса расположения автоматических станций мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург:

№ 1 - ул. Проф. Попова, д.48;

№ 2 - г. Колпино, ул. Красная, д.1А;

- № 3 - ул. Карбышева, д.7;
 № 4 - Малоохтинский пр., д.98;
 № 5 - пр. Маршала Жукова, д.30, корп.3;
 № 6 - В.О., ул. Весельная, д.6;
 № 7 - ул. Шпалерная, д. 56;
 № 8 - ул. Королева, д.36, корп.8;
 № 9 - Малая Балканская ул., д. 54;
 № 10 - Московский пр., д. 19;
 № 11 - г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2;
 № 12 - ул. Пестеля, д.1;
 № 13 - шоссе Революции, д. 84;
 № 14 - г. Зеленогорск, пляж “Золотой”, д.1;
 № 15 - Кронштадт, ул. Ильяминанова, д.4;
 № 16 - ул. Севастьянова, д.11) ;
 № 17 - г. Пушкин, Тиньков пер., д.4;
 № 18 - ул. Ольги Форш, д.6;
 № 19 - пр. Маршала Жукова, д.55;
 № 20 - ул. Тельмана, д.24.

Фрагмент таблицы исходных данных в формате «Ехсел» за 1 января 2010 г. по станции № 4, расположенной по адресу Малоохтинский пр., д.98 (территория РГГМУ), представлен в табл.1.

Таблица 1

Пример таблицы исходных данных

	A04 - Malookhtin sky pr. CO 002 [M] Value	A04 - Malookhtin sky pr. NO 002 [M] Value	A04 - Malookhtin sky pr. NO2 002 [M] Value	A04 - Malookhtin sky pr. NH3 002 [M] Value	A04 - Malookhtin sky pr. PM10 002 [M] Value	A04 - Malookhtin sky pr. Rel hum 002 [M] Value	A04 - Malookhtin sky pr. Temp 002 [M] Value	A04 - Malookhtin sky pr. Wind dir 002 [M] Value	A04 - Malookhtin sky pr. Wind spee 002 [M] Value
2010-01-01 00:00	0,40	34,86	24,15		14,85	76,74	-10,52	77,41	1,72
2010-01-01 00:20	0,40	34,17	23,25		15,40	76,80	-10,72	96,03	1,53
2010-01-01 00:40	0,40	35,09	23,26		17,60	76,93	-10,80	113,60	1,31
2010-01-01 01:00	0,40	34,54	22,01		24,50	76,84	-10,73	98,94	1,59
2010-01-01 01:20	0,26	35,28	22,28		41,55	76,62	-10,71	90,87	1,44
2010-01-01 01:40	0,40	35,42	23,33		40,15	76,19	-10,65	99,94	1,69
2010-01-01 02:00	0,42	37,67	26,57		39,50	76,49	-10,99	100,14	1,31
2010-01-01 02:20	0,42	38,47	25,74		37,55	77,06	-11,26	93,06	1,28
2010-01-01 02:40	0,43	40,13	27,08		34,95	76,99	-11,50	94,84	1,30
2010-01-01 03:00	0,42	38,75	26,64		28,95	76,73	-11,77	89,65	1,42
2010-01-01 03:20	0,44	38,46	26,57		24,90	76,66	-12,07	103,13	1,26
2010-01-01 03:40	0,43	40,50	27,12		24,05	76,59	-12,33	119,88	0,98
2010-01-01 04:00	0,42	35,58	24,33		25,25	76,72	-12,62	111,33	1,22
2010-01-01 04:20	0,42	36,69	24,72		22,40	76,60	-12,76	97,81	1,24
2010-01-01 04:40	0,43	38,21	26,49		23,45	76,40	-13,10	85,52	1,07

В первом столбце табл. 1 указана дата измерения в формате год – (xxxx), месяц – (xx), число – (xx) и время измерения в формате час – (xx): минута – (xx). Наблюдения проведены с интервалом в 20 мин. Строка заголовков таблицы содержит номер станции, адрес станции, наименование загрязняющих веществ и метеопараметров. Названия загрязняющих веществ написаны латинскими буквами, в скобках указаны единицы измерения концентраций загрязняющих веществ:

CO – монооксид (оксид) углерода ($\text{мг}/\text{м}^3$),

NO – оксид азота ($\text{мкг}/\text{м}^3$),

NO₂ – диоксид азота ($\text{мкг}/\text{м}^3$),

SO₂ – диоксид серы ($\text{мкг}/\text{м}^3$),

NH₃ – аммиак ($\text{мкг}/\text{м}^3$),

PM₁₀ – взвешенные частицы, с размерами менее 10 мкм ($\text{мкг}/\text{м}^3$),

O₃ – озон ($\text{мкг}/\text{м}^3$).

Названия метеорологических параметров написаны сокращенно по-английски:

Rel hum (Relative humidity) – относительная влажность воздуха в процентах;

Temp (Temperature) – температура воздуха в °C;

Wind dir (Wind direction) – направление ветра в градусах;

Wind spee (Wind speed) – скорость ветра в м/с.

Лабораторные работы выполняются в программах Excel и Surfer.

По результатам лабораторных работ представляются отчёты в виде презентации. Отчёт должен включать в себя следующее:

1. Титульный лист (см. *Приложение 1*).
2. Цель работы (с указанием варианта).
3. Полученные графические и/или табличные данные (см. *Приложение 4*).
4. Анализ полученных результатов.
5. Выводы.

Лабораторная работа №1

Исследование суточных рядов концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) на территории Санкт-Петербурга

Общие сведения

Основные загрязняющие вещества

Диоксид серы, или сернистый ангидрид (сернистый газ). Сера попадает в атмосферу в результате многих природных процессов, в том числе испарения брызг морской воды, эмиссии газов при извержениях вулканов и выделения биогенного сероводорода (H_2S). Наиболее широко распространенное соединение серы – сернистый ангидрид (SO_2) – бесцветный газ, образующийся при сгорании серосодержащих видов топлива (в первую очередь угля и тяжелых фракций нефти), а также при разных производственных процессах, например плавке сульфидных руд. У человека этот газ, легко растворяясь в слизи гортани и трахеи, вызывает раздражение верхних дыхательных путей.

Постоянное воздействие сернистого газа может вызвать заболевание дыхательной системы, напоминающее бронхит.

Оксид углерода, или угарный газ – очень ядовитый газ без цвета, запаха и вкуса. Он образуется при неполном сгорании древесины, ископаемого топлива и табака, при сжигании твердых отходов и частичном анаэробном разложении органики. Примерно 50% угарного газа образуется в связи с деятельностью человека, в основном в результате работы двигателей внутреннего сгорания автомобилей. В закрытом помещении (например, в гараже), наполненном угарным газом, снижается способность гемоглобина эритроцитов переносить кислород, из-за чего у человека замедляются реакции, ослабляется восприятие, появляются головная боль, сонливость, тошнота. Под воздействием большого количества угарного газа может произойти обморок, случиться кома и даже наступить смерть.

Взвешенные частицы, включающие пыль, сажу, пыльцу и споры растений и пр., сильно различаются по размерам и составу. Они могут либо непосредственно содержаться в воздушной среде, либо быть заключены в капельках, взвешенных в воздухе (аэрозоли). В целом за год в атмосферу Земли поступает около 100 млн. т аэрозолей антропогенного происхождения. Примерно 50 % частиц антропогенного происхож-

дения выбрасывается в воздух из-за неполного сгорания топлива на транспорте, заводах, фабриках и тепловых электростанциях. По данным Всемирной организации здравоохранения, 70 % населения, живущего в городах развивающихся стран, дышит сильно загрязнённым воздухом, содержащим множество аэрозолей.

Оксиды азота. Оксид (NO) и диоксид (NO_2) азота образуются при сгорании топлива при очень высоких температурах (выше 650°C) и избытке кислорода. В дальнейшем в атмосфере оксид азота окисляется до газообразного диоксида красно-бурого цвета, который хорошо заметен в атмосфере большинства крупных городов. Основными источниками диоксида азота в городах являются выхлопные газы автомобилей и выбросы тепловых электростанций. Кроме того, диоксид азота образуется при сжигании твердых отходов, так как этот процесс происходит при высоких температурах горения. В значительных концентрациях диоксид азота имеет резкий сладковатый запах, раздражает нижний отдел дыхательной системы, особенно легочную ткань, ухудшая тем самым состояние людей, страдающих астмой, хроническими бронхитами и эмфиземой легких. Диоксид азота повышает предрасположенность к острым респираторным заболеваниям, например пневмонии.

Фотохимические окислители – озон (O_3), формальдегид являются продуктами вторичного загрязнения атмосферы в результате химических реакций под воздействием солнечной радиации. Озон образуется при расщеплении либо молекулы кислорода (O_2), либо диоксида азота (NO_2) с образованием атомарного кислорода (O), который затем присоединяется к другой молекуле кислорода. Хотя в стратосфере озон играет важную роль как защитный экран, поглощающий коротковолновую ультрафиолетовую радиацию, в тропосфере он как сильный окислитель разрушает растения, строительные материалы, резину и пластмассу. Озон имеет характерный запах, служащий признаком фотохимического смога. Вдыхание его человеком вызывает кашель, боль в груди, учащенное дыхание и раздражение глаз, носовой полости и гортани. Воздействие озона приводит также к ухудшению состояния больных хроническими астмой, бронхитами, эмфиземой легких и страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Аммиак – бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворяется в воде, спирте и ряде других органических растворителей. Синтезируют из азота и водорода. В природе образуется при разложении азотсодержащих органических соединений.

Основными источниками выделения аммиака являются предприятия по производству азотной кислоты и солей аммония, холодильные установки, коксохимические заводы и животноводческие фермы.

Аммиак – токсичный газ. При повышении концентрации в 100 раз (до 0,05 мг/л) проявляется раздражающее действие на слизистую оболочку глаз и верхних дыхательных путей, возможна даже рефлекторная остановка дыхания. Отравление аммиаком вызывает также сильное возбуждение, вплоть до буйного бреда, а последствия могут быть весьма тяжелыми – до снижения интеллекта и изменения личности.

Хроническое воздействие сублетальных доз аммиака приводит к вегетативным расстройствам, повышению возбудимости парасимпатического отдела нервной системы, жалобы на слабость, недомогание, насморк, кашель, боли в груди.

Нормативы загрязнения атмосферного воздуха

Особенностью нормирования качества атмосферного воздуха является зависимость воздействия загрязняющих веществ, присутствующих в воздухе, на здоровье населения не только от значения их концентраций, но и от продолжительности временного интервала, в течение которого человек дышит данным воздухом. Поэтому в Российской Федерации, как и во всем мире, для загрязняющих веществ, как правило, установлены 2 норматива:

- норматив, рассчитанный на короткий период воздействия загрязняющих веществ. Данный норматив называется «предельно допустимые максимально – разовые концентрации»,
- норматив, рассчитанный на более продолжительный период воздействия (8 часов, сутки, по некоторым веществам год). В Российской Федерации данный норматив устанавливается для 24 часов и называется «предельно допустимые среднесуточные концентрации».

ПДК – предельная допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущее поколение, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. Величины *ПДК* приведены в мг/м³ (ГН 2.1.6.695-98).

ПДК_{мр} – предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Эта

концентрация при вдыхании в течение 20–30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

$ПДК_{cc}$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.

В табл. 2 представлены предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в РФ.

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в РФ

<i>N</i>	<i>Вещество</i>	<i>Класс опасности</i>	$ПДК_{MR}, \text{мг/м}^3$	$ПДК_{CC}, \text{мг/м}^3$
1.	Оксид углерода	4	5	3
2.	Диоксид азота	2	0,2	0,04
3.	Оксид азота	3	0,4	0,06
4.	Диоксид серы	3	0,5	0,05
5.	Аммиак	4	0,2	0,04
6.	Озон	1	0,16	0,03
7.	Взвешенные вещества	3	0,5	0,15

Класс опасности – показатель, характеризующий степень опасности для человека веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Вещества делятся на следующие классы опасности:

- 1 класс – чрезвычайно опасные;
- 2 класс – высоко опасные;
- 3 класс – опасные;
- 4 класс – умеренно опасные.

Цель работы

Исследовать суточную динамику концентрации загрязняющих веществ в Санкт-Петербурге на станции наблюдения №4, находящейся по адресу Малоохтинский пр., д.98, в разные времена года.

Исходные данные

Вариант работы задается преподавателем индивидуально.

Задание

1. Построить графики изменения концентраций всех имеющихся загрязняющих веществ за заданные дни, определить наличие суточного хода.

2. Сопоставить полученные графические данные со среднесуточной ПДК для каждого из загрязняющих веществ. Для этого необходимо нанести на график значение $\text{ПДК}_{\text{СС}}$ в виде горизонтальной линии.

3. Сравнить максимальные значения концентраций каждого загрязняющего вещества с соответствующими значениями $\text{ПДК}_{\text{МР}}$.

4. Проанализировать полученные данные, принимая во внимание адрес расположения станции, время суток, день недели, время года.

Лабораторная работа №2

Исследование влияния метеорологических параметров на концентрацию загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга

Общие сведения

Время сохранения примесей в атмосфере зависит от множества факторов, доминирующее значение среди которых принадлежит метеорологическим условиям. Под влиянием этих факторов при постоянных выбросах вредных веществ уровень загрязнения приземного слоя воздуха может колебаться в очень широких пределах. Метеоусловия также оказывают существенное влияние на перенос и рассеивание примесей в атмосфере. Наибольшее влияние оказывает режим ветра и температуры (температурная стратификация), осадки, туманы, солнечная радиация.

Ветер может оказывать различное влияние на процесс рассеивания примесей в зависимости от типа источника и характеристики выбросов. Если отходящие газы перегреты относительно окружающего воздуха, то они обладают начальной высотой подъёма. В связи с этим вблизи источника создается поле вертикальных скоростей, способствующих подъёму факела и уносу примесей вверх. Этот подъём обуславливает уменьшение концентраций примесей у земли. Эта концентрация убывает и при очень сильных ветрах, однако это происходит за счёт быстрого переноса примесей в горизонтальном направлении. При низких или холодных источниках выбросов повышенный уровень загрязнения воздуха наблюдается при слабых ветрах ($v = 0-1$ м/с) вследствие скопления примесей в приземном слое. Прямое влияние на загрязнение воздуха в городе оказывает направление ветра. Существенное увеличение концентрации примеси наблюдается тогда, когда преобладают ветры со стороны промышленных объектов.

Инверсия температуры в атмосфере – повышение температуры воздуха с высотой вместо обычного для тропосферы её убывания. Инверсии температуры встречаются у земной поверхности (приземные инверсии) и в свободной атмосфере. Приземные инверсии температуры чаще всего образуются в безветренные ночи (зимой иногда и днём) в результате интенсивного излучения тепла земной поверхностью, что при-

водит к охлаждению как её самой, так и прилегающего слоя воздуха. Толщина приземных инверсий составляет десятки – сотни метров. Увеличение температуры в инверсионном слое колеблется от десятых долей градусов до 15 – 20°C и более.

Инверсии температуры являются задерживающими слоями в атмосфере; они препятствуют развитию вертикальных движений воздуха, вследствие чего под ними накапливаются водяной пар, пыль, ядра конденсации. Это благоприятствует образованию слоев дымки, тумана. Для состояния атмосферы в городах наибольшую опасность представляет приземная инверсия в сочетании со слабыми ветрами, т.е. ситуация “застоя воздуха”.

Наиболее высокие концентрации загрязнений наблюдаются при низкой температуре. Область распространения зимних инверсий совпадает с областью распространения антициклонов, поэтому при антициклонической погоде обычно наблюдаются высокие концентрации дыма.

Влажность также способствует увеличению концентраций загрязнений в атмосферном воздухе. Капли тумана поглощают примесь, причём не только вблизи подстилающей поверхности, но и из вышележащих, наиболее загрязненных слоев воздуха. Вследствие этого концентрация примесей сильно возрастает в слое тумана и уменьшается над ним. Растворение сернистого газа в каплях приводит к образованию серной кислоты.

Осадки очищают воздух от примесей. После длительных интенсивных осадков высокие концентрации примесей в атмосфере практически не наблюдаются.

Солнечная радиация обуславливает фотохимические реакции в атмосфере с образованием различных вторичных продуктов, обладающих часто более токсичными свойствами, чем вещества, поступающие от источников выбросов.

Цель работы

Исследовать динамику суточного изменения основных метеопараметров и их влияние на концентрацию примесей в Санкт-Петербурге на станции наблюдения №4 в разные времена года.

Исходные данные

Вариант работы тот же, что в работе №1.

Задание

1. Построить графики суточного хода метеорологических параметров за заданные дни.

2. Сопоставить полученные данные с результатами, полученными в лабораторной работе №1 и проанализировать их, определить какой метеорологический параметр оказывает наибольшее влияние на загрязнение воздуха.

3. Определить наличие температурной инверсии (см. *Приложение 2*) и её влияние на концентрацию ЗВ.

4. Построить графики распределения температуры с высотой в случае наличия температурной инверсии. А также в отчёт необходимо вставить фрагмент таблицы данных зондирования.

4. По результатам лабораторных работ №1 и №2 представляется один отчёт.

Лабораторная работа №3

Корреляционный анализ концентраций загрязняющих веществ и метеопараметров на территории Санкт-Петербурга

Общие сведения

Корреляционный анализ – это проверка гипотез о связях между переменными с использованием коэффициентов корреляции. Коэффициент корреляции – количественная мера совместной изменчивости двух переменных.

Основное назначение корреляционного анализа – выявление корреляционной связи между двумя или более изучаемыми переменными. Корреляционная связь это совместное согласованное изменение двух изучаемых характеристик. Наглядное представление о характере вероятностной связи даёт диаграмма рассеивания (рис. 2) – математическая диаграмма, изображающая значения двух переменных в виде точек на декартовой плоскости.

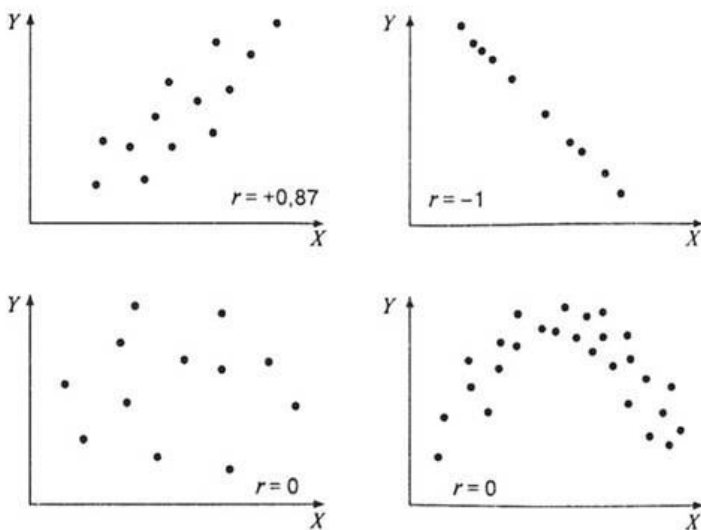


Рис. 2. Примеры диаграмм рассеивания и соответствующих коэффициентов корреляции r

Значения коэффициентов корреляции r изменяются в диапазоне от -1 до $+1$. Отрицательная корреляция – корреляция, при которой увеличение одной переменной связано с уменьшением другой переменной; положительная корреляция – корреляция, при которой увеличение одной переменной связано с увеличением другой переменной. После проведения расчётов отбираются только наиболее сильные корреляции, которые в дальнейшем интерпретируются (пример, см. табл. 3).

Таблица 3

Интерпретация коэффициентов корреляции

Значение коэффициента корреляции $ r $	Интерпретация
до 0,2	очень слабая корреляция
до 0,5	слабая корреляция
до 0,7	средняя корреляция
до 0,9	высокая корреляция
свыше 0,9	очень высокая корреляция

Корреляционная матрица. Если необходимо рассчитать коэффициенты корреляции для нескольких переменных (больше двух) во всех сочетаниях друг с другом, то набор получившихся коэффициентов корреляции можно оформить в виде матрицы, которая называется *корреляционной*.

Например, для четырех переменных А, В, С, D – 16 коэффициентов корреляции собираются в корреляционную матрицу:

	A	B	C	D
A	1.0	r_{12}	r_{13}	r_{14}
B	r_{21}	1.0	r_{23}	r_{24}
C	r_{31}	r_{32}	1.0	r_{34}
D	r_{41}	r_{42}	r_{43}	1.0

Если при $r = 0$ статистическая связь отсутствует, то при $|r| = 1$ статистическая связь максимальна. Для промежуточных значений r может характеризовать как отсутствие связи, так и её значительную величину. Чтобы это определить однозначно, необходимо выполнить *проверку коэффициента корреляции на значимость*.

Для этого сформулируем нулевую гипотезу $H_0: r = 0$ и альтернативную $H_1: r \neq 0$.

Для проверки этой гипотезы выбирается критерий Стьюдента, выборочное значение которого рассчитывается по формуле (1):

$$t^* = \frac{r}{\sigma_r}, \text{ где } \sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{N-1}}, \quad (1)$$

где σ_r – стандартное отклонение для распределения коэффициентов корреляции генеральной совокупности.

Далее определяется критическое значение $t_{кр}(\alpha, \nu)$, где уровень значимости α принимается равным 5%, а число степеней свободы $\nu = N - 1$, где N – длина ряда (концентрации ЗВ или метеопараметров), $t_{кр}$ можно рассчитать с помощью статистической функции «Excel» «СТЬЮДРАСПОБР».

Сравниваем t^* по модулю с $t_{кр}$.

Если $|t^*| > t_{кр}$, нулевая гипотеза отвергается, коэффициент корреляции значим, т.е. между двумя переменными существует статистически значимая прямая (или обратная, в зависимости от знака) связь.

Если $|t^*| < t_{кр}$, нулевая гипотеза принимается, коэффициент корреляции незначим, т.е. между двумя переменными статистически значимая связь отсутствует.

Цель работы

Провести корреляционный анализ концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) и метеорологических параметров за заданные сутки.

Исходные данные

Вариант работы тот же, что в лабораторной работе №1. Рекомендуется выбрать день с наибольшим количеством данных.

Задание

1. Вычислить коэффициенты корреляции: между самими загрязняющими веществами, между загрязняющими веществами и метеопараметрами, а также между самими метеопараметрами (см. Приложение 3).

2. Значения коэффициентов корреляции округлить до сотых, отредактировать шапку таблицы. Ниже представлен фрагмент отредактированной корреляционной матрицы, полученной в «Excel».

	CO	NO	NO ₂
CO	1.0		
NO	0,89	1.0	
NO ₂	0,80	0,81	1.0

3. Проверить на значимость все полученные коэффициенты корреляции. Заполненную таблицу вставить в презентацию (пример заполнения таблицы представлен в табл. 4).

Таблица 4

Значения коэффициентов корреляции

№	Сравниваемые переменные	Значение коэффициента корреляции r	σ_r	t^*	$t_{кр}$	Вывод: значимый или незначимый
1	NO-CO	0.89	0,0245	36,324	1,99	значимый
2	PM10-CO	0,08	0,1171	0,6831	1,99	незначимый

4. Выделить цветом или шрифтом значимые коэффициенты корреляции в корреляционной матрице и проанализировать полученную корреляционную матрицу (см. Приложение 4.3). Отредактированную корреляционную матрицу вставить в презентацию.

5. На основе анализа корреляционной матрицы сделать вывод о взаимозависимости переменных, пользуясь табл. 3.

6. Построить три диаграммы рассеивания (см. пример на рис.2) для переменных:

- с наибольшим значимым положительным коэффициентом корреляции;
- с наибольшим значимым отрицательным коэффициентом корреляции;
- с наименьшим по модулю значимым коэффициентом корреляции.

Лабораторная работа №4

Анализ временных рядов концентрации загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга

Цель работы

Исследовать динамику временных рядов концентрации примесей за заданный период времени.

Исходные данные

Вариант работы задаётся преподавателем индивидуально.

Задание

1. Построить графики распределения концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) за заданный период времени. Определить наличие недельного хода.

2. Найти среднесуточные значения концентрации ЗВ (см. *Примечание*) и построить графики среднесуточных концентраций за 2 недели. Сопоставить со среднесуточной ПДК_{сс}.

3. Найти максимальные суточные значения концентрации ЗВ и построить графики максимальных концентраций за 2 недели. Сопоставить с максимально-разовой ПДК_{мр}.

4. Заполнить табл.5 (ниже, в табл.5 дан пример заполнения), внося в неё найденные максимальные и минимальные значения концентраций за 2 недели, указать исследуемый временной интервал, номер и адрес станции наблюдения. Проанализировать таблицу.

Таблица 5

Максимальные и минимальные концентрации ЗВ

ЗВ	ПДК		Число дней		Максимальная концентрация ЗВ, дата, день недели, время, скорость и направление ветра	Минимальная концентрация ЗВ, дата, день недели, время, скорость и направление ветра
	ПДК _{мр}	ПДК _{сс}	всего	выше ПДК _{мр}		
СО	5	3	14	—	2,57мг/м ³ , 15.01(пятн.), 17:40, 0,32м/с, 172(Ю)	0,18 мг/м ³ , 15.01(пятн.), 01:20, 0,91м/с, 117(В-ЮВ)

5. Построить графики изменения метеорологических параметров за заданный период времени.

6. Определить какой метеорологический параметр оказывает наибольшее влияние на загрязнение воздуха.

Примечание: средние, максимальные и минимальные значения концентраций можно найти с помощью инструмента анализа «Описательная статистика» из пакета «Анализ данных» в «Excel».

Лабораторная работа №5

Исследование влияния инверсии на загрязнение атмосферного воздуха

Основные сведения

В результате хозяйственной деятельности человека в атмосфере появляется большое количество загрязняющих веществ, что наиболее характерно для крупных городов. Резкое возрастание концентраций загрязняющих веществ происходит в период возникновения неблагоприятных метеорологических условий, способствующих накоплению промышленных и автомобильных выбросов в нижних слоях атмосферы. К таким неблагоприятным условиям относится инверсия, представляющая собой задерживающий слой теплого воздуха, который препятствует рассеиванию примесей по вертикали. Возникают инверсии под воздействием радиационных и адвективных факторов, кроме того, рельеф местности, крупные водоёмы и парки создают дополнительные условия для их образования. Инверсия усиливается в глубоких впадинах, котловинах, обрывах, долинах рек. Холодный воздух опускается и подтекает под тёплый воздух, образуя “озеро холода”.

Главными характеристиками инверсий температуры является их мощность, интенсивность и температурный градиент. *Мощность инверсии* определяют по разнице между верхней и нижней границами инверсии, выраженной в метрах. *Интенсивность инверсии* – это разница температур на её границах ($^{\circ}\text{C}$).

Вертикальный температурный градиент – изменение температуры с ростом высоты над уровнем моря, взятое на единицу расстояния. Считается положительным, если температура с высотой падает. В обратном случае, когда температура при подъёме повышается, образуется обратный (инверсионный) вертикальный градиент, которому присваивается знак минус. В тропосфере вертикальный температурный градиент в среднем составляет $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. В тёплое время года, когда близкий к поверхности земли слой воздуха достаточно нагрет, характерно понижение температуры с высотой, причём величина падения превышает даже 1°C на каждые 100 м подъёма. Зимой, при сильном охлаждении поверхности земли и приземного слоя воздуха, температура часто не понижается, а растёт с высотой, т. е. возникает инверсия тем-

пературы. Подобные слои воздуха имеются в любое время года и на различных высотах.

Цель работы

Исследовать влияние температурных инверсий на уровень загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге.

Исходные данные

Вариант работы тот же, что в работе №4.

Задание

1. Определить наличие инверсий за указанный в варианте период времени (см. Приложение 2).

2. Вычислить параметры ночных и дневных инверсий: мощность, интенсивность и вертикальный температурный градиент. Характеристики инверсий и результаты вычислений поместить в табл. 6–7 (см. пример заполнения таблиц).

Таблица 6

**Пример таблицы характеристик инверсий по данным станции
Воейково в срок 04:00**

<i>Дата</i>	<i>Высота НГ инверсии, м</i>	<i>Мощность инверсии, м</i>	<i>Интенсив- ность инвер- сии по модулю, °C</i>	<i>Темпера- тура НГ инверсии, °C</i>	<i>Вертикальный градиент темпе- ратуры, °C/100 м</i>
01.01.2010	78	505	1,4	-14,3	-0,28
02.01.2010	190	1210	1,1	-16,4	-0,12
03.01.2010	693	216	4,8	-17,1	-2,22

Таблица 7

**Пример таблицы характеристик инверсий по данным станции
Воейково в срок 16:00**

<i>Дата</i>	<i>Высота НГ инверсии, м</i>	<i>Мощность инверсии, м</i>	<i>Интенсив- ность инвер- сии по модулю, °C</i>	<i>Темпера- тура НГ инверсии, °C</i>	<i>Вертикальный градиент темпе- ратуры, °C/100 м</i>
01.01.2010	936	276	1	-16,9	-0,36
02.01.2010	695	249	3,6	-16,5	-1,45
03.01.2010	470	423	1,8	-16,7	-0,43

3. Определить количественные характеристики инверсий, заполнить итоговую таблицу, проанализировать.

Таблица 8

Количественные характеристики инверсий

	1-я неделя		2-я неделя	
	ночные	дневные	ночные	дневные
Количество инверсий				
Количество приземных /высотных инверсий				
Максимальная/средняя мощность инверсии в м.				
Максимальная интенсивность инверсии в °С, дата				

4. Построить вертикальные профили температуры для наибольших по модулю градиентов по данным зондирования за оба срока.

5. Построить графики временных рядов мощности, интенсивности и высоты нижней границы (НГ) ночной и/или дневной инверсии за указанный период времени в виде гистограмм (см. Приложение 4.5). Проанализировать все характеристики инверсии.

6. Определить влияние температурной инверсии на уровень концентраций различных загрязняющих веществ в воздухе Санкт-Петербурга, сравнив построенные графики с результатами лабораторной работы №4.

7. Провести корреляционный анализ значений ЗВ и характеристик инверсии. Для этого выполнить следующее.

7.1. На основе данных лабораторной работы №4 вычислить средние полусуточные (с 04 ч до 16 ч и с 16 ч до 04 ч) значения концентраций ЗВ и занести их в табл. 9 и 10 (ниже см. пример заполнения таблиц).

Таблицы 9 и 10

Средние полусуточные значения концентраций ЗВ

с 04ч до 16ч	CO	NO	NO ₂
01.январь	0,44	38,21	25,23
...	...	...	...
...	...	...	...
14.январь	0,81	115,10	50,49

с 16ч до 04ч	CO	NO	NO ₂
01.январь	0,63	60,40	33,34
...	...	...	...
...	...	...	...
14.январь	0,58	65,10	44,31

7.2. Вычислить коэффициенты корреляции между средними полусуточными концентрациями ЗВ и мощностью, интенсивностью, высотой НГ инверсий и температурным градиентом в сроки наблюдений 04 ч и 16 ч. Методика вычисления коэффициентов корреляции в «Excel» приведена в лабораторной работе № 3. На значимость проверить только коэффициенты корреляции между концентрациями ЗВ и характеристиками инверсии.

7.3. Построить диаграммы рассеивания для двух наибольших коэффициентов корреляции с разными знаками.

Лабораторная работа №6

Исследование пространственного распределения загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга

Основные сведения

Влияние на уровень загрязнения в городе оказывают:

Природно-климатические условия

Комплекс метеорологических факторов (температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, интенсивность солнечной радиации) может оказывать влияние на процессы рассеивания выбросов промышленных предприятий и выхлопных газов в атмосферном воздухе, эффективность многих естественных биологических методов очистки сточных вод и обезвреживания хозяйственно-бытовых и промышленных отходов. Большое значение для крупных городов имеет роза ветров – преимущественное их направление в течение года.

Рельеф местности

Рельеф играет большую роль в формировании микроклимата городской территории, изменяя температурный, влажностный, радиационный и ветровой режимы. Рельеф местности значительно влияет и на условия рассеивания поступающих в атмосферный воздух вредных выбросов. При температурных инверсиях и маловетреной погоде в долинах и котловинах накапливаются атмосферные загрязнения вследствие ухудшения условий для проветривания территории. Особенно остро эта ситуация проявляется в безветренную погоду и на плотно застроенных улицах с интенсивным движением автотранспорта, в пониженных частях города, замкнутых дворах.

Микроклимат

Каменные и атмосферные покрытия летом нагреваются и излучают тепло, что приводит к повышению температуры и влажности. Мно-

гоэтажная застройка снижает скорость движения воздуха, в результате загрязнение атмосферного воздуха увеличивается. Восходящие потоки над городом вызывают в тихую погоду приток прохладного воздуха от периферии к центру.

Поверхностные водоёмы

Поверхностные водоёмы снижают температуру воздуха, повышают влажность.

Озеленение

Зеленые насаждения улучшают микроклимат, ослабляют ветры, являются резервуаром чистого воздуха, выделяют в воздух фитонциды, кислород, поглощают углекислый газ. Почва, покрытая растительностью, хорошо поглощает солнечные лучи и снижает температуру летом.

Состояние загрязнения воздушного бассейна города зависит не только от количества выбросов загрязняющих веществ и их химического состава, но и от климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых веществ. В целом климатические условия Санкт-Петербурга, влияющие на уровень загрязнения воздуха, несколько более благоприятны, чем в среднем по городам России (морской климат и благоприятные условия для рассеивания выбросов от промышленных предприятий и автотранспорта).

Согласно розе ветров за год для Санкт-Петербурга город чаще продувается ветрами юго-западных (21 %) и западных направлений (23 %). Вследствие этого над западными и юго-западными районами города чаще, чем над северными и восточными, появляется более чистый воздух.

Цель работы

Исследовать пространственное распределение загрязняющих веществ в Санкт-Петербурге по данным всех станций наблюдения.

Исходные данные

Вариант работы задается преподавателем индивидуально.

Задание

Работа выполняется с помощью программного пакета «Surfer 9» (см. *Приложение 6*).

1. Подготовить табл. 11 исходных данных по 20 станциям наблюдения. В каждом столбце таблицы выделить цветом или шрифтом максимальные значения переменной. Готовую таблицу необходимо вставить в отчёт.

Таблица 11

Пример таблицы исходных данных по 20-ти станциям наблюдения

<i>№ станции</i>	<i>Концентрации загрязняющих веществ</i>					<i>Метеопараметры</i>			
	<i>CO</i>	<i>NO</i>	<i>NO₂</i>	<i>...</i>	<i>...</i>	<i>RH</i>	<i>T</i>	<i>Направление ветра</i>	<i>Скорость ветра</i>
1.									
...									
20.									

2. Построить изолинии концентраций всех ЗВ и скорости ветра.

3. Построить 3D графики пространственного распределения концентраций всех ЗВ и скорости ветра.

4. Проанализировать полученные результаты. Сравнить с картой промышленных зон Санкт-Петербурга, представленной в *Приложении 6*.

Лабораторная работа №7

Исследование среднемесячного распределения загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга

Цель работы

Исследовать среднемесячное распределение загрязняющих веществ в атмосфере Санкт-Петербурга по данным всех станций наблюдения за несколько лет.

Исходные данные

Вариант работы задается преподавателем индивидуально.

Задание

Работа выполняется с помощью программного пакета «Surfer 9» (см. Приложение 6).

1. Найти среднемесячные значения концентраций ЗВ для всех станций наблюдения с помощью функции «Excel» «Описательная статистика» (см. лаб. раб. №4).
2. Заполнить табл. 12 исходных данных.

Таблица 12

Таблица исходных данных среднемесячных значений концентраций загрязняющих веществ

№ станции	Среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ		
	CO (мг/м ³)	NO (мкг/м ³)	NO ₂ (мкг/м ³)
1.			
...			
20.			

3. Перевести все значения концентраций в единицы ПДК_{сс}, для чего разделить значения концентраций на соответствующее значение ПДК_{сс}.

4. Построить изолинии приведенных к ПДК_{сс} концентраций. Проанализировать.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Титульный лист

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет
Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №__
по дисциплине “Контроль загрязнения природной среды”
«Название работы»
Вариант__

Выполнил:
Проверил:

Приложение 2

Определение температурной инверсии

Для определения причин загрязнения атмосферы воздуха в городе необходимо проанализировать распределение температуры с высотой. Это можно сделать с помощью архивных данных по зондированию атмосферы, находящихся по адресу: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.

В окне «Region» выбрать «Europe», в окне «Year» выбрать год наблюдений, в окне «Month» выбрать месяц наблюдений и в следующем окне выбрать нужную дату наблюдений. На карте (рис. 1) выбрать станцию с названием «ULLI» (подчеркнуто белой линией), нажав на её левой кнопкой мыши. Станция Воейково (ULLI) находится в Ленинградской области и может служить в качестве фоновой. В новом окне откроется архивный файл с данными за выбранную дату.

Зондирование атмосферы проводится два раза в день в 00 ч. и в 12 ч. по Гринвичу. Чтобы перевести время с Гринвича на московское, надо прибавить к данному времени 4 ч. В представленных ниже фрагментах табл. 1 и 2 – данные зондирования за 04 ч. и за 16 ч. московского времени 15 января 2010 г.

Click on the image to request a sounding at that location or enter the station number above.

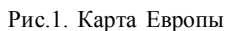


Таблица 1

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THW
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1016.0	78	-5.7	-6.8	92	2.27	260	2	266.2	272.5	266.6
1000.0	201	-6.7	-7.7	93	2.15	275	8	266.4	272.4	266.8
984.0	326	-7.3	-8.1	94	2.12	280	12	267.1	273.0	267.5
944.0	649	-8.7	-9.2	96	2.03	293	13	268.8	274.5	269.2
932.0	748	-8.7	-9.1	97	2.07	298	13	269.8	275.6	270.2
925.0	807	-7.7	-8.1	97	2.25	300	14	271.4	277.8	271.8
919.0	858	-6.9	-7.2	98	2.43	304	13	272.8	279.6	273.2
900.0	1021	-6.9	-7.1	98	2.50	315	12	274.4	281.5	274.8
889.0	1117	-7.3	-7.3	100	2.50	314	12	274.9	282.0	275.4
876.0	1232	-7.7	-7.8	99	2.44	313	13	275.7	282.6	276.1
852.0	1448	-8.2	-9.6	90	2.17	310	14	277.3	283.6	277.7
850.0	1466	-8.3	-9.8	89	2.15	310	16	277.4	283.6	277.8
833.0	1623	-9.1	-11.9	80	1.85	315	17	278.2	283.6	278.5
817.0	1772	-11.1	-18.1	56	1.13	319	18	277.6	281.0	277.8

26063 ULLI St.Petersburg(Voejkovo) Observations at 12Z 15 Jan 2010

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THIV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1023.0	78	-7.9	-9.0	92	1.90	0	0	263.5	268.7	263.8
1000.0	257	-7.5	-7.8	98	2.13	55	12	265.6	271.5	266.0
997.0	280	-7.5	-7.8	98	2.14	65	14	265.8	271.7	266.2
959.0	582	-8.1	-8.3	98	2.14	145	12	268.2	274.2	268.6
925.0	860	-10.7	-10.8	99	1.82	120	8	268.4	273.5	268.7
917.0	927	-11.1	-11.2	99	1.78	115	10	268.6	273.6	268.9
900.0	1072	-9.2	-9.4	99	2.09	105	14	272.0	277.9	272.3
886.0	1194	-7.7	-7.9	98	2.39	110	15	274.8	281.6	275.2
874.0	1300	-8.3	-8.5	98	2.31	115	16	275.2	281.8	275.6
850.0	1516	-9.7	-12.1	83	1.79	110	16	276.0	281.2	276.3
829.0	1708	-10.7	-13.1	82	1.69	98	15	276.9	281.8	277.2
822.0	1772	-10.1	-12.5	83	1.79	94	15	278.2	283.4	278.5
810.0	1885	-10.1	-14.4	71	1.56	87	15	279.4	284.0	279.6
807.0	1914	-10.1	-19.1	48	1.05	85	15	279.7	282.9	279.9



Рис.2. График зависимости температуры от высоты по данным табл. 1

Из графика (рис. 2) видно, что слой температурной инверсии наблюдается на высоте 700–900 м. Из табл. 1 видно, что нижняя граница инверсии находится на высоте 748 м, мощность инверсии – 273 м, интенсивность инверсии – 1,8. Из данных табл. 2 видно также, что температура (3-й столбец) с высотой (2-й столбец) увеличивается в слое 900–1200 м.

При исследовании причин загрязнения атмосферы в городе следует проверить наличие температурной инверсии за исследуемый период времени. *В отчёт необходимо вставить фрагмент таблицы данных зондирования.*

Работа с «Пакетом анализа» в «Excel»

Для проведения статистической обработки информации «Excel» включает в себя программную надстройку *«Пакет анализа»* и библиотеку из 78 статистических функций. Для вычисления коэффициентов корреляции в «Excel 97–2003» в меню «Сервис» выбрать «Анализ данных» и далее «Корреляция». В «Excel 2007»: выбрать вкладку «Данные», далее «Анализ данных» – «Корреляция». В качестве «входного интервала» выбрать весь интервал исследуемых значений концентраций ЗВ и метеопараметров.

Для активации «Пакета анализа» в «Excel 97–2003» нужно выполнить следующее:

- Запустить «Excel». Появится окно активного листа новой или существующей книги «Excel»;
- В меню «Сервис» выбрать пункт «Надстройки». Раскроется окно со списком доступных надстроек.

В этом списке найти «Пакет анализа». Поставить рядом с ним «галку». Если она уже стоит, ничего делать не надо. Нажать «ОК».

Посмотреть, в меню «Сервис» появится команда *«Анализ данных»*.

Для активации «Пакета анализа» в «Excel 2007» нужно выполнить следующее:

- Нажать кнопку в левом верхнем углу окна «Excel»;
- Выбрать «Параметры Excel», далее вкладку «Надстройки»;
- В раскрывшемся списке доступных надстроек выбрать «Пакет анализа», нажать кнопку «Перейти».
- После установки данной надстройки во вкладке «Данные» появится кнопка *«Анализ данных»*.

Если в процессе указанной процедуры возникли дополнительные запросы со стороны системы (компьютера), значит для установки «Пакета анализа» потребуется дистрибутив «Microsoft Office».

Примеры графиков для лабораторных работ

4.1. Примеры графиков для лабораторной работы №1 представлены на рис. 3–4.

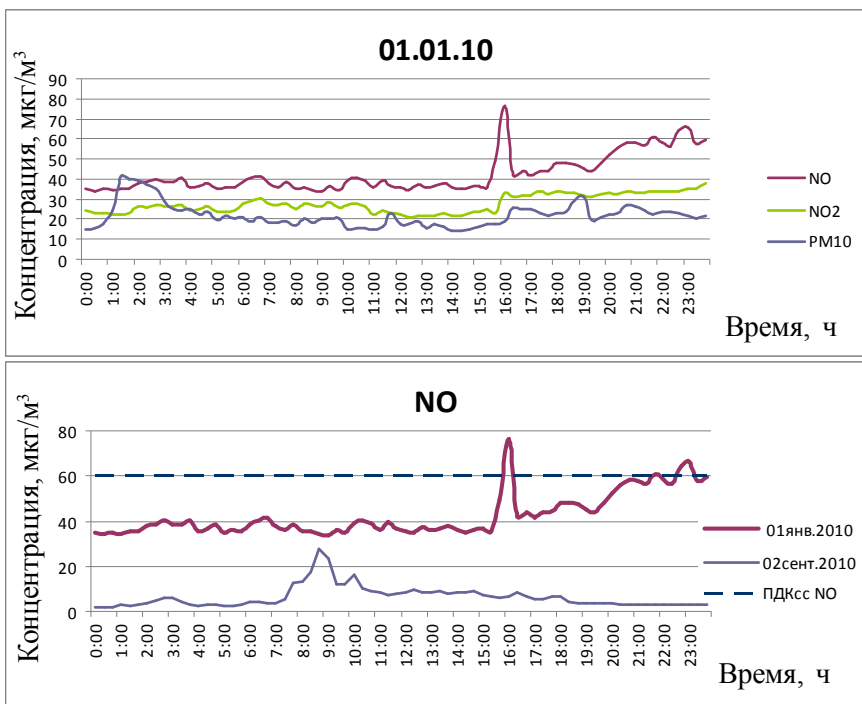


Рис.4. График суточного распределения NO в разные месяцы года и среднесуточная ПДК_{сс} NO

4.2. Пример графика для лабораторной работы №2 представлен на рис.5.

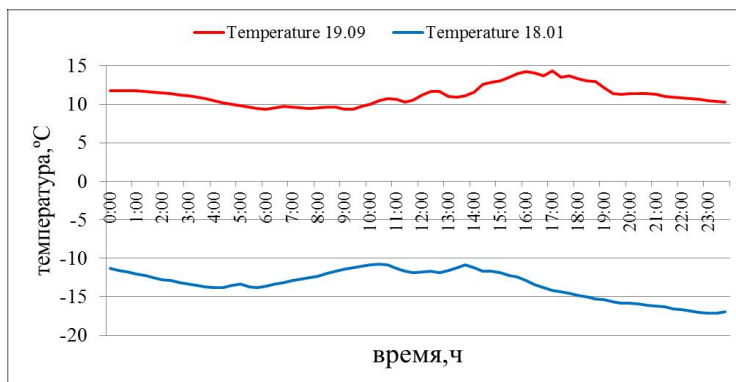


Рис.5. График суточного изменения температуры

4.3. Примеры графиков для лабораторной работы №3 представлены на рис.6–8.

	CO	NO	NO2	NH3	PM10	Влажность	Температура	Направление ветра	Скорость ветра
CO									
NO			1						
NO2									
NH3									
PM10									
Влажность									
Температура			2				3		
Направление ветра									
Скорость ветра									

Рис. 6. Корреляционная матрица без коэффициентов корреляции с полями для анализа
 1 – поле коэффициентов корреляции между загрязняющими веществами,
 2 – поле коэффициентов корреляции между загрязняющими веществами и метеопараметрами,
 3 – поле коэффициентов корреляции между метеопараметрами

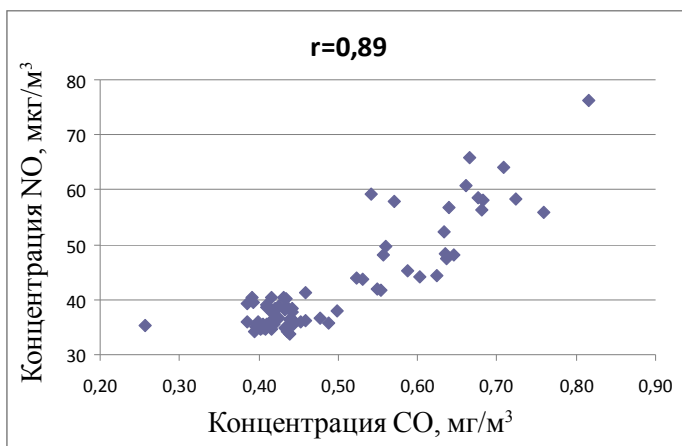


Рис.7. Диаграмма рассеивания для элементов с наибольшим положительным значимым коэффициентом корреляции

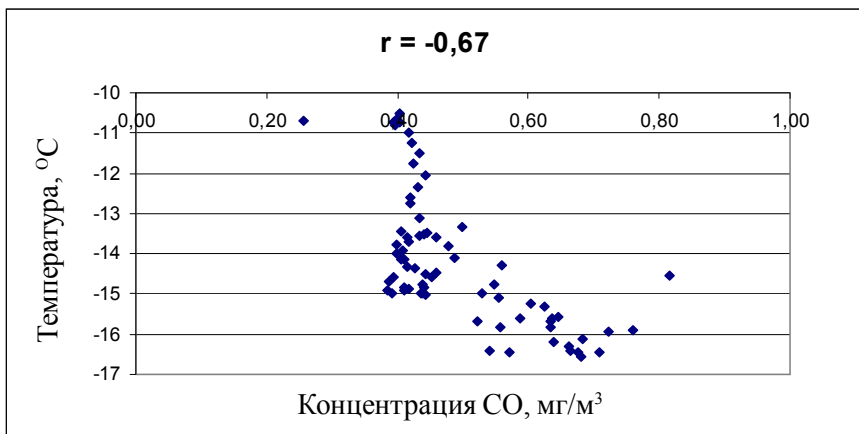


Рис.8. Диаграмма рассеивания для элементов с наибольшим отрицательным значимым коэффициентом корреляции

4.4. Примеры графиков (рис. 9–11) и таблиц (табл.3) для лабораторной работы №4.

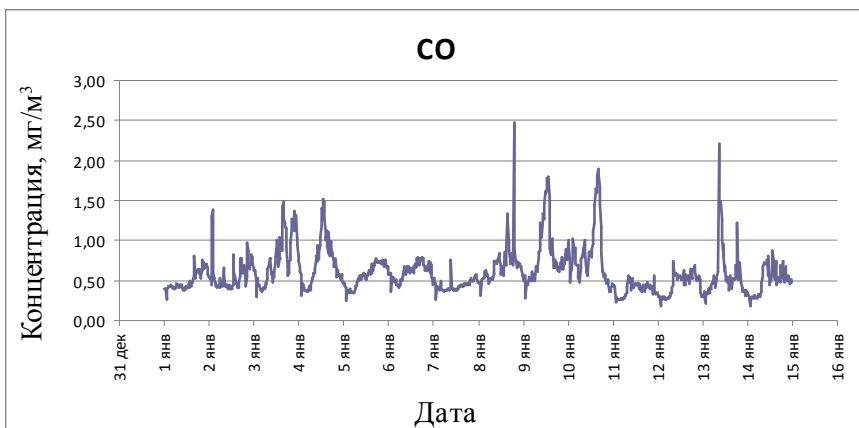


Рис.9. График распределения CO за две недели с 01.01.10 по 14.01.10

Таблица 3

**Максимальные, минимальные и средние значения концентраций
ЗВ за 2 недели**

Дата	CO			NO			NO ₂		
	max	min	сред	max	min	сред	max	min	сред
13 сентября	1,50	0,12	0,58	159,93	10,56	57,71	55,93	23,77	37,01

14 сентября	1,58	0,23	0,66	95,47	3,34	36,06	54,11	27,59	38,44
15 сентября	0,67	0,25	0,37	50,82	1,81	15,22	53,27	26,72	38,51
16 сентября	2,95	0,15	0,64	218,89	0,79	34,75	59,15	9,99	36,76
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25 сентября	1,89	0,35	0,68	143,73	6,54	51,29	64,22	35,70	48,00
26 сентября	1,71	0,17	0,45	135,68	2,64	25,08	52,65	15,96	29,23



Рис. 10. График среднесуточной концентрации NO за две недели и среднесуточная ПДК_{сс} NO



Рис.11. График максимальной концентрации NO за две недели и максимально-разовая ПДК_{мр} NO

4.5. Примеры графиков (рис.12–14) и таблиц (табл.4) для лабораторной работы №5.

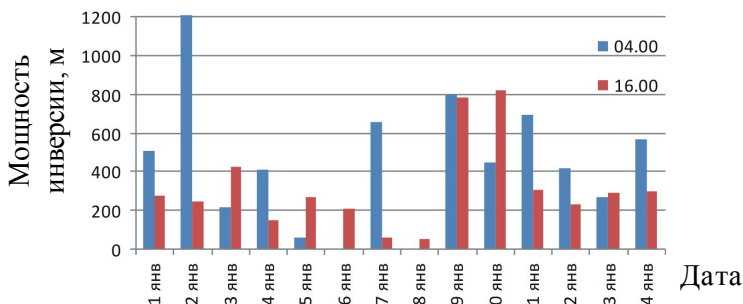


Рис.12. График мощности инверсии за сроки наблюдения 04:00 и 16:00 в интервале 01–14 января 2010 г.

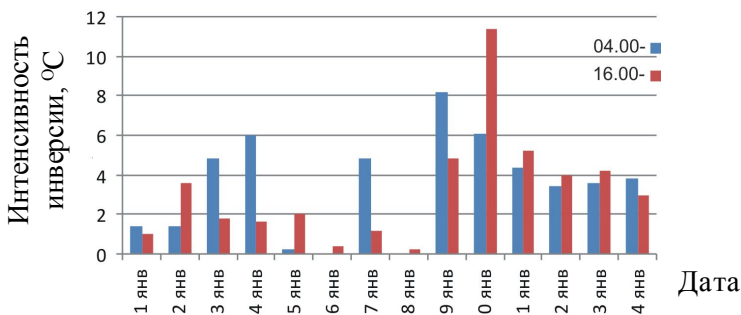


Рис.13. График интенсивности инверсии по модулю за сроки наблюдения 04:00 и 16:00 в интервале 01–14 января 2010 г.

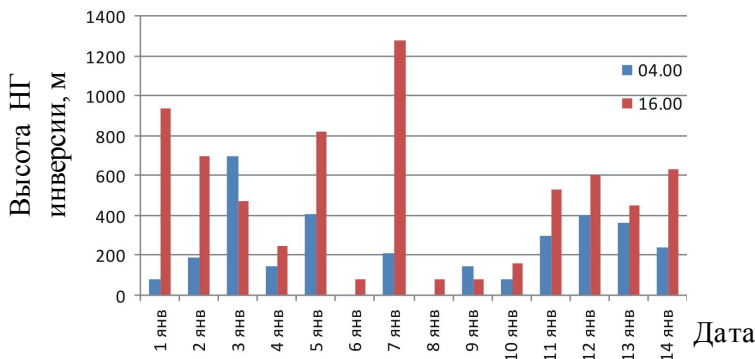


Рис.14. График высоты нижней границы инверсии за сроки наблюдения 04:00 и 16:00 в интервале 01–14 января 2010 г.

Таблица 4

Пример корреляционной матрицы, в которой цветом выделено поле коэффициентов корреляции между концентрациями ЗВ и характеристиками инверсии

	<i>CO</i>	<i>NO</i>	<i>NO₂</i>	<i>Высота НГ</i>	<i>Мощность инверсии</i>	<i>Температура НГ</i>	<i>Интенсивность инверсии</i>	<i>Температурный градиент</i>
<i>CO</i>	1							
<i>NO</i>	0,99	1,00						
<i>NO₂</i>	0,70	0,74	1,00					
<i>Высота НГ</i>	-0,44	-0,39	0,17	1,00				
<i>Мощность инверсии</i>	0,06	0,04	-0,16	-0,53	1,00			
<i>Температура НГ</i>	-0,56	-0,52	-0,25	0,51	-0,55	1,00		
<i>Интенсивность инверсии</i>	0,94	0,92	0,70	-0,43	0,19	-0,71	1,00	
<i>Температурный градиент</i>	0,67	0,66	0,76	-0,03	-0,26	-0,54	0,72	1

4.6 Примеры графиков для лабораторной работы №6 (рис.15).

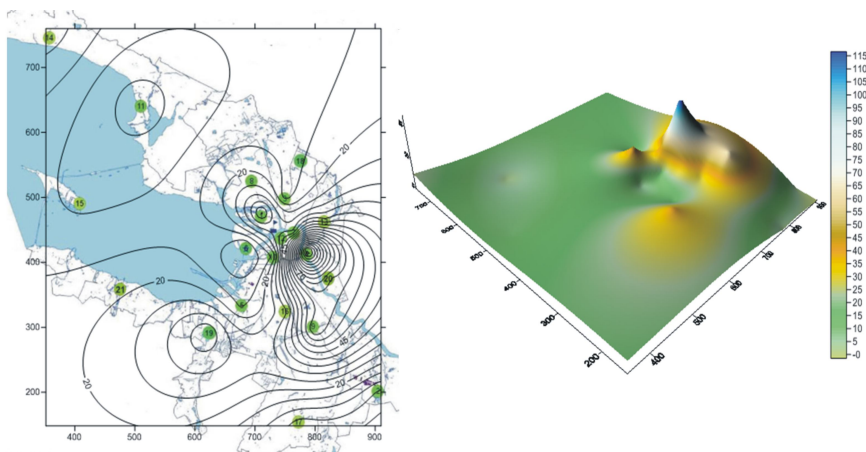


Рис.15. Распределение NO за январь 2010 г. (10:00, Вс) в Санкт-Петербурге

Работа с программным пакетом Surfer 9

5.1. Загрузка схемы размещения станций (рис.16)

Нажать на вкладку «Map», выбрать «new» – «base map», в открывшемся окне необходимо выбрать файл, содержащий схему размещения станций.

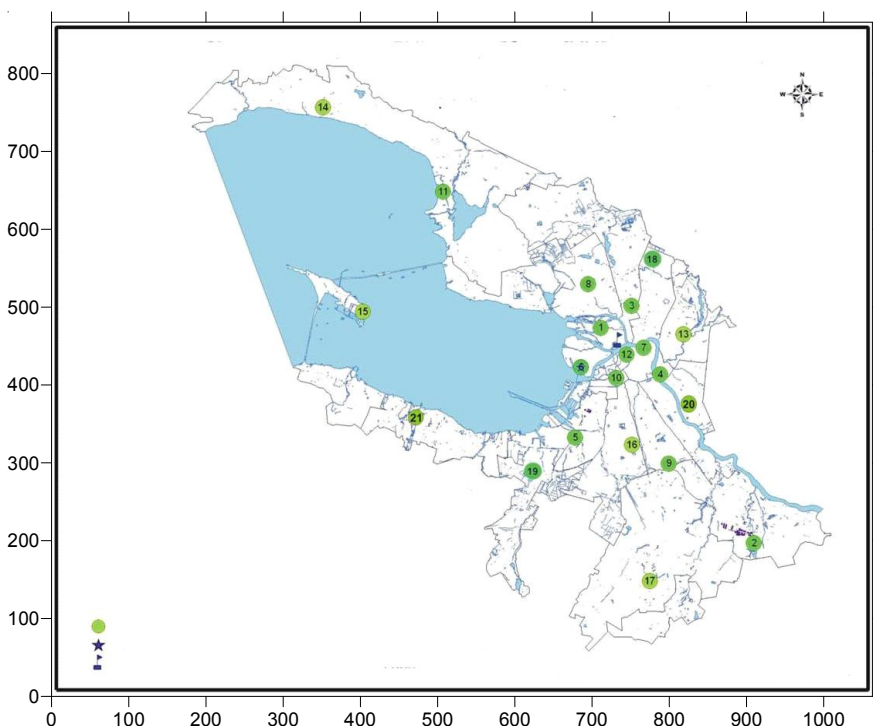


Рис.16. Схема размещения станций

5.2. Оцифровка координат станций (рис.17)

Нажать на вкладку «Map», выбрать «Digitize». Нажать на все станции по порядку и в открывшемся окне появятся координаты (x, y) всех станций. Сохранить полученный файл в папку с именем «имя файла.blm».

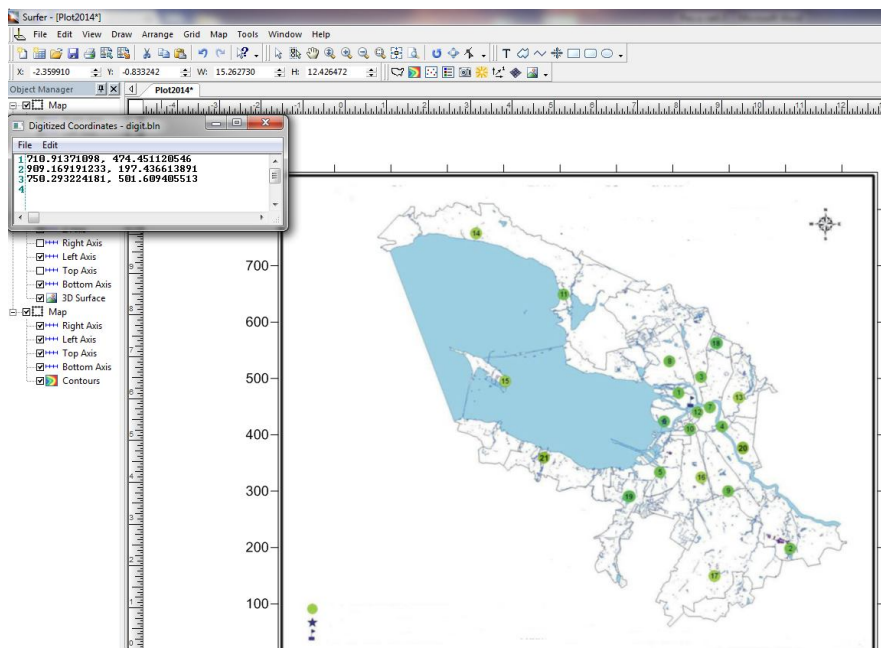


Рис.17. Оцифровка координат станций

5.3. Добавление значений концентраций

Открыть файл, сохраненный в п.5.2, с помощью Блокнота. Добавить 3-й столбец со значениями концентраций примеси по всем станциям наблюдения. При этом необходимо после последней координаты в каждой строке поставить запятую и пробел. Нажать на кнопку «Сохранить».

Фрагмент данных файла CO.blm

```

710.459648512,475.595930588,0.28
908.729864047,197.847968834,0.63
749.012190422,503.651280261,0.71
786.187855835,415.276928793,0.4
677.414612589,335.319182228,0.52
685.67587157,425.096301179,0.77
765.534708383,448.9433484,0.35

```

5.4. Построение изолиний (рис.19)

Нажать на «Grid», выбрать «Data». В открывшемся окне выбрать файл, сохранённый в п.5.3. В открывшемся окне проверить, чтобы в строке «Gridding Method» был выбран «Kriging». Нажать ОК. После этого в папке появляется файл с тем же названием, что в п.5.3, но с расширением «.grd».

Нажать на вкладку «Map», выбрать «new» – «contour map». В открывшемся окне выбрать файл «имя файла.grd». На рис. 18 показан пример изображения карты изолиний концентрации СО.

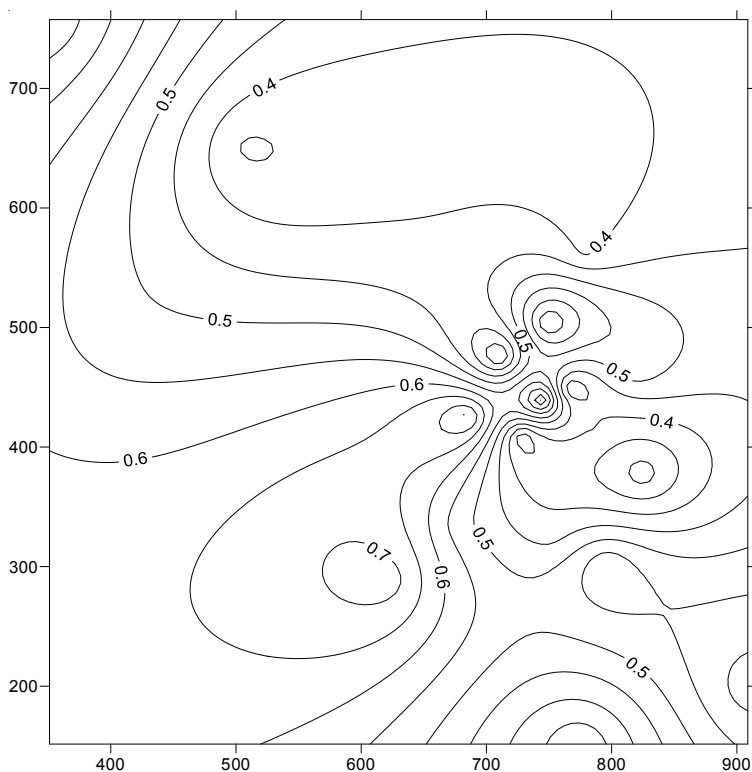


Рис.18. Карта изолиний концентрации СО

Наложить карту изолиний (рис. 18) на карту расположения станций (рис. 17) и совместить координаты карты изолиний с координатами карты расположения станций (рис. 19).

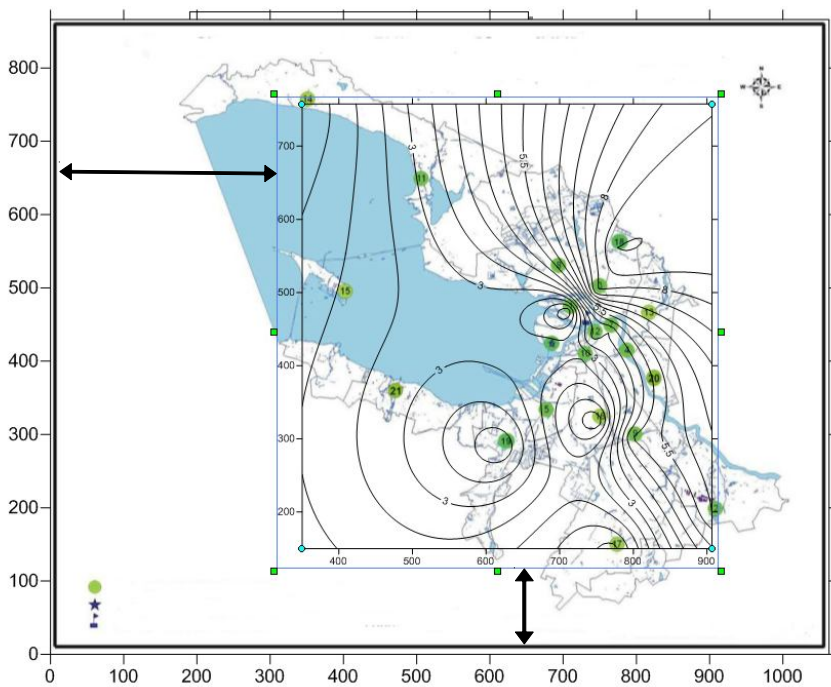


Рис.19. Карта с изолиниями

Нажать «Ctrl-Print Screen», открыть графический редактор (например, «Paint»), вставить скопированное изображение, обрезать по контуру координат карты с изолиниями и вставить полученный график в презентацию.

5.5. Построение 3D графика (рис.20 и 21)

Нажать на кнопку «New 3D Surface». В открывшемся окне выбрать файл «имя файла.grd».

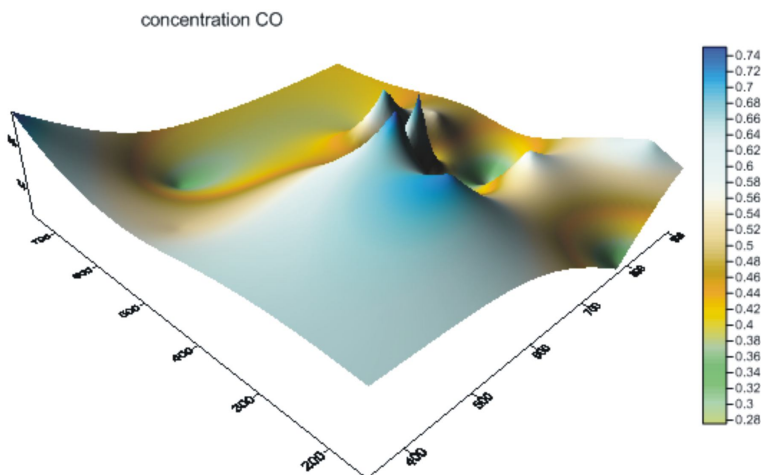


Рис.20. График 3D

Чтобы отображалась цветовая шкала, необходимо нажать правой кнопкой в левом нижнем углу графика, выбрать «Properties» и поставить галочку «Show Color Scale».

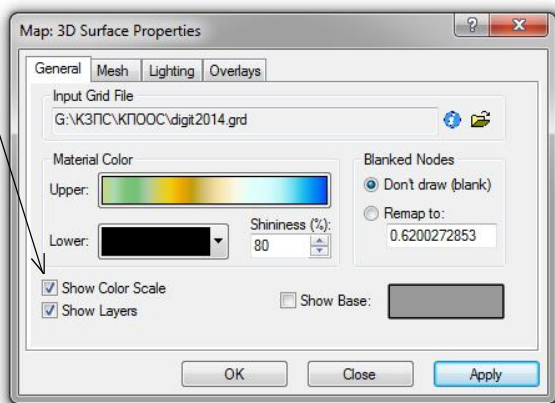


Рис. 21. Отображение цветовой шкалы

На рис. 22 дана карта основных промышленных зон Санкт-Петербурга.



Рис.22. Основные промышленные зоны Санкт-Петербурга

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния окружающей среды. – М.: Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.
2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2012 году / Под редакцией Голубева Д.А., Н.Д. Сорокина. – СПб.: ООО «Сезам-Принт», 2013. – 168с.
3. ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
4. Беккер А. А., Т. Б. Агаев. Охрана и контроль загрязнения природной среды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 67 с.
5. Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. Система прогноза и предотвращения высоких уровней загрязнения воздуха в городах. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2004. – С. 8–65.
6. Еремкин А.И., И.М. Квашнин, Ю.И. Юнкеров. Нормирование выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу. – М.: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2001. – С. 30–50.
7. Зарубин Г. П., Ю. В. Новиков. Гигиена города. – М.: Изд. Москва, 1986. – С. 104–109.
8. Кадыгров Е.Н., И.Н. Кузнецова, Г.С. Голицин. Остров тепла в пограничном слое атмосферы над большим городом: новые результаты на основе дистанционных данных. Доклады Академии наук, 2002. т. 385, № 4. – С. 541–548.
9. Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. Сб. докладов на международном симпозиуме в Ленинграде, Июль 1968г. / Под ред. Берлянда М.Е. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 51 с.
10. Руководящий документ. Охрана природы. Атмосфера. РД 52.04.306-92 Росгидромет, 1993.
11. Оке Т.Р. Климаты пограничного слоя. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 359 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа №1	
Исследование суточных рядов концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) на территории Санкт-Петербурга	6
Лабораторная работа №2	
Исследование влияния метеорологических параметров на концентрацию загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга	11
Лабораторная работа №3	
Корреляционный анализ концентраций загрязняющих веществ и метеопараметров на территории Санкт-Петербурга	14
Лабораторная работа №4	
Обработка временных рядов концентрации загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга	18
Лабораторная работа №5	
Исследование влияния инверсии на загрязнение атмосферного воздуха	20
Лабораторная работа №6	
Исследование пространственного распределения загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга	24
Лабораторная работа №7	
Исследование среднемесячного распределения загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга	27
ПРИЛОЖЕНИЯ	28
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	44

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Светлана Викторовна Крюкова

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
АНАЛИЗ ДАННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Лабораторный практикум

Редактор: И.Г. Максимова
Компьютерная верстка: К.П. Ерёмин

ЛР № 020309 от 30.12.96

Подписано в печать 26.02.15. Формат 60×90 1/16. Гарнитура “Таймс”.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 3,0. Тираж 100 экз. Заказ № 387.
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр. 98.
Отпечатано в ЦОП РГГМУ

Книгу можно приобрести в издательстве и книжном киоске РГГМУ
по адресу: 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.