

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. И. АРАБАЕВА**

На правах рукописи

УДК 551.510.42

МУНАЙТПАСОВА АИДА НУРГАЛИЕВНА

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОЗОНОВОГО СЛОЯ НАД
ТЕРРИТОРИЕЙ КАЗАХСТАНА**

Специальность: 25.00.36 - «Геоэкология»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

**Научный руководитель:
доктор географических наук, профессор
Чодураев Темирбек Макешович**

Бишкек – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	14
1.1 Общая характеристика исходных материалов и методы измерений озона	14
1.2 Краткая физико-географическая характеристика района	19
1.3 Климатическая характеристика исследуемого района	24
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ В КАЗАХСТАНЕ	33
2.1 Годовой ход общего содержания озона над Казахстаном	37
2.2 Общее содержание озона в сопредельных государствах	44
2.3 Приземный озон	49
2.3.1 Годовой ход приземного озона	49
2.3.2 Суточный ход приземного озона	53
2.3.3 Пространственное распределение приземного озона	58
2.3.4 Связь приземного озона с метеорологическими величинами	63
2.4 Атмосферная циркуляция и озон	72
ГЛАВА 3. ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОЗОНА НАД КАЗАХСТАНОМ	77
3.1. Аэросиноптические условия экстремальных концентрации приземного озона в городе Алматы	80
3.1.1 Синоптические условия, при которых формируются минимальные концентрации приземного озона	81
3.1.2 Синоптические условия, при которых формируются максимальные концентрации приземного озона	89
3.2 Синоптические условия формирования экстремальных величин	

общего содержания озона	91
3.3 Анализ данных общего содержания озона полученных с помощью аппаратуры ОМІ на геостационарных спутниках TOMS	98
ГЛАВА 4. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	105
4.1. Влияние концентраций приземного озона на здоровье населения	105
4.2 Взаимосвязь между концентрациями приземного озона и концентрациями компонентов промышленных выбросов в атмосферном воздухе	112
4.3 Полусферные модели для трансграничного переноса загрязняющих веществ, некоторые результаты для Казахстана по приземному озону	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	124
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	126

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

В настоящей работе использованы следующие обозначения и сокращения:

ОСО – общее содержание озона

ПКО – приземные концентрации озона

ГФХУ - Гидрофторхлоруглероды

ГФУ - Гидрофторуглероды

ХФУ - Хлорфторуглероды

ЛОС - Летучие органические соединения

ОРВ - Озоноразрушающие вещества

ООН - Организация объединенных наций

ПВФЗ - Планетарная высотная фронтальная зона

ЕТР – Европейская территория России

АТ_{850, 700, 500} – карты абсолютной топографии на изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа.

ОТ₁₀₀₀⁵⁰⁰ – карты относительной топографии

УФ - Ультрафиолет

ЮНЕП - Программа организации объединенных нации по охране окружающей среды

ВМО – Всемирная метеорологическая организация

ГГО – Главная геофизическая обсерватория

ИСЗ – искусственные спутники Земли

МС – метеорологическая станция

еД – единиц Добсона

ОМІ – спектрометр Ozone Meter Instrument

ТОМС – спутниковая аппаратура Total Ozone Mapping Spectrometer

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации

Озон – это газ, молекула которого состоит из трех атомов кислорода. Озон – сильнейший окислитель, самый химически активный из всех малых газовых составляющих в атмосфере, его молекулы постоянно находятся в процессах образования и распада. Молекулы озона образуются под действием ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца в фотохимических реакциях, а распадаются как в фотохимических, так и в многочисленных химических реакциях, происходящих в газовой фазе и на многих твердых поверхностях. Почва, растительность, строительные сооружения, облачные частицы на всех высотах, водные поверхности, снег и многое другое инициируют распад озона. Малейшие изменения температуры и газового состава атмосферы, а также содержания в ней аэрозолей приводят к изменению количества озона. Хотя озона очень мало, он играет весьма существенную роль в существовании жизни на Земле, так как поглощает жесткую часть исходящего от Солнца УФ излучения (с длиной волны от 280 до 315 нм – так называемое УФ-Б излучение), защищая от него живые организмы и растительность.

Озон в атмосфере образуется как результат фотохимических реакций, которые происходят как в стратосфере, так и тропосфере. В атмосфере молекула озона всегда образуется только при взаимодействии между атомом и молекулой кислорода. В стратосфере атомарный озон образуется в результате реакции диссоциации молекулы кислорода. Основное фотохимическое образование озона идет, главным образом на высотах 30 км, поскольку свет с длиной волны 242 нм ниже практически не проникает. Образованный в верхней стратосфере озон попадает в нижнюю стратосферу за счет турбулентной диффузии. Тропопауза представляет значительное препятствие для обмена между тропосферой и стратосферой, поэтому концентрации озона, а также водяного пара, аэрозолей, частиц облаков и др. испытывают скачок концентраций в районе тропопаузы. Из стратосферы в тропосферу озон

попадает за счет стратосферно-тропосферного обмена. Известно, что случаи глубоких стратосферных вторжений в тропосферу иногда приводят к существенному повышению концентрации озона в тропосфере. Стратосферный озон в научной терминологии называют общим содержанием озона, а тропосферный – приземным озоном.

В отличие от стратосферного озона (общего содержания озона), защищающего живые организмы на Земле от разрушающего действия солнечного коротковолнового ультрафиолетового излучения, тропосферный озон (приземный озон) является загрязняющим веществом, поскольку отрицательно влияет на здоровье человека и животных, оказывает угнетающее воздействие на леса и сельскохозяйственные культуры.

Основным местом, где образуется озон, являются средние и высокие слои атмосферы. Из этих слоев часть озона поступает в тропосферу и достигает приземного слоя. Вблизи поверхности земли озон активно разрушается. Получается, что стратосфера – источник образующегося фона, а подстилающая поверхность – сток озона, являются звеньями одной цепи в системе общей циркуляции озона. Очевидно также, что количество озона в пограничном слое зависит от двух факторов: наличия озона в стратосфере и условий его переноса через тропосферу; условий в пограничном, особенно в приземном слое воздуха, способствующих разрушению (или накоплению) озона.

Измерения общего содержания озона (ОСО) в атмосфере проводятся с 1920-х годов. С тех пор, методы измерений эволюционировали от наземных до бортовых (аэростатов, самолетов, ракет) и спутниковых (спектральных методов). Достижения в развитии приборного оснащения позволили расширить измерения озона от столба атмосферы над наземной станцией до ежедневного глобального охвата озоносферы земли.

В настоящее время основу мировой наземной сети измерения общего содержания озона составляют станции, оснащенные озонными спектрофотометрами Добсона, автоматизированными спектрофотометрами Брюера и фильтровыми озонметрами М-124. Эта сеть является составной

частью Глобальной службы атмосферы Всемирной метеорологической организации (ВМО). Результаты измерений поступают в международный центр данных об озоне и ультрафиолетовой радиации в Канаде. Для анализа пространственно-временных вариаций озонового слоя также широко используются регулярные спутниковые измерения общего содержания озона. С этой целью с 1978 года запускаются искусственные спутники Земли (ИСЗ) с аппаратурой TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer), основной задачей которых является проведение регулярных измерений общего содержания озона и формирование баз данных. С 2005 года по настоящее время TOMS–программу продолжает находящийся на орбите (ИСЗ Aura) более совершенный спектрометр OMI (Ozone Meter Instrument). Всемирный банк данных по наблюдениям общего содержания озона TOMS охватывает всю поверхность Земли (от 90°с.ш. до 90°ю.ш. и от 180°з.д. до 180°в.д.). Данные представлены среднесуточными значениями ОСО для пространственной сетки с ячейкой широта x долгота = 1°x1,25° (для OMI / Aura 1°x1°). Многочисленные сравнения этих данных с результатами измерений наземными приборами показали, что информация носит доверительный характер и может быть использована для анализа. Объем информации, получаемый в результате обработки данных из ежедневно обновляемого Всемирного банка TOMS, постоянно увеличивается, поэтому на первый план выходят задачи ее оптимизации, структуризации и анализа.

Отбор проб для осуществления концентраций газовых примесей производится с помощью воздухозаборника, выведенного наружу через потолок и крышу павильона стационарного поста. Измерения длятся двадцатиминутный интервал времени.

Для определения содержания озона в приземном слое атмосферы используются хемилюминесцентные газоанализаторы 3.02П-А – автоматический показывающий прибор, непрерывного действия. Газоанализатор позволяет определять концентрацию озона в пределах 0-500 мкг/м³.

С момента обнаружения факта сокращения озонового слоя прошло более 50 лет. Огромное количество предположений, гипотез были изложены учеными. Научно исследовательские работы, проводимые в рамках изучения озонового слоя дали человечеству большое количество информации о природе многих явлений и процессов происходящих в верхних слоях атмосферы, были изучены более детально внутренние связи между компонентами среды. Многие вновь открытые факты заставили исследователей пересмотреть сложившиеся теории или внести в них существенные корректировки.

В связи с этим, несомненно, актуальными представляются исследования, направленные на исследование условий формирования озонового слоя над территорией Казахстана.

Данные сети наблюдений за общим содержанием и приземного озона использовались для исследования влияния естественных и антропогенных факторов на состояние озонового слоя, установления динамики и внутренней структуры месячных величин озона, анализа долговременных колебаний озона.

Актуальность работы заключается в том, что стратосферный озон защищает все живое на Земле от вредного ультрафиолетового излучения Солнца, а приземный озон является загрязняющим веществом, и их крупномасштабное изменение могут привести к различным последствиям, как для Казахстана, так и для всего земного шара в целом.

Связь темы диссертации с крупными научными программами

Работа выполнена в соответствии с основными научно-исследовательскими темами, выполняемыми на кафедре метеорологии и гидрологии факультета географии и природопользования Казахского Национального Университета имени аль-Фараби. Автор принимал участие в реализации научных исследований по выполнению фундаментальных исследований по тематике МОН РК №0370/ГФ «Научные основы оптимизации использования природных ресурсов и обеспечения устойчивого развития в условиях изменения климата» выполняемых на кафедре метеорологии и гидрологии, 2011-2014 гг. Результаты работы докладывались на семинарах

кафедры, на международных конференциях, опубликованы в рекомендуемых ВАК Казахстана и НАК Кыргызстана научных изданиях.

Цель и задачи исследований

Целью данной работы является – комплексное исследование крупномасштабных пространственно-временных вариаций общего содержания и приземного озона по территории республики, с использованием результатов трансграничных моделей приземного озона, для долговременных прогнозов, а также геоэкологическая оценка влияние приземного озона на здоровье населения.

В связи с поставленной целью решались следующие задачи:

1. детальное установление характеристики, особенностей временной динамики общего содержания озона по территории Казахстана и приземного озона по городу Алматы.

2. выявить долговременные колебания озона для последующего синоптического анализа экстремальных величин, а также дать сравнительный анализ наземных и спутниковых данных общего содержания озона.

3. дать геоэкологическую оценку влияние приземного озона на здоровье населения и установление связей с загрязняющими веществами по данным города Алматы

4. оценить трансграничный перенос загрязняющих веществ по полусферным моделям, ЕМЕП и СТМ2 адаптированных для территории Казахстана.

Научная новизна полученных результатов

Для исследуемой территории Казахстана впервые осуществлен систематизированный анализ пространственно-временного распределения общего содержания и приземного озона и получены следующие новые результаты:

1. выполнен анализ временных тенденций изменения общего содержания озона по пяти озонметрическим станциям Казахстана и приземного озона в городе Алматы. Установлена связь между содержанием

озона с формами атмосферной циркуляции по Вангенгейму-Гирсу, методом полиномиальной аппроксимации.

2. определены синоптические условия формирования экстремальных значений озона. Проведен сравнительный анализ на основе наземных и данных геостационарного спутника OMI.

3. дана геоэкологическая оценка влияния приземного озона на здоровье населения. Рассчитаны коэффициенты множественной и парной регрессии между приземным озоном и другими загрязняющими веществами.

4. рассмотрены основные характеристики двух полушарных моделей для расчета загрязняющих веществ над Северным полушарием и результаты моделирования для Казахстана.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Впервые на основе современных данных для территории Казахстана выполнен комплексный анализ озонового слоя. Результаты исследования могут быть использованы:

- при оценке озонового слоя Казахстана для последующего регулирования Международно-правовых документов по защите озонового слоя Земли и использование этих данных для выработки позиций соответствующих государственных органов РК в вопросах Киотского и Монреальского протоколов;

- при составлении ежегодных бюллетеней в сфере охраны окружающей среды для последующего информирования населения о повышенных концентрациях озона с целью уменьшить заболеваемость;

- в учебном процессе при изучении теоретических вопросов стратосферного и приземного озона.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Установленные особенности распределения общего содержания озона и приземного озона по исследуемой территории, которые позволили выявить прогностические связи между озоном с формами атмосферной циркуляции, а также метеорологические условия образования приземного озона.

2. Изучение аэросиноптических условий экстремальных концентраций атмосферного озона, использование данных геостационарного спутника ОМІ, позволяет получить достоверные данные для всей территории Казахстана.

3. Геоэкологическая оценка приземного озона на здоровье населения позволила выявить определенные связи между приземным озоном и рядом заболеваний дыхательных путей, сердечно-сосудистой системы и рака кожи, а также проведен регрессионный анализ приземного озона с загрязняющими веществами атмосферы.

4. Полученные результаты моделирования полусферных моделей для трансграничного переноса загрязняющих веществ, позволили провести сравнительный анализ распределения концентраций приземного озона над Казахстаном в январе и июле моделям СТМ2 и ЕМЕР.

Методика исследований

Диссертация выполнена на материалах наблюдений пяти метеорологических станции сети Казгидромета за 1974-2016 гг. Рабочим средством измерений общего содержания озона на озонометрической станции является фильтровый озонометр М-124. Кроме того, были использованы карты погоды Гидрометцентра Казгидромета, спутниковые снимки общего содержания озона составленные и хранящиеся в архивах ВМО. В работе были также использованы, в основном для сравнения, информация некоторых исследований, опубликованных в журнале «Метеорология и гидрология» (Россия) и материалов Всемирной метеорологической организации, о чем сказано по тексту.

Достоверность результатов обеспечивалась использованием прошедших необходимый технический и критический контроль исходных данных сети наблюдений, выполненных по единой методике, применением современных статистических методов обработки, широко применяемого в метеорологии комплексного аэросиноптического анализа, методов, применяемых для анализа в области геоэкологии. На всех этапах исследования широко применялся метод

сравнительного анализа, позволяющий обнаружить существующие или появляющиеся отличия.

Все исследования выполнены на многолетних массивах исходных наблюдений.

Личный вклад соискателя

Личный вклад соискателя состоял в следующем: в сборе, обработке и анализе первоначальных данных общего содержания и приземного озона; в математической и статистической обработке данных и систематизации полученных результатов; в подборе синоптических ситуаций и выполнении аэросиноптического анализа карт погоды и установлении метеорологических условий, при которых имеют место высокие и низкие концентрации общего содержания озона и приземного озона; построение карт с помощью геоинформационного компьютерного программирования ArcGIS. Все научные результаты получены автором лично.

Апробация результатов диссертации

Основные результаты исследований, содержащихся в диссертации, докладывались на следующих международных семинарах и конференциях:

- Международная конференция, посвященная М.Ж. Жандаеву (Жандаевские чтения) «Проблемы системного подхода в географических исследованиях» КазНУ им. аль-Фараби - «Пространственно-временная динамика приземного озона в городе Алматы», Алматы, 2011 г.;

- Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Мир науки» КазНУ им. аль-Фараби - «Межгодовая изменчивость приземного озона в городе Алматы» Алматы, 2013 г.;

- Международная конференция, посвященная М.Ж. Жандаеву (Жандаевские чтения) «Геоэкологические и геоинформационные аспекты в исследовании природных условий и ресурсов науками о земле» КазНУ им. аль-Фараби. - «Синоптические условия формирования низких концентраций приземного озона в городе Алматы», Алматы, 2013 г.;

- Международная конференция, посвященная Н.М. Пржевальскому «Центральная Азия в исследованиях 19-21 вв. К 175-летию со дня рождения Н.М. Пржевальского» Славянско-Российский университет – «Динамика озонового слоя по данным Казахстанской наблюдательной сети и общая циркуляция атмосферы» Бишкек, 2014 г.;

- Результаты исследования по диссертации активно используются в учебном процессе Казахского Национального университета им. Аль-Фараби при подготовке специалистов-экологов и метеорологов.

Опубликованность результатов

Основные результаты работы проведенных исследований отражены в 13 статьях, из них - 5 единоличных, опубликованных в различных периодических изданиях, 5 из которых опубликованы в рецензируемых изданиях.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 123 наименования. Диссертация изложена на 138 страницах, включая 11 таблиц, 64 рисунков и 9 карт.

ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Общая характеристика исходных материалов и методика наблюдений

Измерения общего содержания озона (ОСО) в атмосфере проводятся с 1920-х годов. С тех пор, методы измерений эволюционировали от наземных до бортовых (аэростатов, самолетов, ракет) и спутниковых. Достижения в развитии приборного оснащения позволили расширить измерения озона от столба атмосферы над наземной станцией до ежедневного глобального охвата озоносферы земли.

Широкие международные исследования озонного слоя были начаты в 1955-1957 гг. в соответствии с программами Международного геофизического года и Международного года спокойного солнца. При активном участии ГГО (Главная геофизическая обсерватория) были разработаны методы измерений ОСО и созданы приборы, рассчитанные на использование в разнообразных условиях территории бывшего СССР. Озонная сеть на территории бывшего СССР была создана на базе фильтровых озонметров. Последняя модификация – озонметр М-124, была изготовлена в 1983 г. и работает на станциях более 30 лет [1].

В настоящее время по разработанной в ГГО методике ежедневные измерения ОСО выполняют 28 станций Росгидромета и 5 станций Казахстана, которые представляют почти треть мировой озонной сети. Методика измерений по зениту неба позволяет получать сведения о содержании озона при низких высотах Солнца и при любой облачности. Всего в мире существует около 120 озонметрических станций.

В настоящее время основу мировой наземной сети измерения ОСО составляют станции, оснащенные озонными спектрофотометрами Добсона, автоматизированными спектрофотометрами Брюера и фильтровыми

озонметрами М-124. Эта сеть является составной частью Глобальной службы атмосферы ВМО. Результаты измерений поступают в международный центр данных об озоне и ультрафиолетовой радиации в Канаде [2].

В исследуемой работе исходным материалом общего содержания озона послужили данные Гидромет службы Казахстана (Казгидромет) за 1974-2016 гг., по 5 метеостанциям (МС) Казахстана: Алматы, Атырау, Караганда, Семипалатинск и Аральское море, где измеряется озон.

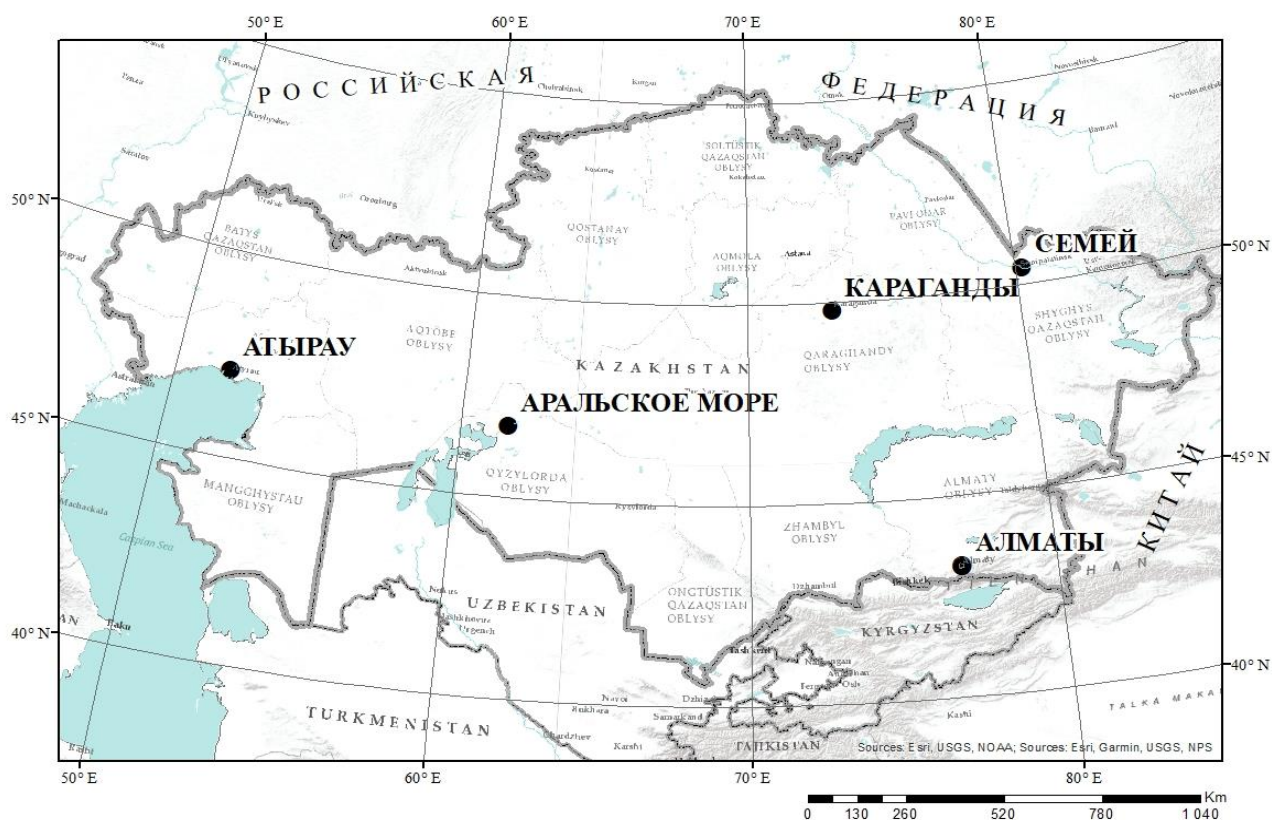


Рисунок 1.1 - Озонметрические станции Казахстана

Данные приземного озона по городу Алматы за 2003-2005 гг. были взяты из отчета научно-исследовательской работы по теме: «Оценка современного развития секторов потребителей озоноразрушающих веществ и их воздействие на озоновый слой и изменения климата. Возможности адаптации секторов к мерам, принимаемым для выполнения обязательств по Монреальскому протоколу по веществам, разрушающих озоновый слой» [3]. Для рассмотрения синоптической ситуации при экстремальных концентрациях озона были

использованы синоптические карты: приземные, высотные (АТ850, АТ700, АТ500, ОТ⁵⁰⁰₁₀₀₀) за 17-19 января 2005 года, 20 сентября 2006 года, 15 мая 2004 года РГП «Казгидромет» [4]. Для анализа пространственно-временных вариации озонового слоя использовались спутниковые карты, выполненные с помощью онлайн-приложения Giovanni, которое имеет открытый доступ к базам данных многих спутников [5].

Атмосферный озон измеряют посредством дистанционного зондирования и контактными методами. Контактные методы предполагают анализ пробы воздуха с целью определения содержания озона с помощью оптических, химических и электрохимических методов. Измерения с помощью дистанционного зондирования проводятся с применением методов дифференциального поглощения. Для озона характерно сильное поглощение в ультрафиолетовой области спектра с длинами волн менее 340 нм, более слабое поглощение в широком спектре на длине волны около 600 нм в видимой области спектра и много линий поглощения и теплового излучения в инфракрасной области спектра и в микроволновом диапазоне [6].

Приземный озон на регулярной основе измеряется анализаторами озона, которые определяют концентрацию озона в окружающем воздухе контактным методом. Для измерений озона используется такой прибор, как ультрафиолетовый фотометрический анализатор озона. Регулярные измерения приземного содержания озона с помощью контактных технических средств. Чаще всего применяется метод УФ-фотометрии, при котором окружающий воздух прогоняется через камеру, в которой измеряется поглощение ультрафиолетового излучения на эмиссионной линии ртутной лампы в 254 нм. Сильное поглощение озоном именно на этой длине волны позволяет обнаружить и измерить поглощение в случае, когда в камере присутствует озон. В камеру поглощения поочередно попадают пробы окружающего воздуха, приходящего непосредственно из атмосферы, и окружающего воздуха, прошедшего через газопромыватель с диоксидом марганца, который каталитически преобразует озон в кислород, не затрагивая при этом все

остальные газовые составляющие и практически не изменяя уровень относительной влажности. Таким образом, интенсивность ультрафиолетового излучения измеряется как при наличии озона в окружающем воздухе, так и при его отсутствии. Данные измерений содержания озона представляется в единицах млрд⁻¹ по объему или в виде парциального давления. Диапазон обнаружения составляет от 1 млрд⁻¹ до 1000 млрд⁻¹ по объему.

Общее содержание озона измеряется с помощью дистанционного зондирования с использованием наземных и спутниковых приборов, которые измеряют интенсивность излучения на УФ участке спектра поглощения озоном между 300 и 340 нм. Общее содержание озона измеряется с земли посредством измерения прямого солнечного, лунного излучения и излучения неба в зените, а из космоса – путем измерения солнечного УФ-излучения, рассеиваемого атмосферой земного шара в космос. В сети наблюдений за озоном используются следующие наземные приборы: озонные спектрофотометры Добсона и Брюера, фильтровой озонометр М-124 [6].

Организация, производство и обработка наблюдений за общим содержанием озона в наблюдательных сетях Казгидромета производится в соответствии руководящим документом об общем содержании озона в атмосфере.

Измерения общего содержания озона (ОСО) предназначены для мониторинга состояния слоя озона в атмосфере, толщина которого определяет уровень приходящего к земле жесткого ультрафиолетового излучения.

Для наблюдения ОСО выбирают место с закрытостью горизонта не более 15°. Это может быть метеорологическая площадка, крыша станционного или близлежащего к станции здания и т.п. При выполнении наблюдений ОСО должны быть соблюдены следующие условия: температура прибора – от минус 50 да плюс 50 °С; атмосферное давление от 700 до 1050 гПа; отсутствие механических воздействий; отсутствие атмосферных осадков, туманов; скорость ветра не более 15 м/с; отсутствие облачности вокруг диска Солнца в секторе 10° при измерениях по прямому солнечному свету. При наблюдениях

ОСО по рассеянному от зенита свету (зенитные наблюдения) должны соблюдаться следующие условия: высота солнца над горизонтом должна быть не менее 5 и не более 70°; состояние неба в зените в секторе 15° оцениваются визуально. Метод измерения ОСО основан на свойстве озона поглощать ультрафиолетовую радиацию в диапазоне длин волн 280-330 нм. В качестве источника излучения используется прямая солнечная и рассеянная от зенита неба радиация. ОСО определяют по отношению потоков ультрафиолетовой радиации, измеренных в двух участках спектра, один из которых находится в полосе поглощения озона, другой – на краю этой полосы. Для выделения рабочих диапазонов в озонметре М-124 используется два фильтра: первый с максимумом 302 нм и полушириной полосы пропускания 20 нм, второй с максимумом 326 нм и полушириной полосы пропускания 20 нм.

Кроме лабораторных методов измерения общего содержания озона, существуют как прямые, так и дистанционные методы. Прямые наблюдения осуществляются с помощью озонозондов, с помощью которых измеряются общее содержание озона, плотность озона, парциальное давление озона и отношение смеси, как отношение плотности озона к плотности воздуха на данной высоте. Для измерения распределения озона в атмосфере по высоте используют три метода: оптический, хемолюминесцентный и электрохимический. К дистанционным методам относятся ракетное и спутниковое зондирование атмосферы. При ракетном зондировании используются спектрографы, регистрирующие излучение солнца в довольно широком диапазоне. Содержание озона определяется по степени поглощения солнечного излучения, зарегистрированного на фотопленку. Ракетные измерения позволяют получать данные о распределении озона выше 35 км, что невозможно с помощью озонозондов и самолетов. Спутники для наблюдения за озоном используются двояко: спутник – как источник отраженного света и спутник – как носитель измерительного прибора. Возможность измерения озона в атмосфере по всему Земному Шару над океанами и континентами является главным преимуществом спутниковых измерений, которые наиболее

распространены на сегодняшний день и имеют большие перспективы развития [6].

1.2 Краткая физико-географическая характеристика района

Казахстан расположен почти в центре Евразии, между $39^{\circ}49'$ - $55^{\circ}49'$ с. ш. и $46^{\circ}28'$ - $87^{\circ}18'$ в. д. От Атлантического океана и его морей он удален примерно на 2000-3000 км. Казахстан занимает огромную площадь, равную 2756 тыс. км². Его протяженность с запада на восток равна примерно 3000 км, с севера на юг – примерно 1800 км. Общая длина границ республики превышает 15 000 км, из них около 12 000 км сухопутные, свыше 3300 км – водные границы (Каспийское и Аральское моря). На западе, северо-западе и севере Казахстан граничит с Россией, на востоке – с Китаем, на юге – со среднеазиатскими республиками. Природа Казахстана в силу географического положения республики носит переходный характер между Сибирью и Средней Азией, Восточной Европой и Центральной Азией.

Поверхность Казахстана отличается чрезвычайным разнообразием. Большая часть территории республики представлена низкогорными равнинными участками, где имеются обширные плоские низменности и впадины, находящиеся местами ниже уровня моря. Значительны площади плато и низкогорных массивов. Высокогорные районы со снежными вершинами занимают восточную и юго-восточную окраины республики. Такой характер поверхности Казахстана играет большую роль в формировании климата и в размещении природных ландшафтов [7].

Обширная территория Казахстана отличается чрезвычайным разнообразием устройства поверхности. Тут и необозримые низменности, и обширные плоские впадины, и значительные площади плато и низкогорных массивов, и высокогорные районы со снежными вершинами.

Первая особенность в устройстве поверхности Казахстана – это преобладание на его территории низменностей и равнин. Огромные площади

занимают низменности: Прикаспийская, Туранская, Западно-Сибирская; плато – Бетпақдала, Устюрт, Эмбенское, Общий Сырт и Тургайское.

Вторая орографическая особенность территории Казахстана – наличие в центральной части Казахского мелкосопочника, соединяющегося на востоке с горными системами Алтая и Тарбагатай, а на западе продолжающегося с перерывами в Мугоджарах и южных отрогах Урала.



Рисунок 1.1 - Физическая карта Казахстана [8]

Третьей особенностью строения поверхности Казахстана является наличие своеобразного горного пояса по восточной и юго-восточной окраине республики. Здесь вдоль границ Казахстана тянутся южные цепи Алтая, хребты Саур, Тарбагатай, Джунгарский Алатау и северные цепи Тянь-Шаня. Все эти горные системы имеют сложное орографическое и геологическое строение, они отделены друг от друга обширными котловинами. В пределах республики расположена лишь юго-западная часть Алтайской горной системы (Южный Алтай, Горный Алтай и Калбинский хребет), где преобладают типичные

высокогорные формы рельефа с постепенным понижением на запад. Высота отдельных хребтов достигает 3400 м и более. Встречаются также высокогорное плато и горы со сглаженными вершинами [9].

Сухость климата создала своеобразный гидрографический рисунок, выражающийся в редкой речной сети с постоянным стоком воды и в большой густоте временных потоков. Основной водораздел рассматриваемых рек проходит с различной степенью выраженности от Мугоджар до Тарбагатай в пределах 48-51° с. ш. Северный и западный склоны основного водораздела отличаются большой увлажненностью по сравнению с южным и восточным. На север от главного водораздела выделяется три гидрографических района. Первый район охватывает повышенные участки верховьев рек Чагана, Шидерты, Уленты, Нуры, Ишима, Убагана. Второй расположен на низменных пространствах на запад от р. Ишим. Третий район приурочен к области гривистого рельефа на водоразделе между р. Ишим и р. Иртыш. Во втором и третьем гидрографических районах отмечается большое количество озер. Юг Казахстана (левобережье р. Сырдарьи) почти совершенно лишен рек и озер. По мере продвижения на север изредка встречаются озера, являющиеся конечными участками рек (оз. Чубар-Тау, Челкар-Тенгиз). Своеобразной гидрографической провинцией является западный Казахстан. Характерным для рек Прикаспийской низменности является резкое уменьшение их водности вниз по течению. Большинство озер, низовьев рек пересыхает летом, создавая соры.

Главные черты атмосферной циркуляции над Казахстаном как одного из основных факторов его климата складываются под влиянием общепланетарной циркуляции, местных условий радиации и особенностей подстилающей поверхности. Крупные колебания в режиме циркуляции северного полушария существенно отражаются и на циркуляции, развивающейся непосредственно над Казахстаном. Так, например, усиление зональной (западно-восточной) циркуляции на полушарии в целом приводит соответственно к усилению западно-восточных составляющих движения сравнительно свежих океанических масс воздуха на территории Казахстана. В

этих случаях атлантические массы воздуха достигают территории Казахстана за 2-2,5 суток и трансформируются на своем пути весьма незначительно.

Следовательно, несмотря на глубоко континентальное положение Казахстана, в периоды усиления зональной циркуляции континентальность климата заметно уменьшается. В летних условиях благодаря большому влагосодержанию пришедшие с запада морские массы воздуха даже в центральных, юго-восточных и восточных районах Казахстана сохраняют нередко значительную влажнонеустойчивость.

В холодную половину года с установлением четко выраженной западно-восточной циркуляции значительные оттепели охватывают всю территорию Казахстана.

Существенное влияние на циркуляционный фон Казахстана оказывает также меридионально преобразованная планетарная циркуляция, обуславливающая на его территории интенсивную адвекцию то теплых воздушных масс с юга, то холодных арктических масс с севера. К числу особенностей атмосферной циркуляции над Казахстаном, обуславливаемых местоположением его на континенте Евразии, следует отнести прежде всего то, что примерно вдоль его средней широтной зоны в холодное полугодие обычно проходит ось западного отрога сибирского максимума, часто соединяющегося с осью восточного отрога азорского максимума. Эта нередко сплошная полоса повышенного давления, пересекающая Казахстан с запада на восток, обуславливает четкий ветрораздел в течение большей части года.

Значительная протяженность территории Казахстана в широтном и меридиональном направлениях делает ее соизмеримой не только с крупными барическими системами обоих знаков (циклонами и анти-циклонами), но и с целыми системами циклоничности и антициклоничности. Благодаря этому нередко вся или значительная часть территории Казахстана находится в однотипных погодных условиях. В случае же, когда центры обширных циклонов и антициклонов расположены над западной и восточной частями

республики, над ней одновременно отмечаются два противоположных типа погоды, относящиеся к двум различным по знаку барическим системам.

Яркие эффекты орографического влияния наблюдаются и при вторжениях воздушных масс с западной составляющей. Особенно хорошо это проявляется при западно-восточном переносе сравнительно влажных и неустойчивых масс прежнего морского воздуха. В этом случае воздушные массы, заходя в межгорные сужения, поднимаются по горным склонам и тем самым вызывают значительное усиление осадков.

Весьма существенное влияние оказывают горы Казахстана и на адвекцию воздушных масс с юга. Фёновые эффекты, обусловленные горными хребтами, прослеживаются иногда на многие десятки километров от ветрораздельных линий гор. Эти процессы, будучи характерными для определенных типов макроциркуляции, при условии преобладания их в течение длительных промежутков времени способны коренным образом повлиять как на климат предгорных районов Казахстана, так и на режим залегания ледников северных склонов гор.

Горные массивы Казахстана оказывают влияние не только на направление и интенсивность воздушных течений различного масштаба, но и на режим конкретных барических центров нижней половины тропосферы. Тормозящее влияние гор создает условия для динамического роста давления при адвекции с севера и запада. По этой причине, например, ядра высокого давления, смещающиеся с запада или северо-запада, иногда заметно усиливаются над Восточным Казахстаном. Что касается циклонов, то они иногда под влиянием гор меняют свою траекторию, причем главным образом вследствие деформации ведущего потока. В зимнее время, когда значительная часть территории равнинного Казахстана покрыта снежным покровом, его влияние на процессы циркуляции и погоды почти однородно и заключается в интенсивном выхолаживании нижних слоев атмосферы и увеличении их устойчивости. Аналогичное имеет место и при адвекции теплых воздушных масс.

Совершенно иная картина наблюдается в теплое полугодие, особенно летом. Большое разнообразие почв и растительности, наличие водоемов и оголенных от снега горных массивов благодаря их далеко не одинаковым радиационным и тепловым свойствам создают условия для неравномерного распределения конвекции по территории Казахстана. В районах водных бассейнов создаются хорошие условия для развития бризовых явлений, а в предгорных районах – горно-долинной циркуляции. Все эти явления, хотя и не имеют существенного значения для макроциркуляции атмосферы, приводят к пятнистому распределению осадков, гроз, туманов и заморозков, а также влияют на суточный ход некоторых метеорологических элементов, прежде всего температуры воздуха, влажности и ветра.

В случае усиленной адвекции, обусловленной крупномасштабными особенностями циркуляции, местные географические факторы в режиме циркуляции играют второстепенную роль. В этих случаях, общая циркуляция атмосферы определяется наиболее крупными чертами радиации и подстилающей поверхностью всего земного шара или обширных географических районов, порядка материков и океанов [8, 9].

1.3 Климатическая характеристика

Отдаленность от океанов, обширность территории и особенности географии обуславливают континентальность и зональность климата.

Солнечная радиация является энергетической базой почти всех природных процессов, развивающихся на земной поверхности, в атмосфере, гидросфере, поэтому представляет собой один из основных климатообразующих факторов.

Величину притока солнечной радиации определяет географическая широта местности, прозрачность атмосферы и продолжительность солнечного сияния. Большая протяженность Казахстана сказывается на его радиационном разнообразии, что находит свое отражение не только в величине суммарной солнечной радиации, но и в различной продолжительности солнечного сияния [10].

Число часов солнечного сияния по рассматриваемым озонметрическим станциям приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Число часов солнечного сияния, час [10]

№	Станция	Месяцы												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Атырау	95	125	168	242	318	330	345	329	267	188	113	70	2590
2	Караганда	114	143	189	222	306	317	322	297	247	146	104	91	2498
3	Семипалатинск	107	135	190	236	305	328	335	299	248	143	108	92	2526
4	Аральское море	126	155	192	261	347	362	372	360	292	209	136	107	2919
5	Алматы	114	115	142	192	241	280	309	292	247	189	126	101	2348

Так если годовое число часов солнечного сияния сравнительно небольшое в северных районах республики, то на юге Казахстана оно значительное.

В распределении величин суммарной радиации на территории республики закономерно проявляется широтная зональность, обуславливающая продолжительность солнечного сияния. Для годового хода суммарной радиации на большей части территории страны характерен июньский максимум, когда ее величина достигает 750 – 800 мДж/м². Минимум суммарной радиации повсюду приходится на декабрь.

Направление и интенсивность процессов формирования погоды и климата в значительной степени определяются радиационным балансом. В течение большей части года его величина положительна, что свидетельствует о преобладании поглощаемой доли радиации над длинноволновым излучением. Период с отрицательным радиационным балансом на юге продолжается 1 – 1,5 месяца, на севере 3 – 4 месяца (декабрь - март). Однако отрицательные месячные значения радиационного баланса малы и составляют 40 – 80 мДж/м² [10]. При продвижении с севера на юг, в связи с уменьшением количества осадков затраты тепла идущего на испарение уменьшаются в 3,2 раза, а затраты тепла на нагревание поверхности возрастают в 2,6 раза [9].

Осредненные величины компонентов теплового баланса природных зон Казахстана приведены в следующей таблице (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Осредненные величины компонентов теплового баланса природных зон Казахстана, мДж/м² год [10]

Зона		Суммарная радиация	Отраженная радиация	Поглощенная радиация	Эффективное излучение	Радиационный баланс	Затраты тепла на испарение	Затраты тепла на нагревание
1	Лесостепь	5000	1600	3400	1900	1500	800	700
2	Степь	5500	1800	3700	2050	1650	630	1020
3	Полупустыня	6000	2000	4000	2200	1800	500	1300
4	Северная пустыня	6600	2200	4400	2500	1900	340	1560
5	Южная пустыня	7200	2380	4820	2720	2100	250	1850

Циркуляционный фактор. Циркуляционные процессы обусловлены неоднородным распределением атмосферного давления, разными физическими свойствами подстилающей поверхности, характером рельефа, резкими контрастами температуры воздуха, радиационного баланса. На территорию Казахстана в течение года приходят три основных вида воздушных масс: арктические, полярные и тропические.

В летний период над сильно нагретыми пустынными пространствами Средней Азии и Казахстана создается область пониженного давления, термическая депрессия, образуется континентальный тропический воздух. При этом на высоте более 3 км происходит довольно мощный перенос континентального тропического воздуха с запада на восток в соответствии с общей летней циркуляции атмосферы. Устанавливается безоблачная сухая погода. Усиливается ветер, воздух насыщается пылью, ртутный столбик в тени в эти дни поднимается в Центральном Казахстане до 30-35 °С, а на юге республики до 40–45 °С. Такое состояние атмосферы в летний период периодически нарушается вторжениями холодных (полярных и арктических) воздушных масс с северо-запада и севера. В равнинных частях Казахстана они

быстро прогреваются и трансформируются, не вызывая существенных изменений погоды. Но, проникая в горные районы Алтая, Тянь-Шаня и Джунгарского Алатау, вызывают значительное снижение температуры, ливневые дожди, грозы и град, а на высоте 3 км – снежные метели.

Погодные процессы зимы в Казахстане также связаны с вторжением воздушных масс различного происхождения. Решающее влияние оказывает воздух арктический и полярный. С активным действием арктического воздуха, поступающего в Казахстан через Западную Сибирь или Русскую равнину, связаны резкое похолодание, снегопады и установление зимнего режима погоды. Температура воздуха на предгорных равнинах обычно от минус 5⁰С до минус 15⁰С. Вторжения полярного континентального воздуха с Русской равнины или влажного морского воздуха из Атлантики вызывают повышение температуры, усиление ветра, облачность и осадки.

Влияние полярных и арктических воздушных масс на территорию Казахстана и Средней Азии непостоянно. Часто после вторжения этих воздушных масс центральные и юго-восточные районы Казахстана попадают под воздействие сибирского антициклона, тогда здесь устанавливается ясная морозная погода. Ночью воздух заметно охлаждается, а днем не успевает хорошо прогреться. Поэтому в такие дни в равнинно-предгорной зоне окраинных хребтов Джунгарского Алатау и Северного Тянь-Шаня отмечаются низкие температуры (минус 20-30⁰С).

Термический режим Казахстана в основном определяется радиационными факторами, которые резко изменяются в силу большой широтной протяженности и физико-географической неоднородности республики. Значительно также в данном случае и влияние циркуляции атмосферы, проявляющееся в сложном чередовании выноса холодных и теплых масс воздуха и взаимодействия их в различных сезонных барических условиях. Сочетание этих факторов приводит к большому разнообразию температурных условий Казахстана. Однако общим и типичным для климатов республики является материковый режим температуры воздуха, который характеризуется

большой контрастностью и резкостью сезонных и межгодовых колебаний, значительной суточной и годовой амплитудой.

Данные температуры воздуха по рассматриваемым станциям приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Среднемесячная и годовая температура воздуха, °С [11]

№	Станция	Месяцы												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Атырау	-7,6	-7,7	-0,2	11,5	18,6	24,3	26,5	24,3	17,5	8,7	1,1	-4,1	9,4
2	Караганда	-13,5	-13,5	-7,5	5,6	13,0	18,9	20,8	18,2	12,3	3,8	-5,4	-10,6	3,5
3	Семипалатинск	-14,3	-14,0	-7,5	6,4	14,2	20,0	21,8	19,0	12,6	4,7	-5,0	-11,1	3,9
4	Аральское море	-11,5	-11,3	-3,4	10,7	18,5	25,1	27,6	24,8	17,7	8,0	-0,8	-7,1	8,2
5	Алматы	-5,5	-4,2	1,8	11,3	16,1	21,2	23,8	22,5	17,2	9,4	2,1	-2,7	9,4

Зимы на исследуемой территории бывают суровые и продолжительные. Средняя температура самого холодного месяца – января меняется в пределах минус 14,3 °С (Семипалатинск) до минус 5,5 °С (Алматы).

Абсолютная минимальная температура зимой понижается до минус 45-47 °С. При вторжении арктических и холодных полярных воздушных масс абсолютный минимум температуры опускается до минус 50 °С минус 55 °С.

Лето продолжительное, сухое; на севере республики оно теплое, а на юге жаркое. Средняя температура июля возрастает с 19 °С на МС Семипалатинск до 27,6 °С на МС Аральское море [10, 11].

Атмосферные осадки и снежный покров. За исключением высокогорных областей, Казахстан относится к числу районов, недостаточно обеспеченных осадками. В зоне пустынь осадки крайне незначительны. Поэтому основной чертой равнинных климатов Казахстана является ярко выраженная засушливость.

Количество осадков по рассматриваемой территории приведены в следующей таблице (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Среднее месячное и годовое количество осадков, мм [12]

№	Станция	Месяцы												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Атырау	11	11	12	13	17	18	14	13	9	15	16	13	99
2	Караганда	25	19	17	24	40	33	36	26	21	28	28	25	208
3	Семипалатинск	15	17	14	16	28	29	45	23	16	21	23	21	178
4	Аральское море	11	7	13	14	15	10	6	5	7	16	14	13	73
5	Алматы	32	40	65	109	106	60	37	26	29	56	52	40	423

Среднее годовое количество осадков колеблется от 73 до 423 мм. Это зона явно выраженного преобладания летних осадков (до 60 % от годовой суммы) с максимумом в июле, причем весной осадков выпадает меньше (13 %), чем осенью (15 %). Однако в теплое время года нередко бывают вспышки атмосферных и почвенных засух. Оно убывает в целом с севера на юг. В лесостепных, степных зонах выпадает 200–273 мм, в центральной полосе 150 – 250 мм. Это объясняется тем, что северные районы более подвержены влиянию северо-западных и западных воздушных масс. В горных районах Алтая наблюдается увеличение количества осадков и достигает 324 мм [12].

Центральные и северные районы Казахстана в холодный период подвержены значительному влиянию Сибирского антициклона. Кроме того, в холодный период года (октябрь – март) повсеместно преобладают преимущественно вторжения холодных и бедных влагой арктических воздушных масс и воздушных масс умеренных широт континентального происхождения. Благодаря устойчивому снежному покрову и низким температурам воздух за счет испарения с земной поверхности почти не обогащается влагой. Поэтому в холодный период года осадков в северных районах исследуемого региона выпадает меньше, чем в теплый период на 30–40 %. Барико-циркуляционные условия теплого полугодия благоприятствуют значительному выпадению осадков. Термический контраст взаимодействующих воздушных масс значителен, особенно весной. На фоне высоких температур воздуха сильно возрастает и влагосодержание воздушных

масс, дополнительное увлажнение которых происходит за счет испарения влаги с водной поверхности и почвенно-растительного покрова.

На исследуемой территории продолжительность залегания и толщина снежного покрова неодинакова: в северных районах средняя высота снежного покрова составляет 15 – 30 см (сохраняется 125 – 170 дней), на юге 10 – 20 см (сохраняется 40 – 60 дней), а в западных районах толщина и продолжительность снежного покрова непостоянна.

Большая протяженность исследуемой территории с запада на восток предопределяет неравномерное в отдельные годы распределение по его территории положительной и отрицательной аномалий месячных и сезонных осадков. Это связано с неоднородностью барико-циркуляционных условий Казахстана.

Режим ветра в Казахстане носит преимущественно материковый характер. Определяется он в основном местными барико-циркуляционными условиями. Наряду с этим в районах с изрезанным рельефом местности (горы, долины, мелкосопочник и т. д.) и в прибрежной зоне крупных водоемов отмечаются различные по характеру проявления местные ветры – горно-долинные, бризы, фены и т. д.

Несмотря на значительную физико-географическую неоднородность, территория Казахстана может быть в известных пределах допуска расчленена на районы с относительно устойчивым режимом ветра. Особенно это хорошо прослеживается по основным сезонам года – зиме и лету, наиболее резко отличающимся между собой по барико-циркуляционным и термическим условиям.

Данные о ветровых условиях Казахстана представлены в основном по равнинной части. Высокогорные и горные районы в этом отношении рассматриваются частично, преимущественно с точки зрения влияния их на ветровой режим прилегающих к ним равнин [13].

Данные о скорости ветра по рассматриваемым станциям приведены в следующей таблице (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с [13]

№	Станция	Месяцы												Год	Порыв ветра
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Атырау	4,7	5,0	5,1	5,1	4,5	4,3	4,0	3,8	4,0	4,1	4,4	4,4	4,5	30
2	Караганда	3,6	3,7	3,6	3,8	3,7	3,4	3,3	3,0	3,1	3,4	3,5	3,4	3,5	35
3	Семипалатинск	2,6	2,5	2,2	2,6	2,6	2,4	2,1	1,9	1,9	2,1	2,5	2,3	2,3	28
4	Аральское море	4,9	5,2	5,3	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,5	4,6	4,8	4,6	4,9	34
5	Алматы	0,8	0,9	1,0	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	1,1	22

Последовательное уменьшение скоростей ветра с севера на юг климатически закономерно для равнинного Казахстана. Здесь имеет место определенная зональность, что хорошо прослеживается по территориальному распределению средней многолетней годовой скорости ветра. Выделяется восточное побережье Каспийского моря и ряд горных районов республики, отличающихся местными ветровыми условиями.

В пустынях Кызылкум, Муюнкум, Бетпақдала и в Приаральских песках средние годовые скорости ветра снижаются до 3-4 м/с. С приближением к горным массам, расположенным на юге, юго-востоке и востоке Казахстана скорости ветра уменьшаются до 2-3 м/с, а по узкой предгорной зоне даже до 1-2 м/с в среднем за год. В этих районах республики, как и в других ее частях, выделяются очаги с повышенными годовыми скоростями ветра. К числу их следует отнести такие районы, как Джунгарские ворота (Тахты 4,9 м/с), Курдайский перевал (5,4 м/с), Чокпарский перевал (5,0 м/с) и т. д.

Общий характер уменьшения скоростей ветра с севера на юг Казахстана обуславливается своеобразием его сезонных барико-циркуляционных условий в сочетании с орографическими особенностями местности. Так, понижение средних годовых скоростей ветра в центральных районах Казахстана (зона 4,0-4,5 м/с) тесно связано с большой повторяемостью антициклональных типов погоды. Это сопряжено с тем, что здесь в теплое время года отмечается максимум атмосферных засух, которые проявляются в условиях устойчивой и

маловетреной антициклональной погоды. Одновременно с этим гористая и холмистая местность Казахской складчатой страны, Тарбагатая и других возвышенностей оказывает определенное влияние на уменьшение скорости переноса приземных слоев воздуха.

Умеренные скорости в основных пустынных массивах Казахстана складываются преимущественно в условиях малоградиентного барического поля летней среднеазиатской термической депрессии. В то же время термобарические условия пустынь приводят к резкому ослаблению циклонических процессов и размыванию проходящих атмосферных фронтов, что и определяет здесь большую повторяемость маловетреной погоды. Существенно в данном случае и обычное явление резкого ослабления ночного ветра летом в пустынях как следствие значительного радиационного охлаждения в темную часть суток приземного слоя воздуха.

Незначительные скорости ветра на крайнем востоке, юго-востоке и юге Казахстана обуславливаются в основном высокими и мощными горами Алтая, Джунгарии, Тянь-Шаня и т. д., создающими на значительном расстоянии от себя широкую зону относительного ветрового затишья. Только в межгорных проходах типа Джунгарских ворот, а также на горных перевалах (Курдай и т. д.) возникают местные условия орографического усиления ветра. С другой стороны, в межгорных замкнутых котловинах преобладают слабые ветры и штилевая погода [8, 13].

Рассмотренная физико-географическая и краткая климатическая характеристика свидетельствует о сложности рельефа, климатических и циркуляционных условий, что непременно скажется на распределении изучаемых нами концентраций общего содержания и приземного озона.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ В КАЗАХСТАНЕ

Прогноз ожидаемого изменения содержания газов и аэрозолей в атмосфере под влиянием природных факторов и деятельности человечества есть основная цель и итог изучения рассматриваемой проблемы, и потому он привлекал и привлекает внимание исследователей. В проблеме такого прогноза первым и важным этапом является установление основных природных и антропогенных факторов, определяющих изменение состава атмосферы и составление прогноза ожидаемой эволюции этих факторов.

Обычно прогнозы ожидаемой эволюции таких факторов составляются в виде нескольких сценариев, фиксирующих состояние факторов в определенные будущие моменты времени. Рассматриваются, как правило, несколько сценариев: с максимально возможным изменением интенсивности или другой количественной характеристики фактора, с минимально возможным изменением и промежуточные, наиболее вероятные сценарии, чаще экспонирующие на будущее наблюдаемые в настоящем и близком прошлом тенденции эволюции фактора. Соответственно такому «вееру» сценариев находятся пределы промежутка возможных изменений состава атмосферы в будущем, обычно сильно расширяющиеся со временем.

Все это в большей степени относится к антропогенным факторам, которые становятся, а в ряде случаев уже стали основными в изменении состава атмосферных газов. Что касается природных факторов, то заметное влияние на состав атмосферы в глобальном масштабе и в основном в средней атмосфере могут оказать изменения солнечной активности и крупные вулканические извержения [14, 15].

Совсем непредсказуемы извержение вулканов, особенно крупных, например Эль-Чичона в 1982 г., которые только и могут оказывать заметное влияние на состав и радиационный режим стратосферы. Мало изучены

механизм влияния на состав стратосферы (на озон, оксиды азота) газовых и аэрозольных продуктов извержений разного типа. Поэтому эффекты возможных крупных вулканических извержений обычно не учитываются в прогностических сценариях. Данные немногих наблюдений за такими эффектами показывают их относительную кратковременность, что позволяет относить их к флуктуациям состава атмосферы, входящим в наблюдаемые «шумы» и не воздействующим на направление и скорость общей эволюции состава атмосферы.

Поскольку скорость интенсивности антропогенного воздействия на природу возрастает экспоненциально, через несколько десятилетий оно будет полностью определять изменение состава атмосферы, подавляя указанные выше природные факторы. Модельные исследования показали, что уже в период 23-го 11-летнего солнечного цикла (1975-1986 гг.) в изменения содержания озона и фотохимически с ним связанных соединений азота в средней и верхней стратосфере почти одинаковый вклад вносили колебания УФ излучения Солнца, вызванные изменениями активности Солнца и ростом содержания активного хлора, разрушающего озон в этих слоях атмосферы. Последний фактор является результатом роста антропогенного выброса в атмосферу хлорорганических соединений, прежде всего ХФУ-11 и -12 [16, 17].

Первое сообщение об измеренном на английской антарктической станции Хелли-Бей (76° с.ш., 26° з.д.) существенном с конца 70-х годов уменьшении среднего общего содержания озона весной (в сентябре-октябре) появилось в мае 1985 г. и послужило началом быстрого и широкого развития наблюдательных и модельных исследований этого явления. В настоящее время опубликованы сотни статей с результатами таких исследований и ряд обзорных статей и их сборников [18-27].

Анализ данных наблюдений показал, что зимне-весенние полярные уменьшения содержания озона в нижней стратосфере являются результатом очень многих сложных, взаимодействующих физических и химических процессов, большинство которых еще мало и совсем не изучены. Поэтому пока

еще не созданы достаточно полные теория и модели антарктической и тем более арктической озонных «дыр», а в последнем случае само существование «дыры» надежно не установлено.

По сути самого явления его модели должны быть нестационарными динамико-фотохимическими с не менее чем двумерным описанием динамики антарктической стратосферы (трехмерным – для арктической), а в фотохимические блоки модели должны включаться гетерогенные реакции на частицах полярных стратосферных облаков с малоизвестными параметрами.

Явление антарктической озонной «дыры» есть результат взаимодействия комплекса фотохимических, динамических и радиационных процессов и их изменений во всей глобальной атмосфере. Само существенное уменьшение содержания озона оказывает заметное влияние на динамику, состав и радиационный режим всей внетропической части стратосферы южного полушария. Поэтому теория и модельное описание этого явления могут быть получены на основе достаточно подробной трехмерной модели циркуляции атмосферы до стратопавзы с подробным фотохимическим блоком, включающим образование полярных стратосферных облаков и гетерогенные фотохимические процессы. Многие параметры и характеристики этой модели еще не ясны и должны определяться из диагностических исследований на материале метеонаблюдений и измерений состава и строения атмосферы полярных областей [28-31].

Прямые токсические воздействия повышенных концентраций озона в нижней атмосфере на объекты природы и на человека исследуются давно и широко при гигиенических исследованиях последствий загрязнения нижней атмосферы в городах и промышленных регионах. Обзоры направлений и результатов этих исследований приведены во многих статьях в журналах по охране окружающей среды [32, 33].

В обзорной статье [32] систематизированы многие результаты экспериментальных исследований воздействия озона на органы дыхания человека. Как обобщение многих опытов получена зависимость

форсированного объема выхода легких после двухчасового пребывания в атмосфере, обогащенный озоном, при разной интенсивности дыхания. Видно, что падение форсированного объема выдоха с ростом концентрации озона значительно больше для более интенсивного дыхания, что может быть обусловлено сужением бронхов. Исследования поражений озоном поверхностных тканей дыхательных путей и легочных бронхов у человека и лабораторных животных (мышей) не дали определенных результатов. Остается неясность возможность переноса на человека многочисленных данных опытов над животными, исследования по проблеме продолжаются. Отмечено усиление воздействия озона на мышей при повышении температуры воздуха.

Воздействия повышенных концентраций озона в приземном слое воздуха на растительность и на материалы органического и неорганического происхождения интенсивно изучается в последние десятилетия в основном в связи с общей проблемой воздействия кислотных дождей, газообразных оксидов азота и серы на окружающую среду. Причем поражающее действие оказывают, как правило, семь окислителей, в которой озон занимает лишь часть, и выделить его эффект из суммарного очень трудно, хотя токсичность озона выше таковой у газообразных оксидов азота и серы.

Воздействия этих окислителей на растительность и степень их воздействия весьма различны и зависят от многих факторов: возраста растения или его частей, вида воздействия (краткое острое поражение или хроническое поражение при более низких уровнях), вида растений (хвойные деревья поражаются сильнее, чем лиственные) и условий его существования (сильнее поражаются растения, растущие на бедных почвах).

Воздействия озона на материалы также широко изучается, и накоплено уже много данных. Такое воздействие значительно более интенсивно в загрязненной атмосфере городов и промышленных регионов по сравнению с сельской и неосвоенной человеком местностью. Сравнительно хорошо изучена коррозия металлов, наиболее интенсивная при совместном воздействии O_3 и SO_2 . Формирующиеся растворимые сульфаты металлов образуют электролиты,

и во влажном воздухе дальнейшее разрушение металла может происходить и без участия O_3 и SO_2 , но в городах его скорость всегда в несколько раз выше, чем вне их. На строительные материалы озон воздействует в комбинации с SO_2 при взаимодействии сульфатов с карбонатом кальция в материале.

В целом ожидаемые изменения в озоносфере Земли как в стратосфере (уменьшение общего содержания озона и рост УФ-В облучения), так и в тропосфере (токсическое поражение природы, человека и окружающей его среды) причиняют большой ущерб и должны быть сведены к минимуму.

2.1 Годовой ход общего содержания озона над Казахстаном

Исследование атмосферного озона в Казахстане [35-51] началось 50 лет назад, когда оформилась весьма деятельная алматинская школа оптики атмосферы, исходящая из идей академика В.Г. Фесенкова и использовавшая предложенные им экспериментальные методы. В 50-е годы перед исследователями, занимающимися изучением атмосферного озона, был проведен цикл работ по измерению озона в тропосфере на территории г. Алматы. В работах Ш.А. Безверхного, С.Ф. Радионова, А.Л. Ошеровича, М.Г. Каримова было показано, что общее содержание озона в атмосфере связано с метеоэлементами и аэросиноптическими условиями в атмосфере. В ранние периоды исследования базировались на результатах единичных озонметрических наблюдений и поэтому большой статистической ценности не представляли. В последующие годы более активное развитие получили исследования в области оптики атмосферы, проводимые на Каменском плато (пригород г. Алматы) сотрудниками Института ионосферы А.И.Ивановым, О.А.Зыряновой, В.Н.Коровченко и др. [52].

В 70-е годы в Казахстане была создана сеть озонметрических станций. В настоящее время озонметрическая сеть в республике включает пять метеостанций, расположенных в Алматы, Атырау, Караганде, Семейе и на ст. Аральское Море. РГП “Казгидромет”, являясь членом Всемирной метеорологической организации, несет обязательства по сохранению

наблюдений на озонметрических станциях для международного обмена. Для исследования климатических особенностей данной территории были рассмотрены данные этих метеорологических станций (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Данные метеорологических станции, расположенных на территории Казахстана

№ станции	Метеорологические станции	Высота станции, м	Широта	Долгота
84	Атырау	-24	47 ⁰ 07' – 47 ⁰ 11'	51 ⁰ 53' – 51 ⁰ 88'
121	Караганда	554	49 ⁰ 48' - 49 ⁰ 80'	73 ⁰ 07' - 73 ⁰ 11'
144	Семей	195	50 ⁰ 24' – 50 ⁰ 41'	80 ⁰ 13' – 80 ⁰ 22'
171	Аральское море	62	44 ⁰ 48' – 44 ⁰ 81'	59 ⁰ 36' – 59 ⁰ 61'
238	Алматы	847	43 ⁰ 15' – 43 ⁰ 25'	76 ⁰ 54' – 76 ⁰ 90'

Исходными для проведенного анализа данными явились результаты наблюдений за общим содержанием озона на пяти озонметрических пунктах метеорологической сети Казгидромета. Используются архивные данные общего содержания озона (ОСО) Мирового Центра Озоновых Данных (Канада, г.Торонто) [53].

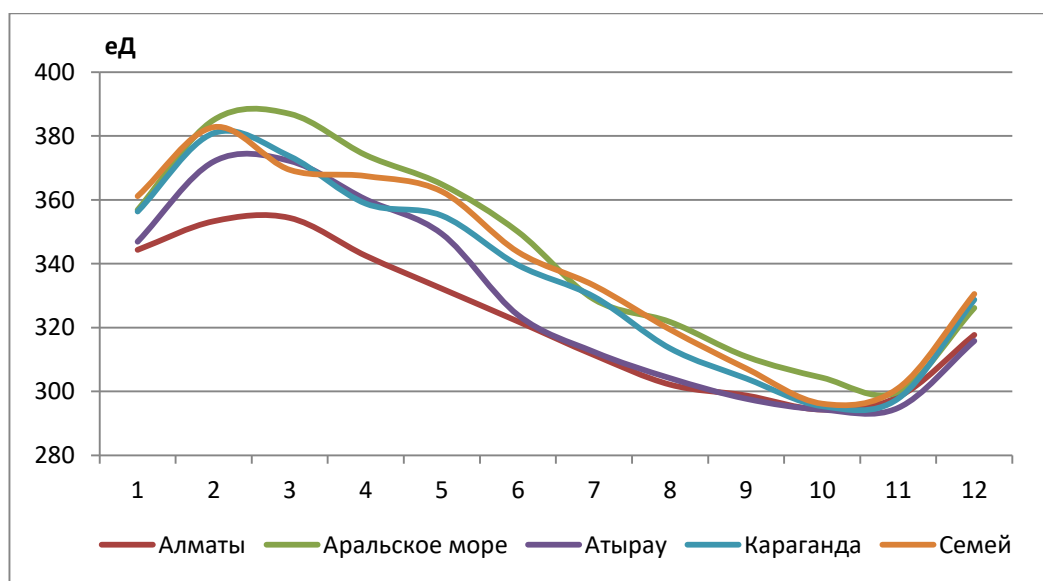


Рисунок 2.1 - Годовой ход общего содержания озона за 1974-2016 гг. по данным Казгидромета

Рисунок 2.1 наглядно демонстрирует широтный характер распределения многолетних месячных норм для всех пяти озонметрических пунктов. Наибольшие значения ОСО соответствуют наиболее удаленному к северу пункту МС Семей, наименьшие – самому южному пункту МС Алматы. В целом, в сезонном ходе ОСО для каждого пункта хорошо выражены периоды максимума (февраль – март) и минимума (сентябрь – октябрь).

Следует отметить, что в период максимума на МС Семей было достигнуто значение средней многолетней нормы марта, составляющей 392 еД, в то время как соответствующие значения для расположенных на юге МС Атырау и МС Алматы были равны 376-363 еД, соответственно. В период минимума принцип широтности распределения норм нарушается МС Аральское Море. Средняя многолетняя месячная норма октября для этой станции составляет 302 еД, что превышает на 2 и 4 еД показатели МС Семей и МС Караганда, соответственно. Нормы октября для всех исследуемых пунктов различаются мало и составляют около 300 еД.

В целом за исследуемый период суммарное уменьшение стратосферного озона зимой-весной - до 7 %, осенью - до 8 %. Процесс изменения концентрации озона в атмосфере не соответствует модели простой линейной регрессии, в связи с высокой естественной изменчивостью, присущей исследуемому процессу.

Рассмотрим закономерности межгодовой изменчивости суммарного озона. Согласно оценкам ученых, сокращение стратосферного озона, которое началось в 70-х, усилилось в 80-х годах прошлого столетия. В 90-х годах появились первые признаки ослабления отрицательных тенденций эволюции атмосферного озона [54].

Для Казахстана многолетние тенденции изменения ОСО выражены следующим образом (рисунок 2.2). За период 1974-2016 гг. произошло значительное (в 3 раза) ослабление темпов снижения общего содержания озона по сравнению с тенденциями, характерными для периода времени в 26 лет (1973-99 гг.) [13].

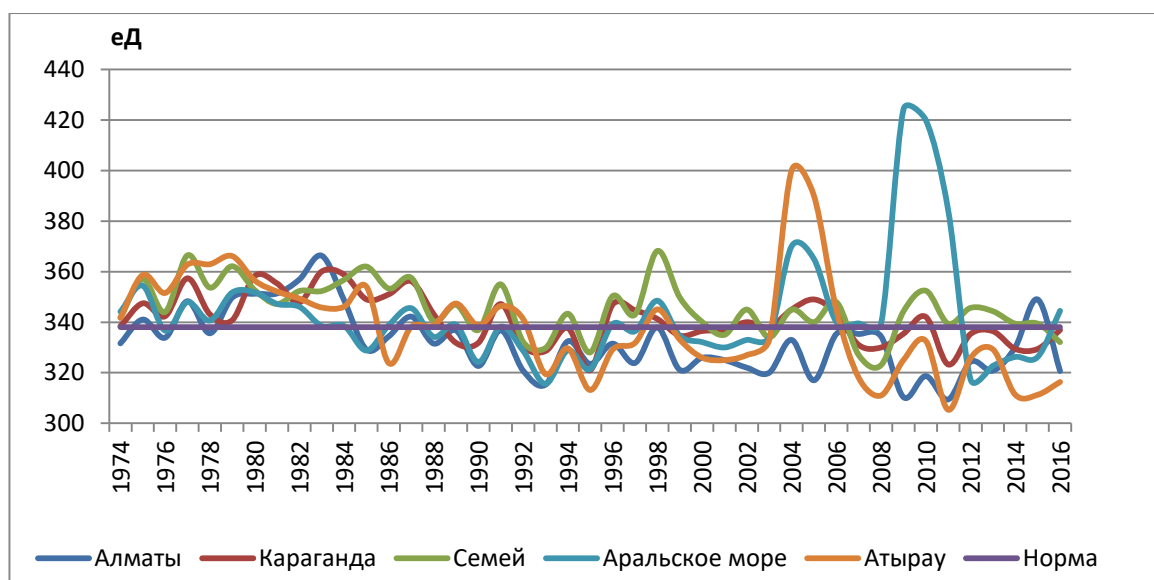


Рисунок 2.2 - Межгодовая динамика общего содержания озона над Казахстаном

Распределение годовых норм ОСО над территорией Казахстана имеет ярко выраженный широтный характер, с постепенным увеличением абсолютных значений с юга на север. Многолетняя норма общего содержания озона над Казахстаном составляет 337 еД. За исключением нескольких лет, на протяжении исследуемого временного периода средние годовые показатели суммарного озона для МС Алматы находятся ниже среднего многолетнего уровня ОСО, осредненного по Казахстану. Средние годовые значения ОСО других станций, в большинстве случаев, превышают среднюю многолетнюю норму ОСО. За весь исследуемый период времени минимальные значения ОСО над Казахстаном наблюдались в 1992-95 гг., 2011 г., а максимальные – в 2004, 2010 г.

В период с 1992 по 1995 гг., 2007-2009 гг. по всем пунктам наблюдений наблюдается резкое падение концентрации озона. В период лет с 2000 по 2006 года над территорией Республики происходит перестройка полей общего содержания озона - наблюдаются тенденции к росту концентраций ОСО. С 2007 года за исключением 2010 года наблюдаются тенденции к снижению ОСО. Очаги с повышенным содержанием озона в атмосфере наблюдаются в восточной части Республики, включая прибрежные районы Балхаша.

Возможно, что причиной этому служат изменения общей циркуляции атмосферы, происходящие из-за глобального изменения климата. В этом случае количество меридиональных процессов увеличивается по сравнению с широтными процессами, и на это реагируют поля концентрации озона которые зависят от глобальных синоптических процессов происходящих в атмосфере северного полушария [55].

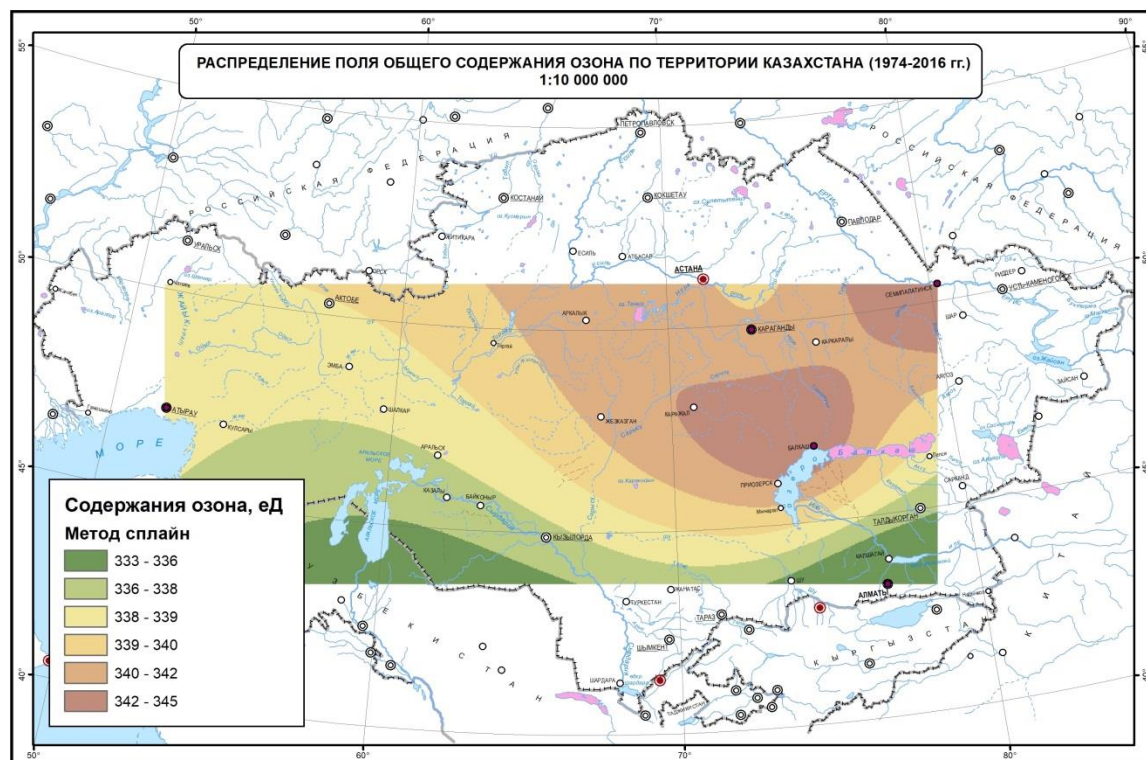


Рисунок 2.3 – Распределение поля общего содержания озона по территории Казахстана (1974-2016 гг.)

Поля аномалий ОСО, за весь период 1974-2016 гг. содержат, как правило 2-3 очага с повышенными показателями аномалий. Очаги ориентированы как широтно, так и меридионально. В некоторых случаях распределение аномалий имеет и широтную и меридиональную составляющую. Такие поля являются переходными зонами между широтной и меридиональной ориентациями.

Темпы изменения атмосферного озона над Казахстаном в целом, а также для каждого из рассматриваемых пунктов, значительно ниже своей естественной изменчивости. При этом самые высокие показатели σ соответствуют параметрам южных озонметрических пунктов. Процесс

эволюции озонового слоя над Казахстаном сопровождается коэффициентом детерминированности, равным 3 %, что указывает на незначительную корреляцию исследуемого процесса с моделью линейной регрессии (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Статистические характеристики межгодовой динамики общего содержания озона над Казахстаном (1974 – 2016 гг.)

Озонометрические станции	\bar{x}	N	σ	$R^2, \%$	F	$C_v, \%$	As	Ex
Алматы	332	-4	12,6	32,1	19,4	3,8	0,49	-0,11
Атырау	338	0	19,7	25,7	14,2	5,6	0,85	1,07
Аральское море	343	5	21,8	1,79	0,7	6,4	2,25	5,62
Караганда	340	2	9,6	31,2	18,6	2,8	0,18	-0,55
Семей	345	7	10,4	25,1	13,7	3,0	0,04	-0,43

Сделаем выводы о тенденциях дальнейшего развития озонового слоя, исходя из основного вывода незначительной корреляции исследуемого процесса законам линейного распределения. Как уже было отмечено выше, параметры линейного тренда ОСО за исследуемый период не соответствуют 5 %-ному уровню статистической значимости. Следовательно, полученные оценки коэффициентов линейных трендов можно экстраполировать на будущее, но с учетом того, что расчет линейных трендов позволяет построить статистическую модель временных рядов ОСО только в первом приближении.

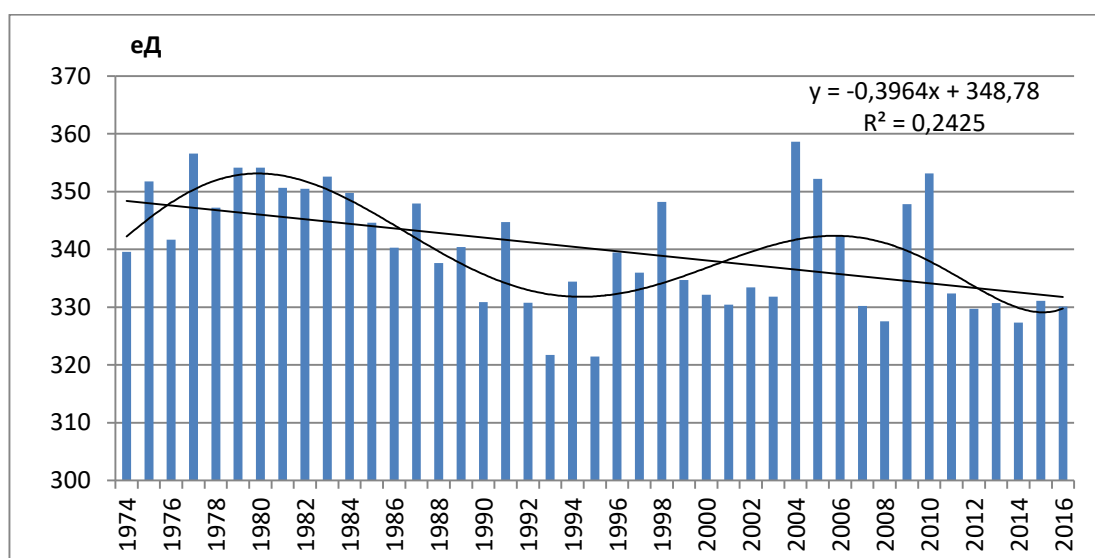


Рисунок 2.4 - Межгодовая динамика общего содержания озона для Казахстана

Как уже было указано выше, за 43-летний промежуток времени рассматриваемого периода общее содержание озона над Казахстаном уменьшился на 7 еД, или 2 % от среднего многолетнего значения ОСО. Если предположить, что дальнейшее развитие процесса сокращения будет происходить теми же темпами, то на ближайшее десятилетие средний уровень ОСО составит около 335 еД (рисунок 2.4).

В рамках Монреальского протокола объемы озоноразрушающих веществ должны уменьшиться, прогнозируется что, несколько десятилетий 21 века будут изменчивыми для озонового слоя. Необходимо учитывать влияние естественных факторов на озоновый слой, такие как извержение вулканов, климатические изменения. Восстановление озонового слоя над Казахстаном, также как и над планетой в целом, ожидается в последующие тридцать лет, при условии соблюдения нормативов Монреальского протокола [56, 57].

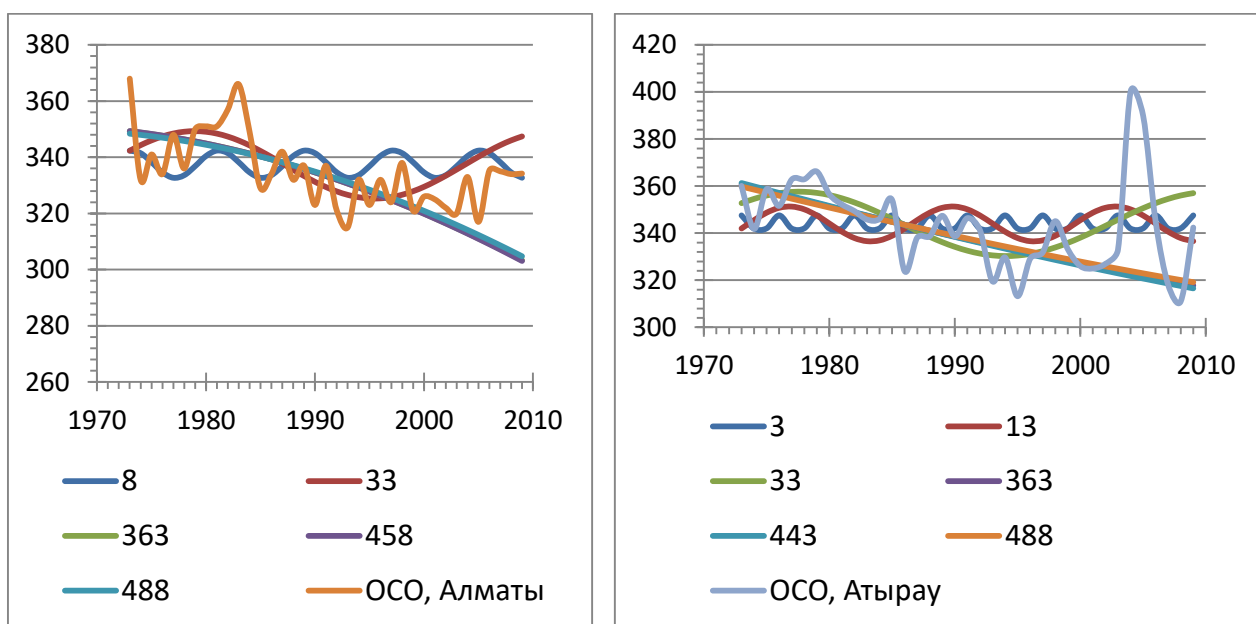


Рисунок 2.5 - Гармонический анализ общего содержания озона на метеостанциях Алматы и Атырау, 1974-2009 гг. (период наблюдений 37)

Метод полиномиальной аппроксимации позволяет лучшим образом улавливать колебания изучаемой функции под влиянием самых различных факторов. Однако кривая полиномиальной аппроксимации не позволяет надёжно аппроксимировать начало и конец временного ряда и, кроме того, не

позволяет разделить факторы по величине их вклада в аппроксимируемую кривую. Ведь теоретически принято считать, что каждый фактор, воздействуя на систему или объект, вызывает в ней гармонические колебания определённой периодичности (частоты) и амплитуды. Если воздействие фактора сохраняется, то сохраняются и характеристики синусоиды, описывающей это воздействие.

Поэтому гармонический анализ временного ряда крайне важен, поскольку он позволяет выделить основные гармоники, т.е. факторы, воздействующие на систему или объект. Анализ этих основных гармоник по отдельности или совместно путём сложения с выделением или без выделения тренда, позволяет смоделировать будущие изменения функции при условии неизменности основных факторов, которые на неё воздействуют [59].

2.2 Общее содержание озона в сопредельных государствах

Содержание озона в воздухе атмосферы очень малы, но особенно в тропосфере его значение для жизни на Земле чрезвычайно велико. Опыт показывает, что даже низшие формы жизни очень сильно страдают от избытка ультрафиолетовой радиации. Ультрафиолетовая радиация разлагает хроматин клеточного ядра и препятствует делению последнего, т.е. размножению клеток. Этот эффект очень силен при длине волны 255-265 нм и существенно убывает при длине волны >290 нм. Со временем озон, ослабляя ультрафиолетовую радиацию, сделал возможной жизнь и на суше. Здесь первичные формы жизни приспособились к той, солнечной радиации, которую пропускает озон (длина волны 290 нм), но остались, очень чувствительны к более коротким длинам волны [61].

Исследованием озона в Азии начали заниматься сравнительно давно, но активные научные исследования были начаты с Антарктической озоновой дыры (1985 г).

Первоначальные данные на озонметрических станциях России, Кыргызстана, Таджикистана и Туркменистана были взяты с официального сайта Всемирного Канадского центра данных озона и ультрафиолета [63].

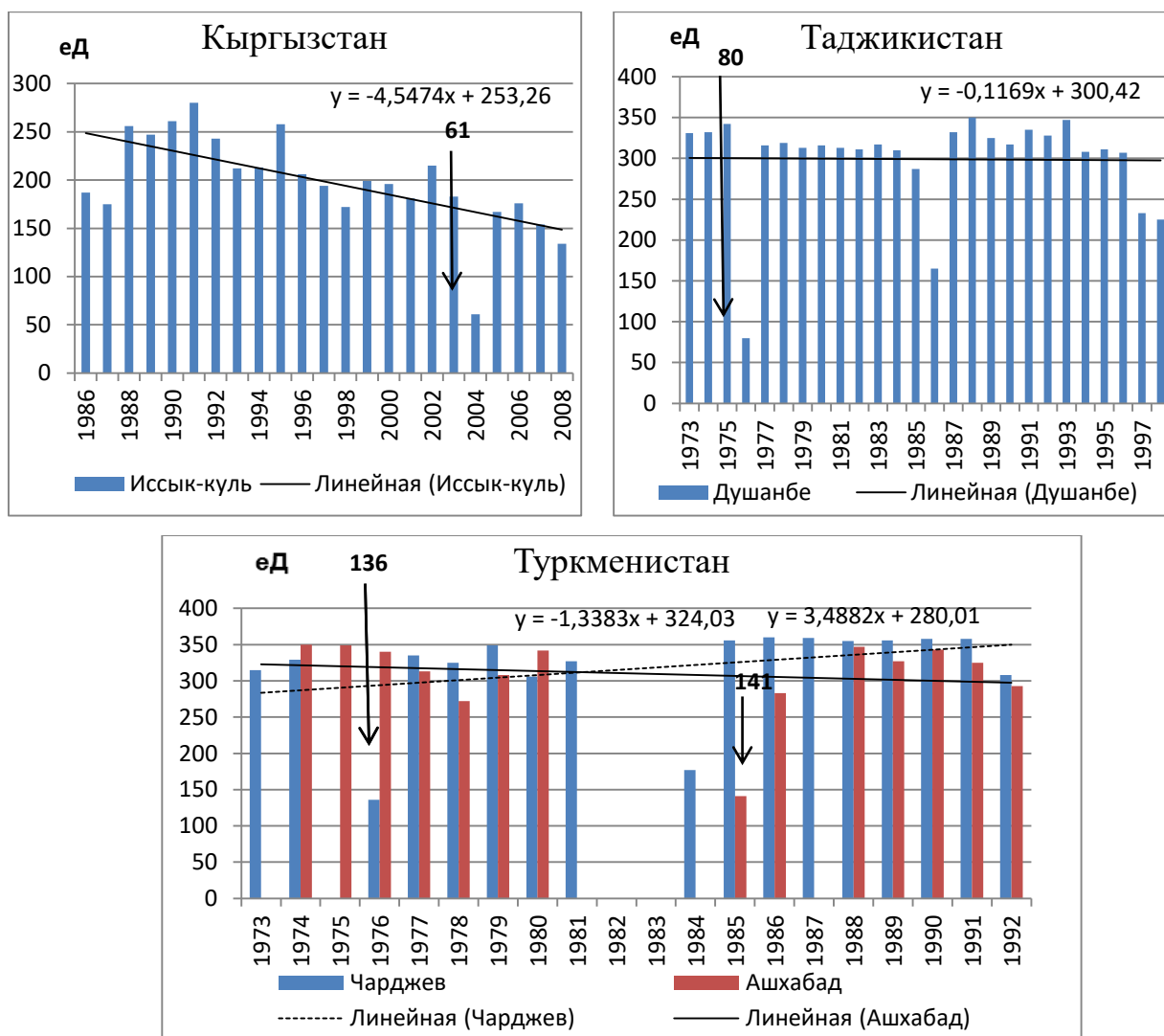


Рисунок 2.6 - Распределение общего содержания озона в Кыргызстане, Таджикистане и Туркменистане

В Кыргызстане исследованием озона начались заниматься с 1970 года, первооснователем этой области является Советбек Токтомышев, который экспериментировал датчики для измерения озона, а позже в 1978 году появился прибор, регистрирующий в средних слоях атмосферы концентрацию атомов кислорода и молекул озона. Озоновая станция в Кыргызстане получила развитие благодаря Л.А. Спекторову, специалисту по физике газового разряда и атомной спектроскопии. С 1968 года были начаты работы в области создания

регистрирующих приборов озона на высотах и начались первые наблюдения за общим содержанием озона в Иссык-кульской области, где количество солнечных дней максимальная в году, с мягким климатом и расположенный вдали от промышленных предприятий [62].

По данным озонометрической станции Иссык-куль за рассматриваемый период (1986-2008 гг.) наблюдается значительное снижение общего содержание озона. Снижение озона за 22 летний период составлял 49 еД или 24% от среднего. Экстремально минимальные концентрации озона наблюдались в 2004 году, что составлял 61 еД.

В Таджикистане (Душанбе) за период с 1973 по 1998 года озон наблюдался равномерно, за исключением 1976 и 1986 года, когда наблюдались минимальные концентрации озона, 80 и 165 еД соответственно. Однако, учитывая то, что нет данных за последние 20 лет, судить о равномерности распределения трудно.

На двух озонометрических станциях Туркменистана озон наблюдался двояко. На станции Чарджев идет рост общего содержания озона на 10 % от среднего или на 32 еД, а на станции Ашхабад озон уменьшается на 2,9 % от среднего или на 9 еД. Однако, также важно отметить то, что период наблюдений начинается с 1973 года и заканчивается 1992 годом. Учитывая то, что активное изменение озона происходит за последнее 20-25 лет, сравнивать результаты по данным станций Средней Азии не является возможным.

Первые наблюдения приземного озона на территории бывшего Союза проведены А.С. Бритаевым в начале 1970-х годов сначала в городе Долгопрудном, а потом в Московской центрально-гидрометеорологической станции совместно с Г.П. Фарапоновой. Во второй половине 1970-х годов наблюдения стали проводить с подвижных платформ (корабли и самолеты). Но первые регулярные наблюдения начались в Литве на побережье Балтийского моря (Р. Гирджене) в начале 80-х годов.

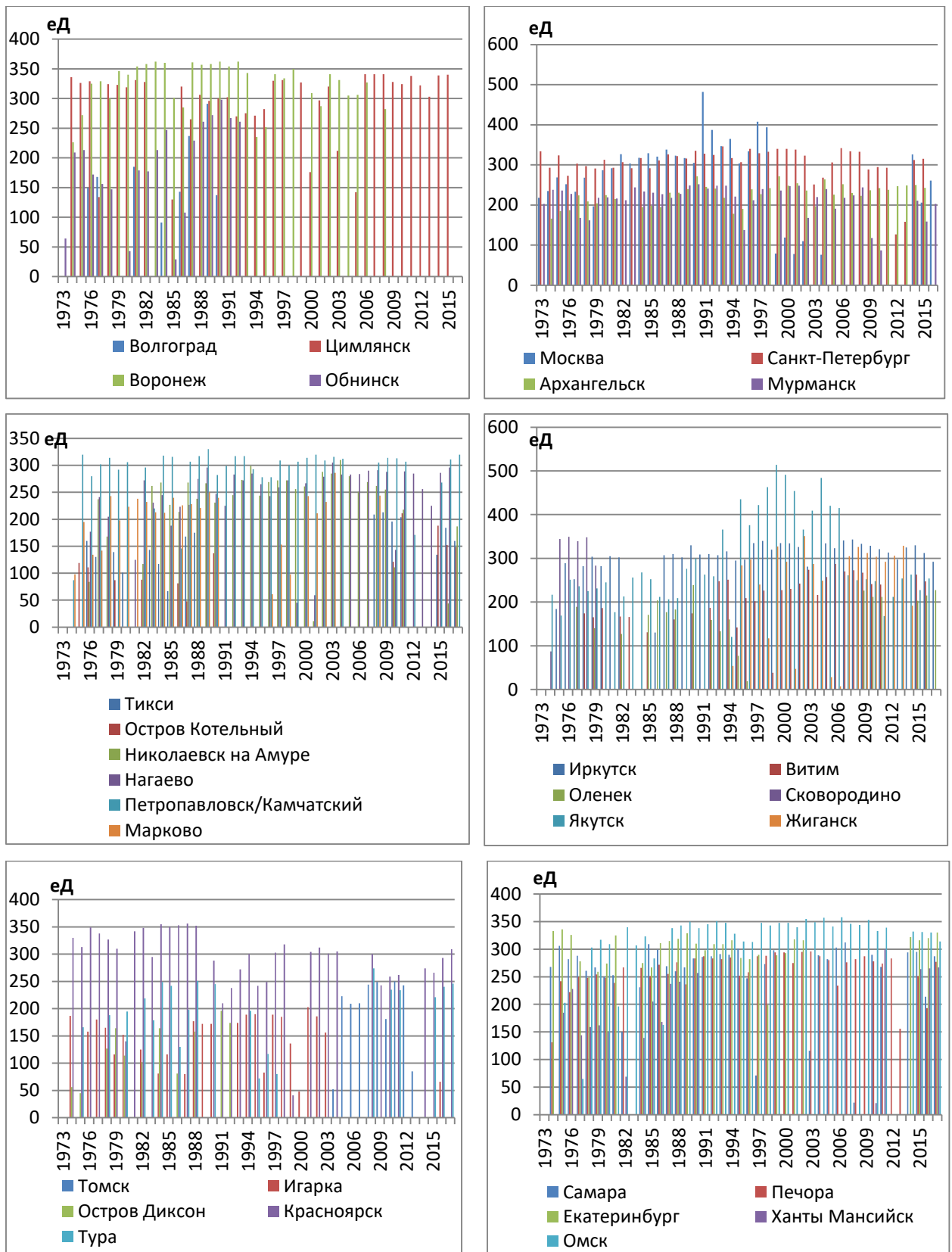


Рисунок 2.7 - Межгодовая динамика распределения общего содержания озона по станциям Российской Федерации

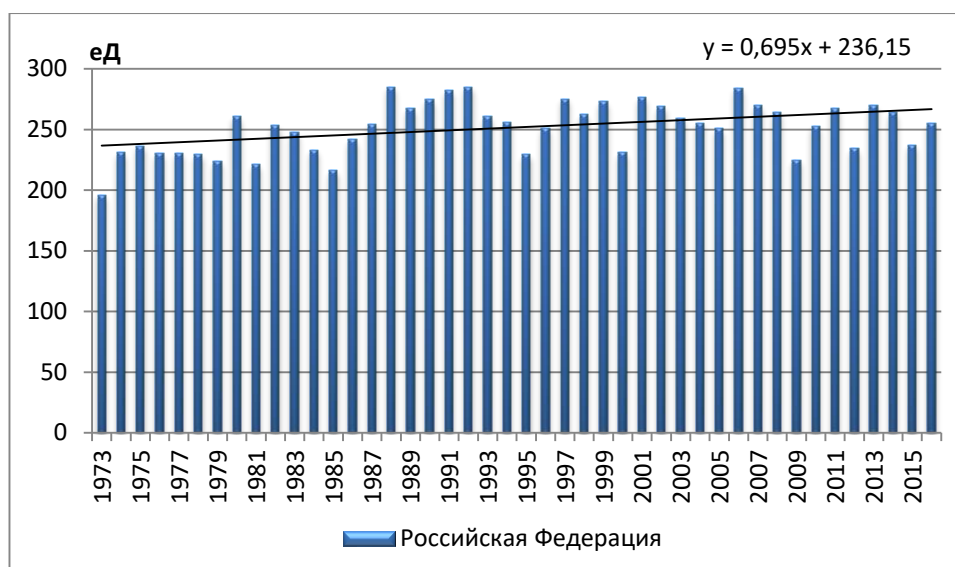


Рисунок 2.8 - Межгодовая динамика распределения общего содержания озона по территории Российской Федерации

С 1989 года на высокогорной станции близь города Кисловодск, в начале 90-х в Долгопрудном, Томске, на Кольском полуострове и в районе озера Байкал. Также производятся экспедиционные наблюдения по маршруту Москва – Хабаровск, Мурманск – Кисловодск [64].

В России исследованием озона занимались такие ученые, как А.Х. Хргиан, Г.П. Гущин, И.Л. Кароль, С.П. Перов, А.М. Звягинцев, И.Н. Кузнецова, И.Ю. Шалыгина, Б.Д. Белан, С.Н. Котельников, О. Тарасова, Н.Ф. Еланский и др [65-70].

На территории Российской Федерации наблюдения за озоном ведутся на 30 озонометрических станциях. Распределение озона по территории не равномерная. Над Европейской территорией России количество озона в отдельные годы превышал 350-400 еД. Минимальные количества озона варировались от 22 до 83 еД на разных станциях за разные годы. В среднем по территории России за исследуемый период общее содержание озона возросло на 3 % от среднего (8 еД).

2.3 Приземный озон

2.3.1 Годовой ход приземного озона

Общее содержание озона или стратосферный озон защищает все живое на земной поверхности от вредного ультрафиолета, а тропосферный озон или приземный является загрязняющим веществом, для которого было установлено предельно допустимая концентрация. Поскольку приземный озон оказывает непосредственное влияние на человека, то его исследованию всегда уделялось большое внимание. Особый интерес представил его суточный ход. Еще в [70] было показано, что особенности суточного хода связаны с распределением озона в приземном слое и процессами переноса и разрушения приземного озона. Суточные изменения приземного озона, являются следствием вертикального обмена массами воздуха. И только зимой при сильно ослабленном обмене вступает в силу второй фактор – «загрязнение воздуха дымом и прочим, разрушающим озоновый слой». Там же было показано, что абсолютная и относительная амплитуда суточного хода приземного озона увеличивается летом примерно до 20 % от среднего и уменьшается зимой. Амплитуда невелика в приморском климате и на возвышенностях зимой. Максимум плотности озона P наступает обычно вскоре после полудня, а минимум – утром во время восхода солнца. Летом максимум часто сдвигается на 16-17 ч. местного времени.

Основным стоком атмосферного озона, как известно, являются приземный слой и поверхность земли, куда он просачивается. Поэтому количество приземного озона определяется с одной стороны его просачиванием из верхних слоев атмосферы (из стратосферы), а с другой – скоростью его разрушения в приземном слое и у земли. Лучшими условиями для поступления озона в приземный слой являются такие, когда развиты конвекция, турбулентность, а также упорядоченные перемещения воздуха по вертикали. Такие условия создаются в весенне-летний период. Зимой для большинства

регионов Казахстана, кроме отсутствия условий для интенсивной конвекции и турбулентности характерно наличие приземных инверсий или изотермии, препятствующих поступлению озона в приземный слой. Это обуславливает в годовом ходе приземного озона максимум в летний период и минимум – в зимний период, май и декабрь-январь соответственно [71]. В Казахстане приземный озон измеряется только в городе Алматы. В данной работе рассматривается динамика приземного озона за период 2003-2005 гг.

Был построен график временного хода приземного озона за рассматриваемый период.

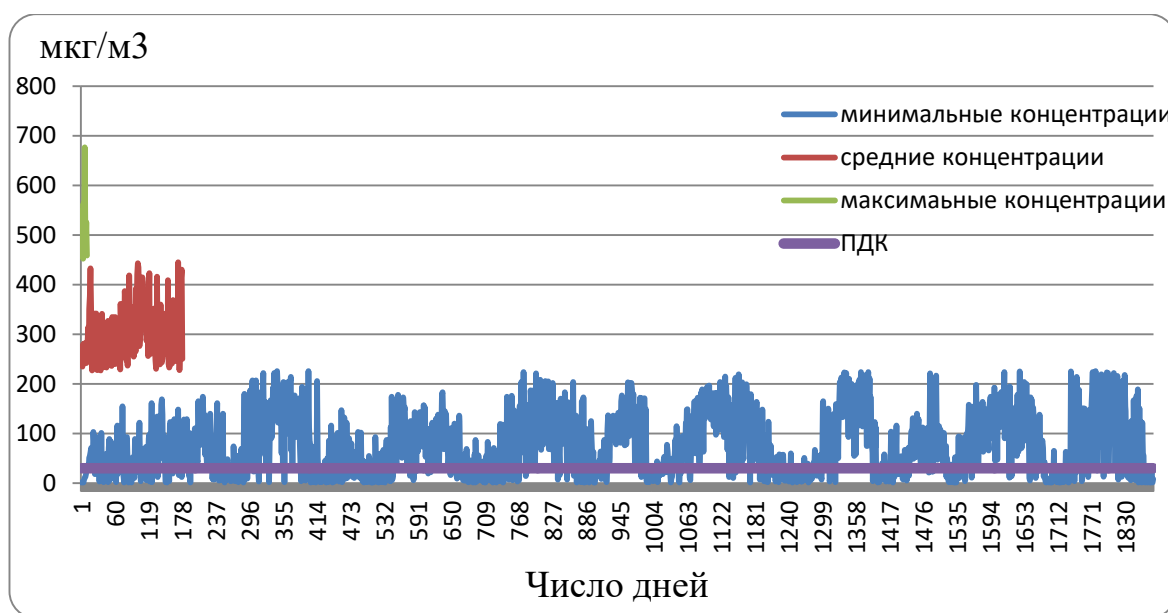


Рисунок 2.9 - Временной ход приземного озона за 2003-2005 гг.

По данному рисунку можно видеть, что концентрации приземного озона от года к году растет.

Временной ход концентрации озона, окислов азота и температуры воздуха представлен на следующем рисунке (рис. 2.10).

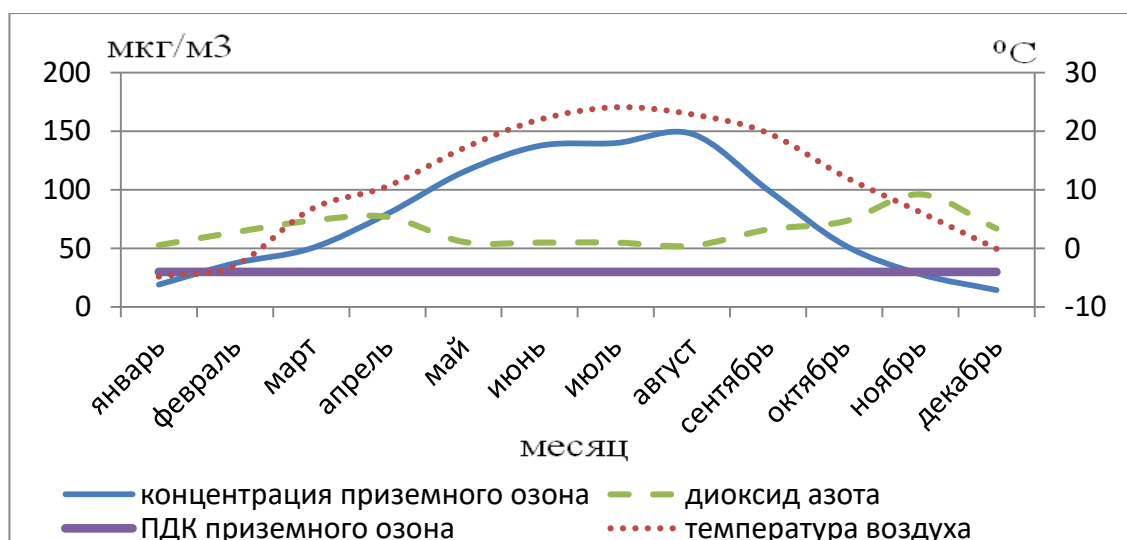


Рисунок 2.10 - Временной ход концентрации озона, окислов азота и температуры воздуха за 2003-2005 гг.

Из рисунка 2.10 можно видеть, что от зимы к лету кривая изменения концентраций приземного озона в общих чертах повторяет ход температуры воздуха. Начиная с августа концентрация приземного озона снижаются заметно быстрее, чем снижается температура воздуха. Это можно объяснить тем, что в конце лета и осенью для региона характерен вынос теплых воздушных масс, бедных озоном. В результате, несмотря на вполне интенсивное перемешивание по вертикали, поступление озона в приземный слой уменьшается быстрее, чем происходит снижение температуры воздуха.

Годовой ход концентраций оксидов азота обратный годовому ходу концентрации озона. Минимум концентраций оксидов азота, который обычно пересчитывают в двуокись азота, наблюдается в августе, а максимум – в зимний период, что вполне объяснимо. Основными источниками выбросов оксидов азота являются энергетические предприятия, а также автотранспорт. Выбросы энергетических предприятий максимальны в зимнее время и минимальны летом. В августе несколько снижается и количество автомобилей в городе по сравнению с весной и осенью, однако их количество остается все равно большим. В нашем случае, минимум диоксида азота наблюдается в августе и составляет $52,3 \text{ мкг/м}^3$, максимального значения достигает в ноябре и составляет $96,2 \text{ мкг/м}^3$.

Из-за особой токсичности озона и наличия у него радиомиметического эффекта [72] для него установлено два вида предельно допустимых концентраций: среднесуточная, равная 30 мкг/м³, и максимальная разовая, равная 160 мкг/м³. В таблице 2.3 приведены среднесуточные и максимальные амплитуды колебаний концентрации озона, полученные для Алматы за 3-летний период. Они позволяют оценить, превысят ли концентрации озона в приземном слое воздуха ПДК_{сс} и ПДК_{мр} в каждом месяце (таблица 2.3).

Таблица 2.3. Амплитуды колебаний концентрации озона в городе Алматы

Месяц	Год		
	2003 г.	2004 г.	2005 г.
среднемесячные суточные, мкг/м ³			
январь	-	13,8	23,8
февраль	-	21,3	53,6
март	-	41,9	58,4
апрель	33,2	70,8	134,7
май	81,1	112,5	152,3
июнь	78,9	121,0	212,8
июль	75,6	104,9	239,3
август	-	116,3	179,2
сентябрь	-	65,8	133,9
октябрь	-	27,8	78,1
ноябрь	-	21,4	34,7
декабрь	-	9,8	19,2
максимальные разовые, мкг/м ³			
январь	-	44,0	39,0
февраль	-	77,0	80,0
март	-	87,0	159,0
апрель	137,0	172,0	488,0
май	177,0	197,0	361,0
июнь	202,0	296,0	563,0
июль	172,0	274,0	677,0
август	-	262,0	459,0
сентябрь	-	156,0	416,0
октябрь	-	124,0	274,0
ноябрь	-	58,0	113,0
декабрь	-	32,0	116,0

Из данных таблицы 2.3 видно, что вероятность появления повышенных концентраций озона (>ПДК_{сс}) в Алматы велика в весенне-летний период – с

марта по август, когда среднесуточные амплитуды превышают ПДК_{сс}. При этом вероятность появления таких концентраций озона (>ПДК_{сс}) значительно меняется от года к году, отражая особенности условий погоды конкретного года. Это можно сказать и о ПДК_{мр}, с тем лишь различием, что вероятный период, когда концентрации озона больше ПДК_{мр}, несколько меньше – с апреля по август. Исключение представляет 2005 год, когда вероятный период концентрации озона больше ПДК_{мр} составляет 7 месяцев, с апреля по октябрь [73].

2.3.2 Суточный ход приземного озона

Особенности суточного хода приземного озона связаны с вертикальным распределением озона в приземном слое. Суточные изменения приземного озона в основном следствие обмена масс воздуха, лишь при ослабленном зимой вертикальном обмене вступает в силу второй фактор – загрязнение воздуха. Днем усиливающееся перемешивание пограничного слоя приносит в его нижнюю часть много озона, притекающего из стратосферы. Ночью приток ослабевает и озон разрушается постепенно, начиная от поверхности Земли. Зимой часты инверсии и задержка обмена масс тормозит поток озона сверху.

Также был построен график суточного хода приземной концентрации озона в срединные месяцы, осредненные за 3 года (рисунок 2.11).

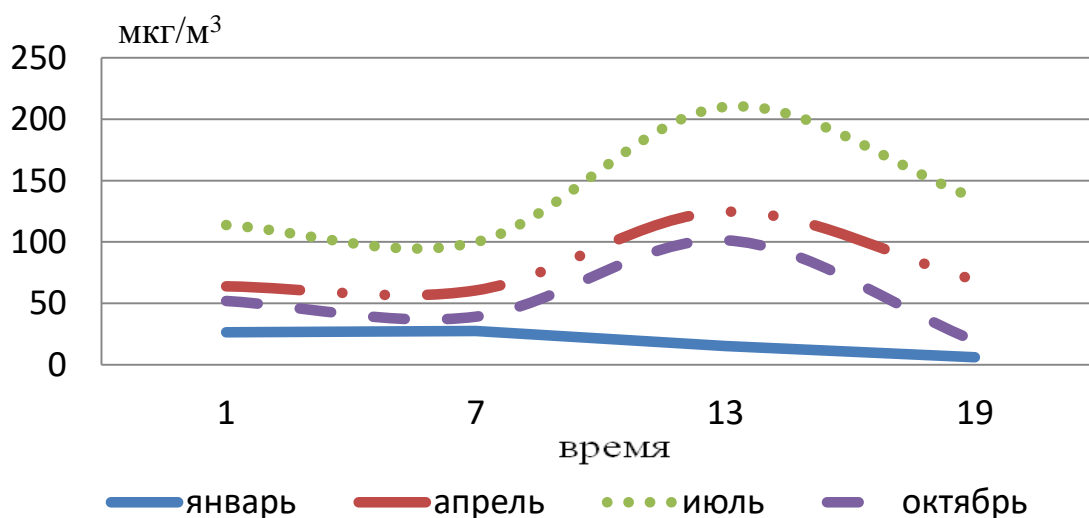


Рисунок 2.11 - График суточного хода приземной концентраций озона в срединные месяцы за 2003-2005 гг.

В соответствии с рисунком 2.11, в суточном ходе приземного озона в разные сезоны много общего. Так в апреле, июле и октябре основной максимум озона имеет место в 13 ч. Основной минимум в июле и апреле наблюдается в 7 ч, а вторичный – в 19 ч. В октябре основной минимум наблюдается в 19 ч, а вторичный - в 7 ч. Амплитуда суточного хода концентраций приземного озона наибольшая в июле, более 210 мкг/м³. В апреле и октябре она заметно меньше и составляет около 120 мкг/м³.

В январе суточный ход концентраций приземного озона выражен слабо. Его максимум имеет место в ночное время, а минимум – днем. При этом самые низкие концентраций приземного озона имеют место в 19 ч. Наблюдаемый нами в Алматы суточный ход приземного озона существенно отличается от суточного хода, невозмущенного антропогенными выбросами. Согласно [74], суточный ход приземного озона очень прост, с одним максимумом и одним минимумом. Максимум имеет место в середине дня, когда условия для вертикального обмена и поступления озона из тропосферы наиболее благоприятны. В это же время суток условия благоприятствуют образованию приземного озона непосредственно у земли, поскольку поток солнечной радиации, необходимый для этого, максимален. Необходимо лишь наличие углеводородов в атмосфере [75].

Минимум концентраций приземного озона при невозмущенном суточном ходе имеет место в утренние часы, когда поступление озона из тропосферы минимально, а процесс его разрушения у земли не прекращается.

В суточном ходе приземного озона в Алматы имеют место два хорошо выраженных максимума и два минимума, что указывает на довольно сильное в виде загрязняющих веществ антропогенное воздействие на концентраций приземного озона. Под воздействием оксидов азота приземный озон разрушается. При этом авторы [75] показывают, что особенно эффективно разрушают приземный озон выбросы оксидов азота от автотранспорта. Поэтому в промышленно развитых городах и обилием транспорта суточный ход приземного озона может быть заметно нарушен. В нашем случае минимум

концентраций приземного озона в 19 ч обусловлен именно выбросами автотранспорта и интенсивным разрушением приземного озона, поскольку в это время имеет место «час пик». Ночью интенсивность движения автотранспорта резко падает, в город постепенно смещаются воздушные массы, из-за его пределов, в которых приземный озон не был разрушен выбросами автотранспорта, и к полуночи появляется вторичный максимум приземного озона. К утру происходит снижение концентраций приземного озона уже за счет того, что его поступление из тропосферы минимально, так как атмосфера в это время максимально устойчива.

Также суточный ход приземного озона был представлен количеством дней за весь рассматриваемый период (рисунок 2.12).

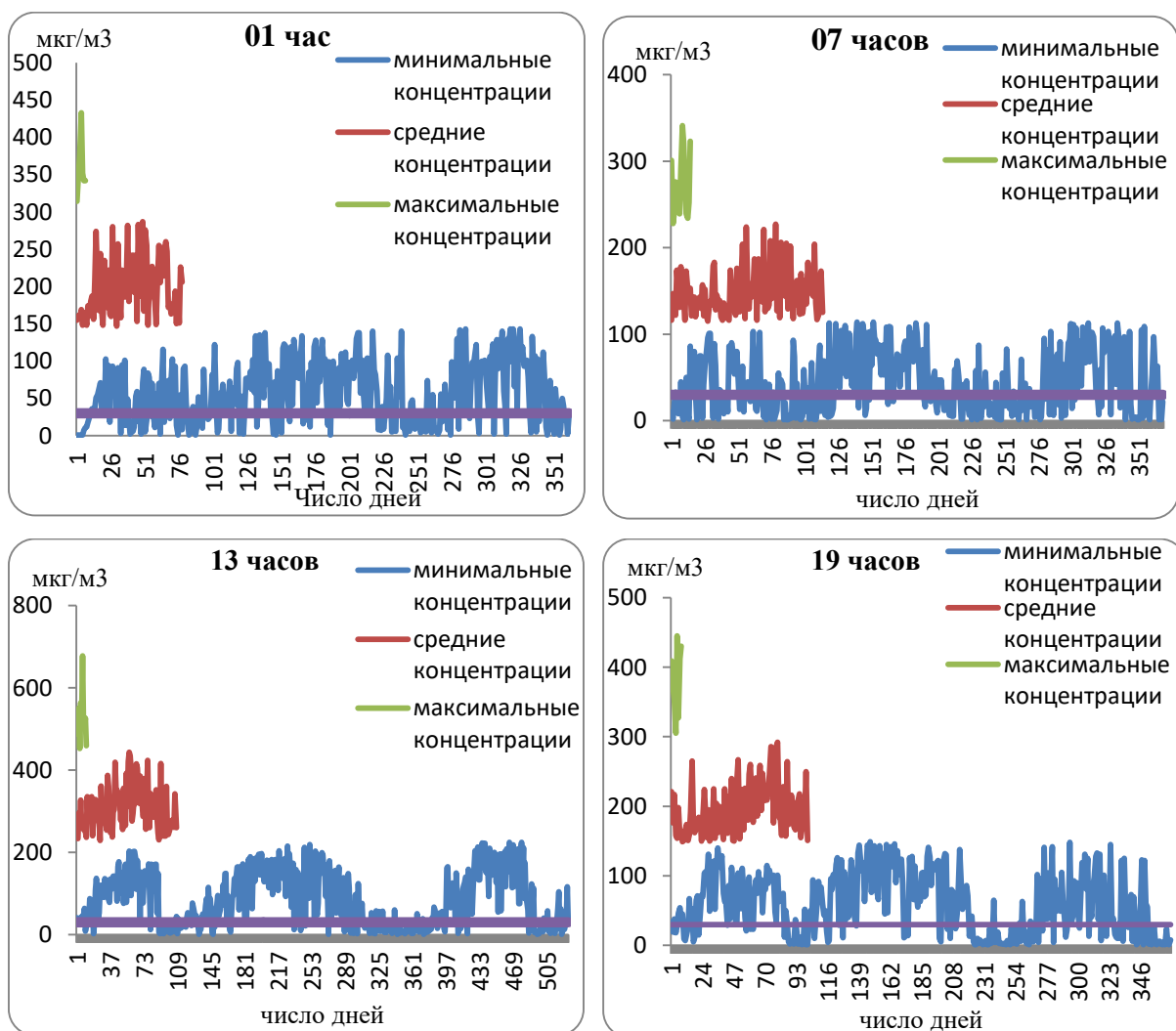


Рисунок 2.12 - Суточный ход приземного озона в городе Алматы (2003-2005 гг.)

В рассматриваемом суточном ходе приземного озона наибольшее количество дней наблюдались с минимальными концентрациями. В 13 часов количество дней с минимальными концентрациями достигло 528 дней за 3 года. Средние концентрации приземного озона изменялись в пределах 78 – 114 дней. Концентрации приземного озона с максимальными значениями за рассматриваемый период наблюдались около 15 дней, в пределах 227-341 мкг/м³.

Экстремумы во все сроки в июле только в 2 раза превышают средние величины. В апреле и в октябре во время дневного максимума они тоже только в 2 раза превышают среднее значение. В другие сроки, однако, это превышение может быть в 5 и более раз выше, чем средние за этот срок. Для января, ввиду большого числа нулевых значений, выводы менее надежны, экстремумы в период дневного максимума более чем в три раза превышают среднее, а в другие сроки они различаются в 10-15 раз. Отмечаемые особенности в величинах средних и экстремумов позволяют предположить следующее: существуют какие-то предельные величины концентраций озона в атмосфере, откуда он поступает в приземный слой. Летом, когда механизм вертикального обмена наиболее активен, приземные концентрации озона велики, и они заметно приближаются к максимально возможным с учетом возможностей механизма передачи. Поэтому средние и максимальные величины приземного озона различаются минимально в годовом ходе. В другие сезоны в приземный слой поступает в среднем только часть озона от возможного. Только при активных синоптических процессах условия вертикального обмена временно улучшаются (ухудшаются) и появляется максимум (или минимум), существенно отличающийся от среднего.

Представлял интерес, рассмотрение суточного хода приземного озона за рассматриваемый период (рисунок 2.13).

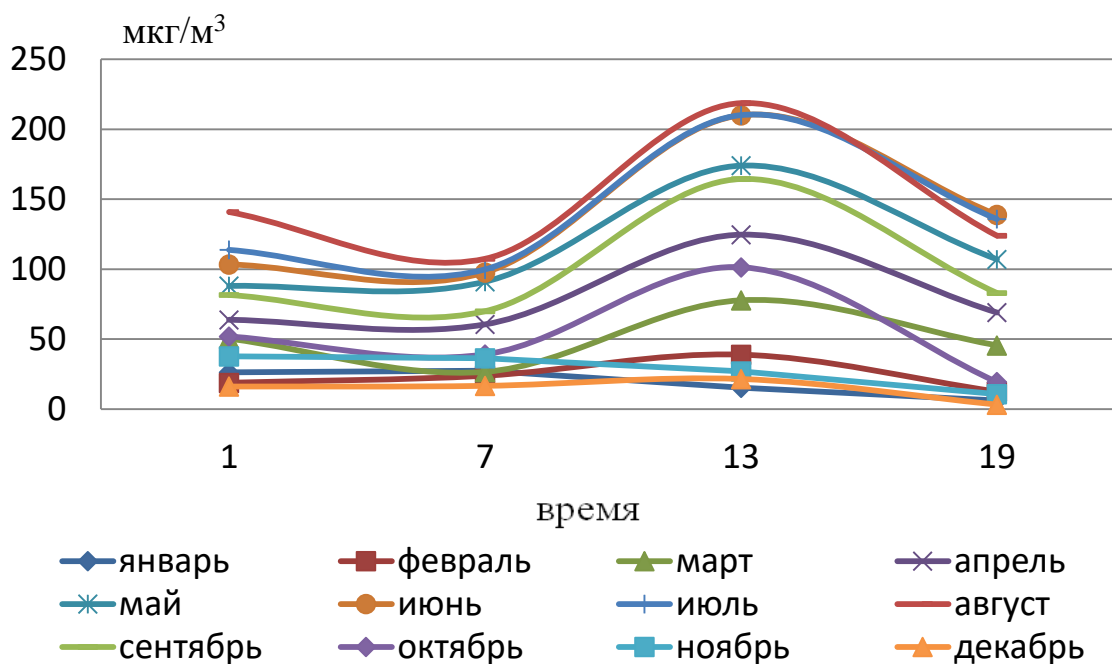


Рисунок 2.13 - График суточного хода приземной концентраций озона за 2003-2005 гг.

В зимний период, когда образование озона у земли минимально, а движение автотранспорта почти такое же как и летом, основным является минимум в – 19 ч. Летом, когда условия для поступления озона из тропосферы наиболее благоприятны, и наблюдается максимум приземного озона в его ходовом ходе, основной минимум озона наблюдается в 7 ч. Можно предположить, что в 19 ч. поступление озона сверху частично компенсирует его разрушение у земли под воздействием загрязняющих веществ.

Таким образом, переход от зимнего минимума с концентрацией приземного озона в 19 ч. к летнему с минимумом в 7 ч. имеет место в марте месяце, а в обратном от лета к зиме в октябре [76].

Влияние горно-долинной циркуляции (горного ветра) проявляется в том, что под его влиянием к середине ночи происходит вынос воздуха из более высоких слоев атмосферы, обогащенного озоном. К этому времени выбросы автотранспорта существенно снижаются.

Практически постоянное существование приземной или приподнятой инверсии в Алматы в зимний период способствует тому, что в это время наблюдаются чрезвычайно низкие концентрации приземного озона [77].

2.3.3 Пространственное распределение приземного озона

Приземный озон образуется в результате фотохимических реакции с участием газовых составляющих в атмосфере, такие как оксиды азота, оксид углерода, летучие органические соединения. По выбросу этих загрязнителей транспорт занимает лидирующие позиции в перечне наиболее масштабных источников загрязнения атмосферы, и потому его деятельность рассматривается как одна из основных причин возникновения повышенного содержания озона в приземном слое. Подтверждением этому служат многочисленные наблюдения за содержанием озона в воздухе крупных южных мегаполисов с интенсивным автомобильным движением. Очевидно, что среди различных видов источников именно автомобильный транспорт привносит в атмосферу подавляющее количество загрязнителей — предвестников озона. При больших концентрациях NO_x количество производимого озона будет уменьшаться, а при малых концентрациях количество озона будет возрастать. Это приводит к тому хорошо наблюдаемому в экспериментах факту, что в центральной части городов, где эмиссия NO_x от автомобильного транспорта велика, концентрация озона меньше, нежели в пригородах и загородных районах. В центре города большая часть озона расходуется на доокисление NO и углеводородов. В пригородных районах, где концентрация NO_x мала, но зато может наблюдаться относительно высокий уровень загрязнения углеводородами, концентрация озона может быть весьма большой. В работах автора [78], было показано что, рядом с проезжей частью кольцевой магистрали концентрации NO_x могут достигать 200 – 400 мкг/м^3 . При низких скоростях движения (30 км/час) соотношение ЛОС/ NO_x в частях на миллион может составлять 10 – 12, концентрации озона в солнечный летний день могут превышать ПДК максимальную разовую, равную 160 мкг/м^3 . При увеличении

скорости транспортного потока до 60 км/час выбросы летучих органических соединений уменьшаются примерно в 3 раза при практически неизменных выбросах оксидов азота. Соотношение ЛОС/NO_x становится равным 3 – 4, при этом в силу существенной нелинейности задачи концентрации озона значительно уменьшаются и не превосходят нормативной величины 160 мкг/м³. Учитывая, что на кольцевой магистрали предусмотрено непрерывное движение без единого пересечения в одном уровне, скорость транспорта будет высокая, можно полагать, что сверхнормативного загрязнения озонем наблюдаться не будет. На городских улицах с интенсивным медленно движущимся транспортным потоком могут наблюдаться повышенные концентрации озона [79].

В нашем распоряжении были результаты маршрутных измерений приземного озона по территории города. Маршрутные наблюдения велись почти во все месяцы года, но эпизодически.

Были построены карты пространственного распределение приземного озона по территории города за 2003 год с марта по август (рис. 2.14-2.19).

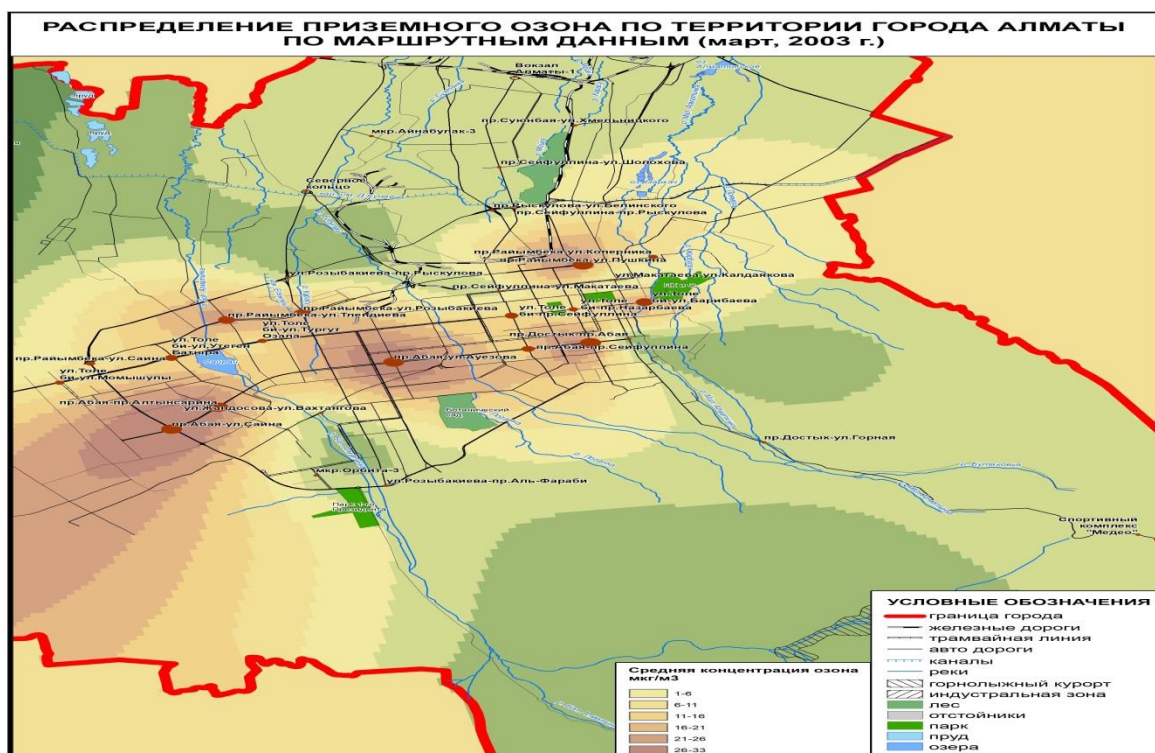


Рисунок 2.14 - Пространственная карта распределения приземного озона в марте 2003 г. по территории Алматы (по экспедиционным данным)

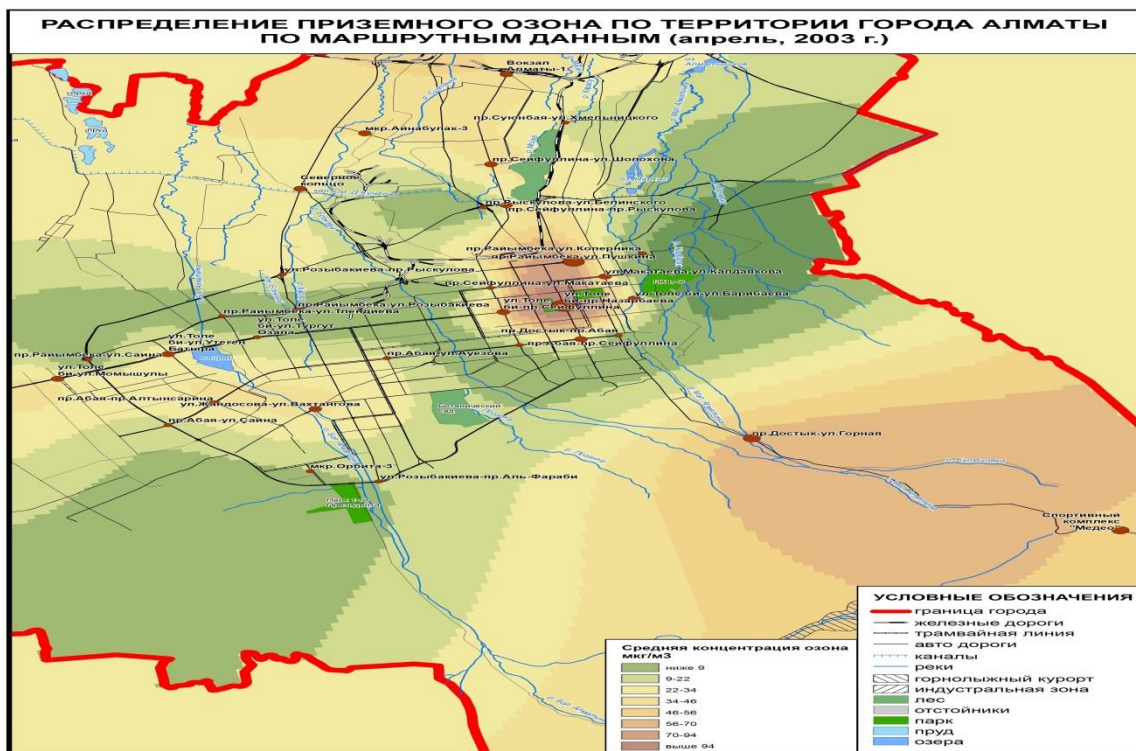


Рисунок 2.15 - Пространственная карта распределения приземного озона в апреле 2003 г. по территории Алматы (по экспедиционным данным)

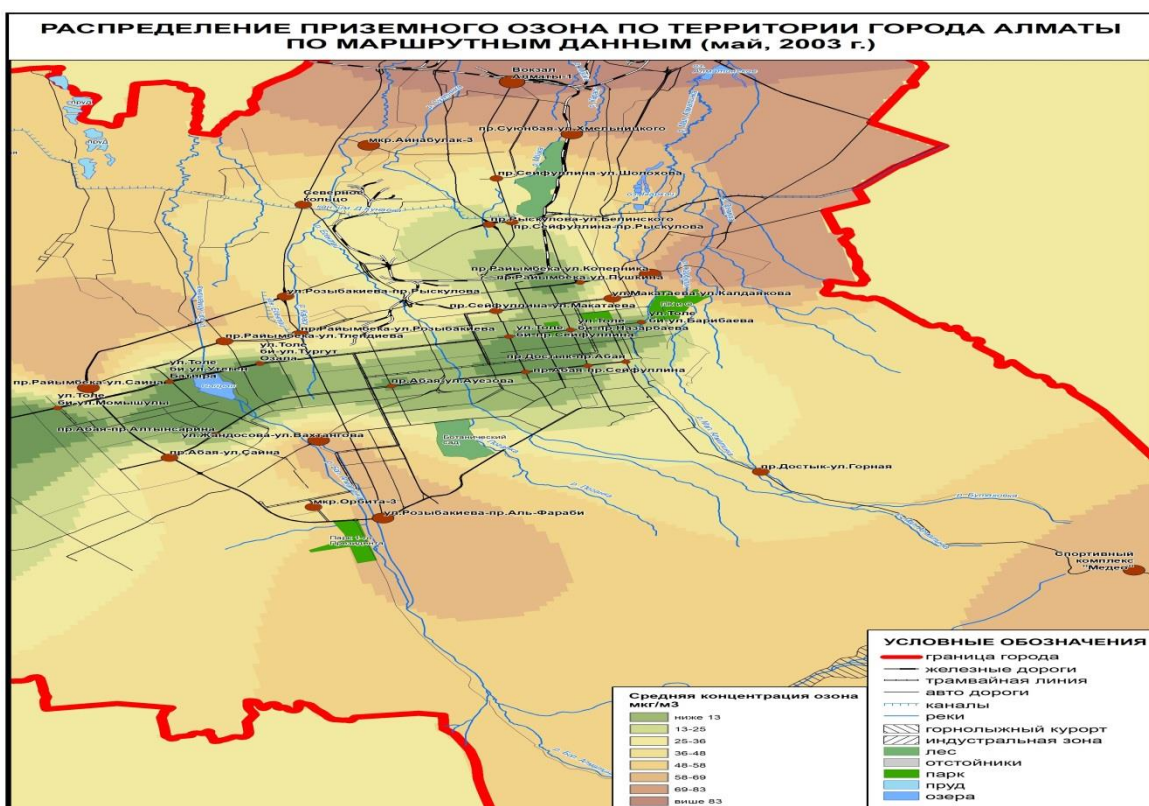


Рисунок 2.16 - Пространственная карта распределения приземного озона в мае 2003 г. По территории Алматы (по экспедиционным данным)

В марте месяце можно видеть, что вдоль улиц Толеби и Абая имеет место минимум концентраций приземного озона. В апреле и мае максимальные концентрации приземного озона наблюдаются на улице Райымбека и на микрорайоне Орбита- 3. Значения концентрации приземного озона в этих точках города достигали 0,069 и 0,089 мг/м³.

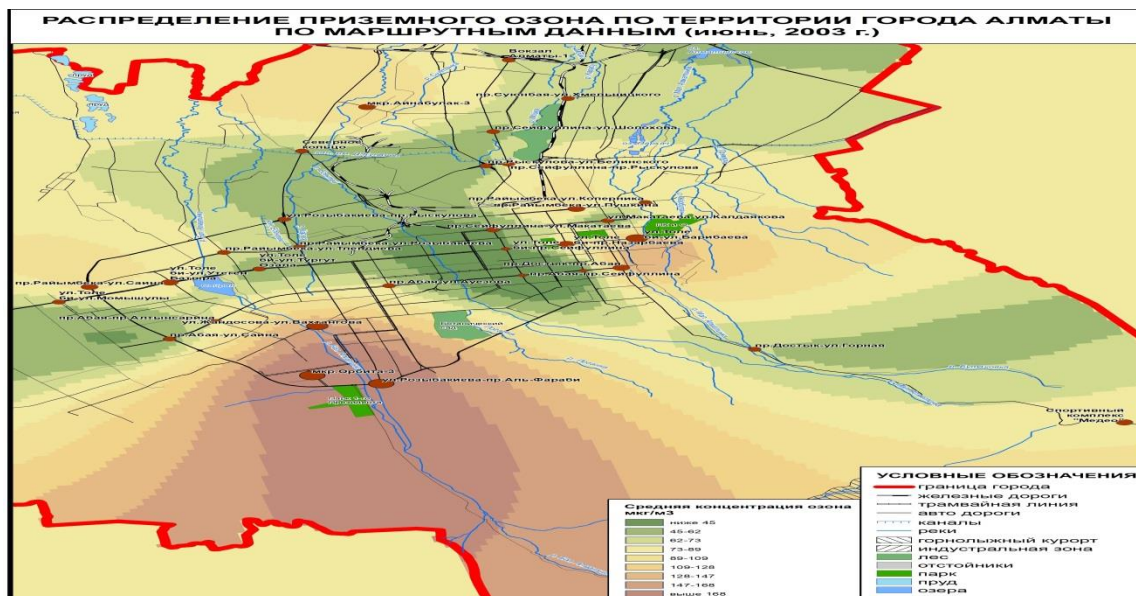


Рисунок 2.17 - Пространственная карта распределения приземного озона в июне 2003 г. по территории Алматы (по экспедиционным данным)

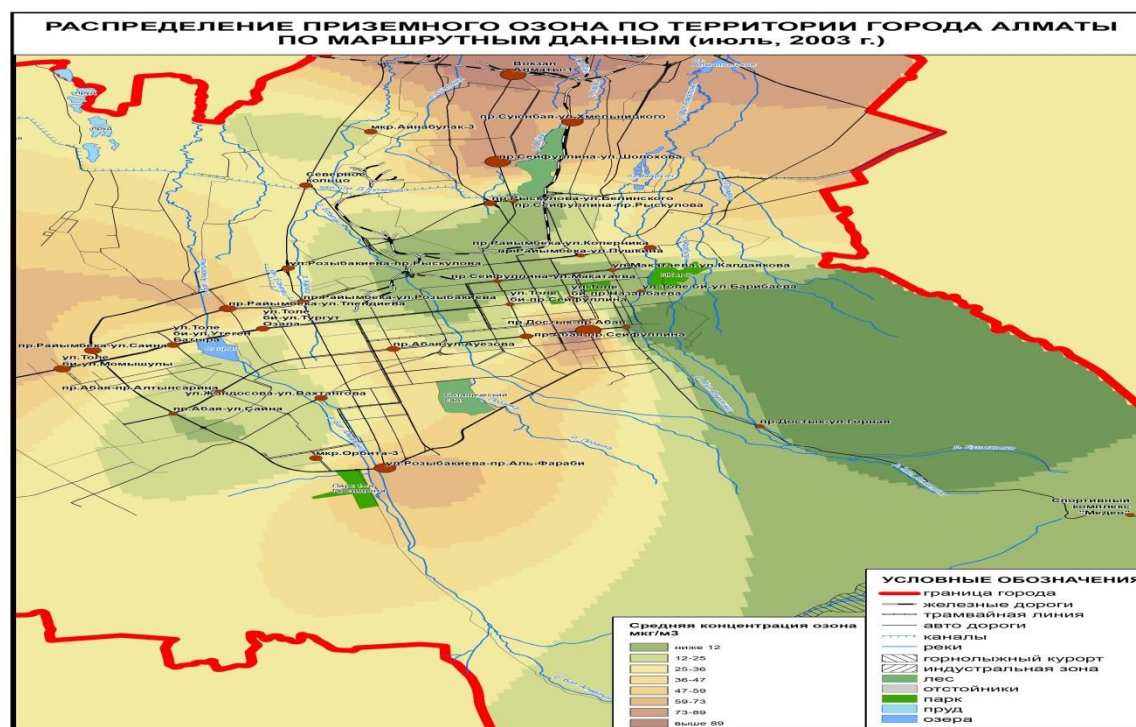


Рисунок 2.18 - Пространственная карта распределения приземного озона в июле 2003 г. по территории Алматы (по экспедиционным данным)

В июне на пересечении улиц Розыбакиева-аль-Фараби наблюдаются максимальное количество приземного озона и достигает $0,187 \text{ мг/м}^3$. В июле месяце максимум приземного озона наблюдался на пересечении улиц Абая-Фурманова и достигло $0,103 \text{ мг/м}^3$.

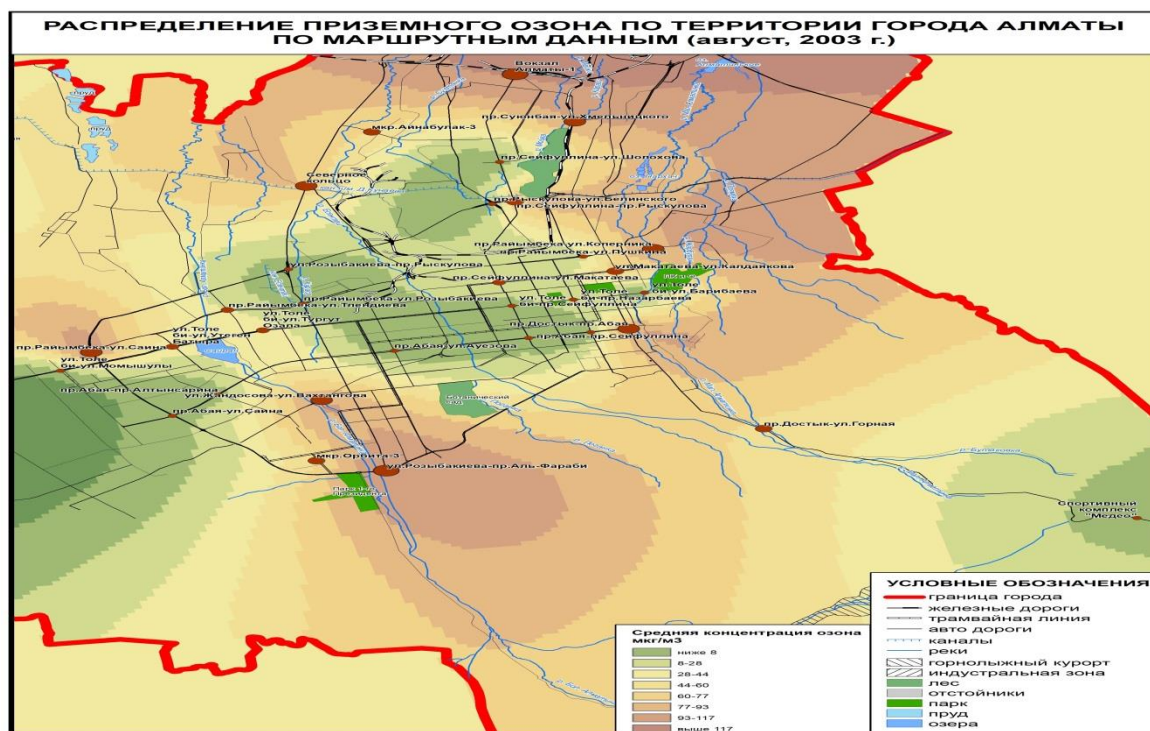


Рисунок 2.19 - Пространственная карта распределения приземного озона в августе 2003 г по территории Алматы (по экспедиционным данным)

Из пространственных карт распределения приземного озона можно видеть, что вдоль улиц Толести и Абая имеет место минимум концентраций приземного озона. По периферии города концентраций приземного озона заметно выше, чем в центре. Исключение представляют только точки въезда и выезда из города. Максимальные концентрации озона наблюдались по периферии города, на пересечении улиц Толести-Фурманова, Толести-Барыбаева, Розыбакиева-аль-Фараби, Достык-Абая и в районе вокзала Алматы 1. То есть, в тех местах, где не наблюдается интенсивное движение. Анализ карты-схемы подтверждает, таким образом, факт снижения концентраций приземного озона под воздействием выбросов автотранспорта [76].

2.3.4 Связь приземного озона с метеорологическими величинами

Связь общего содержания озона с температурой, давлением и другими метеорологическими элементами на разных высотах в атмосфере была впервые исследована Добсоном и его сотрудниками в 1925-1930 гг. Позднее, в 1936 г., эту работу продолжил Мизам, а еще позднее – ряд других исследователей.

Для изучения характера связи между озоном и температурой на разных высотах многие исследователи рассчитывали коэффициенты корреляции. Коэффициенты корреляции рассчитывались для значений озона и температуры, измеренных одновременно. О коэффициентах озон-температура можно сделать следующие выводы:

1) коэффициенты корреляции различных станций, относящиеся к одной и той же высоте и одному тому же сезону, примерно одинаковы, что говорит о неслучайности изучаемых связей

2) на высотах 3, 6, 8 и 9 км коэффициенты корреляции отрицательны;

3) на высотах 12, 14, 15 и 20 км коэффициенты корреляции в среднем положительны; причем почти всегда положительны летом и осенью и часто отрицательны весной и зимой (в высоких широтах);

4) при переходе от тропосферы к стратосфере средние коэффициенты корреляции меняют знак на обратный;

5) в южном полушарии (станция Мирный) знаки и величины коэффициентов корреляции аналогичны таковым в северном полушарии;

6) коэффициенты корреляции мало зависят от широты;

7) коэффициенты корреляции значительно изменяются в зависимости от высоты над уровнем моря и времени года;

8) в тропосфере коэффициент корреляции в среднем равен $r = \text{минус } 0,47$, в нижней стратосфере $r = 0,27$.

Юхансен [80] исследуя связь озон-температура по данным, полученным в Тромсё, пришел к выводу, что наибольший отрицательный коэффициент корреляции наблюдается весной на высоте 6 км.

В работе [74] по данным, полученным в Воейково, было отмечено, что тесная связь между общим содержанием озона и температурой воздуха наблюдается в апреле-мае в тропосфере на высоте 6-9 км, наименее тесная – в осенние месяцы. Коэффициент корреляции между содержанием озона и температурой воздуха на высоте 9 км достигает весной значения $r = \text{минус } 0,78$. При переходе через тропопаузу коэффициент корреляции между содержанием озона и температурой воздуха претерпевает резкий скачок. В районе тропопаузы он меняет знак или уменьшается, приближаясь к нулю.

Оринг и Мюнч [81] исследовали связь общего содержания озона с температурой на поверхности 100 и 50 мб. Для исследования использовались данные 17 озонометрических станций, расположенных в основном в Европе. Аэрологические данные брались с ближайших к озонометрическим станциям пунктов. Были вычислены среднемесячные и среднегодовые значения коэффициентов корреляции озон-температура за 1956-1957 гг. Авторы отмечают, что коэффициенты корреляции для уровня 100 мб превышают коэффициенты корреляции для уровня 50 мб. В подавляющем большинстве случаев коэффициенты корреляции положительны.

Мартин и Бруер [82] вычислили коэффициент корреляции между 24-часовым изменением общего содержания озона в данном пункте, деленным на общее содержание озона в конце 24-часового срока, с одной стороны, и 24-часовым изменением температуры на уровне 100 мб в данном пункте, с другой стороны. Коэффициент корреляции оказался равным $r = 0,57$. Коэффициент корреляции между общим содержанием озона (деленным на среднее общее содержание озона за месячный период) и температурой на поверхности 100 мб оказался равным $r = 0,57$. Бовил и Хейр [83] вычислили коэффициент корреляции между общим содержанием озона и температурой воздуха на высоте 23 500 км для станции Мусони [84] в январе 1960 г. Он оказался равным $r = 0,85$. За этот же период времени коэффициент корреляции озон-температура на поверхности 200 мб для Мусони оказался равным $r = 0,42$.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что над холодными тропосферными воздушными массами часто располагаются стратосферные массы, богатые озоном, а над теплыми тропосферными массами – стратосферные массы, бедные озоном. Теплые воздушные массы в нижней и средней стратосфере характеризуются повышенным содержанием озона, а холодные воздушные массы – пониженным содержанием. Между общим содержанием озона и температурой атмосферы существует тесная связь, причем для тропосферы она отрицательная, а для стратосферы – положительная. Колебания общего содержания озона обусловлены в основном колебаниями содержания озона в слое 12-24 км, т.е. в нижней и средней стратосфере. Отсюда можно сделать вывод, что вертикальное распределение озона связано с вертикальным распределением температуры в атмосфере. Это связь хорошо подтверждается широтной зависимостью вертикального распределения озона. В слое 12-24 км содержание озона в основном увеличивается с ростом широты. С другой стороны, температура в слое 12-24 км в среднем также увеличивается с ростом широты. Отсюда в свою очередь можно сделать вывод, что температура воздуха в стратосфере существенно зависит от содержания в нем озона [80,81].

Связь приземного озона и температуры воздуха была исследована многими российскими учеными, такими как, М.И. Белоглазов, А.А. Ермак, С.А. Румянцев, В.К. Ролдугин, Б.Д. Белан, Т.К. Складнева и многие другие [85].

Для изучения характера связи между приземным озоном и температурой воздуха многие исследователи рассчитывали коэффициенты корреляции. Коэффициенты корреляции рассчитывались для значений приземного озона и температуры воздуха, измеренных одновременно. В работе М.И. Белоглазова [85], обнаружен разный характер корреляционной зависимости содержания приземного озона от температуры воздуха в разное время суток; после полудня и вечером коэффициент корреляции – статистически значим, положителен; в остальное время суток – статистически незначим; изменения содержания приземного озона отстают от изменений температуры на несколько часов.

Представлялось интересным, рассмотреть связь концентрации озона с метеовеличинами, как температура воздуха и скорость ветра.

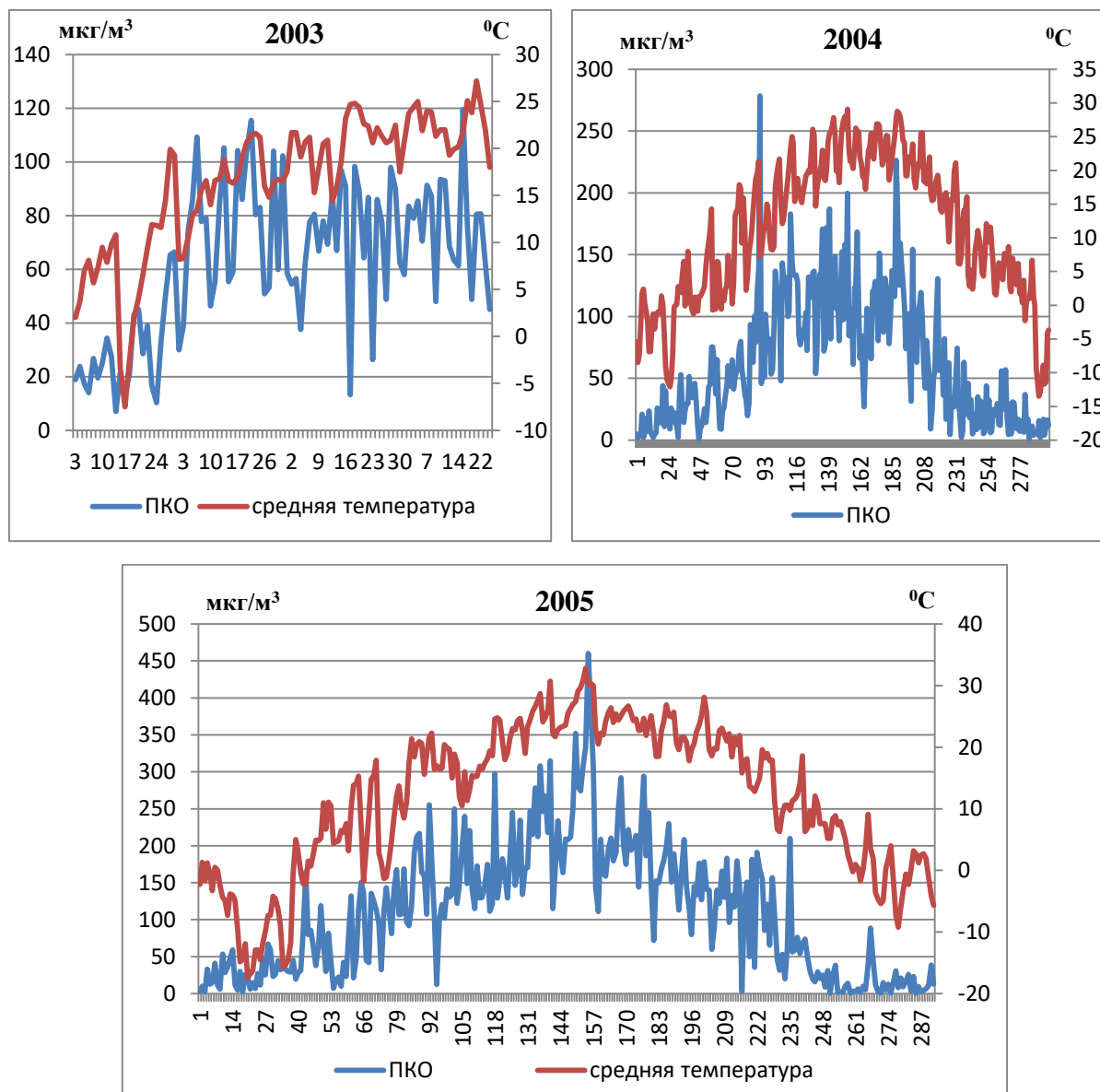


Рисунок 2.20 – Суточные данные приземного озона и температуры воздуха по городу Алматы (2003-2005 гг.)

Если сопоставить сезонный ход концентрации озона и температуры воздуха, то можно увидеть, что изменения концентрации озона во многом аналогичны изменениям температуры воздуха, которая сама является функцией притока солнечной радиации.

Подобие сезонной изменчивости двух рассматриваемых величин нарушается иногда в зимний период и, как правило, в конце лета – начале

осени. В эти периоды для образования озона недостаточно поступление образующих газов. В зимний период, очевидно, сказывается наличие снежного покрова. В конце лета начинает увядать растительность, которая обычно поставляет в воздух большое количество углеводородов.

Следовательно, суточный ход концентрации приземного озона, формируясь по действием двух основных факторов – испарения озonoобразующих газов и притока солнечной радиации, - в летнее время отражает еще одну особенность, а именно: зависимость поступления растительных углеводородов от температуры воздуха [86].

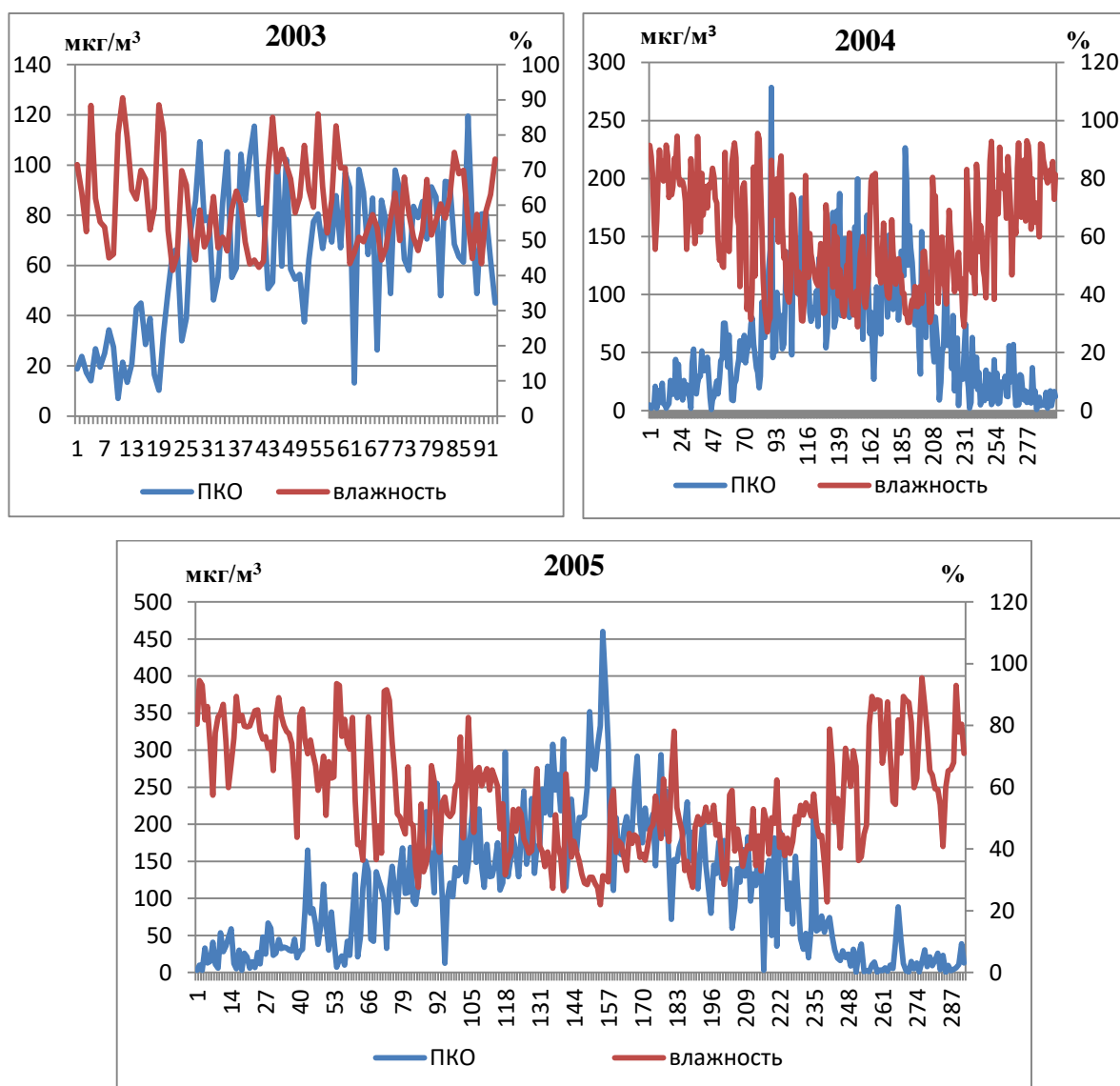


Рисунок 2.21 - Суточные данные приземного озона и влажности воздуха по городу Алматы (2003-2005 гг.)

Суточный ход влажности воздуха зависит от суточного хода парциального давления пара и давления насыщенности. Давление насыщенности в свою очередь зависит от температуры воздуха. Вместе с температурой меняется давление насыщенности, поэтому суточный ход влажности воздуха обратен суточному ходу температуры воздуха. Как отмечалось выше, так как ход температуры воздуха и приземного озона аналогичны, то суточный ход влажности воздуха и приземного озона не совпадают.

После установления двух основных фактов, заключающихся в том, что озон в основном содержится в нижней стратосфере и что существует зависимость общего содержания озона от широты, рядом исследователей было высказано предположение, что общее содержание озона над местом наблюдений существенно зависит от направления ветра в нижней стратосфере. Предполагалось, что северный ветер в нижней стратосфере приводит к увеличению общего содержания озона над местами измерения, южный – к уменьшению. Мияке и Кавамура [87] на основании измерений озона с помощью фильтрового озонметра Стера нашли, что над Японией (Татено) общее содержание озона увеличивается при северном ветре. Наибольший коэффициент корреляции между общим содержанием озона и направлением ветра наблюдается на высотах на 5 км выше тропопаузы ($r=0,60$). Однако к результатам Мияке и Кавамура следует отнестись критически, учитывая, что: а) число случаев сравнений было небольшим (55 случаев), б) измерения производились только по прямому солнечному свету и во время облачности данных по озону не было, в) погрешности фильтрового озонметра Стера очень велики; его показания зависят от аэрозольной составляющей атмосферы, г) измерения проводились около океана, а его влияние как на аэрозоль, так и на озон до конца не изучен.

Оринг и Мюнч [88] вычислили коэффициенты корреляции между общим содержанием озона и меридиональной составляющей ветра (с севера на юг) на поверхности 100 мб для 13 европейских станций. Эти авторы использовали

данные по общему содержанию озона и данные по ветру с ближайшей станции радиозондирования за 1956 и 1957 гг., причем около половины озонных станций совпало с радиоветровыми станциями. За исключением одного случая, коэффициенты корреляции озон – направление ветра по всем станциям отрицательны. Значения их колеблются от 0,16 до минус 0,43; в среднем коэффициент корреляции равен примерно минус 0,2, т.е. составляет небольшую величину. Коэффициенты корреляции озон–направление ветра мало зависят от широты [56].

В целом из работы Оринга и Мюнча [88] следует вывод, что на европейских станциях не северный, а южный ветер приводит в среднем к небольшому увеличению общего содержания озона. С целью исследования влияния скорости ветра (независимо от направления ветра) на атмосферный озон был вычислен коэффициент корреляции между скоростью ветра на уровне 200 мб и отклонением среднедневных значений общего содержания озона от среднемесячных значений для Войково. Используемые данные по ветру в основном относились к зонам, расположенным вне струйных течений. В результате расчетов был получен коэффициент корреляции $r =$ минус 0,03. Низкое значение полученного коэффициента корреляции говорит об отсутствии заметной связи между озоном и скоростью ветра на уровне 200 мб в Воейково.

В работе К.И. Ромашкиной [89] исследовались связь между общим содержанием озона и меридиональной и зональной составляющими ветра на высоте 9 и 15 км для Алматы, возможно из-за орографических условий расположения. Использовались данные по озону за 1961 г. Рассчитывались коэффициенты корреляции между общим содержанием озона и составляющими ветра по сезонам. Меридиональная и зональная составляющие ветра определялись как проекция вектора на оси север – юг и запад – восток. Коэффициенты корреляции озон – ветер в Алмате малы по величине и знакопеременны. Знак коэффициента корреляции изменяется как с высотой, так и со временем года без определенной закономерности. Это означает, что в Алмате отсутствует заметная связь между общим содержанием озона и

меридиональной и зональной составляющими ветра на высотах 9 и 15 км. Однако не исключена возможность, что в других местах рассматриваемая связь будет более тесной [90].

Ряд ученых исследовали зависимость концентрации приземного озона и скорости ветра, а также рассчитали коэффициенты корреляции между этими величинами [91]. Ниже приведен график зависимости концентрации озона от скорости ветра.

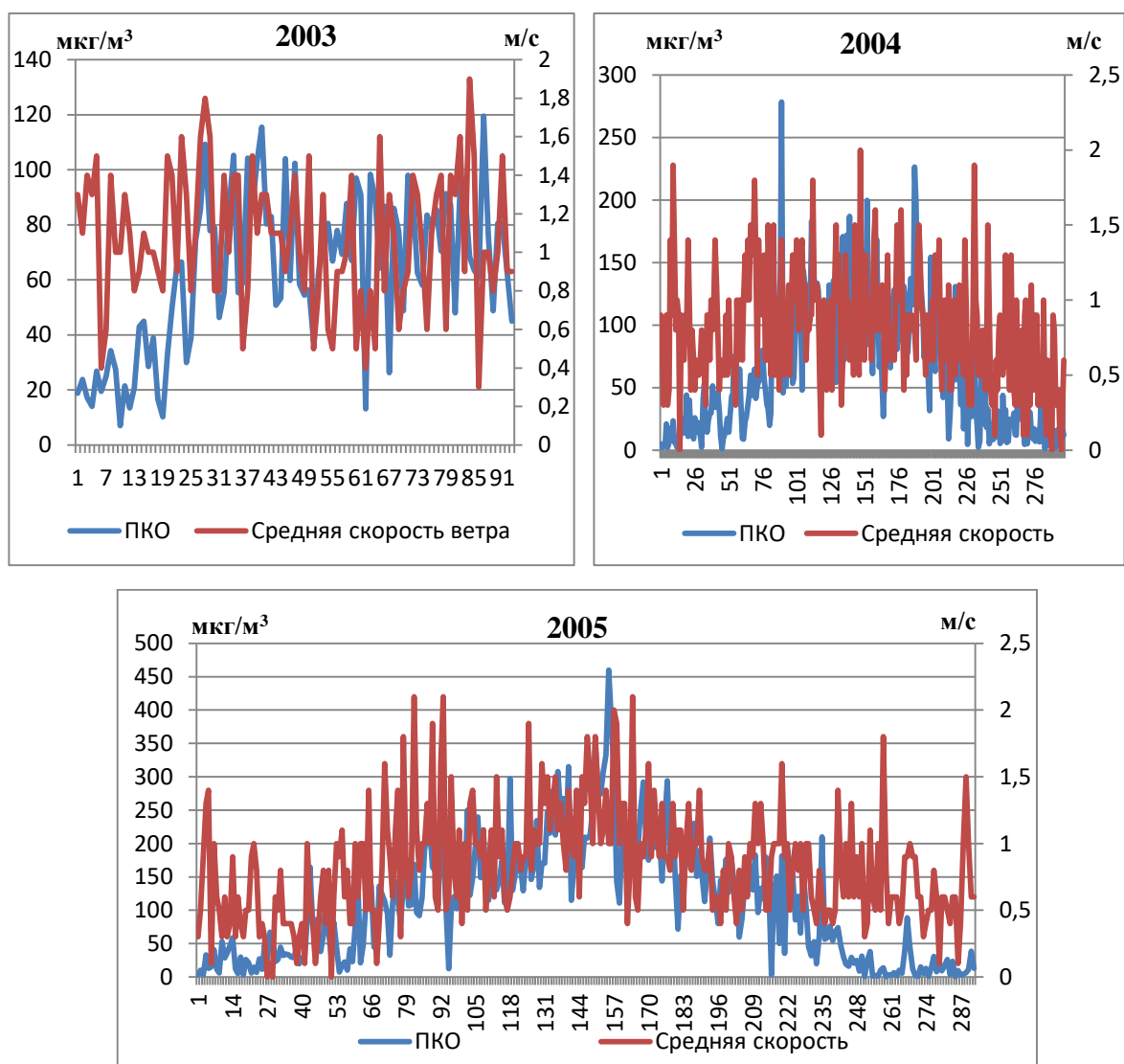


Рисунок 2.22 - Суточные данные приземного озона и скорости ветра по городу Алматы (2003-2005 гг.)

В соответствии с рисунком 2.20, определенная связь между годовым ходом скорости ветра и концентрации озона в Алматы имеется. С ростом

скорости ветра концентрации озона растут. К сожалению, скорость ветра, который наблюдается в Алматы, невелик. Когда, наблюдаются слабые ветры и действует процесс конвекции, максимум концентрации озона наблюдается летом, а минимум – зимой. Большие скорости ветра в городе Алматы редки, но можно заключить, что в среднем ветер со скоростью 1 м/с и больше приносит в город воздушные массы богатые озоном.

Атмосферные осадки способствуют вымыванию загрязняющих веществ из атмосферы, а интенсивность осадков определяют скорость этого процесса. Одним из главных факторов, влияющих на распространение приземного озона в атмосфере, является не только температурный и ветровой режим, но и осадки. Поэтому, в работе рассмотрели связь между приземным озоном и атмосферными осадками.

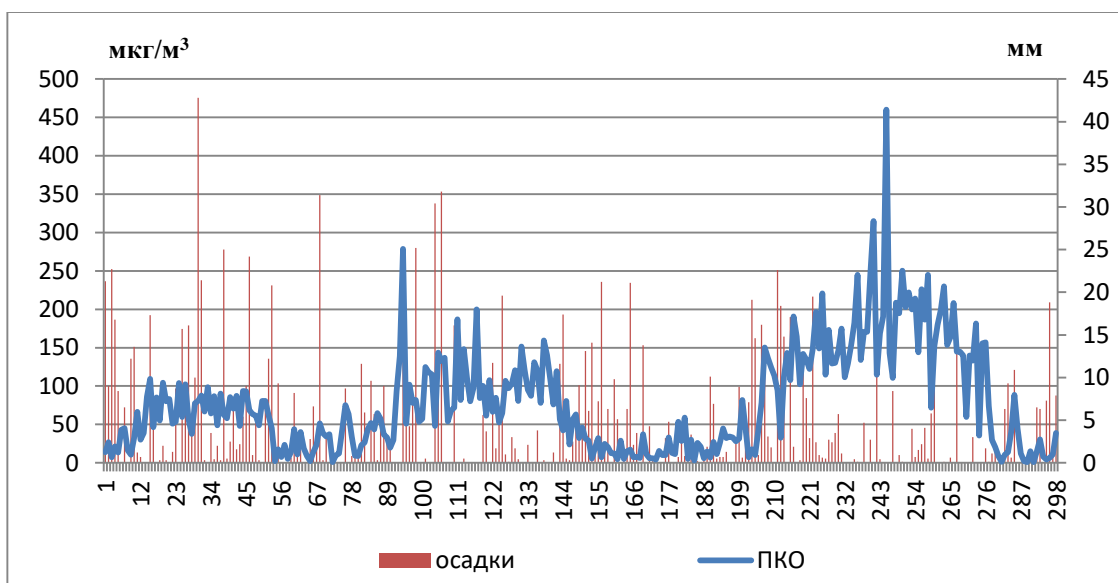


Рисунок 2.23 - Суточные данные приземного озона и атмосферных осадков по городу Алматы (2003-2005 гг.)

Таким образом, за рассматриваемые годы по данным города Алматы во время и после дождя редко наблюдаются повышенные концентрации озона. В 2003 году когда выпало больше осадков (43 мм), наблюдались минимальные концентрации приземного озона (80 мкг/м³).

2.4 Атмосферная циркуляция и озон

Формирование озона находится в прямой зависимости от погодных условий, которые, в свою очередь, являются функцией той синоптической ситуации, в связи с этим была проанализирована взаимосвязь между общим содержанием озона и типами циркуляции. Типизация макроциркуляционных процессов проведена в соответствии с классификацией Вангенгейма - Гирса, предусматривающей выделение в Атлантико - Европейском секторе трех форм циркуляции: западная W, восточная E и меридиональная C [58].

При форме циркуляции W в тропосфере наблюдаются волны малой амплитуды, быстро смещающиеся с запада на восток. В первом секторе полушария ослаблен междуширотный обмен воздухом, а интенсивность зональных составляющих циркуляции повышена. При рассматриваемых процессах западной (W) формы циркуляции у земли характерно смещение с запада на восток циклонов в умеренной зоне полушария и ядер высокого давления в субтропической зоне.

При формах циркуляции E траектории наземных барических образований, зависящие от направления ведущего потока на высотах, приобретают значительную меридиональную составляющую, чем они существенно отличаются от процессов западной формы. При процессах формы E циклоны смещаются в высокие широты в районах к западу от положения оси гребней и «ныряют» к югу в районах, расположенных восточнее высотных гребней.

Струйные течения огибают гребни с севера, а ложбины с юга. Поэтому наиболее активная циклоническая деятельность в северных широтах отмечается там, где располагаются высотные гребни, а в южных широтах,— где располагаются высотные ложбины. Именно в этих районах наблюдаются «слияния» воздушных масс с различной температурой и происходит обострение фронтов.

Восточная форма циркуляции (E) характеризуется наличием высотного гребня над Европейской территорией России (ЕТР) и двумя ложбинами,

направленными с Гренландии на Европу и из районов Таймыра на Западную Сибирь и Казахстан.

Форма циркуляции С характеризуется стационарными длинными термобарическими волнами, наличием большой амплитуды и усиленным междуширотным обменом воздуха. Меридиональная форма циркуляции (С) характеризуется высотным гребнем над Восточной Атлантикой и вторым гребнем над Казахстаном и Западной Сибирью и высотной ложбиной над ЕТР [58].

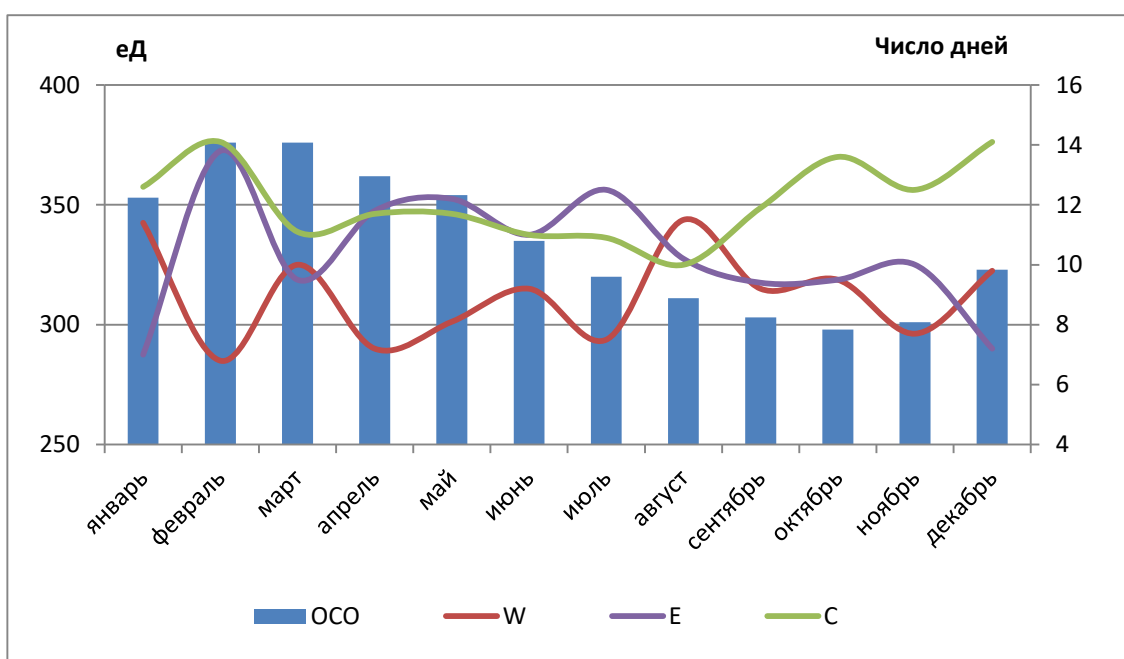


Рисунок 2.24 - Среднемесячные концентрации общего содержания озона при разных формах циркуляции (1974-2005 гг.)

Для определения долговременных колебаний общего содержания озона были построены графики связи с формами атмосферной циркуляции. Форма циркуляции E хорошо описывает временной ход общего содержания озона.

Представлял интерес рассмотреть связь между ПКО и атмосферной циркуляцией. Был построен график связи среднемесячных концентрации приземного озона и числа дней с формой циркуляции (рисунок 2.25).

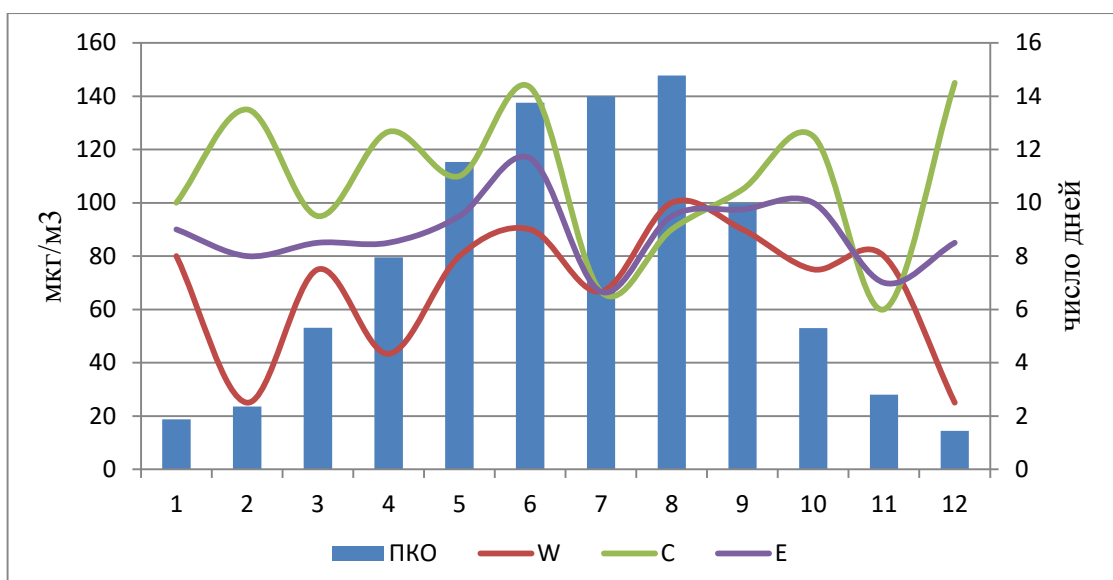


Рисунок 2.25 - Среднемесячные концентрации приземного озона при разных формах циркуляции (2003-2005 гг.)

На рисунке 2.25 показано изменение числа дней форм циркуляции по Вангенгейму-Гирсу за рассматриваемый период. Было установлено, что число дней с формой циркуляции E, в основном, совпадает с колебаниями среднегодовых концентраций приземного озона. В годы, когда число дней с формой циркуляции E наименьшее, наблюдаются также наименьшие значения приземных концентраций озона. Так, в зимние месяцы концентрации приземного озона наименьшие и составляют 14,4 – 23,5 мкг/м³, а число дней с формой циркуляции составляет 12-14 дней. Максимальная концентрация приземного озона наблюдалась в летний период, в июле месяце составило 139,9 мкг/м³, которому соответствует наибольшее число дней с восточной формой циркуляции (18 дней).

Так как, данные форм циркуляции были посчитаны количеством дней, т.е. к определенной форме циркуляции были посчитаны число дней с этой формой. Связи с этим, нами был предложен метод для высчитывания количества дней с приземными концентрациями озона. Для данных ПКО за рассматриваемый 3 летний период были заданы пределы: максимальные, средние и минимальные. К этим пределам были соотнесены концентрации

приземного озона и посчитаны число дней. Таким образом, связь числа дней ПКО и форм циркуляции может быть значимой (рисунки 2.26, 2.27).

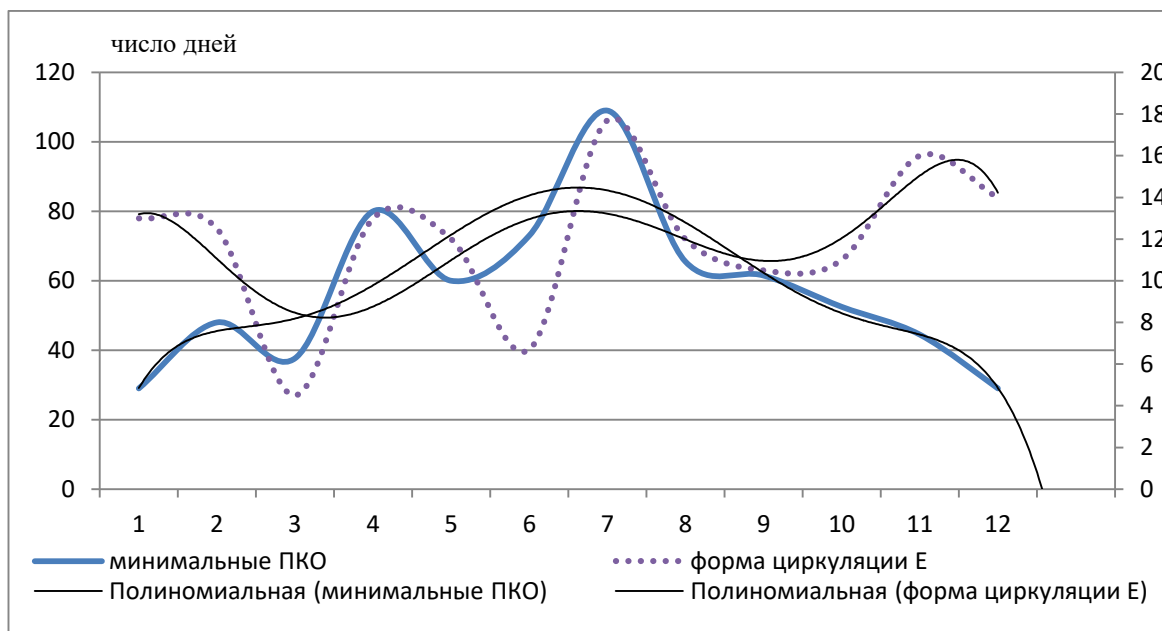


Рисунок 2.26 - Число дней с минимальными концентрациями приземного озона и формой циркуляции E

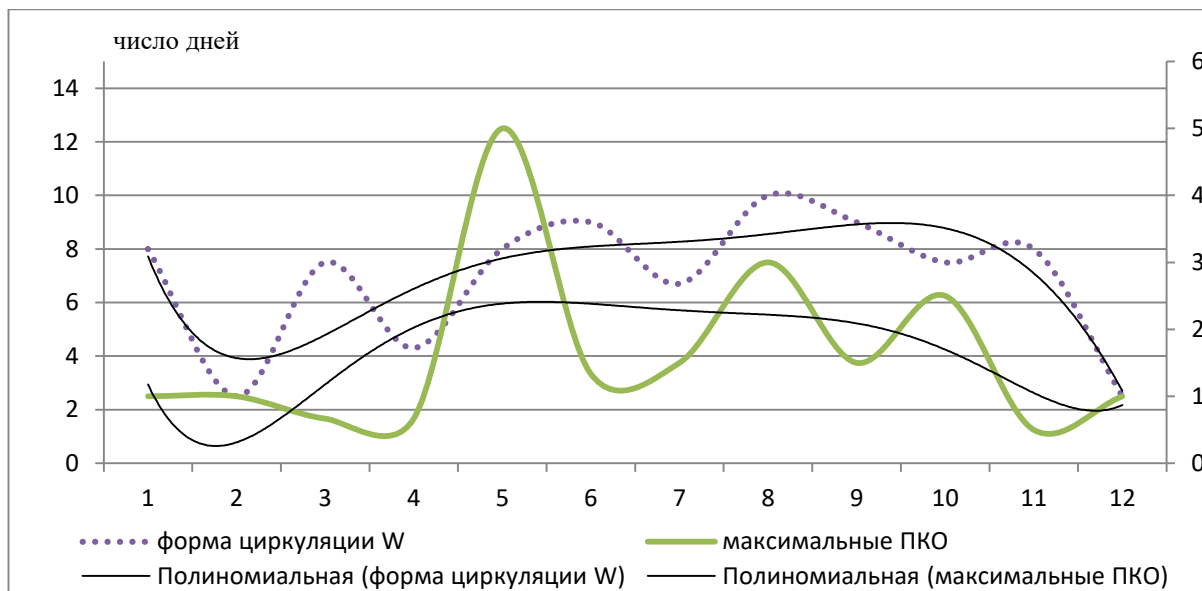


Рисунок 2.27 - Число дней с максимальными концентрациями приземного озона и формой циркуляции W

Для числа дней с максимальными и минимальными ПКО были построены графики связи всех трех форм циркуляции. Минимальные концентрации приземного озона наблюдались при форме циркуляции E. Был рассчитан

полиномиальный тренд, для определения количество экстремумов, т.е. максимальных и минимальных значений на анализируемом промежутке времени. Полиномы форм циркуляции E и минимальных ПКО совпадают. При форме циркуляции W наблюдались максимальные концентрации приземного озона. В этом случае, также ход полином совпадают [60].

3. ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОЗОНА НАД КАЗАХСТАНОМ

Связь между барическим полем и озоном изучалась с первых лет систематических наблюдений за обоими этими элементами.

Добсон и его сотрудники рассчитали, что коэффициент корреляции между общим содержанием озона и давлением у поверхности земли отрицателен и равен $r = \text{минус } 0,46$, а на высоте 9-16 км $r = \text{минус } 0,78$ [92].

Ряд исследователей изучали связь между высотным барическим полем на разных уровнях и озоном. Были вычислены коэффициенты корреляции между общим содержанием озона и высотной изобарической поверхностью 200 мб для станций Эдмонтон и Мусони за декабрь 1958 г. и январь 1959 г. В Эдмонтоне в декабре коэффициент корреляции был равен $r = \text{минус } 0,55$, в январе $r = \text{минус } 0,23$; в Мусони в декабре $r = \text{минус } 0,53$, в январе $r = \text{минус } 0,46$.

Из изложенного выше можно сделать вывод, что понижение давления в тропосфере и нижней стратосфере сопровождается в основном увеличением общего содержания озона, а повышение давления – в основном уменьшением общего содержания озона [93].

Значительное колебание давления в тропосфере и стратосфере вызываются волнообразными возмущениями барического поля – высотными ложбинами и гребнями. Высотные ложбины и гребни являются постоянными образованиями в атмосфере, имеющими первостепенное значение в погодообразующих процессах. В основном они наблюдаются в средних широтах, но иногда захватывают высокие и низкие широты, причем в экваториальной области отмечаются очень редко. Волнообразные возмущения, или волны, перемещаются с запада на восток со скоростью в среднем 30-50 км/час и с периодом около 6-14 дней (впрочем, изредка наблюдаются почти неподвижные ложбины и гребни). Эти волны иногда имеют неправильную форму; в виде ложбин и гребней они прослеживаются на картах барической топографии одновременно на разных уровнях. Часто можно наблюдать один и тот же гребень или ложбину одновременно на поверхностях 500, 300, 200,

100 мб, т.е. по вертикали в слое атмосферы 5-16 км, а иногда и в еще более толстом слое, причем увеличение слоя происходит вверх и вниз.

Высотные ложбины и гребни вызывают меридиональные смещения огромных масс воздуха к северу или югу. Размеры высотных ложбин и гребней вдоль параллели достигают 1000-3000 км, а смещения по меридиану 1000-2000 км. Высотные ложбины и гребни обнаруживаются на картах барической топографии по волнообразному искривлению изогипс. В направлении изогипс с разной скоростью перемещаются огромные массы воздуха. Скорость ветра, направленного вдоль изогипс, бывает больше скорости перемещения волн в среднем в два-три раза, а иногда и больше, причем часто наблюдаются узкие зоны повышенных скоростей – струйные течения [94-96].

Вследствие наличия высотных ложбин и гребней западный перенос в атмосфере редко имеет точно зональное направление. В нем все время появляются меридиональные слагающие северного или южного направления. Скорость меридиональных смещений, вызываемых волнами, имеет примерно тот же порядок, что и скорость перемещения волн с запада на восток. Высотная ложбина создает меридиональное смещение к югу, высотный гребень – к северу. Так как в среднем барический градиент в средней и верхней тропосфере и нижней стратосфере направлен к северу (за исключением летней средней и высокой стратосферы), то высотная ложбина над данным пунктом вызывает в основном понижение давления на разных высотах в тропосфере и нижней стратосфере, а высотный гребень – повышения давления. Отсюда, если учесть отрицательную корреляцию между озоном и давлением, следует, что высотная ложбина над местом наблюдений сопровождается в основном повышением общего содержания озона, а высотный гребень – понижением общего содержания озона. Это правило, впервые открытое Нормандом, иногда называют правилом Норманда. Правило Норманда подтверждается периодичностью колебаний общего содержания озона ото дня ко дню. Период таких колебаний составляет 6-14 дней, т.е. совпадает с периодом стратосферно-тропосферных волн, перемещающихся с запада на восток. Правило Норманда

выполняется часто, но далеко не во всех случаях [97]. Это правило можно рассматривать как следствие из двух более общих закономерностей:

1) средний барический градиент в средней и верхней тропосфере и в нижней стратосфере направлен с юга на север;

2) коэффициенты корреляции между общим содержанием озона и давлением на разных высотах в тропосфере и стратосфере отрицательная.

Следует заметить, что вторая закономерность была обнаружена вне зависимости от ложбин и гребней. Однако возможен и такой взгляд, что отрицательная корреляционная связь озон – давление является следствием правила Норманда [97].

Были также рассмотрены сезонные отклонения общего содержания озона в циклонах и антициклонах над Европой, Северной Америкой и Азией. Отклонения общего содержания озона в циклонах уменьшается о весны к лету и возрастают от лета к зиме над Европой, Северной Америкой и Азией. Значит, сезонный ход отклонений в циклонах одинаков над континентами северного полушария. Большое различие в значениях отклонений в циклонах наблюдается летом, когда над Европой минимум положительных отклонений общего содержания озона равен 0,04 м. атм.-см, над Северной Америкой положительные отклонения близки к нулю, а над Азией имеют место отрицательные отклонения. Отклонения общего содержания озона в антициклонах над Европой, Северной Америкой и Азией возрастают от сени к зиме. Над Европой максимальное отклонение наблюдаются зимой, а минимальное – весной и летом [97].

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что положительные отклонения общего содержания озона в циклонах и отрицательные в антициклонах наблюдаются над всеми континентами северного полушария с незначительными сезонными отклонениями. Результаты в основном подтверждают и дополняют выводы Добсона и сотрудников [92]. С другой стороны, эти данные о распределении озона в циклонах и антициклонах над Азией не совпадают с результатами, полученными Мияке и Кавамура в Токио и

Леже в Шанхае. По Мияке, Кавамура и Леже [87], при прохождении сибирского антициклона через пункт обычно наблюдаются положительные отклонения озона, а вблизи центра циклона – отрицательные отклонения. В Азии в антициклонах наблюдаются отрицательные отклонения общего содержания озона, а в циклонах – положительные. Однако следует учитывать, что как выводы Мияке, Кавамура и Леже, так и выводы для Азии основываются на материалах небольшого числа озонметрических станции [98].

3.1 Аэросиноптические условия, при которых формируются экстремальные концентрации приземного озона в городе Алматы

Приведенные выше выводы, представляют практический интерес исследование условий формирования приземного озона. Ввиду того, что условия формирования приземного озона в г. Алматы практически не исследованы, этому вопросу уделено наибольшее внимание.

Распределение приземного озона в городе Алматы показано на следующем рисунке (рисунок 3.1).

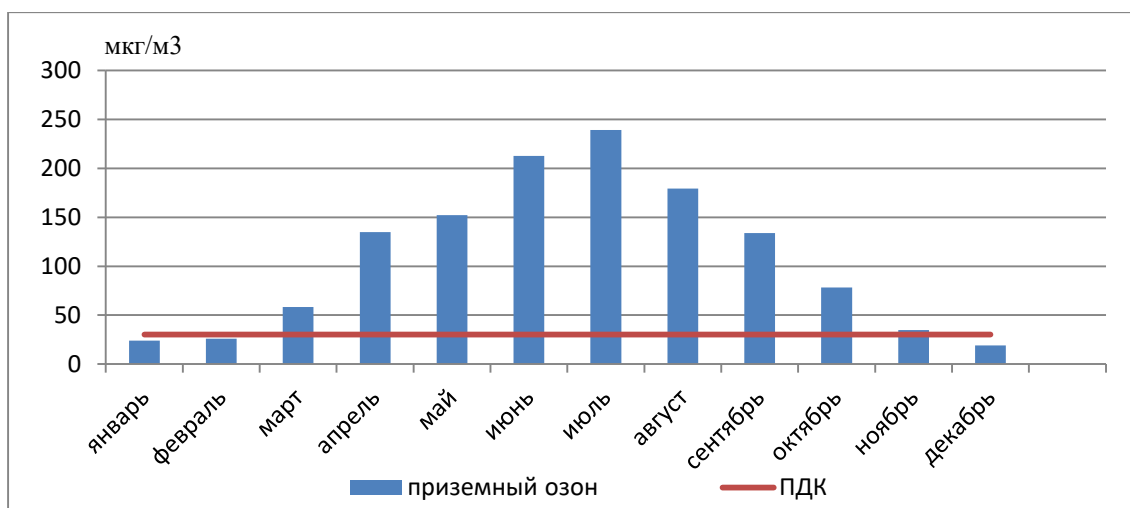


Рисунок 3.1 - Распределение приземного озона в городе Алматы за 2005 год

В годовом ходе минимальные концентрации приземного озона наблюдались в зимние месяцы, в январе 2005 года концентрация приземного озона составляла 24 мкг/м³.

На следующем рисунке даны спутниковые карты ОСО в северном полушарии (рисунок 3.2).

Mean total ozone (DU), 2005/01/01-2005/01/31

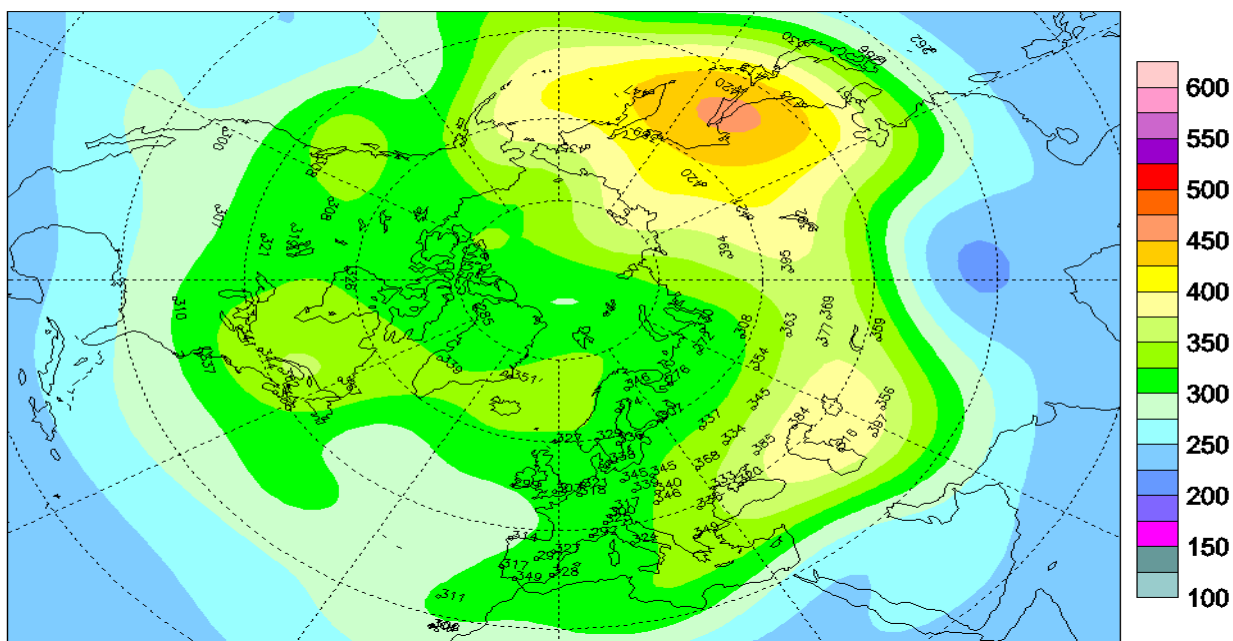


Рисунок 3.2 - Спутниковые карты распределения общего содержания озона в северном полушарии за январь 2005 года

По спутниковым данным, полученным из базы международного центра данных общего содержания озона можно видеть, что концентрации ОСО также малы по северному полушарию в январе 2005 года [90].

3.1.1. Синоптические условия, при которых формируются минимальные концентрации приземного озона

Рассмотрим характерный синоптический процесс, при котором имеет место низкие концентрации приземного озона над Казахстаном.

Синоптическая ситуация на 17 января 2005 г. согласно карте АТ-500 была следующей (рис. 3.3). На меридиане Новой Земли, а также 50⁰с.ш. несколько восточнее располагалась ложбина. Планетарная высотная фронтальная зона располагалась над севером Англии (Шотландия) и далее, несколько поднимаясь к северо-востоку, проходила через север Балтии, после чего резко поворачивала к юго-востоку на среднее течение Волги, а затем снова к северо-востоку, а с

меридиана Алматы – к юго-востоку. Восточнее этого меридиана над западными районами Восточной Сибири ПВФЗ образовала дельту.

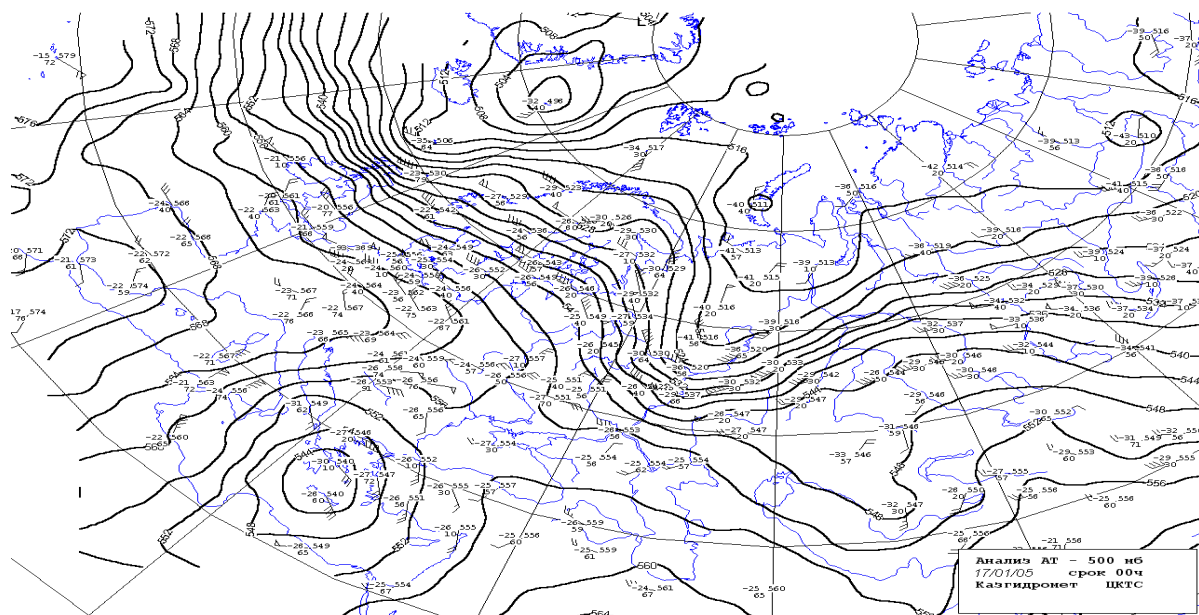


Рисунок 3.3 - Карта абсолютной топографии АТ-500 за 00 ч. 17 января 2005 г.

Над центральными районами Казахстана в поле разреженных изогипс западнее Балхаша располагалась ложбина с меридионально ориентированной осью, расположенной примерно посередине между Балхашом и Аралом. Ложбина над Казахстаном была отделена от основной ложбины зоной сгущенных изогипс ПВФЗ. Восточнее Балхаша располагался гребень, тоже с ориентированный меридионально с осью, проходящей через район Семейа.

На уровне АТ-700 и ложбина и гребень просматривались слабее, чем на АТ-500, а южнее Балхаша у предгорий Заилийского Алатау выделялась самостоятельная, хотя и не обширная и не глубокая область низкого давления (рисунок 3.4).

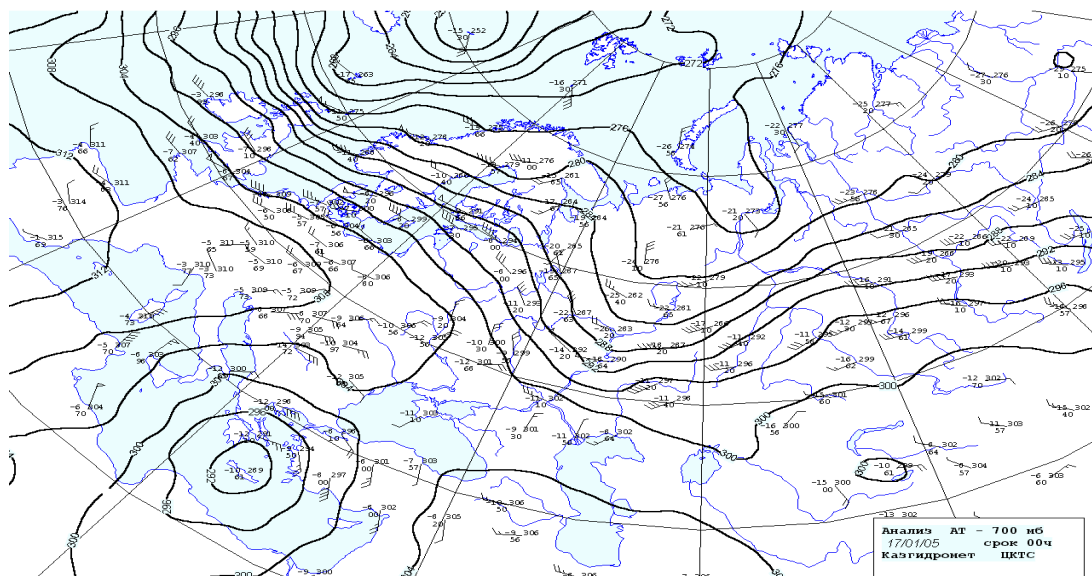


Рисунок 3.4 - Карта абсолютной топографии АТ-700 за 00 ч.17 января 2005 г.

На уровне АТ-850 весь центральный и южный Казахстан находился в области малоградиентного поля изогипс. Только самые восточные районы находились над гребнем высокого давления, ориентированного из районов Монголии к западу и юго-западу (рис. 3.5). У предгорий Заилийского Алатау и по югу территории изогипсы имели волновой характер. На карте ОТ-500/1000 м/бар северо-западнее озера Балхаш в нижней тропосфере располагалась обширная область холода, а юго-восточнее – область тепла (рис. 3.6).

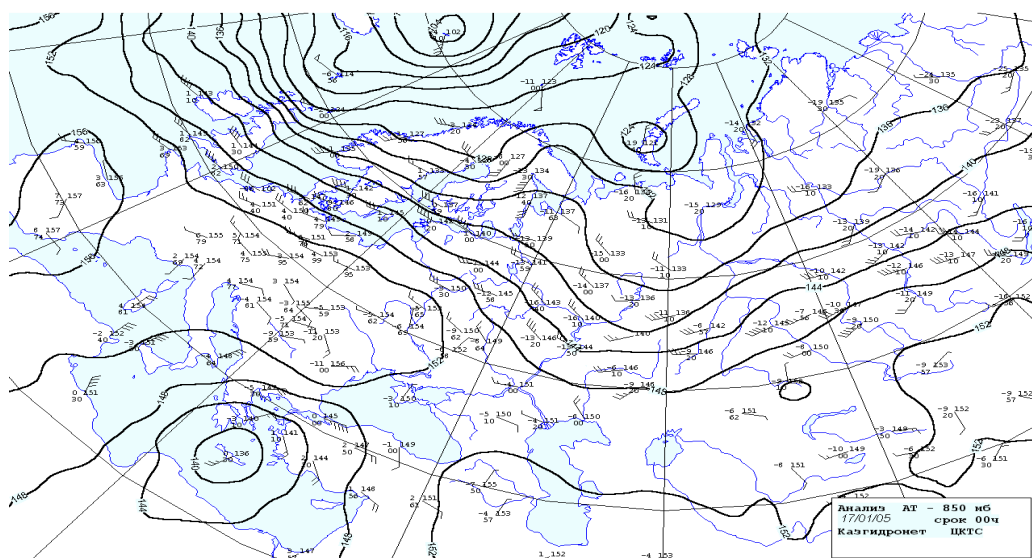


Рисунок 3.5 - Карта абсолютной топографии АТ-850 за 00 ч.

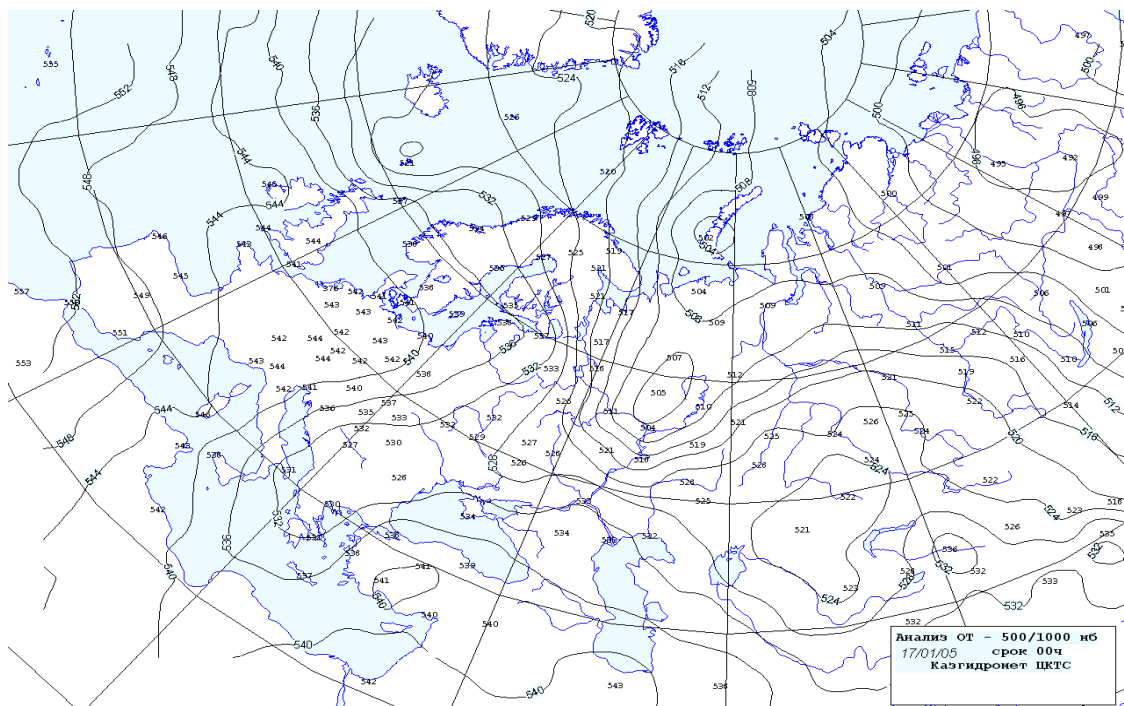


Рисунок 3.6 - Карта относительной топографии ОТ-500/1000 мб за 00 ч.
17 января 2005 г.

У земли согласно приземной карте погоды за 00 ч практически вся территория Казахстана находилась под влиянием гребня антициклона, ориентированного из района Новосибирска к юго-западу. Ось его находилась примерно на линии Новосибирск -Кзылорда. Юг Казахстана и Алматы располагались на юго-восточной периферии гребня, внутри которого градиенты давления были чрезвычайно слабыми (рис. 3.7). Вдоль предгорий Заилийского Алатау и юго-западнее по югу Казахстана располагался атмосферный фронт с волнами. Имел место типичный процесс «волновая деятельность на холодном фронте» согласно типизации аэросиноптических процессов Средней Азии и Казахстана. По северо-восточной территории приземного гребня имел место вынос теплого воздуха с юго-запада и наблюдалась система атмосферных фронтов, перемещающихся: теплого – к северо-востоку, холодного – к юго-востоку.

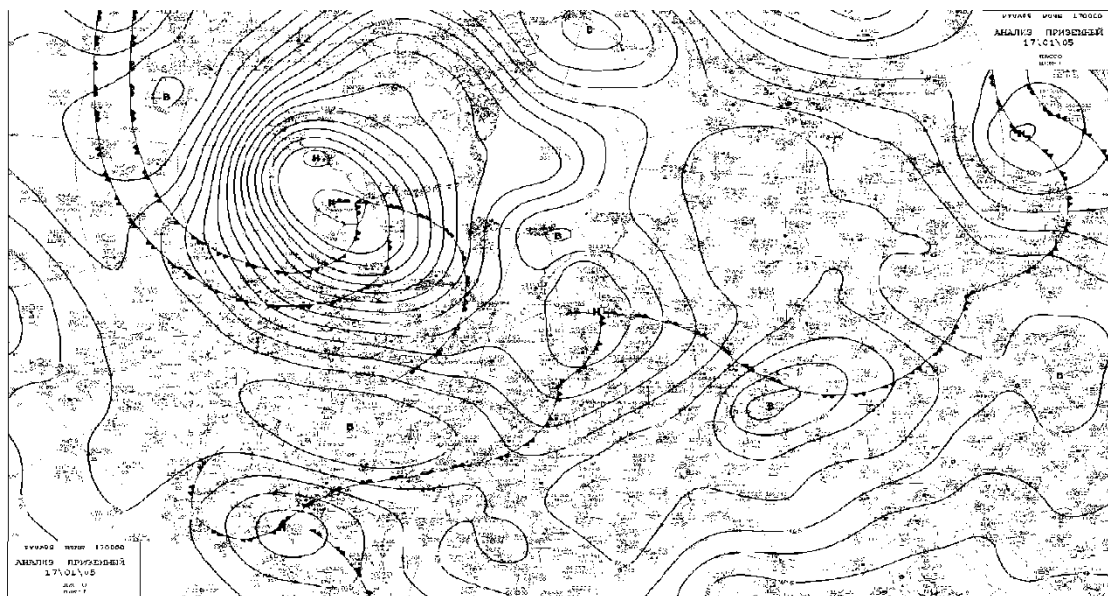


Рисунок 3.7 - Приземная карта погоды 00 ч. 17 января 2005 г.

К 03 ч волна на фронте обострилась и Алматы оказалась в зоне обострившегося участка фронта, который у земли уже находился юго-восточнее города, несколько усилился и гребень антициклона. В нем появилась замкнутая область высокого давления северо-западнее озера Балхаш. Видимо, именно в результате этого произошло обострение фронта у предгорий.

К 06 ч ситуация практически не изменилась. К 12 ч ситуация мало изменилась, однако северо-западнее озера Балхаш появилась слабо выраженная область пониженного давления, с которой синоптик связывает вторичный атмосферный фронт (рисунок 3.8).

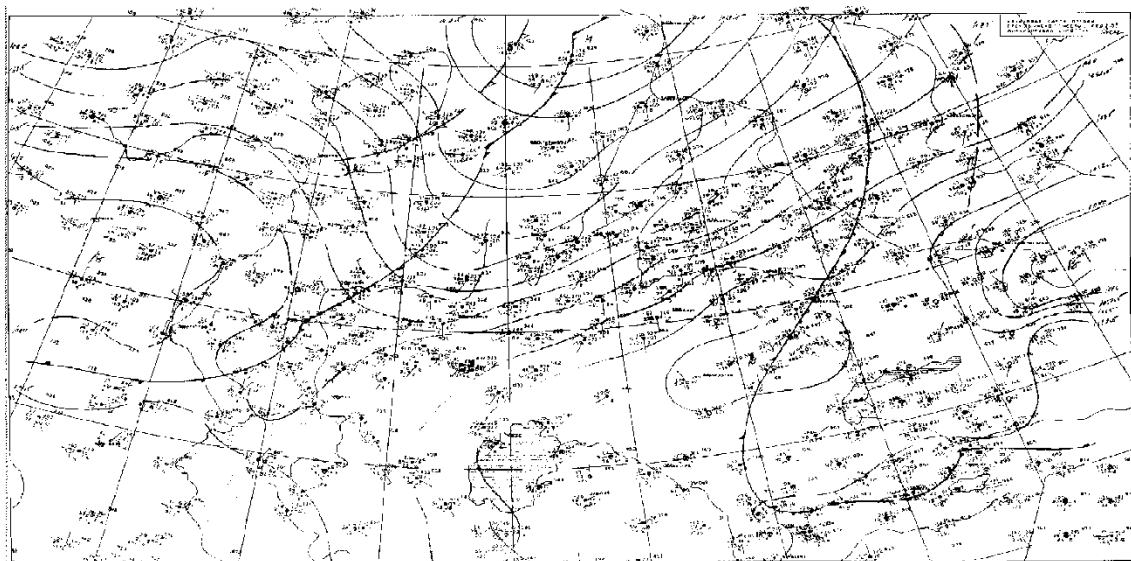


Рисунок 3.8 - Кольцевая карта погоды за 06 ч. 17 января 2005 г.

К 15 ч гребень антициклона разделился на две части, западнее Балхаша образовалась самостоятельная область высокого давления, очерченная одной изогипсой. Вторая область высокого давления в слабом гребне располагалась северо-восточнее Балхаша в районе Семей. У предгорий Заилийского Алатау имела место слабая волновая деятельность в системе сформировавшейся здесь области низкого давления, Алматы оказался южнее фронтальной зоны.

К 21 ч гребень антициклона усилился, самостоятельная область высокого давления, наблюдавшаяся западнее Балхаша, спустилась к югу на район Чимкента. Алматы снова оказался в зоне участка холодного фронта в зоне волны, смещающегося к юго-востоку.

К 00 ч 18 января ситуация мало изменилась. Алматы, по-прежнему, находился в зоне участка холодного фронта вблизи гребня волны. Вдоль предгорий располагалась зона пониженного давления. Температура воздуха в Алматы к этому времени продолжала понижаться, начиная с полудня 17 января.

К 03 ч 18 января фронт у предгорий активизировался и Алматы в результате смещения атмосферного фронта к северо-востоку оказался в теплом секторе (рис. 3.9).

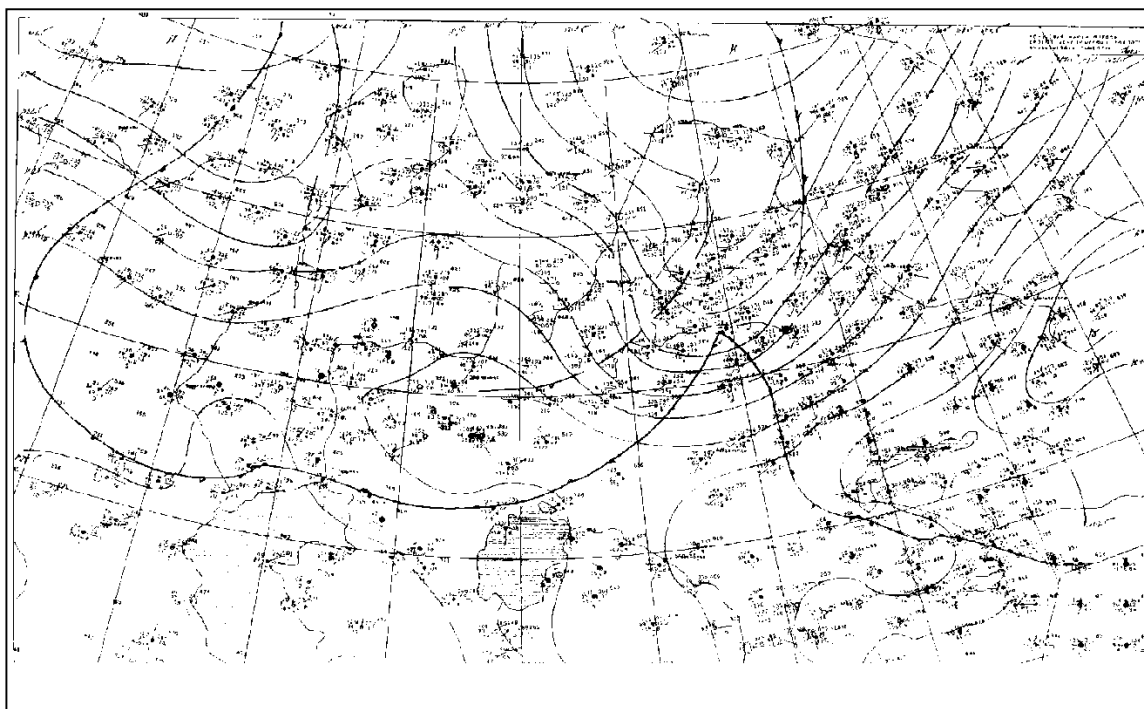


Рисунок 3.9 - Кольцевая карта погоды за 03 ч. 18 января 2005 г.

В период с 03 до 06 ч продолжалось усиление гребня антициклона, но атмосферный фронт располагался все еще севернее Алматы.

К 12 ч ситуация практически не изменилась, однако основной атмосферный фронт, ориентированный в районе Балхаша меридионально, по типу теплого сместился к востоку до меридиана середины озера.

К 18 ч ситуация изменилась мало. К 21 ч основной атмосферный фронт сместился на восточную оконечность Балхаша, а его участок у Алматы сместился далее к северо-востоку от нее.

К сроку 00 ч 19 января процесс смещения атмосферного фронта к востоку продолжился. Однако, гребень высокого давления сформировался южнее восточной оконечности Балхаша несколько ближе к горам.

К 03 ч. на участке фронта в районе Алматы образовалась хорошо выраженная волна с вершиной несколько южнее Балхаша, однако станция оказалась немного восточнее теплого сектора на участке фронта по типу холодного, смещающегося с северо-востока под влиянием циркуляции в гребне антициклона. На синоптической карте фронт проведен через район станции. Однако, судя по временному ходу температуры, фронт был южнее станции. В это же время была зафиксирована самая низкая температура воздуха за рассматриваемый период трое суток января. (Рис. 3.10).

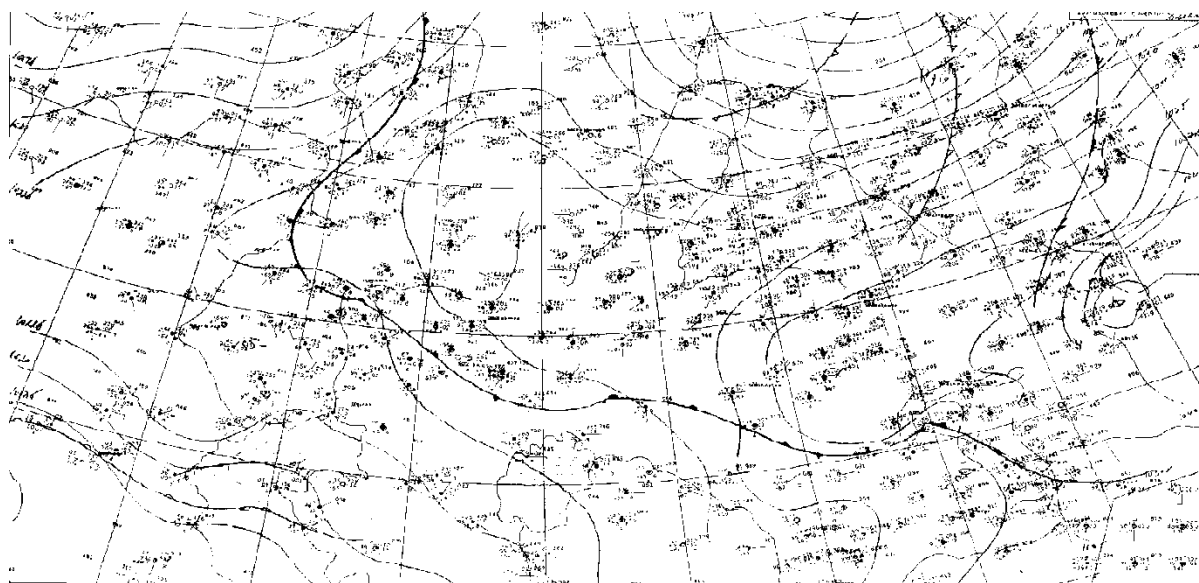


Рисунок 3.10 - Кольцевая карта погоды за 03 ч. 19 января 2005 г.

К 06 ч. синоптическая ситуация существенно не изменилась. Участок фронта с волной в районе Алматы располагался севернее станции. К 12 ч атмосферный фронт сместился далее к северу от предгорий и расположился примерно посередине между Балхашом и Заилийским Алатау (Рис.3.11).

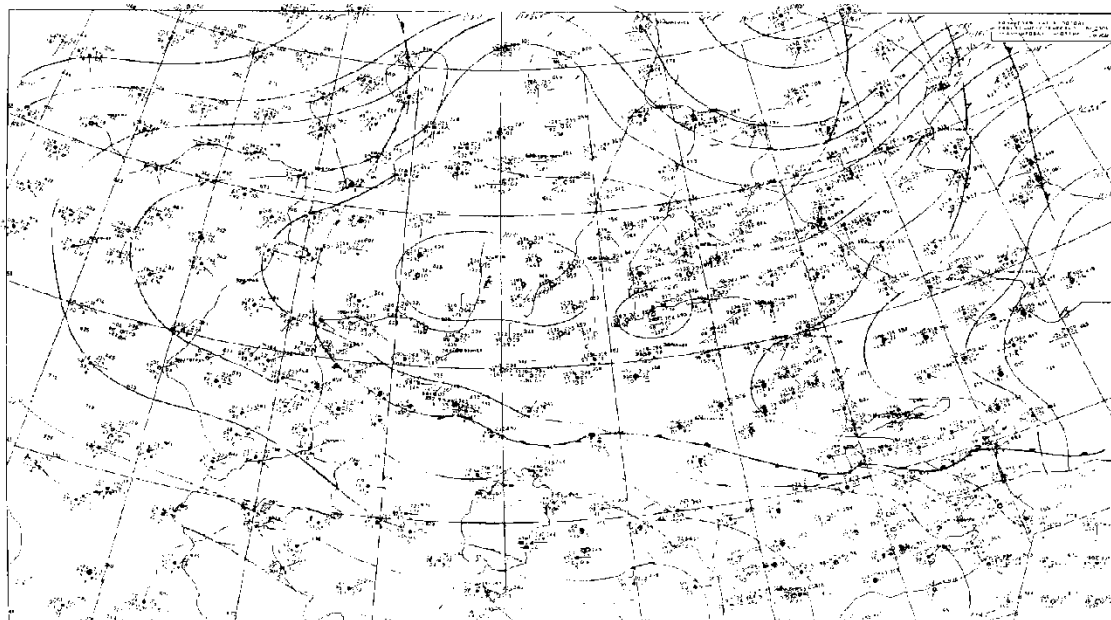


Рисунок 3.11 - Кольцевая карта погоды за 12 ч. 19 января 2005 г.

К 15 ч. ситуация мало изменилась, но атмосферный фронт, ориентированный широтно, сместился еще далее к северу.

К 21 ч синоптическая ситуация изменилась мало, атмосферный фронт располагался южнее Балхаша, но волновая деятельность на нем несколько активизировалась.

Итак, в течение суток 17 января имело место небольшое усиление гребня, ориентированного к юго-западу от Сибирского антициклона. Максимум его развития имел место, видимо, около 21 ч. После этого началось его ослабление и активизация циклонической деятельности, в т.ч. вдоль предгорий. В течение этих суток теплый воздух в нижнем слое тропосферы поступал в район Алматы с юго-запада, обедненный озоном. На отдельных участках фронта, однако, все еще имело место существенное его смещение к юго-западу под воздействием гребня антициклона (срок 03 ч.). Именно в этой ситуации температура воздуха в Алматы опустилась до минимальной (около -9°C). В дальнейшем вынос

теплого воздуха продолжился, и температура воздуха постепенно росла. К концу суток 19 января ввиду прояснения в фронтальной зоне во вторую часть суток происходило выхолаживание и некоторый рост давления, что привело к заметному понижению температуры воздуха и усилению приземной инверсии [99].

3.1.2. Синоптические условия, при которых формируются максимальные концентрации приземного озона

Анализ синоптической ситуации на 20 июля 2005 года, когда концентрации озона были максимальными (рисунок 3.12).

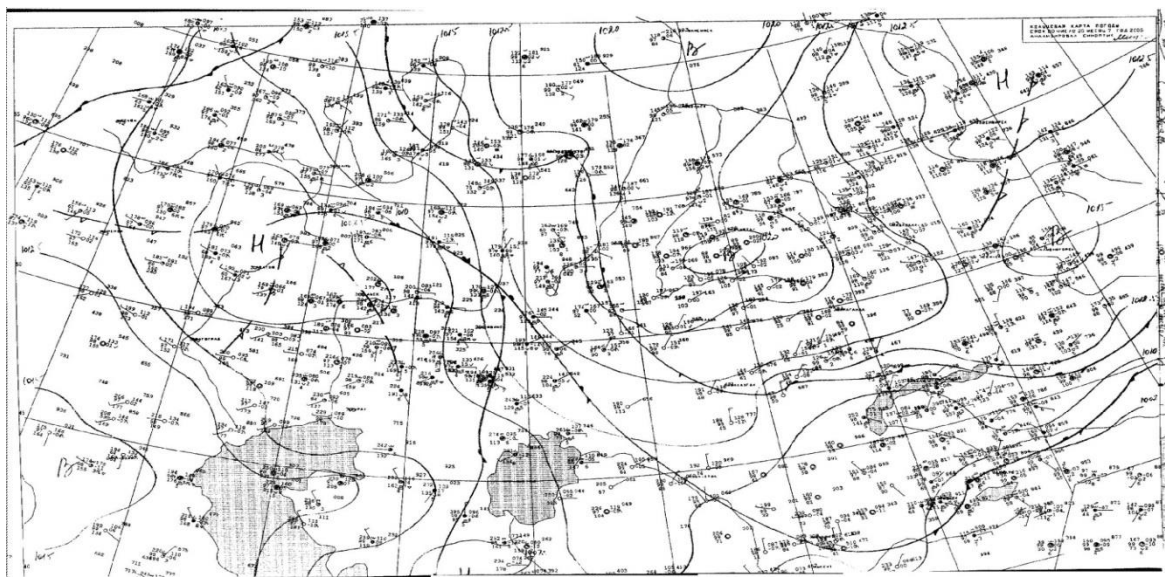


Рисунок 3.12 – Кольцевая карта погоды за 20 июля 2005 г.

Можно видеть, что над центральными и северными районами Казахстана на меридиане Арала расположен обширный гребень тепла, в котором над северным Казахстаном сформировалась самостоятельная замкнутая область высокого давления. Восточнее гребня расположена очень глубокая ложбина, простирающаяся из полярных районов до широты Балхаша. В районе Семейа сформировалась самостоятельная область низкого давления (область холода), от которой далее ложбина ориентирована к юго-западу на район Балхаша и

Тараз. Район Алматы находился под влиянием этой ложбины, юго-восточной ее периферии. Западне этой ложбины, западнее Балхаша, расположен узкий гребень, ориентированный к северу.

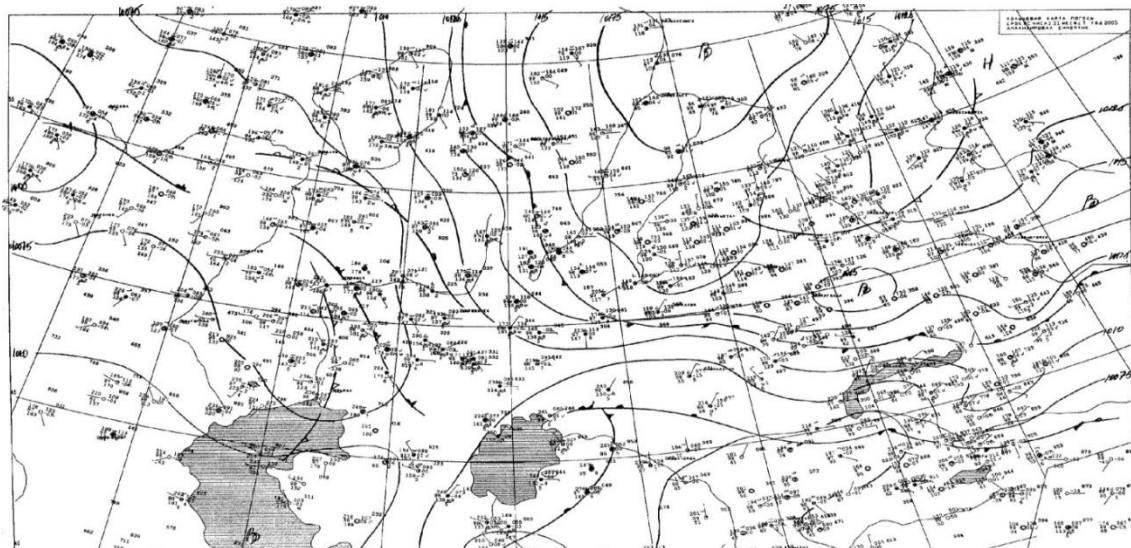


Рисунок 3.13 – Кольцевая карта погоды за 21 июля 2005 г.

21 июля у земля наблюдаются антициклонические образования, смещающиеся с ЕТР. Один центр находится над севером и северо-востоком Казахстана, очерчен изобарой 1015 гПа. Основной центр находится над южной частью России. Погоду над Казахстаном определяет циклон, смещающийся с центральных районов ЕТР. Глубина его около 1000 гПа. С ним связаны две системы фронтов холодные участки, которых проходят почти меридионально через север Казахстана (рис. 3.13).

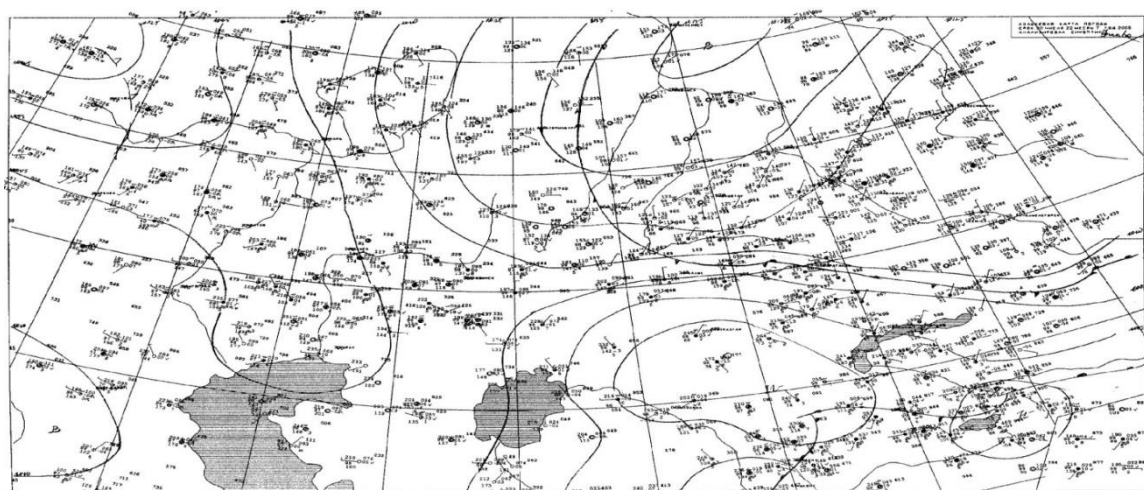


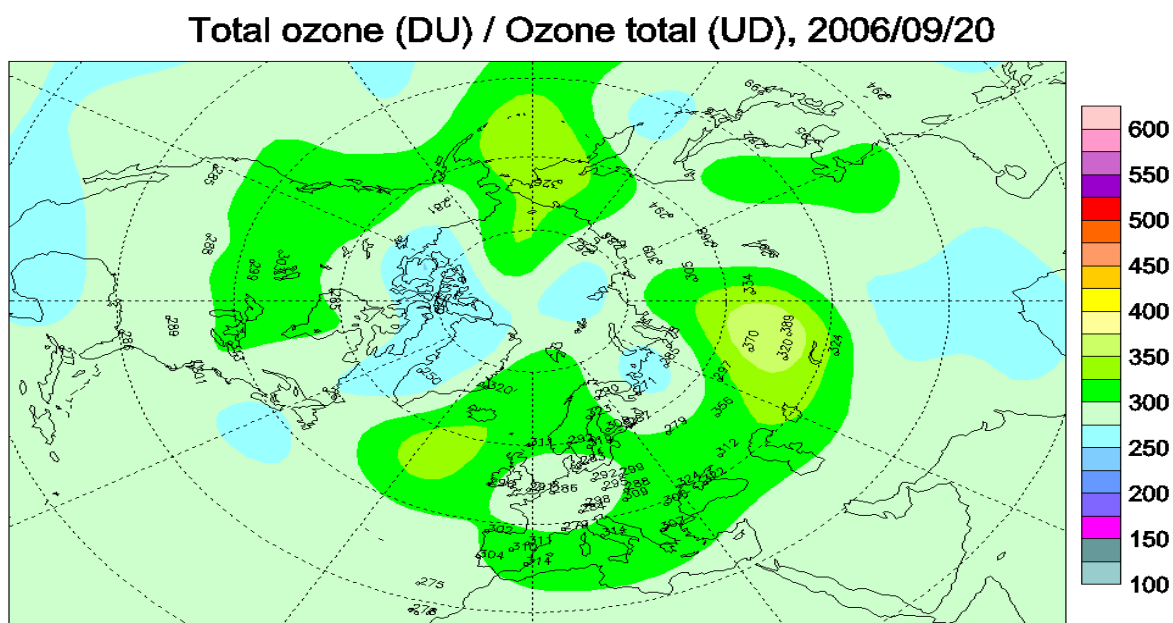
Рисунок 3.14 – Кольцевая карта погоды за 22 июля 2005 г.

На вторые сутки, 22 июля над центральным и южным Казахстаном можно видеть два центра циклона очерченной изобарами 1000 и 990 гПа. На всей территории Казахстана содержание озона составляет около 300 е.Д. (рис. 3.14) [101].

3.2 Синоптические условия формирования экстремальных величин ОСО

Далее нами были отобраны случаи экстремальных величин ОСО над Казахстаном. При этом за случай брали ситуацию, когда хотя бы на одной из станций Казахстана ОСО отклоняется в любую сторону от нормы до 2,5 или больше значений среднего квадратического отклонения (σ) [102-104].

На следующем рисунке представлена спутниковая карта распределения ОСО в северном полушарии (рисунок 3.15)



Для примера рассмотрим аэросиноптические условия, когда имели место экстремальные значения ОСО.

Случай аномально высокого ОСО в Семейе за 20 сентября 2006 г. Согласно приземной карте барической топографии, через Семей прошли два холодных

атмосферных фронта, переместившиеся с северо-запада. За холодными фронтами отмечаются антициклон вторжения с центром немного северо-западнее Семейа. Наличие этого антициклона указывает на то, что холодное вторжение было интенсивным. Это подтверждается и разностью температур в зоне фронтов, которая составляет 17°C . Известно, что приземные температуры могут - сглаживаться облачностью и орографией. Однако анализ карты OT_{1000}^{500} показывает, что разность средних температур нижней тропосферы перед и за холодными фронтами составляет $15-16^{\circ}\text{C}$, (рис 3.16). Таким образом, произошло мощное северное вторжение. Ложбина холода на уровне 500 гПа ориентирована от циклона с центром северо-западнее Новой Земли к юго-востоку, затем вдоль меридиана 70°в.д. и далее к юго-юго-западу (рис 3.17). Холодный воздух в системе этой ложбины проник до южных границ Казахстана и в Среднюю Азию.

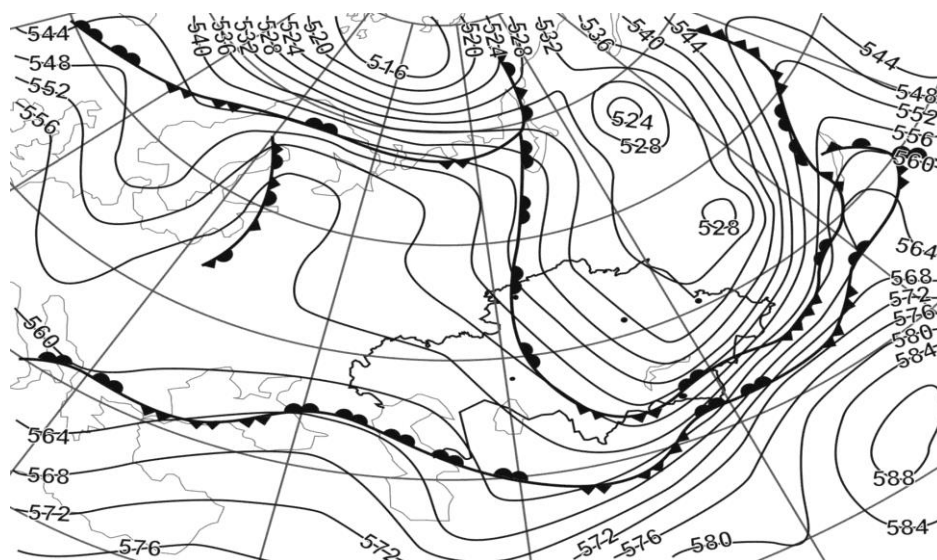


Рисунок 3.16 - Карта схема OT_{1000}^{500} за 20 сентября 2006 года

Вместе с холодным арктическим воздухом, который согласно приземной карте проник только до широты Алматы западнее от нее, но захватил Семей, пришел и атмосферный озон, максимум которого имеет место в районе полярного круга.

Особенно хорошо ложбина просматривается на уровне АТ-300 (рис 3.18). По периферии ложбины наблюдалось струйное течение, особенно сильное в юго-восточной части ложбины, т.е. в зоне атмосферных фронтов. На уровне 300 гПа скорости ветра на оси струйного течения достигали 45-60 м/с. Семей находился под этой областью, однако холодные фронты через него уже прошли.

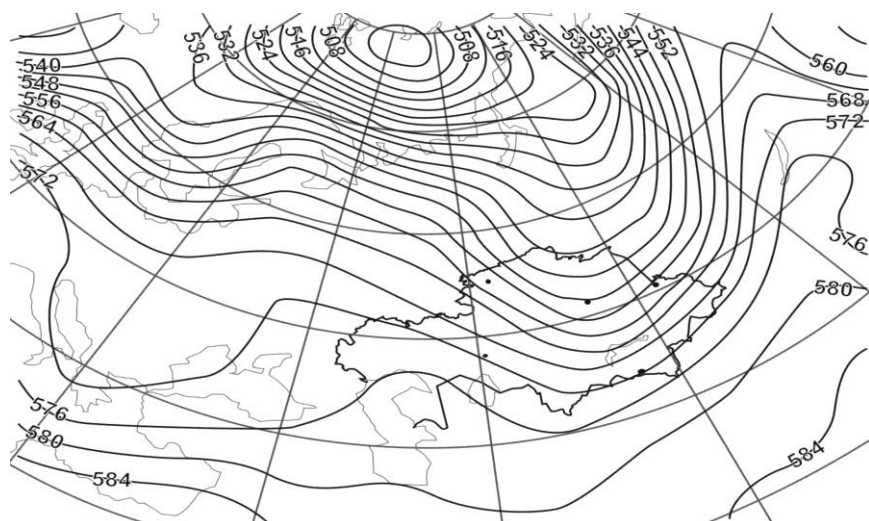


Рисунок 3.17 - Карта схема АТ-500 за 20 сентября 2006 года

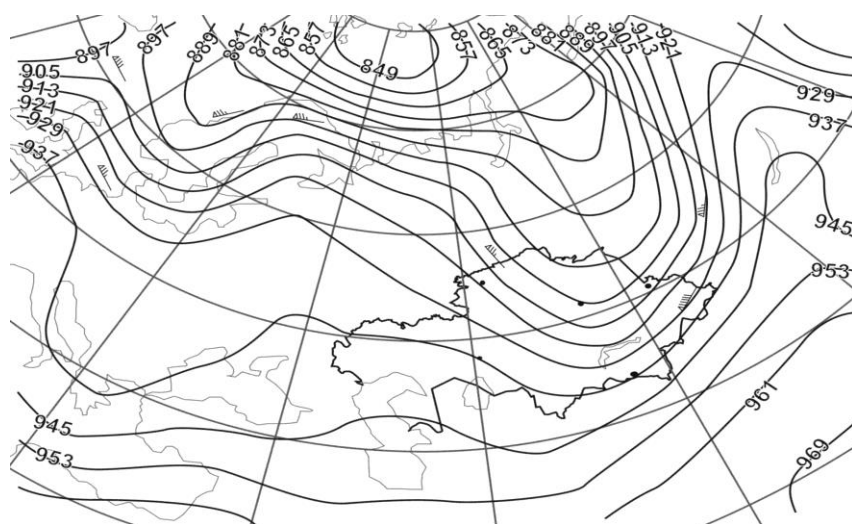


Рисунок 3.18 - Карта схема АТ-300 за 20 сентября 2006 года

Таким образом, экстремально высокие концентрации озона наблюдались в системе особенно глубокой ложбины, на ее юго-восточной периферии в результате вторжения холодного арктического воздуха, богатого озоном.

Случай аномально низкого содержания озона отмечался в Караганде и Семейе одновременно в мае 2004 г. и продолжался в течение нескольких суток с перерывами. Ввиду значительной продолжительности наблюдаемой ситуации рассмотрим аэросиноптический материал за двое смежных суток.

Спутниковая карта распределения ОСО в северном полушарии представлена на следующем рисунке (рисунок 3.19).

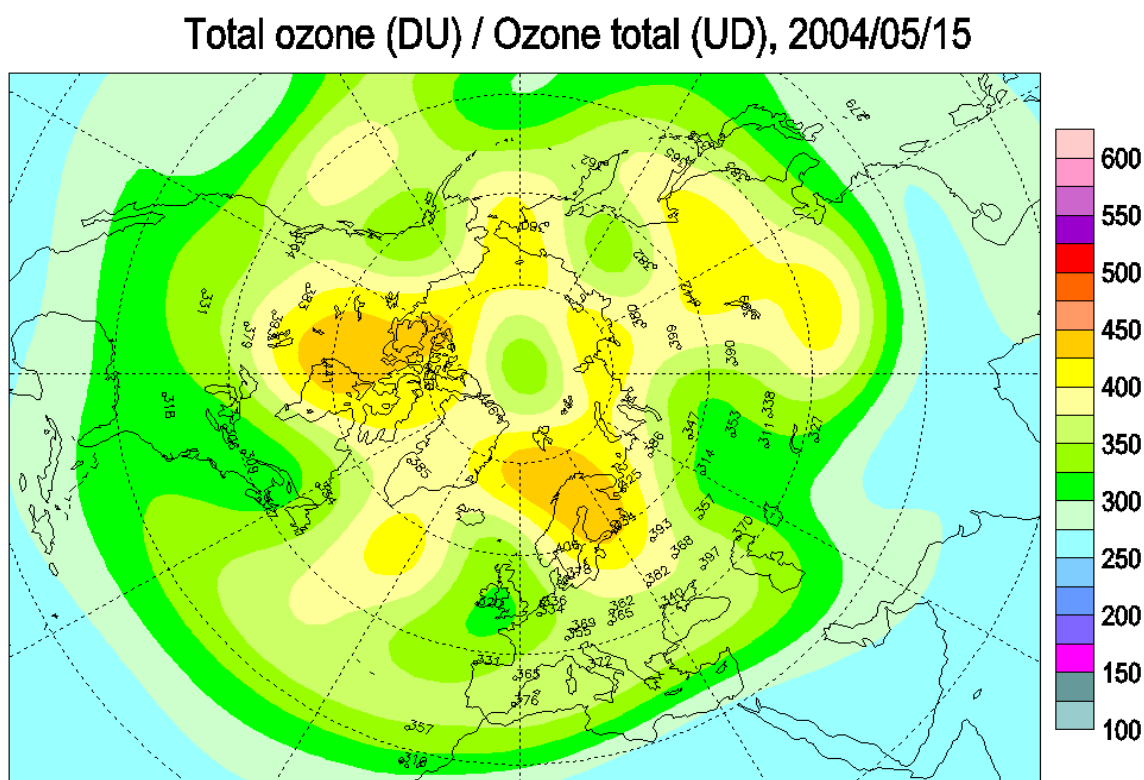


Рисунок 3.19 - Спутниковая карта распределения ОСО в северном полушарии за 15 мая 2004 года

15 мая над северо-востоком Казахстана, югом Центральной Сибири и Монголией располагался обширный антициклон. Караганда находилась в западной периферии, а Семей несколько ближе к центру. Два теплых атмосферных фронта, перемещались на дальней периферии антициклона, проходя с севера Каспийского моря к северо-северо-востоку, и только над севером Западной Сибири приняли широтное направление.

На карте $\frac{500}{1000}$ центральные районы Казахстана, юг Урала, юг и центральные районы Западной Сибири занимал обширный гребень тепла. Ось

гребня проходила значительно западнее Алматы (рис. 3.20). Вблизи оси располагалась изогипса 576-580 дкм, т.е. гребень был очень теплым.

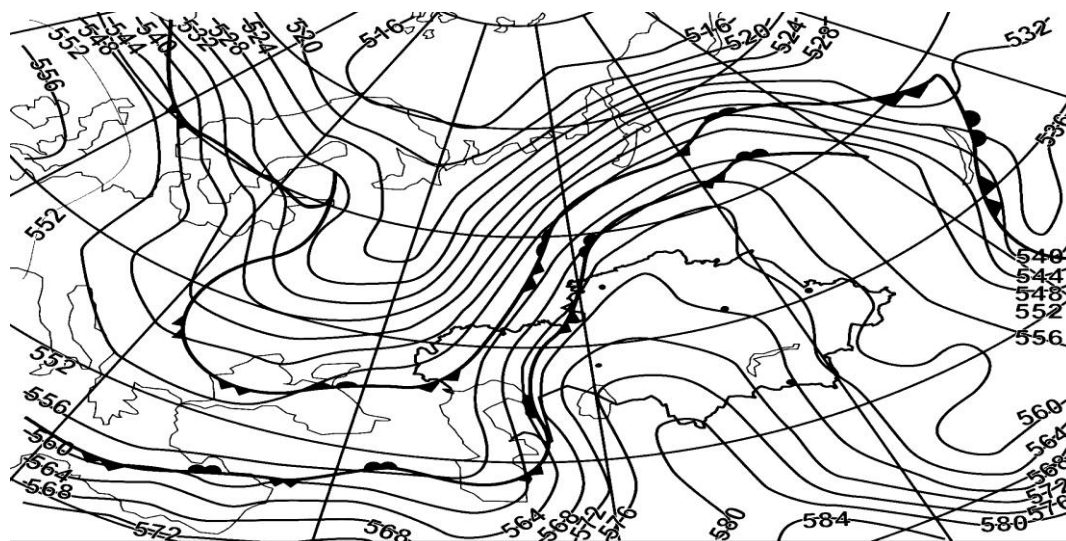


Рисунок 3.20 - Карта схема $\text{от } \frac{500}{1000}$ за 15 мая 2004 года

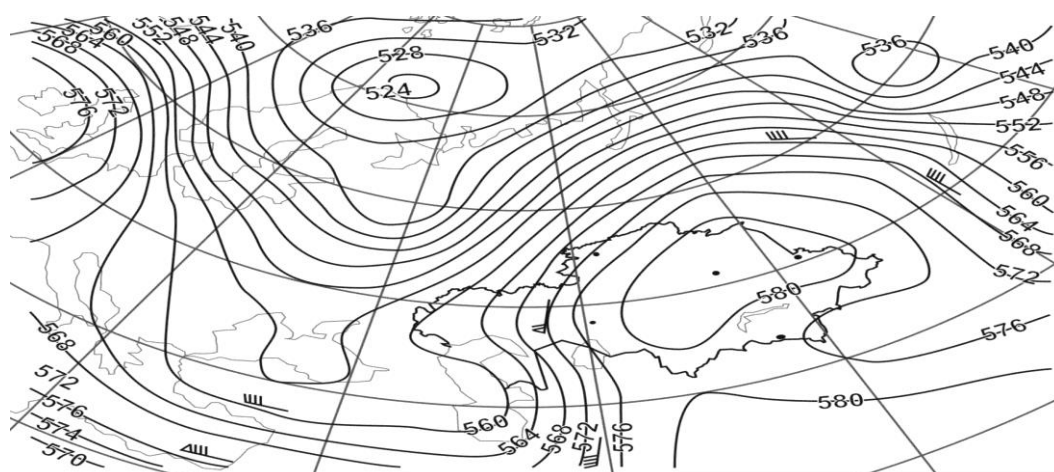


Рисунок 3.21 - Карта схема АТ-500 за 15 мая 2004 года

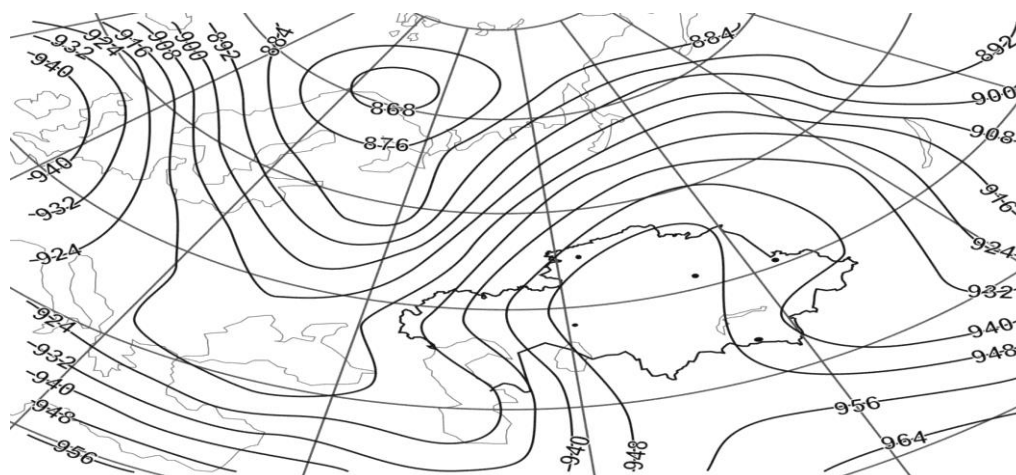


Рисунок 3.22 - Карта схема АТ-300 за 15 мая 2004 года

На уровне 500 гПа над севером Казахстана отмечалась самостоятельная область высокого давления, которая захватывала и Алматы. Станции Караганда и Семей находились вблизи центра антициклона (рис. 3.21).

На уровне 300 гПа (рис. 3.22) полоса между Аралом и Алматы занята гребнем высокого давления который над центральными районами Казахстана существенно расширялся. Ось гребня и струйные течения западнее Семейа находились за пределами Казахстана далеко на Северо-западе.

Положение изогипс на уровне 500 гПа (они меридианальны и над Западным Казахстаном сгущены) указывает на то, что в ближайшее время следует ожидать продолжения выноса тепла на Казахстан, усиления гребня тепла на $\frac{500}{1000}$ и медленного смещения всей системы к востоку.

16 мая антициклон у земли разделен на две самостоятельные области высокого давления. Произошло смещение всей системы к востоку. На $\frac{500}{1000}$ ось гребня тепла по-прежнему была ориентирована меридианально и располагалась между Аралом и Алматы (рис. 3.23). Однако температура нижней тропосферы повысилась. Если 15 мая через Алматы проходила изогипса 560 дкм, то 16 мая – 569 дкм. Повышение температуры нижней тропосферы произошло и над центральными и над восточными районами Казахстана.

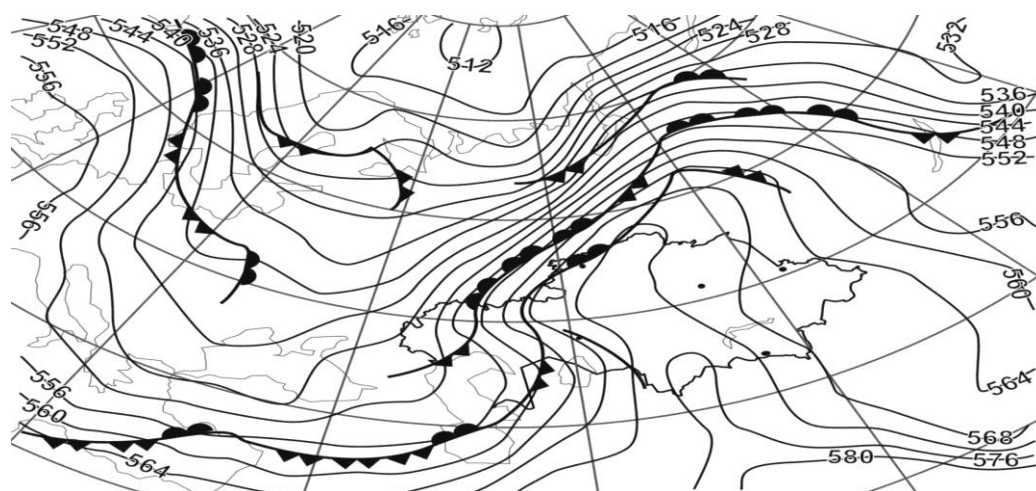


Рисунок 3.23 - Карта схема $\frac{500}{1000}$ за 16 мая 2004 года

На уровне 500 гПа над центральными и восточными районами Казахстана сформировалась самостоятельная область высокого давления, замкнутая изогипсой 584 дкм, тогда как 15 мая она замыкалась изогипсой 580 дкм, т.е. имел место рост давления. По югу Казахстана, однако, произошло некоторое падение давления на этом уровне, что возможно связано с орографией. Над Западным Казахстаном изогипсы сгущены и ориентированы меридианально, т.е. вынос тепла с юга на северные районы будет продолжаться (рис. 3.24).

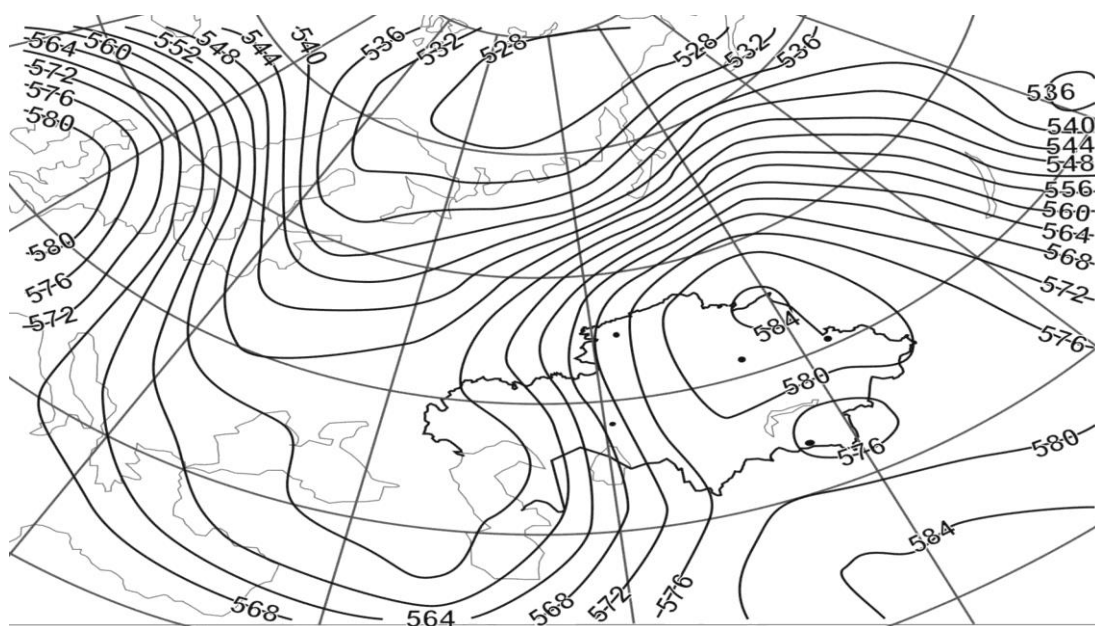


Рисунок 3.24 - Карта схема АТ-500 за 16 мая 2004 года

На уровне 300 гПа над Севером Казахстана и югом западной Сибири сформировалась самостоятельная область высокого давления, замкнутая изогипсой 948 дкм. Ветры над этими районами слабые, только северо-западнее Центрального Урала на периферии в районе атмосферных фронтов имеет место струйное течение (как и в прошлые сутки), ориентированное к северо-востоку. Скорости на оси около 30-40 м/с, изогипсы сгущены умеренно.

В период описания процесса, дефицит ОСО, составивший 2,7 σ , а в последующие сутки и более, имел место в системе гребня, сформировавшегося в результате интенсивного меридианального выноса тропического воздуха через западные районы Казахстана (рис. 3.25).

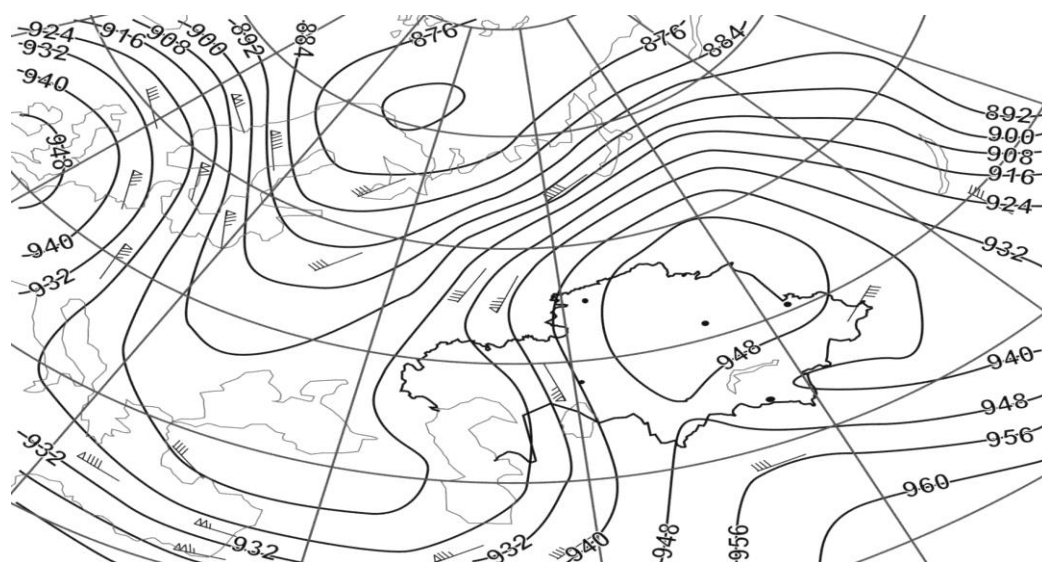


Рисунок 3.25 - Карта схема АТ-300 за 16 мая 2004 года

В верхней тропосфере на 300 гПа сформировалась самостоятельная область высокого давления, указывающая одновременно и на интенсивность выноса тепла и то, что смещение системы будет медленным. На самом деле так и было. С перерывами, в результате пульсации параметров аэросиноптической системы, дефицит ОСО имел место в течение нескольких суток как над Карагандой, так и над Семейом. Над Алматы, однако, дефицит ОСО не наблюдался, так как здесь имело место поступление холодного воздуха по восточной периферии системы.

Глубокий анализ всех случаев аномальных ОСО, которые мы собрали, может позволить найти количественные характеристики между ОСО над Казахстаном и параметрами циркуляции, на основе которых возможна разработка рекомендаций к прогнозу экстремальных ОСО [105].

3.3 Анализ данных общего содержания озона полученных с помощью аппаратуры ОМІ на геостационарных спутниках TOMS

Для анализа пространственно-временных вариаций озонового слоя кроме наземных данных, также широко используется регулярные спутниковые измерения ОСО. С этой целью с 1978 года запускаются искусственные спутники Земли с аппаратурой TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer),

основной задачей которых является проведение регулярных измерений ОСО и формирование баз данных. С 2005 года по настоящее время программу продолжает находящийся на орбите (ИСЗ Aura) более совершенный спектрометр OMI (Ozone Meter Instrument). OMI - спектрометр, предназначен для измерения размеров отражённого и рассеянного в атмосфере солнечного излучения. Данный прибор предназначен для измерения общего содержания и профиля озона. Объем информации, получаемый в результате обработки данных из ежедневного обновляемого Всемирного банка, постоянно увеличивается, поэтому на первый план выходят задачи ее оптимизации, структуризации и анализа. Цель данной подглавы является сравнение спутниковых данных с результатами измерений наземными приборами, и проанализировать носит ли доверительный характер данные со спутников для дальнейшего использования.

Карты выполнены с помощью онлайн-приложения Giovanni, которое имеет открытый доступ к базам данных многих спутников [106].

Также были сопоставлены спутниковые снимки ОСО с синоптическими картами. Для улучшения достоверности спутниковые снимки были деформированы под кривизну Земли.

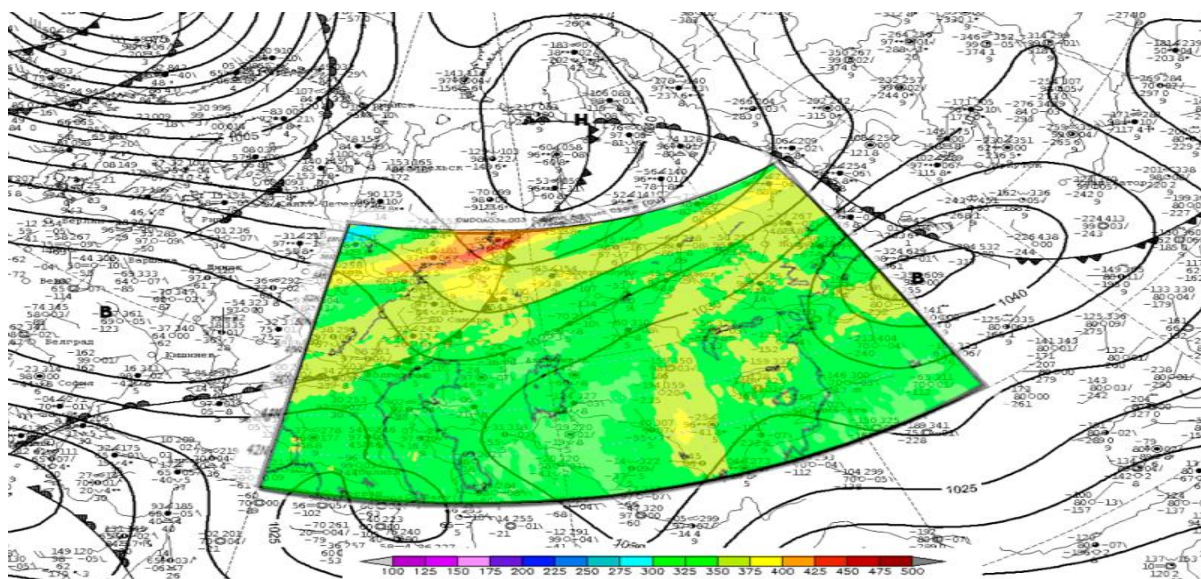


Рисунок 3.26 – Наложение спутниковых снимков на синоптическую карту погоды за 17 января 2005 г.

По спутниковым картам за этот срок, можно видеть на Европейской территории России атмосферный фронт с волной. Холодный фронт располагался вдоль реки Волга. В районе Екатеринбург-Самара наблюдались очаги высоких концентрации общего содержания озона, и составили 475 е.Д. На территории Казахстана по спутниковым картам можно видеть, что наименьшие концентрации, количество общего содержания озона варьировалась от 300 до 350 е.Д. Как нам известно, ОСО в Казахстане измеряется на 5 станциях: Атырау, Аральское море, Караганда, Семей и Алматы (рис.3.27).

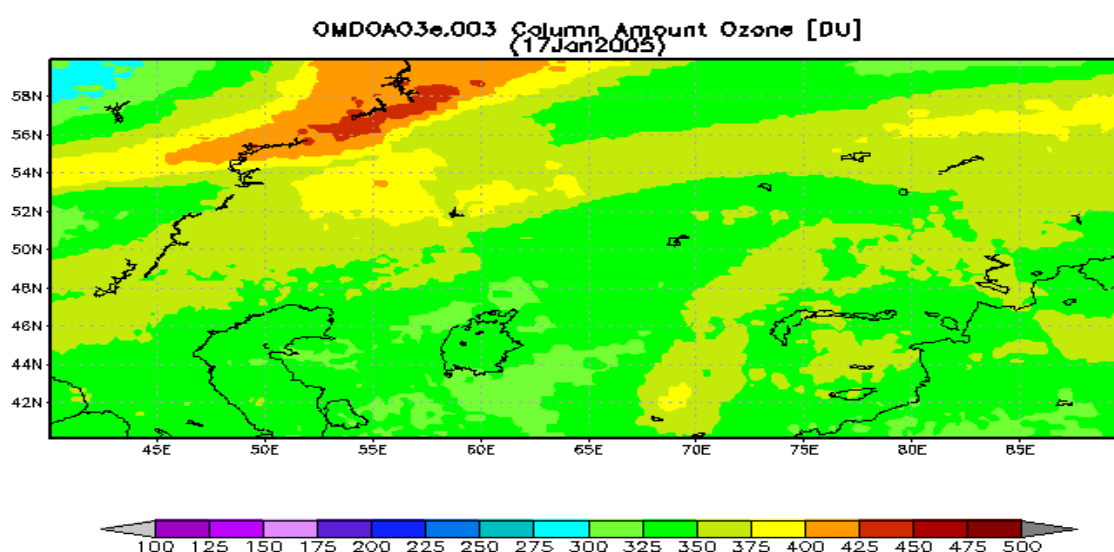


Рисунок 3.27 - Спутниковые данные ОСО за 17 января 2005 г.

При анализе необходимо учитывать проблему густоты сети, которая требует отдельного решения. В выше перечисленных станциях содержание ОСО составляло около 325 е.Д. Согласно, приземной карте погоды на этой же территории проходил холодный фронт с волной. Вдоль этого фронта наблюдались облака среднего яруса.

Спутниковые карты 18 января показывают, смещение очагов высоких концентрации ОСО с ЕТР в район Новосибирска. В центре очага содержание ОСО составило около 475 е.Д. На северо-востоке Казахстана наблюдались сравнительно высокие концентрации ОСО, и составили около 350 е.Д. Высокие концентрации ОСО расположены на ложбине циклона, т.е. полосы высоких

концентрации ОСО указывают на местоположение фронтов. Атмосферный фронт по типу холодного располагался на северо-западе Казахстана. И можно видеть, также наличие волны на фронте (рис. 3.28).

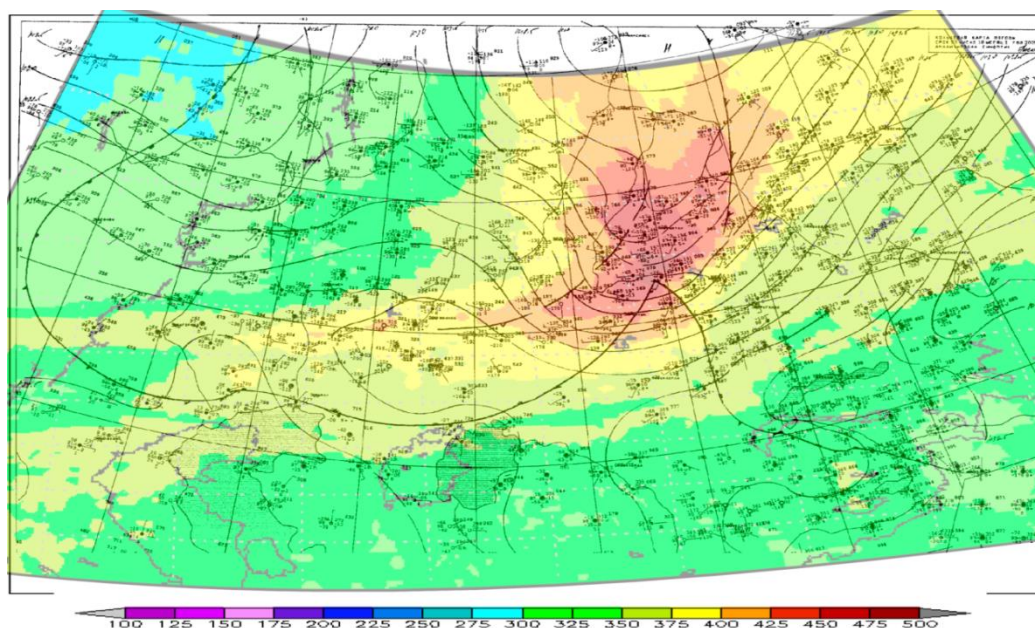


Рисунок 3.28 – Наложение спутниковых снимков на синоптическую карту погоды за 18 января 2005 г.

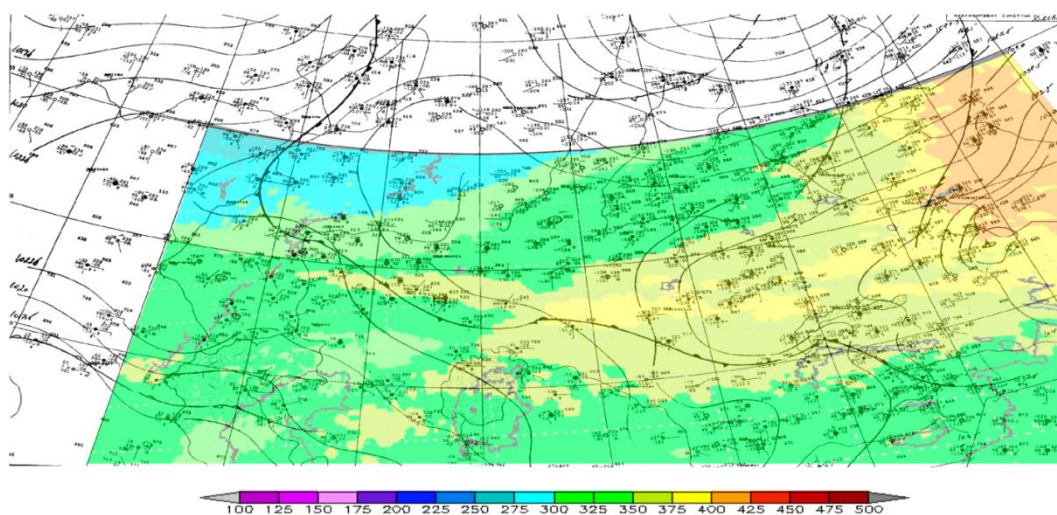


Рисунок 3.29 – Наложение спутниковых снимков на синоптическую карту погоды за 19 января 2005 г.

По данным спутниковых карт, на следующий день, т.е. 19 января можно видеть, смещение очагов с района Новосибирска в восточном направлении. Также, нужно заметить, содержание озона в этих очагах уменьшилось и

составило около 450 е.Д. На территории Казахстана ОСО составляло 325-350 е.Д. Можно видеть, что основной фронт размыт и область высоких концентрации постепенно размывается [107].

Анализ синоптической ситуации и спутниковых данных на 20 июля 2005 года, когда концентрации озона были максимальными (рис. 3.30).

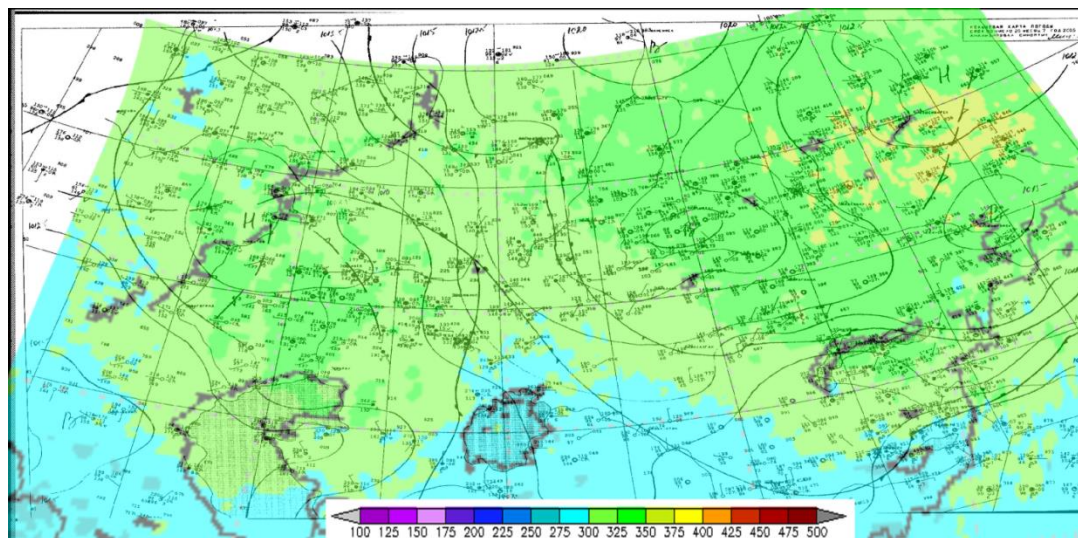


Рисунок 3.30 – Наложение спутниковых снимков на синоптическую карту погоды за 20 июля 2005 г.

Согласно спутниковым картам максимальные концентрации ОСО были обнаружены в районе Новосибирска, концентрации варьировались 350-375 е.Д. На территории Казахстана содержание озона составило 325-350 е.Д., а в районе Аральского моря 275 е.Д. На этой территории по спутниковым картам можно видеть атмосферный фронт, который прослеживается на синоптической карте.

21 июля у земля наблюдаются антициклонические образования, смещающиеся с ЕТР. Один центр находится над севером и северо-востоком Казахстана, ограничен изобарой 1015 гПа. На спутниковых картах выше этого антициклона наблюдаются наибольшие концентрации озона. Основной центр находится над южной частью России. Погоду над Казахстаном определяет циклон, смещающийся с центральных районов ЕТР. Глубина его около 1000 гПа. С ним связаны две системы фронтов холодные участки, которых проходят почти меридионально через север Казахстана. На спутниковых картах также можно видеть участки холодного фронта на этой же территории (рис. 3.31).

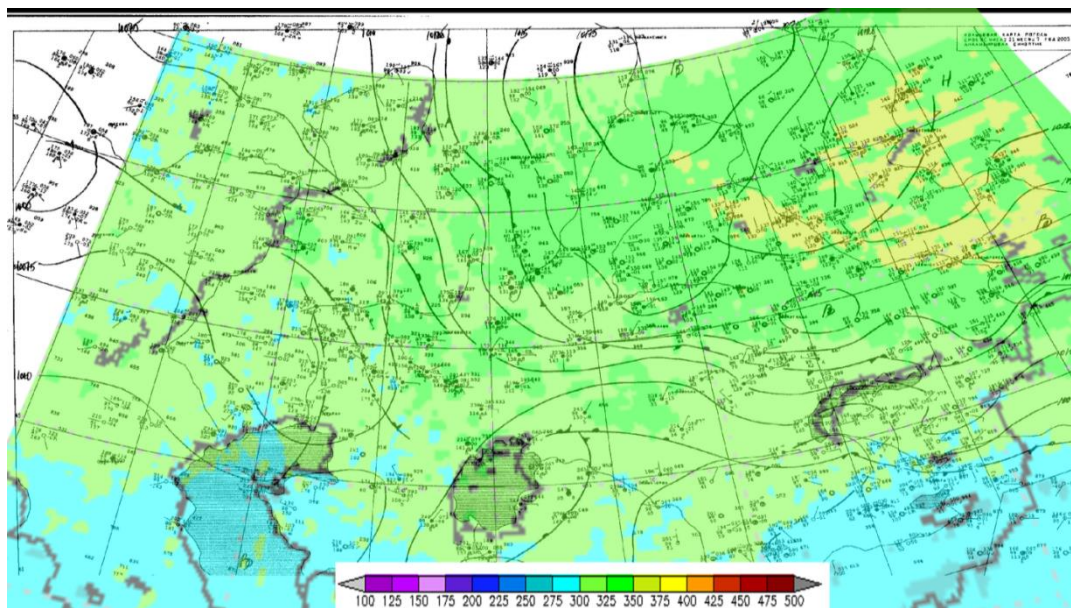


Рисунок 3.31 – Наложение спутниковых снимков на синоптическую карту погоды за 21 июля 2005 г.

На вторые сутки, 22 июля над центральным и южным Казахстаном можно видеть два центра, циклон очерченной изобарами 1000 и 990 гПа. По спутниковым данным на этой территории ОСО колебался от 300 до 325 е.Д. На северной территории Казахстана по спутниковым картам можно видеть атмосферный фронт. На всей территории Казахстана содержание озона составляет около 300 е.Д. (рис. 3.32).

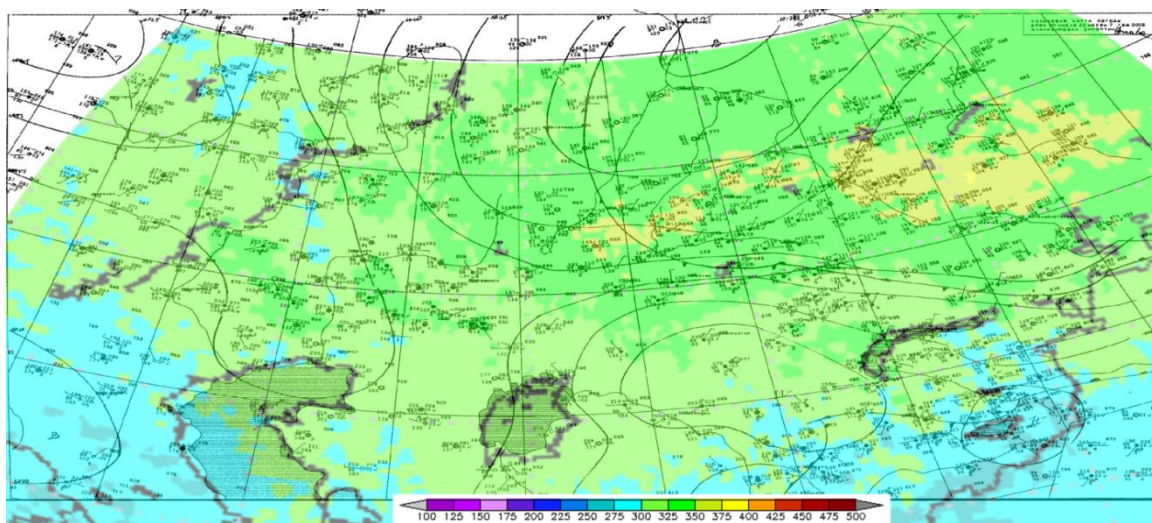


Рисунок 3.32– Наложение спутниковых снимков на синоптическую карту погоды за 22 июля 2005 г.

Проанализировав спутниковые данные и результаты наземных измерений, была выявлена определенная связь, и можно установить, что спутниковые данные являются достоверными и могут стать главной составляющей при анализе. Также анализ спутниковых карт можно использовать при разработке математических и физических моделей взаимосвязи ОСО с другими природными факторами и явлениями. Предложенные карты распределения ОСО по спутниковым данным над территорией Казахстана, позволяют решать важные теоретические и практические задачи в области климатоэкологического мониторинга [107].

4. ВЛИЯНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА НА ПРИРОДУ И ОБЩЕСТВО

4.1 Влияние концентраций приземного озона на здоровье населения

Проблема приземного озона является одной из важнейших проблем современности. Вред приносимый приземным озоном начали исследовать сравнительно недавно. В последние годы возросло количество исследований, связанных с воздействием приземного озона на природную среду, имеющий как глобальный, так и региональный масштаб. Актуальность таких исследований обусловлено существованием экспериментальных данных, свидетельствующих об отрицательном влиянии озона на здоровье человека, на растительный и животный мир [108, 109].

Многочисленные исследования продемонстрировали сильную связь кратковременных (1 час и 8 часов) отрицательных воздействий озона на здоровье и увеличение дополнительной смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний. Этот эффект наблюдается летом и не зависит от других поллютантов. Благоприятные уровни и пороговые значения для хронического воздействия озона не известны [110-112].

Рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в отношении качества воздуха служат ориентиром в уменьшении влияния загрязняющих веществ на здоровья населения. Они были впервые подготовлены в 1987 году и обновлены в 1997 году. Рекомендации основаны на экспертной оценке современных научных данных. Эти рекомендации предназначены для того, чтобы служить информативной базой для регулирования качества воздуха в различных частях мира.

Для установления осредненных значений приземного озона проводились тесты в помещениях при участии здоровых взрослых людей, занимающиеся физическими упражнениями, а также в летних лагерях проводились эксперименты с участием детей, которые занимались также физическими упражнениями. По результатам экспериментов было установлено, что у

взрослых людей и детей наблюдались нарушения функции легких, а также воспалительные процессы легких [113-115].

Таблица 4.1 - Нормативы ВОЗ и промежуточные показатели в отношении озона: концентрация за 8 часов [115]

Концентрации приземного озона	Ежедневное максимальное усредненное за 8 часов значение (мкг/м ³)	Обоснование
Высокие концентрации	240	Наносит значительный ущерб здоровью, а также оказывает влияние на значительную часть уязвимую часть населения
Промежуточный показатель 1	160	Оказывает значительное влияние на здоровье населения: - физиологические и воспалительные изменения в легких у здоровых молодых людей, делающие физические упражнения в течении 6,6 часов; - отрицательное влияние на здоровье детей (по результатам исследований в летних лагерях); - примерное увеличение ежедневной смертности на 3-5 % (по результатам исследований временного ряда)
Норматив ВОЗ по озону	100	Обеспечивает необходимую охрану здоровья, хотя и на этом уровне могут проявляться определенные последствия: - увеличение ежедневной смертности на 1-2 % (по результатам исследований временного ряда); - вероятность того, что находящийся в атмосферном воздухе озон является маркером соответствующих оксидантов.

Были рассмотрены и проанализированы основные заболевания по территории Казахстана осредненные за 3 летний период (2003-2005 гг.), так как данные приземного озона были за этот период.

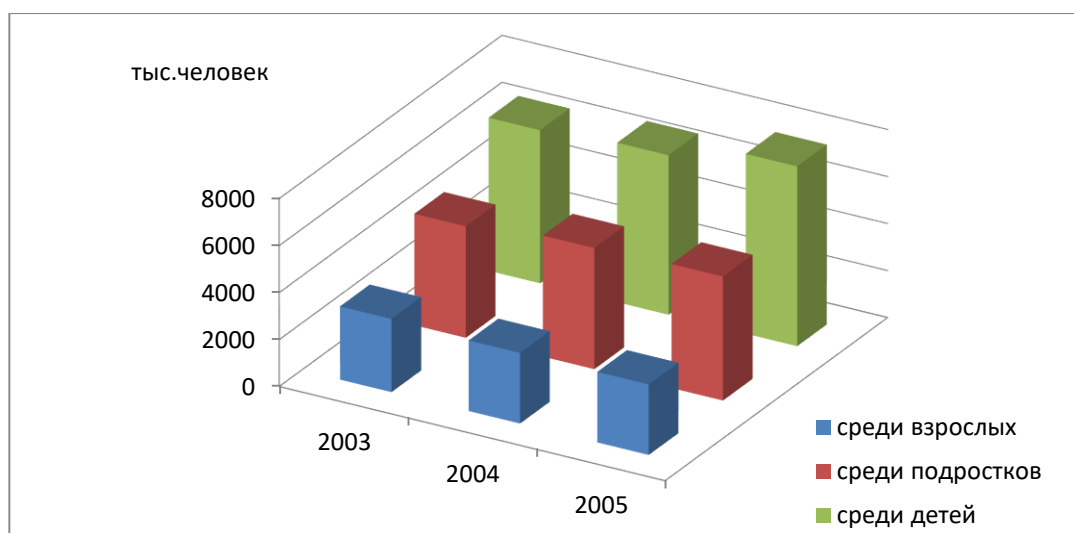


Рисунок 4.1 - Болезни крови, влияющие на иммунную систему человека (на 100 000 человек)

В целом по территории Казахстана болезни крови, влияющие на иммунную систему человека, даны по возрастным категориям.

Концентраций приземного озона выше предельно допустимых могут привести к различным заболеваниям, такие как сердечно-сосудистые заболевания, заболевания органов дыхания, ишемическая болезнь сердца, инфаркт, атеросклероз и тд. [116].

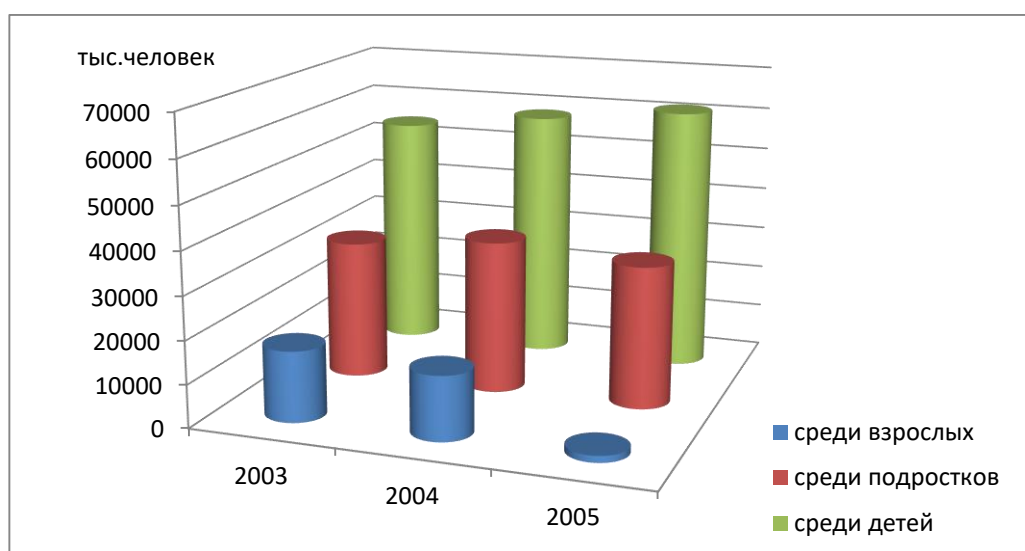


Рисунок 4.2 - Болезни дыхательных путей

К болезням дыхательных путей относятся ангина, бронхит, кашель, ларингит, ринит, пневмония, простуда. По данным здравоохранения

республики Казахстан за 3-летний период болезнями органов дыхания чаще всего болеют дети, наблюдается динамика роста и в 2005 году достигла 61510 тыс. детей.

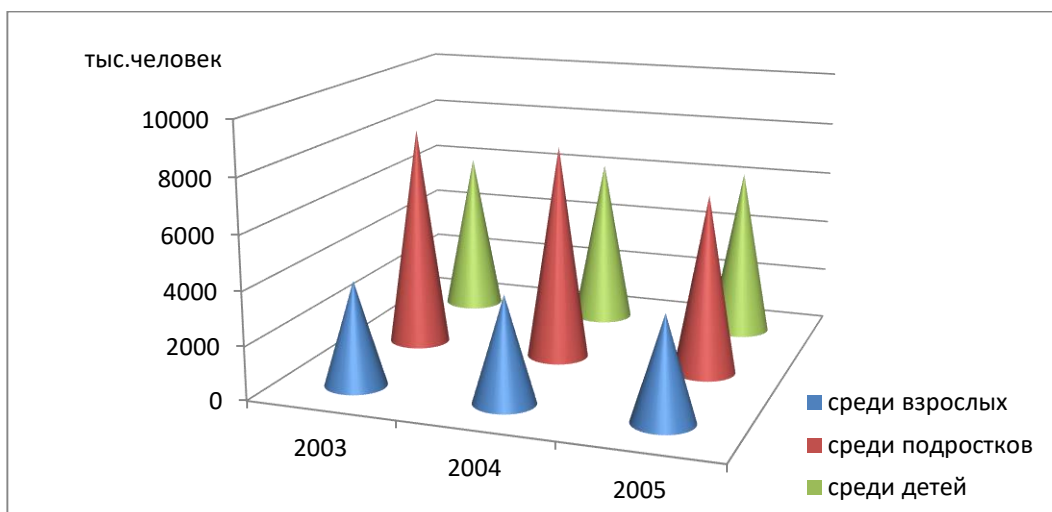


Рисунок 4.3 - Болезни кожи и подкожной клетчатки

К болезням кожи и кожной клетчатки относятся рак кожи, крапивница, дерматит, экзема, инфекции кожи и другие. В последнее десятилетие наблюдается увеличение рака кожи, как у взрослых, так и у детей. К основным побудителем рака кожи являются ряд факторов, основным является ультрафиолетовое и ионизирующее излучения солнца.

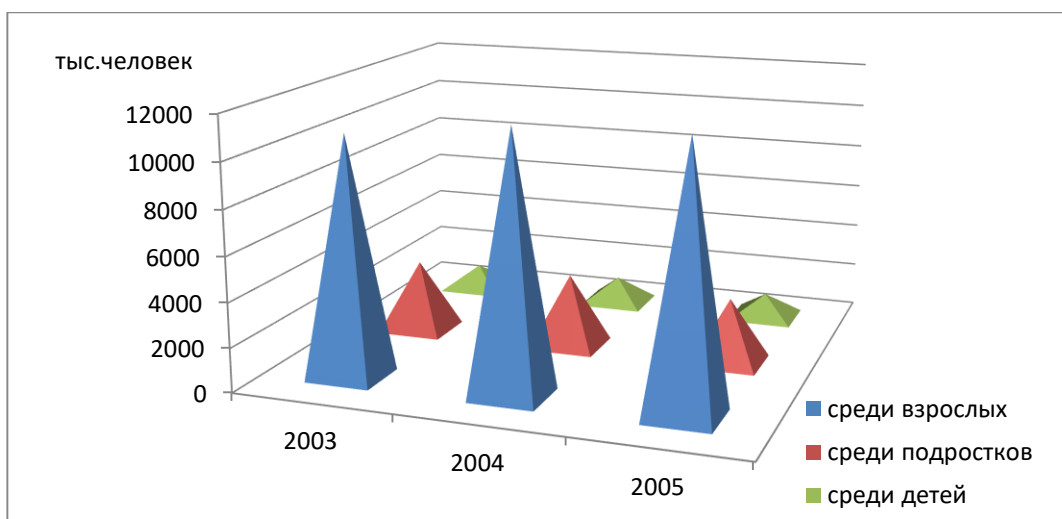


Рисунок 4.4 - Болезни кровяного давления

В большинстве случаев кровяным давлением болеют взрослые, от 10789 тыс. человек до 11735 тыс. человек на 100 000 человек за 3-летний период.

Также рассматривалась связь приземных концентраций озона с заболеваниями систем кровообращения, органов дыхания, кожи и подкожной клетчатки по данным города Алматы.

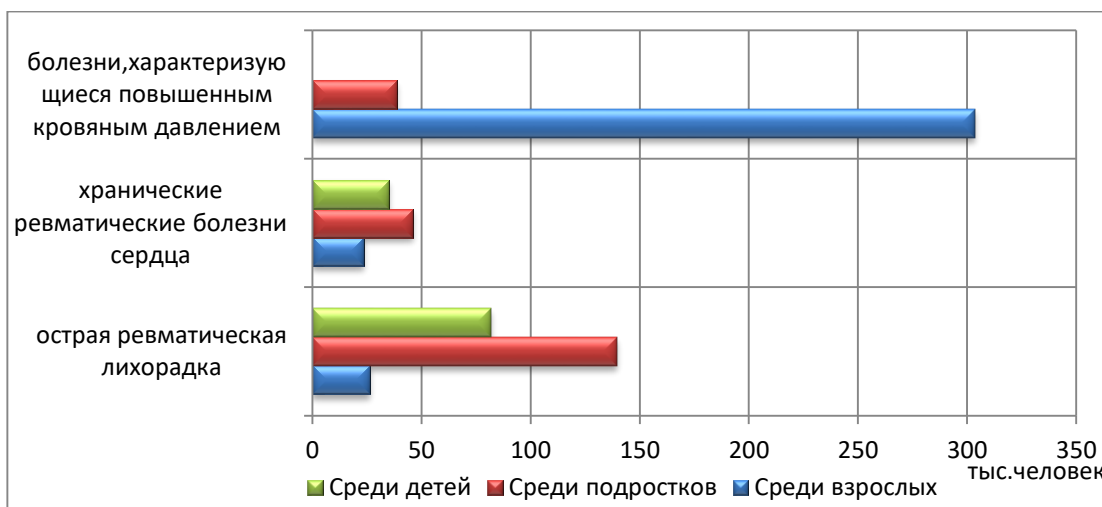


Рисунок 4.5 - Заболевания систем кровообращения по городу Алматы

Воздействие озона приводит к повреждению коронарных сосудов, атеросклерозу и инфаркту, увеличению размера атеросклеротических бляшек, а также усиливает проявления ишемических заболеваний. Также была установлена положительная корреляция между концентрациями приземного озона и гипертоническими болезнями среди взрослых. Коэффициент корреляции составил величину 0,44.

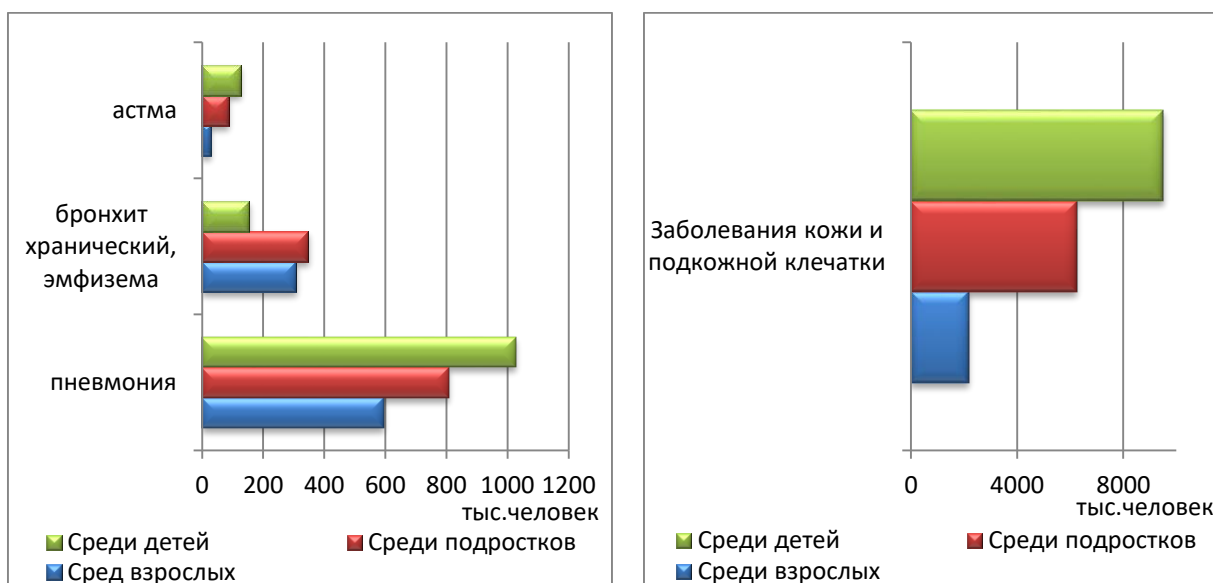


Рисунок 4.6 - Заболевания органов дыхания, кожи и подкожной клетчатки по городу Алматы

Экспериментальные и эпидемиологические исследования показывают, что лица, страдающие астмой, а также воспалением дыхательных путей, нарушением функции легких испытывают значительные затруднения при повышенных концентрациях озона, чем здоровые взрослые люди. Чем выше концентрации озона в приземной атмосфере, тем сильнее люди испытывают его отрицательное влияние на своё здоровье. Чаще всего это происходит в летние месяцы и с увеличением концентрации озона в нижней атмосфере увеличивается количество госпитализированных людей с проблемами органов дыхания.

В настоящее время ведущая роль УФ-В-излучения в генезе немеланомных раков кожи (NMSC) не вызывает сомнения. Полагают, что заболеваемость и другие типы опухолей кожи – злокачественная меланомия (СММ) положительно коррелирует с естественным УФ-В-излучением. Из-за уменьшения стратосферного озона на 1% происходит увеличение интенсивности УФ-излучения у поверхности Земли на 15%, что, согласно официальным данным ООН, приводит к появлению в мире 100 тысяч новых случаев катаракты и 10 тысяч случаев рака кожи, а также снижению иммунитета как у человека, так и у животных [117].

Был рассчитан коэффициент корреляции между приземными концентрациями озона и заболеваниями кровообращения, органов дыхания и кожи. Коэффициенты корреляции рассчитывались как по общим данным, так и по возрастным категориям.

По данным города Алматы наибольшее количество болезней приходит на заболевания кожи и подкожной клетчатки, где 4042,3 тысяч человек в год обращаются за медицинской помощью с этим диагнозом. С кожными заболеваниями к медицинским работникам чаще обращаются дети, нежели взрослые. На втором месте болезни дыхательных путей, такие как пневмония, которые также широко распространены среди детей (1002,3 тысяч детей в год). Гипертонические заболевания занимают третье место по количеству, в год с жалобами на повышенное давление обращаются 275,7 тысяч взрослого

населения. Рассчитанные коэффициенты корреляции между приземными концентрациями озона и заболеваниями показывают как положительные, так и отрицательные значения. По общим данным с приземным озоном положительно коррелирует такие заболевания, как бронхит хронический и эмфизема, также гипертонические болезни, где коэффициент корреляции равен 0,19 и 0,45 соответственно. По возрастным категориям: среди взрослых положительная корреляция между приземным озоном и острой ревматической лихорадкой, также гипертоническими болезнями (коэффициент корреляции 0,41 и 0,44 соответственно); среди детей – пневмония и болезни кожи, подкожной клетчатки (коэффициент корреляции 0,24 и 0,17 соответственно); среди молодежи была установлена отрицательная корреляция между показателями.

Как показали расчеты, увеличение приземного озона приводит к увеличению ряда болезней кровообращения, дыхательных путей и давления. В настоящее время необходимо более глубоко изучить влияние факторов в связи с изменением озонового слоя на уровень и структуру данных заболеваний путем применения математических методов.

Для снижения концентраций приземного озона необходима долгосрочная программа снижения уровней его предикторов – оксидов азота, углеводородов и угарного газа, производимых автотранспортом и промышленностью. В краткосрочной перспективе необходимо создание сети автоматических станций мониторинга приземного озона с возможностью свободного доступа к информации населения, информирование групп риска об опасных концентрациях озона, также организация социальных мероприятий, таких как, обеспечение молочными продуктами лиц с группы риска для их дальнейшего оздоровления [118].

4.2 Взаимосвязь между концентрациями приземного озона и концентрациями компонентов промышленных выбросов в атмосферном воздухе

Хотя в тропосфере содержится сравнительно мало озона – 8-15 % его общего количества, изучение тропосферного озона имеет большое практическое и научное значение. Он составляет элемент той среды, того окружения, в котором живет человек и развивается живая природа. Иногда в тропосфере возникают источники озона, например в городской атмосфере, отравленной выхлопными газами автомобильных двигателей. Таким образом, озон становится частью проблемы все более острой в последние годы – о загрязнении человеком окружающей среды [103].

Воздушный бассейн города Алматы считается самым загрязненным, индекс загрязненности атмосферы за последние годы составил 9,2. К основным загрязнителям города Алматы относятся диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода и взвешенные вещества, именно эти загрязняющие вещества определяют экологический риск загрязнения атмосферы и негативно влияют на здоровье человека [117].

Были построены графики связи приземного озона и загрязняющих веществ за рассматриваемый период по данным города Алматы.

К взвешенным веществам относятся пыль, зола, сажа, дым, нитраты, сульфаты и другие твердые частицы. Источниками взвешенных веществ являются процессы горения ископаемых и других видов топлива, неполное сгорание топлива на транспорте, на тепловых электростанциях, предприятия, выпускающие строительные материалы, почвенная эрозия, сдув пыли с асфальтных поверхностей. При проникновении взвешенных частиц в органы дыхания происходит нарушение системы дыхания и кровообращения.

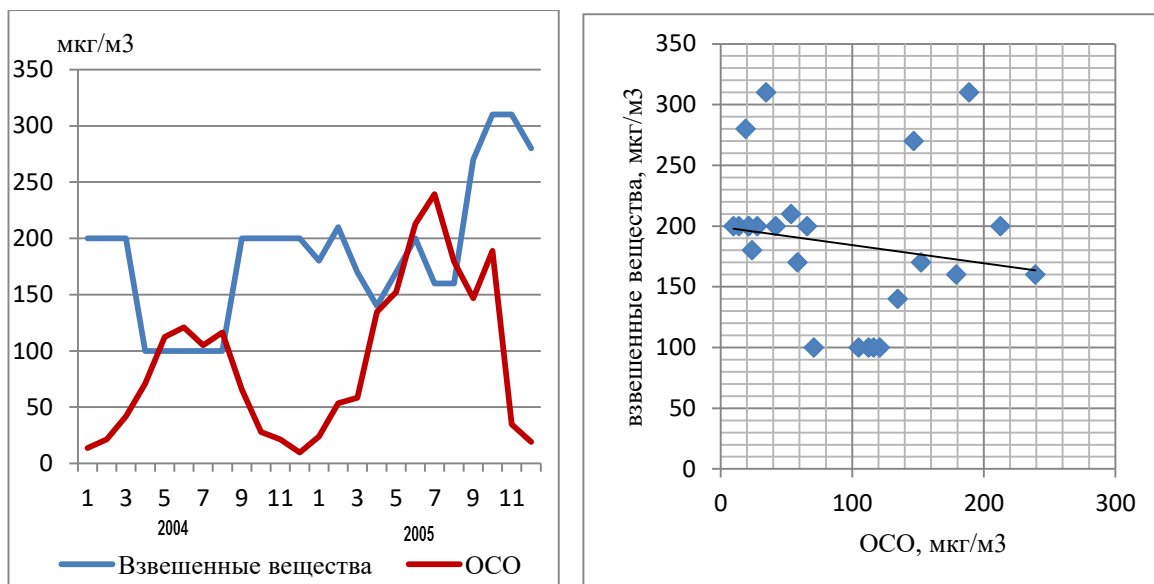


Рисунок 4.7 - Связь между приземным озоном и взвешенными веществами

Оксид углерода, в отличие от диоксида углерода, не оказывает заметного влияния на потоки солнечной и тепловой радиации. Но быстрый, в основном антропогенный, рост его содержания и значительная, роль в фотохимии озона и других малых газов в тропосфере, приводят к необходимости мониторинга оксида углерода в глобальной атмосфере и дальнейшего количественного исследования его атмосферного цикла [117].

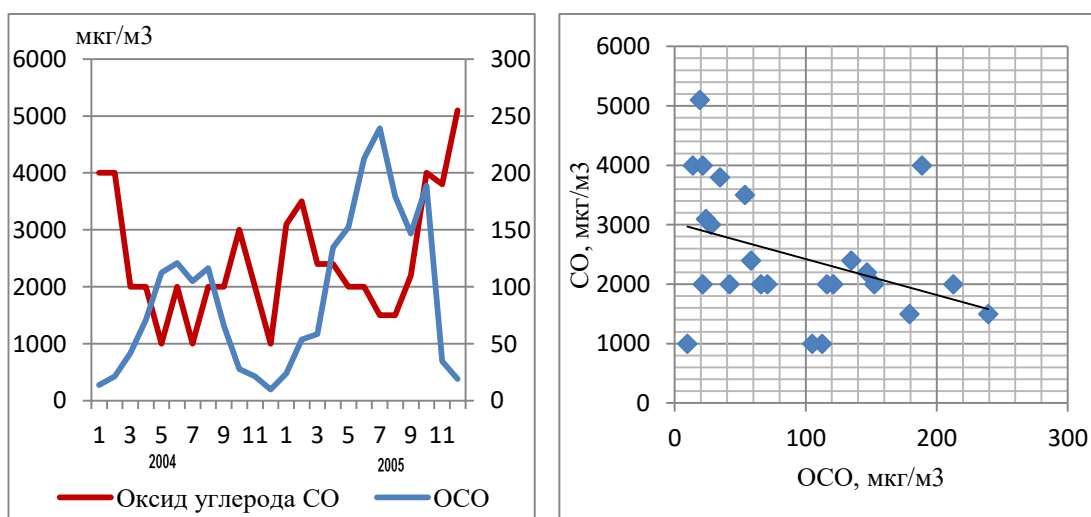


Рисунок 4.8 - Связь между приземным озоном и оксидом углерода (CO)

Оксид и диоксид азота играют ведущую роль в фотохимии озона. Основным источником диоксида азота в стратосфере служит окислению закиси

азота с максимумом интенсивности в тропиках на уровне около 30 км, менее существенно поступление оксида азота из мезосферы. Значительный источник оксида азота в верхней тропосфере – выбросы продуктов сгорания двигателей транспортной авиации, максимальные на уровне около 10 км в средних широтах северного полушария и сравнимые по величине с источником от окисления закиси азота. Интенсивность выбросов авиации возросла на несколько процентов в год, маловероятно снижение этой скорости роста и в будущем.

Диоксид азота при взаимодействии с углеводами выхлопных газов способствуют образованию фотохимического тумана. Диоксид азота – это газ желтовато-бурого цвета, который сильно ухудшает видимость, придает коричневый цвет воздуху, высокотоксичен, вызывает бронхит, понижает сопротивляемость организма к респираторным заболеваниям, вызывает болезни дыхательных путей, атеросклероз сосудов головного мозга, болезни сердечно-сосудистой системы [117].

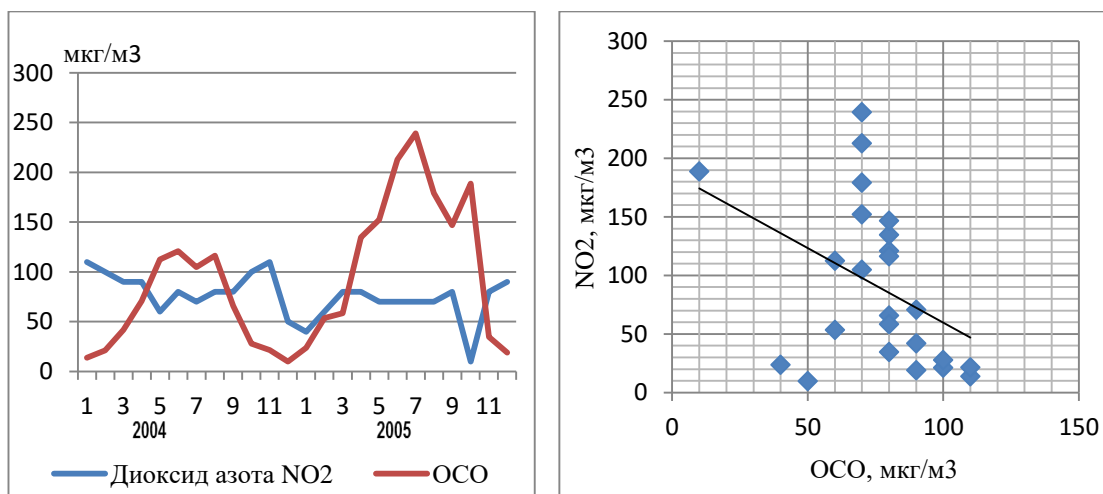


Рисунок 4.9 - Связь между приземным озоном и диоксидом азота (NO₂)

Формальдегид относится к числу наиболее известных поллютантов в атмосфере. Он является постоянным компонентом атмосферы. К основным антропогенным источникам поступления формальдегидов в атмосферу следует отнести автомобильный транспорт. Кроме того, формальдегид образуется за счет фотохимических реакций и процессов трансформации органических

соединений, загрязняющих атмосферный воздух, таких как, метан, метиловый спирт, муравьиная кислота, хлорпроизводные метана. Токсические свойства формальдегида хорошо изучены в экспериментах на животных. Основной путь попадания в организм – ингаляционный. Он оказывает токсическое действие на организм, раздражает слизистые оболочки глаз, горла, дыхательных путей, вызывает головную боль и тошноту [119].

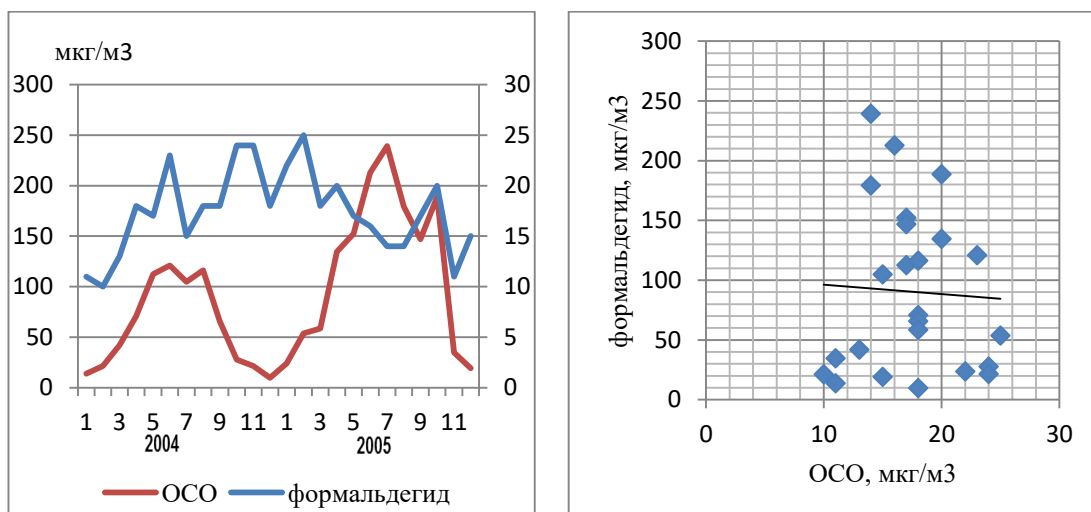


Рисунок 4.10 - Связь между приземным озоном и формальдегидом

По данным всемирной организации здравоохранения для приземного озона установлены предельно допустимые концентрации, так как приземный озон является вторичным загрязнителем атмосферы, повышение концентраций которых приводит к различным заболеваниям и даже к смертности населения. Так как, приземный озон является загрязняющим веществом, актуальным стал вопрос рассмотрения связи приземного озона и основных загрязнителей атмосферы. Взаимосвязь концентрации приземного озона и загрязняющих веществ воздушного бассейна города Алматы представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Взаимосвязь концентраций приземного озона с концентрациями основных загрязняющих веществ в атмосфере

№	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Индекс детерминации	F-критерий
1	$Y=303,7126 - 0,03839X_1 - 0,03981X_2 - 1,3156X_3 - 3,036X_4$	-0,2241	-0,2163	-0,84
2	$Y=-0,15X_1+199,374$	-0,166	0,0275	0,622
3	$Y=-6,047X_2+3026,139$	-0,382	0,1456	3,75
4	$Y=0,1295X_3+87,5483$	-0,407	0,1652	4,355
5	$Y=0,00289X_4+17,6783$	-0,0477	-0,00227	0,0501

Примечания: * Y – среднемесячные концентрации приземного озона; статистически значимо при $P<0,05\%$; X_1 – взвешенные вещества; X_2 – оксид углерода; X_3 – диоксид азота; X_4 – формальдегид.

В результате расчетов множественной регрессии, было получено, что параметры модели статистически значимы. Возможна экономическая интерпретация параметров модели: увеличение взвешенных веществ на 1 мкг/м^3 приводит к уменьшению приземного озона в среднем на 0.0384 мкг/м^3 ; увеличение оксидов углерода на 1 мкг/м^3 приводит к уменьшению приземного озона в среднем на 0.0398 мкг/м^3 ; увеличение диоксидов азота на 1 мкг/м^3 приводит к уменьшению приземного озона в среднем на 1.316 мкг/м^3 ; увеличение формальдегидов на 1 мкг/м^3 приводит к уменьшению приземного озона в среднем на 3.036 мкг/м^3 . По максимальному коэффициенту эластичности $E_1=1.103$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат приземного озона оказывает взвешенные вещества. Статистическая значимость уравнения проверена с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера.

Таблица 4.3 - Взвешенные индексы сезонности и коэффициенты сезонной колеблемости (%) концентраций приземного озона и других примесей в атмосферном воздухе г. Алматы

Загрязняющие вещества	Индексы сезонности по периодам года				Коэффициент сезонной колеблемости
	Зимний	Весенний	Летний	Осенний	
Приземный озон	0,7816	3,1542	5,3814	2,6826	76,51
Взвешенные вещества	3,417	2,3677	2,2064	4,009	33,62
Оксид углерода	4,1748	2,3798	2,0168	3,4286	44,23
Диоксид азота	2,967	3,0989	2,9011	3,0329	29,08
Формальдегид	2,8996	2,957	2,8708	3,2728	24,12

Максимальный уровень концентрации приземного озона достигается в весенне-летний период, когда приток солнечной радиации максимален, а также условия для вертикального перемешивания благоприятны. Индексы сезонности, установленные по средним концентрациям озона для каждого периода года, составили в зимний период – 78,16%, в весенний – 315,42 %, в летний – 538,14 % и осенний – 268,26 %, превышенные индекса сезонности, свидетельствуют о влиянии сезонного фактора в сторону увеличения уровней озона. Коэффициент сезонной колеблемости по средним концентрациям приземного озона составляет 76,51 % (>20 %), что говорит о высокой степени сезонной колеблемости.

Максимальные уровни остальных загрязняющих веществ были установлены в осенне-зимний период, индекс сезонности варьирует от 289,96 % до 417,48 %. По индексам сезонности, можно судить о том, что за все сезоны года загрязняющие вещества были высоки, так как индексы во все сезоны превышают 100 %. Наиболее характерно увеличение загрязнителей в осенне-зимний период объясняется дополнительной нагрузкой на отопительную систему.

Таким образом, взаимосвязь между приземным озоном и другими загрязняющими веществами не обнаруживает твердо установленных закономерностей, так как коэффициенты корреляции отрицательны.

4.3 Полусферные модели для трансграничного переноса загрязняющих веществ, некоторые результаты для Казахстана по приземному озону

В данной главе рассмотрены основные характеристики двух полушарных моделей для расчета загрязняющих веществ (ЗВ) над Северным полушарием и результаты моделирования для Казахстана.

Изучение трансграничного переноса ЗВ является важной проблемой в вопросах изменения климата и изменения общего содержания озона, для их решения прилагается много усилий. Одним из перспективных направлений решения проблемы является математическое моделирование процессов переноса, создание региональных и полусферных моделей переноса и осаждения ЗВ. Региональные модели, созданные, например, для территорий Западной Европы или США представляют незначительную информацию о распределении ЗВ по территории РК. Из 26 моделей, которые мы рассмотрели для сравнения их эффективности [120], мы выбрали только две: полусферная модель ЕМЕП и модель СТМ2 кафедры геофизики университета в г. Осло. Данный выбор обусловлен тем, что эти две модели достаточно хорошо описывают перенос ЗВ и химические превращения приземного озона.

При этом Гидрометеорологической службой Казахстана из всех ЗВ дальнего переноса измеряется только приземный озон. Это позволяет оценить эффективность работы моделей для территории РК хотя бы в общих чертах, и определяет возможность их использования в прогностических целях.

Первая полусферная модель, описывающая трансграничный перенос загрязняющих веществ в Северном полушарии, была создана в рамках программы по изучению переноса ЗВ в Европе (ЕМЕР) в Синтезирующем

метеорологическом центре «Запад» (MSC-W), расположенном в Норвежском метеорологическом институте в Осло.

Основные транспортные механизмы переноса ЗВ относительно хорошо известны из теории общей циркуляции атмосферы. Однако связь переносимых веществ с их приземными концентрациями в районах-источниках ЗВ, т.е. механизм обмена между приземным слоем и тропосферой представляют самостоятельную сложную задачу, пока не вполне изучен. Такой же сложной и пока не до конца решенной задачей является механизм осаждения переносимых примесей. К крупным еще не до конца решенным задачам в области трансграничного переноса относится атмосферная химия, удовлетворительное описание химических процессов, в которые вовлекаются ЗВ во время переноса.

Модель EMEP покрывает все Северное полушарие. Расстояние между узлами сетки у нее в два раза больше, чем это принято в региональной модели для территории Европы, т.е. 100*100 км. Вместо 50*50 км. Число узлов 242*242, базовые широта 60° с.ш., долгота 32° в.д.

Модель кафедры геофизики STM2 - это трехмерная модель, основу которой составляет, как и в модели EMEP, метеорологическая прогностическая модель общей циркуляции Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF), охватывающая атмосферу до 10 гПа с 40 вертикальными слоями. Горизонтальное разрешение у модели ECMWF может варьироваться, однако в STM2 принят шаг 2,8°*2,8°, что составляет примерно 300×270 км. Для расчета адвекции используется момент второго порядка по схеме Пратера [109], а расчет конвекции базируется на схеме пульсации массы Тидке [110]. Перенос в пограничном слое рассчитывается по методике К-профиля Холтслага [111], а расчет выпадения сухого осадка осуществляется по методике Весли [112]. Эмиссии от подстилающей поверхности рассчитываются на основе базы данных EDGAR 3.2 [113] и они типичны и выверены на 2000 г. (а расчеты велись на основе циркуляции за 2001г.). Следует заметить, что в эту базу поступают и данные ряда других стран, не выходящих в зону EMEP, содержатся и не надежные данные. И хотя базы EDGAR постоянно строго

контролируются, наличие сомнительных данных снижает результаты работы любой модели.

Эмиссии NO_x , обусловленные молниями при грозах, параметризованные на основе исследований Прайса и др. [114], модель распределяет такие эмиссии согласно грозовой активности, принимая, что суммарные выбросы составляют 5 Тг/год.

Модель STM2 вычисляет распределение 58 химических элементов, используя модули, описывающие химические процессы в тропосфере и стратосфере [119, 120].

Входными данными для полусферной модели EMEP были данные эмиссий, базирующиеся на выверенных данных за 2000г. университета Штутгарта в узлах сетки полярной стереографической проекции. Для оценки эмиссий первичных РМ 2,5 и РМ₁₀ использовались эмиссии NO_x в долях 10 и 5% от эмиссий NO_x соответственно. В зоне ответственности EMEP использовались имеющиеся данные об эмиссиях для Европы. Временной фактор тоже учитывается только для стран зоны EMEP. Для подвижных органических соединений (VOC), т.е. эмиссий лесов, был увеличен вклад вне территории EMEP, т.е. для территорий Сибири и Канады. Эмиссии оксидов серы вулканами учтены только в пределах области EMEP. Никакие другие естественные эмиссии в модели не учитывались.

Вводимые метеорологические данные соответствуют тем, что вводятся в модель ECMWF ERA-40 для 2001г. Сравнение состава вводимых метеорологических данных в модель ERA-40 с данными, вводимыми в более детализированную модель HIRLAM и результатов моделирования было выполнено в [121]. Там было показано, что из-за более глубокого разрешения ERA-40 имеет склонность переоценивать выпадение влажных ЗВ. Модель STM2 университета Осло построена на интегральной прогностической системе (JFS) того же Европейского центра среднесрочных прогнозов и для расчетов использованы те же данные за 2001г. с ухудшенным разрешением. Эмиссии

рассчитывались также и в модели ЕМЕР. Инициализация модели выполнена на основе работы других моделей в 1999-2000 гг. [122].

Можно видеть, таким образом, что и модель ЕМЕР и модель СТМ2 используют практически одни и те же исходные данные и различия в результатах моделирования- есть следствие работы алгоритмов, заложенных в них, и разного пространственного разрешения.

Результаты моделирования по моделям ЕМЕР и СТМ2 прошли хорошую и длительную верификацию [123]. Мы же ограничимся результатами моделирования приземного озона и сопутствующих ЗВ и их адаптацией для территории Казахстана.

На рис. 4.11 представлено распределение приземного озона над Казахстаном в январе по моделям СТМ2 и ЕМЕР соответственно.

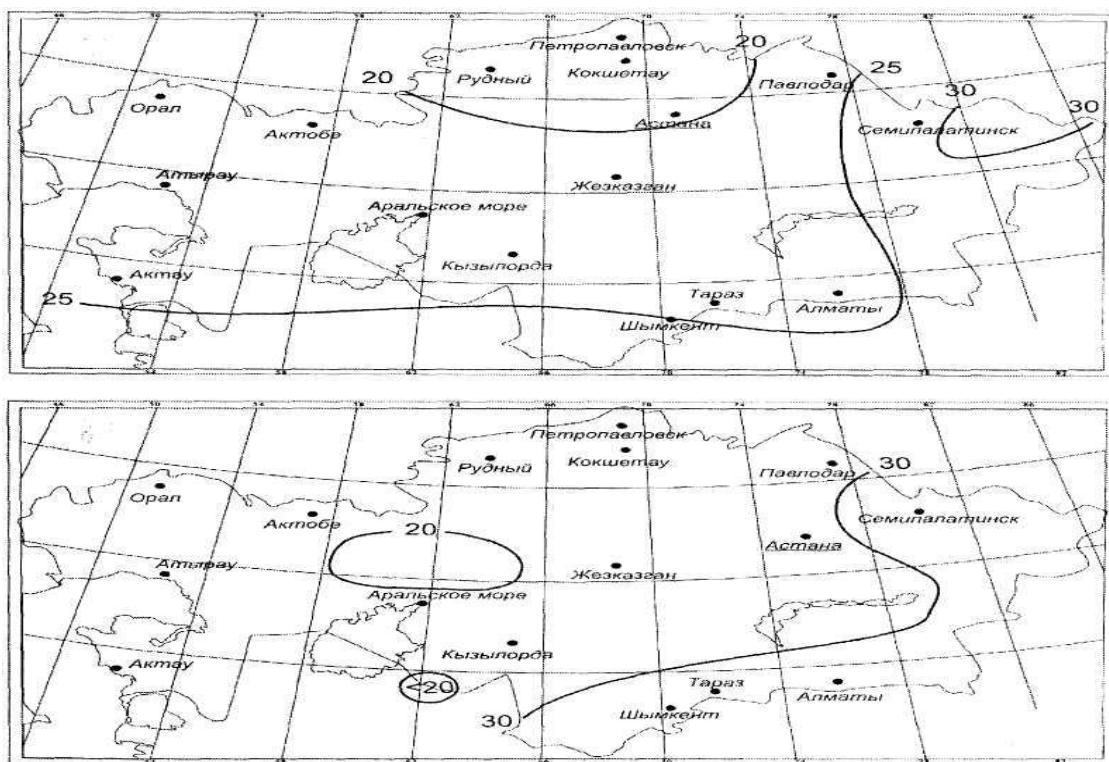


Рисунок 4.11 - Распределение концентраций приземного озона ($\mu\text{кг}/\text{м}^3$) над Казахстаном в январе по моделям ЕМЕР и СТМ2 (8),

Модель ЕМЕР (верхняя карта) дает величины приземного озона 20+25 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ над центральными районами Казахстана с минимум 20 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ и менее

над северо-западом и Казахстаном севернее Арала. К юго-востоку концентрации озона растут, превышая 30 мкг/м^3 на востоке и на юго-востоке территории, т.е. в районах Семипалатинска - Алматы.

Модель СТМ2 (нижняя карта) ось ложбины с минимальными величинами озона располагает пути меридионально над Северным Казахстаном и только южнее 50° с.ш. она поворачивает к юго-востоку. Соответственно, самые низкие концентрации озона имеют место над Северным Казахстаном, 20 мкг/м^3 и менее, а самые высокие, 30 мкг/м^3 , как над востоком и юго-востоком территории.

Сравнивая результаты моделирования с данными наблюдений за приземным озоном в Алматы, мы отмечаем, что концентрации, получаемые по модели СТМ2 ближе к наблюдаемым. Возможно наличие горных массивов, препятствующих свободному переносу воздушных масс с юга, богатых озоном, обеспечивает условия, когда над югом и юго-востоком Республики преобладают воздушные массы, поступающие с северной составляющей и бедные озоном. В то же время ход изолиний приземного озона над территорией Республики, получаемый по обеим моделям, очень близок. Результаты моделирования для июля представлены на рис. 4.12.

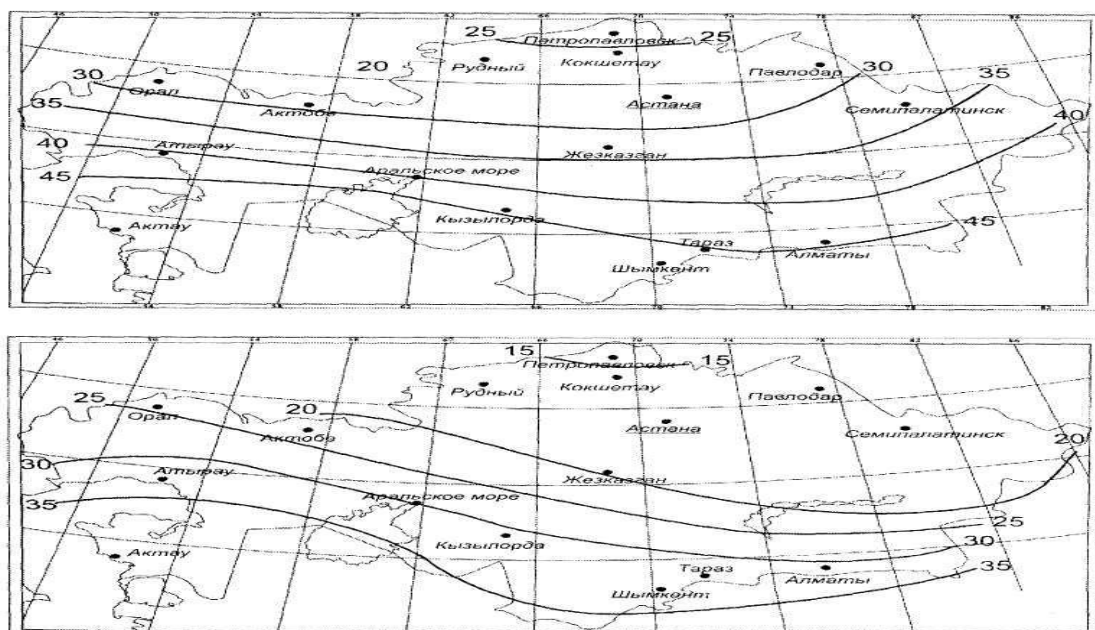


Рисунок 4.12 - Распределение концентраций приземного озона (мкг/м^3) над Казахстаном в июле по моделям ЕМЕР и СТМ2

Обе модели дают ложбину, ориентированную с северо-запада на юго-восток. Обе модели дают диапазон изменения озона в пределах территории Казахстана с юга на север в 20 мкг/м³. Однако модель СМТ2 - в диапазоне 45-25 мкг/м³., а ЕМЕР - 35-15 мкг/м³. Сравнение результатов моделирования с данными за приземным озоном в Алматы позволяет сделать выводы, что модель ЕМЕР занижает, а модель СМТ2 завышает концентрации приземного озона на 5-6 мкг/м³. Кроме того, модель СМТ2 дает довольно плавное уменьшение концентрации с увеличением широты. Только севернее 50° с.ш. градиенты заметно уменьшаются. Модель ЕМЕР основное уменьшение концентрации озона дает в полосе южнее линии Балхаша - Актюбинск. Отсутствие наблюдений за приземным озоном еще где-нибудь, например, в Северном Казахстане, не позволяет с полной уверенностью сделать выводы в пользу одной из моделей. Знание, однако, режима прямой солнечной радиации и летних температур воздуха в Казахстане, позволяет предположить, что модель СМТ2 отображает ход и общее распределение приземного озона лучше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований получено следующее:

1. Установлены особенности временных тенденций общего содержания озона и приземного озона по территории Казахстана, при анализе тенденции развития озонового слоя было отмечено, что за 43-летний отрезок времени рассматриваемого периода общее содержание озона над Казахстаном уменьшился на 7 еД, или 2 % от среднего многолетнего значения. Установлены связи между типами макропроцессов и озоном, форма циркуляции E хорошо описывает временной ход общего содержания озона, также полиномы формы циркуляции E и минимальных значений приземного озона совпадают, также к полиномам форм циркуляции W соответствуют максимальные концентрации приземного озона. Представлены гармониками во временных рядах общего содержания озона с основными гармониками 8, 33, 363, 458 и 488 лет. Проанализированы данные общего содержания озона в соседних странах, в Кыргызстане, Таджикистане, Туркменистане и России.

2. Проведен детальный анализ аэросиноптических условий образования экстремальных концентраций озона. Арктические воздушные массы приводят на территорию воздух богатый озоном, тропическим воздушным массам соответствует минимум концентраций озона, умеренный воздух характеризуется промежуточными концентрациями. Струйным течениям, разделяющим воздушные массы, соответствуют зоны больших градиентов озона. Проанализированы спутниковые данные и данные наземных измерений общего содержания озона, было получено, что между ними существует довольно тесная связь, 10-15 % от величины ОСО.

3. При оценке влияния приземного озона на здоровье населения, было установлено что, увеличение приземного озона приводит к увеличению ряда болезней кровообращения, дыхательных путей и давления. Расчеты множественной и парной регрессии показали, что взаимосвязь между приземным озоном и другими загрязняющими веществами, такими как,

взвешенные вещества, формальдегиды, оксид углерода, диоксид азота не обнаруживают твердо установленных закономерностей, так как коэффициенты корреляции отрицательны.

4. Рассмотрены основные характеристики двух полушарных моделей для расчета загрязняющих веществ над Северным полушарием и результаты моделирования для Казахстана. Сравнение распределения концентраций приземного озона над Казахстаном в январе и июле по моделям СМТ2 и ЕМЕР позволяет предположить, что модель СМТ2 отображает ход и общее распределение приземного озона лучше, чем модель ЕМЕР.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.Л., Хргиан А.Х. Озонный щит Земли и его изменения. СПб.: Гидрометеиздат. 1992. – 282 с.
2. Официальный сайт Всемирной Метеорологической организации <https://www.wmo.int>
3. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: Оценка современного развития секторов потребителей озоноразрушающих веществ и их воздействие на озоновый слой и изменения климата. Возможности адаптации секторов к мерам, принимаемым для выполнения обязательств по монреальскому протоколу по веществам, разрушающих озоновый слой (заключительный) / Е.Т. Тулекбаев – Алматы: 2010 – 176 с.
4. www.kazhydromet.kz
5. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni#maincontent>
6. Гуцин Г.П. Атмосферный озон // Материалы 3 междувед. совещания по атмосферному озону. 21-23 мая 1963 г. - 1965. – 115 с.
7. Утешев, А.С. Климат Казахстана. [Текст] / А.С. Утешев – Л.: Гидрометеиздат. 1959. – 367с.
8. Вилесов, Е.Н., Науменко, А.А., Веселова, Л.К., Аубекеров, Б.Ж. Физическая география Казахстана. [Текст] / Е.Н. Вилесов - Алматы: Қазақ университеті, 2009. - 361 с.
9. Мильков, Ф.Н. Лесостепь Русской равнины. [Текст] / Ф.Н. Мильков. – М.: Изд. Академии Наук СССР, 1950. – С.162-163.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. // Казахская ССР. Температура воздуха. – Вып.18. – Ч.2 – Л.: Гидрометеиздат, 1989.– 515 с.
11. Научно-Прикладной справочник по климату Казахстана. //Многолетние данные. Температура воздуха. – Вып. 14. – Казгидромет, Алматы: 2004.–563 с.
12. Справочник по климату Казахстана. // Многолетние данные. Атмосферные осадки. - Вып.1-14. – Алматы: Казгидромет. 2004.

13. Справочник по климату Казахстана. // Многолетние данные. Ветер. - Вып. 1-14. - Алматы: Казгидромет. 2005 – 337 с.
14. Гущин Г.П. Атмосферный озон // Материалы 3 междувед. совещания по атмосферному озону. 21-23 мая 1963 г. - 1965. – 115 с.
15. Александров Э.Л., Седунов Ю.С. Человек и стратосферный озон. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 104 с.
16. Кароль И.Л. Озонный щит Земли и человек. - С.- П., 1992. - 30 с.
17. Перов С.П., Хргиан А.Х. Современные проблемы атмосферного озона. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 286 с.
18. Хргиан А. Х. Физика атмосферного озона. -Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 292 с.
19. Northern Hemisphere Winter 2005 – 2006/National Oceanic and Atmospheric Administration - April 2006, электронная версия
20. WMO/UNEP. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002. - World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project - Report № 47 - <http://www.al.noaa.gov>.
21. Монреальский Протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. - Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде. – 1987 г.
22. Жадин Е. А. Аномалии озонового слоя и стратосферный угловой момент//Метеорология и гидрология, 1995. № 7. С. 48—55.
23. Жадин Е. А. Арктическое колебание и межгодовые вариации температуры поверхности Атлантического и Тихого океанов//Метеорология и гидрология, 2001, № 8. С. 28 -40.
24. Кадыгрова Т. В., Фиолетов В. Э. Банк данных "Озонометрия" и статистическое описание поля общего содержания озона. Атмосферный озон. —М., Гидрометеиздат, 1990.
25. Юшков В. А., Накане Х., Цветкова Н. Д. и др. Исследование состояния озонового слоя в зимне-весенний период 2000 г. с помощью

баллонных измерений и наземных наблюдений в Сибири. — Метеорология и гидрология, 2002, № 12, с. 27—35

26. Семенов С.М., Кунина И.М., Кухта Б.А. Тропосферный озон и рост растений в Европе, Метеорология и гидрология, 1999

27. Bates, David V. Ambient ozone and mortality, *Epidemiology*, 2005, №16 (4), p. 427-429.

28. Alexandros Gryparis, Bertil Forsberg at. al. Acute Effects of Ozone on Mortality from the "Air Pollution and Health:A European Project Approach" *Am. J. Respir. Crit. CareMed.* 2004; (170): 1080-1087

29. Павлова О.Е. Озониндуцированные изменения в системе крови. Материалы VI научно-практической конференции по проблемам физического воспитания учащихся "Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире".— Коломна, 1996; 154-155

30. Martuzzi M., Mitis F., at. al. Health impact of PM10 and ozone in 13 Italian cities WHO 2006 (<http://www.euro.who.int/pubrequest>.)

31. Aimen K. Farraj, Mehdi S. Hazari at. al. Overt and Latent Cardiac Effects of Ozone Inhalation in Rats: Evidence for Autonomic Modulation and Increased Myocardial Vulnerability *Environmental Health Perspectives* 2012; 120 (3): 348-354.

32. Котельников С.Н., Степанов Е.В., Олюнин Е.А., Манаков М.А. Влияние умеренных концентраций приземного озона на здоровье населения г.Вятские поляны летом 2010 г. Труды совещания-семинара / г.Тарус, 6-7 июня 2012 г.

33. Агентство по охране окружающей среды США – US EPA – Environment Protection Agency <http://www.epa.gov>, www.epa.gov/airnow.

34. Press Release to the International Day for the Preservation of the Ozone Layer // International Ozone Commission. - International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences, 16 September 2005

35. Кокоин Г.А. Атмосферный озон // Труды Всесоюзной конференции по атмосферному озону, г Суздаль, окт. 1988г. - 1900. – 231 с.

36. Есеркепова И.Б., Кенжибаев А.Т. К вопросу о распространении озоноразрушающих веществ и водяного пара от нефтегазоносного региона Каспия// Изв. научно-технического общества “Кахак”, 2002, № 6.-С.58-65.

37. Кенжибаев А.Т. К оценке озонового слоя над загрязненной атмосферой г. Алматы//Известия научно - технического общества “Кахак”, 2000. № 3. С. 87- 93.

38. Есеркепова И.Б., Кенжибаев А.Т., Степанова Е.Ю., Чередниченко А.В. Оценка текущего состояния озонового слоя в атмосфере над Казахстаном//Тезисы докладов. Международная конференция по проблемам изменения климата, 23-25 апреля 1997 г. Алматы, 1997.- 237с.

39. Исследовать многолетние изменения общего содержания озона в атмосфере над Казахстаном и их связь с атмосферно-физическими факторами: Отчет о НИР (промежуточ.) / КазНИГМИ; Отв. исполн. А.Т. Кенжибаев. - ГР 01930010157; Инв.№ 0296PR00218. - Алматы, 1994. - 59 с.

40. Исследовать многолетние изменения общего содержания озона в атмосфере над Казахстаном и их связь с атмосферно-физическими факторами: Отчет о НИР (заключ.)/КазНИИМОСК, Отв. исполн. А.Т. Кенжибаев. - ГР 01930010157; Инв.№ 0296PR00454. - Алматы, 1995. - 57 с.

41. Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 192 с.

42. Кенжибаев А.Т. О динамике озонового слоя в атмосфере над территорией Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1996. №3. С. 54 - 69.

43. Кенжибаев А.Т. К оценке состояния озонового слоя и запаса воды в атмосфере, подвергшихся воздействию военного полигона на территории Казахстана // Изв. корейского научно - технического общества “Кахак”, 2001, №5. С. 96-101.

44. Кенжибаев А.Т. Экологические аспекты состояния озонового слоя и запаса воды в атмосфере над территорией Казахстана. Современные проблемы органической химии, экологии и биотехнологии. Материалы 1 Международной

научной конференции // Под общей редакцией д.х.н.проф. Я.В. Зачиняева .- Луга: Изд-во Крестьянского государственного университета имени Кирилла и Мефодия. -2001. Т.2. С. 55-56.

45. Кенжибаев А.Т. Трансграничный перенос атмосферного озона и влаги над территорией Казахстана // Известия корейского научно - технического общества “Кахак”. - № 4. - 2001. - 111 - 118.

46. Кенжибаев А.Т. О влиянии состояния озонового слоя и элементов влагооборота в атмосфере на характер чрезвычайных ситуаций в Казахстане // Материалы международной научно-практической конференции: Региональные проблемы экологии и безопасности жизнедеятельности (18-19 января 2002 г.). Часть 1. Алматы, 2002. С. 80-86.

47. Кенжибаев А.Т. К вопросу охраны состояния озонового слоя и рационального использования УФ-излучения на территории Казахстана // Развитие науки, новых технологий и проблемы высшего профессионального образования за десятилетие независимости: итоги и перспективы/Сборник материалов международной научно-технической конференции.- Алматы: Эверо, 2002. С. 151-156.

48. Кенжибаев А.Т. К проблеме учета состояния озонового слоя и местного климата в профилактических и лечебных целях на территории Казахстана // “Актуальные проблемы экологии”. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию Карагандинского государственного университета им. Е.А.Букетова и году здоровья, 21-22 ноября. – Караганда, 2002. – С.221-224.

49. Кенжибаев А.Т., Джу Хе юн О размещении АЭС на территории Казахстана с учетом неоднократно проведенных ядерных взрывов в регионе// Изв. корейского научно-технического общества “Кахак”. – Алматы, 2002, № 7.- С. 64-70.

50. Кенжибаев А.Т., Каипова З.К. К проблеме экологической безопасности Балхаш-Илийского региона от угрозы тропосферного озона//6-я Международная научно-техническая конференция, посвященная к 70-летию

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, “Новое в безопасности жизнедеятельности”(охрана труда, экология, валеология, защита человека в ЧС, токсикология). - Алматы, 2004. Часть 1. – С. 340-344.

51. Попов В.А., Черных Л.Н., Печенникова Е.В. Содержание озона в городской атмосфере в зависимости от метеорологических условий. - М.: Гидрометеиздат, 1980. - 227 с.

52. Степанова Е.Ю. Оценка состояния приземного озона в городе на примере г.Алматы // Материалы международной научной конференции ”Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон” в Российском государственном гидрометеорологическом университете. – Санкт-Петербург:“Крисмас+”, 2006. - С.58-65.

53. Иванов А.И., Зырянова О.А., Каримова Л.М., Коровченко В.Н. Измерение биологически активной ультрафиолетовой радиации Солнца. Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 2. - С. 64-72.

54. Chou M.-D. and Suarez M. J. A solar radiation parametrization for atmospheric studies.—NASA/TM-1999-10460, 1999, vol. 15. 6.Fio 1 etov V. E. et al. Long-term ozone decline over the Canadian Arctic to early 1997 from ground-based and balloon observations. — Geo phys. Res. Lett., 1997, vol. 24, pp. 2705—2708.

55. Logan J. A. Tropospheric ozone: seasonal behavior, trends, and anthropogenic influence. - J. Geophys. Res., 1985, vol. 90, № D6, pp. 10463-10482.

56. Чередниченко А.В. Динамика и внутренняя структура месячных величин общего содержания озона над Казахстаном. №4, С. 23-36. 2007

57. Есеркепова И.Б., Кенжибаев А.Т., Степанова Е.Ю., Чередниченко А.В. Проблемы мониторинга и охраны озонового слоя в Казахстане. №1, С. 114-122. 1997

58. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л., Гидрометеиздат, 1974. – 488 с.

59. Чередниченко А.В., Мунайтпасова А.Н. Динамика озонового слоя по данным Казахстанской наблюдательной сети и общая циркуляция атмосферы //

«Центральная Азия в исследованиях 19-21 вв. К 175-летию со дня рождения Н.М. Пржевальского» материалы Международной научно-практической конференции, г.Бишкек, г.Каракол, 10-12 апреля 2014 г.

60. Мунайтпасова А.Н. Взаимосвязь ОСО и ПКО с циркуляцией атмосферы // Наука и новые технологии, №5, 2014. Бишкек, 2014 г.

61. Хргиан А.Х. Атмосферный озон. Результаты работ Международного геофизического года в СССР. Конференция. 28-31 окт. 1956 г. – М.: Московский Университет, 1961. – 55 с.

62. Токтомышев С.Ж. Зона озона // Вечерний Бишкек, №134 (10290). – 15 август 2011 г.

63. www.woudc.org

64. Звягинцев А.М., Кузнецова И.Н., Шалыгина И.Ю., Лезина Е.А., Лапченко В.А., Никифорова М.П., Демин В.И. Исследование и мониторинг приземного озона в России // Труды Гидрометцентра России, 2017. Вып. 265. – С.56-70

65. Еланский Н.Ф. Исследование атмосферного озона в России в 2003-2006 гг. // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана, №2. М., 2009. – С.207-220.

66. Демин В.И., Карпечко А.Ю., Белоглазов М.И., Кюро Е. О роли турбулентного перемешивания в формировании приземных концентраций озона на Кольском полуострове // Оптика атмосферы и океана. 2006г., том 19, №. 5, стр.448-450.

67. Еланский Н.Ф., Локощенко М.А., Беликов И.Б. и др. Изменчивость газовых примесей в приземном слое атмосферы Москвы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2007. Т.43. №2. С.1-14.

68. Котельников С.Н., Миляев В.А., Саханова В.В., Янгуразова Л.Р. Проблема тропосферного озона в Москве и Московской области. Влияние озона на растения и здоровье человека. Тезисы конференции, М., 2002.

69. Безуглая Э.Ю., Завадская Е.К., Смирнова И.В. Возможности прогноза средних концентраций озона в атмосфере городов России. Мониторинг загрязнения атмосферы в городах. СПб, 1998, С.67-85.

70. Хргиан А.Х. Атмосферный озон. Результаты работ Междунар. геофиз. года в СССР. Конференция. 28-31 окт. 1956 г. – М.: Московский Университет, 1961. – 55 с.

71. Бутуханов В.П., Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Ломухин Ю.Л., Цыдыпов Б.З., Цыдыпов В.В. Связь концентрации озона с концентрацией окислов азота и температурой воздуха в приземном слое атмосферы г. Улан-Удэ. // Метеорология и гидрология. – 2005. - №10. – 21 с.

72. Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.Л., Хргиан А.Х. Озонный щит земли и его изменения. – Л.: Гидрометеиздат, 1992. – 194 с.

73. Мунайтпасова А.Н. Суточный ход приземного озона в г. Алматы // Вестник КазНУ, Серия географическая, №2 (39). Алматы, 2014

74. Хргиан А.Х., Еланский Н.Ф. Атмосферный озон. - М.: Изд. МГУ, 1983. – 156 с.

75. Гущин Г.П. Озон и аэросиноптические условия в атмосфере. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 341 с.

76. Чередниченко А.В., Мунайтпасова А.Н. Пространственно-временная динамика приземного озона в городе Алматы // Проблемы системного подхода в географических исследованиях, Материалы международной научно-практической конференции «VI Жандаевские чтения», 13-14 апреля, 2011 г., 264 стр.

77. Демин В.И., Белоглазов М.И., Еланский Н.Ф. Некоторые результаты мониторинга приземного озона на Кольском полуострове (1999-2003 гг.). // Метеорология и гидрология. – 2005. - №10. – 10 с.

78. Бутуханов В.П. и др. Связь концентрации озона с концентрацией окислов азота и температурой воздуха в приземном слое атмосферы г. Улан-Уде. // Метеорология и гидрология, 2005. № 10. С. 21—32.

79. Пшенин В.Н. Автомобильный транспорт и загрязнение приземной атмосферы озоном. // Транспорт: наука, техника, управление. – 1998. №12. – 27 с.
80. Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R. (1997) Radiative forcing and climate response. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 102, 6831-6864. doi:10.1029/96JD03436.
81. Yung Y.L., Jiang Y., Liao H., Gerstell M.F., Enhanced UV penetration due to ozone cross-section changes induced by CO₂ doubling, *Geophysical Research letters*, vol.24, no24, p.3229-3231, December 15,1997.
82. Martin Dameris, P.Fabian. *Ozone in the atmosphere*. Berlin, 2014
83. Bass, A.M., and R.J.Paur, *The Ultraviolet Cross Sections of Ozone. I. Measurements*, in *Atmospheric Ozone, Proceedings of the Quadrennial Ozone Symposium in Halkidiki, Greece, 1985*, p.606-616.
84. Moody, J.L., Samson, P.J. The influence of atmospheric transport on the composition of precipitation at two sites in the Midwestern United States. // *Atmospheric Environment* 23, 2117-2132,1989.
85. Белоглазов М.И., Ермак А.А., Румянцев С.А., Ролдугин В.К. Некоторые результаты измерений содержания приземного озона на побережье Белого моря. // *Метеорология и гидрология*. – 1998. - №10. – 65 с.
86. А.В. Шаврина, А.А. Велесь и др. Тропосферный озон как опасный загрязнитель атмосферы.//Материалы международной конференция АСТРОЭКО-2002 "Состояние и перспективы международных исследований по наблюдательной астрономии, экологии и экстремальной физиологии в Приэльбрусье", 12-16 августа 2002 г. – Приэльбрусье, Кабардино-Балкария, – электронная версия.
87. Monks, P.S. A review of the observations and origins of the spring ozone maximum. // *Atmos. Environment*. V. 34, P.3545-3561,2000
88. Mayer B., Kylling A. Technical Note: The libRadtran software package for radiative transfer calculation: Description and examples of use. *Atmos. Chem. Phys.*, 5:1855-1877, 2005.

89. Ромашкина К.И., Шаламянский А.М. Некоторые вопросы методики измерения содержания озона на сети озонметрических станций Труды ГГО. Вып. 445, - 1980.

90. Чередниченко А.В., Чередниченко Алексей В., Чередниченко В.С. Особенности временного распределения приземного озона в районе Алматы. №1, С. 17-27. 2011

91. Dobson G.M.V. Observers' handbook for the ozone spectrophotometer. 1957, Ann. IGY, part 1, P. 46-89.

92. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология. Изд. 6-е, доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Феникс», 2003. – 576 с.

93. Потаненко А. Я. Действия света на человека и животных. // Российский государственный медицинский университет. М., 1996

94. Александров Э. Л., Седунов Ю.С. Человек и стратосферный озон. Гидрометеиздат. Ленинград, 1979. 104 с.

95. Кароль И.Л., Киселев А.А. Фотохимические модели атмосферы и их использование в исследованиях озоносферы и климата (обзор) // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2006. – Том 42. – № I. – С. 3-34.

96. Bates D.R. Rayleigh scattering by air. 1984 Planet. Space Sci., 32, pp.785-790.

97. Кондратьев К.Я. Глобальная динамика озона. // Итоги науки и техники. Сер. Геомагнетизм и высокие слои атмосферы. Том 19. – М.: ВИНТИ, 1989. – 212 с.

98. Белан И.Д. Проблема тропосферного озона и некоторые результаты его измерений. // Оптика атмосферы и океана. – 1996. – Том 9. – № 9. – С. 1184 - 1213.

99. Чередниченко А.В., Мунайтпасова А.Н. Синоптические условия формирования низких концентраций приземного озона в городе Алматы // «Геоэкологические и геоинформационные аспекты в исследовании природных условий и ресурсов науками о земле» материалы международной научно-

практической конференции «VII Жандаевские чтения», 17-18 апреля 2013 г., 313 стр.

100. Чередниченко В.С., Чередниченко А.В., Мунайтпасова А.Н., Султанова Д.М. О возможностях использования спутниковых данных в анализе концентраций загрязняющих веществ на территории Казахстана // Климатология и гляциология Сибири. Международная научная конференция. Томск, 2015. С. 361-363.

101. Вароцос К.А., Кондратьев К.Я. Загрязнение тропосферы и ультрафиолетовая солнечная радиация. // Оптика атмосферы и океана. – 1994. – № 2. – С.1020-1030.

102. Перов С.Я., Хргиан Л.Х. Современные проблемы атмосферного озона. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 287 с.

103. Sinnhuber B.M. et al. Large loss of total ozone during the Arctic winter of 1999/2000. – Geophys. Res. Lett., 2006, Vol. 27. – No. 21. – P. 3473 - 3476.

104. Hemispheric transport of air pollution 2007// Air pollution studies № 16, United Nations, New York and Geneva, 2007, 146 p.

105. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>

106. Чередниченко В.С., Чередниченко А.В., Чередниченко А.В., Мунайтпасова А.Н., Султанова Д.М. О возможностях использования спутниковых данных в анализе концентраций загрязняющих веществ на территории Казахстана // Климатология и гляциология Сибири, Томск, 20-23 октябрь 2015. – С. 361-363.

107. Чередниченко В.С., Чередниченко А.В., Чередниченко А.В., Мунайтпасова А.Н., Султанова Д.М. Анализ наземных и спутниковых данных общего содержания озона по сведениям Казахстанской наблюдательной сети. Молодой ученый. №21 (125). Ч. 3. 2016. С. 245-251.

108. Prather M.J. Numerical advection by conservation of second order moments/ J.Geophys. Res. 91,6, pp. 671-681.

109. Tiedtke M.A comprehensive mass Flux Scheme for cumulus parametrization on large scale models. M. Wea. Rev. 117, 1, 1989, pp. 779-800.

110. Holtslag A.A.M., DrBruijn. E.J.F., Plan H.I. A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting./Mon. Wea.Rev., 118, 1990, pp. 1561-1575.
111. Wesely M.L. Parametrisation of surface resistance to gaseous dry deposition in regional-scale numerical models/ Atm. Env. № 23,1989, pp. 1293-1304.
112. Oliver J.G.J., Bedrowski J.J.M. Global emissions sources and sinks// The Climate System, A.A. Balkema Publishers. Lisse, The Netherlands, 2001, pp. 33-78.
113. Price C and an. NO_x lightnings// Global distribution based on lightning/Jorn. Geophys. Res. 1997, №102, 5, pp. 943-952.
114. Bernsten T.K., Jsaksen J.S.A. Effects of lightning and convection on changes in upper tropospheric ozone due to aircraft./ Fellus, 51B, 1989, pp. 766-788.
115. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона. Глобальные обновленные данные // Труды Гарус, 2005.
116. Кенжибаев А.Т. К проблеме учета состояния озонового слоя и местного климата в профилактических и лечебных целях на территории Казахстана // “Актуальные проблемы экологии”. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию Карагандинского государственного университета им. Е.А.Букетова и году здоровья, 21-22 ноября. – Караганда, 2002. – С.221-224.
117. Султанова Р.Ю., Даутова А.З., Клушина О.А. [и др.] Загрязнения окружающей среды города Алматы и их влияние на здоровье населения // Научное сообщество студентов XXI столетия. естественные науки: сб. ст. по мат. IX междунар. студ. науч.-практ. конф. № 9. 2018.
118. Мунайтпасова А.Н. Влияние концентраций приземного озона на здоровье населения города Алматы. Молодой ученый. №21 (125). Ч. 3. 2016. С. 259-262.
119. Формальдегид в атмосфере и его влияние на организм. В.Б. Дорогова, Н.А. Тараненко, О.А. Рычагова. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2010. №1 (71), С. 32-34.

120. Stordal F., Gsaksen I.S.A., Horntvert K. Adiabatic circulation two-dimensional model with photochemistry simulations of ozone and long lived tracers with surface sources/ *Jorn. Geophys. Res.* №90, 1985, pp.757-776.
121. Wild O., Zhu X. and Prather M.G. Fast-J: accurate simulation of in-and below cloud photolysis in tropospheric chemical models/ *Jorn. Of Atoms. Chem.* №37, 2000, pp. 245-282.
122. Forster C, Stohl A., Wind P. and Benedictow A. Intercontinental air pollution transport.// *Transboundary acidification, eulrophication and ground level ozone in Europe/ MSC-W status Report №1*, Oslo, Norway, 2005, 49 p.
123. First results from the hemispheric EMEP model and comparison with the global Oslo CTM2 model/EMEP, MSC-W, Technical report, №2, 2006, 46 p.