

**Мониторинг состояния окружающей среды среднегорья и
исследование региональных фоновых характеристик атмосферы по
данным наблюдений на Кисловодской высокогорной научной
станции ИФА им.А.М.Обухова РАН**



Особенности расположения КВНС 1

На слайде1 (с вертолѐта) видно одно из преимуществ станции перед большинством высокогорных: Станция КВНС (2070м над у.м.) расположена на плато Шаджатмаз в зоне альпийских лугов к северу от Главного Кавказского хребта и г. Эльбрус., не на пике или крутом склоне горы,

1) на плато Шаджатмаз, входящем в горную структуру

2) с общим уклоном на север

Такая топография приводит к слабому развитию горно-долинной циркуляции, конкурирующей с подъёмом воздуха из ближайшего узкого ущелья. В результате не происходит (обычно мощного) утреннего подъёма воздуха из долины и регулярно заноса воздуха из нижележащих и чаще всего загрязнённых слоев.

Мониторинг содержания малых газовых и аэрозольных примесей, оптических, радиационных и других характеристик атмосферы в фоновых условиях и в стационарном, и в маршрутном режимах на низкогорье и в долине, позволяет:

исследовать региональные фоновые характеристики атмосферы, изучать механизмы и характер естественной изменчивости примесей в атмосфере оценивать антропогенное влияние на качество воздуха в населённых районах долин;

Выделять и изучать влияние и закономерности трансграничного переноса примесей;

оценить роль стратосферы в формировании полей примесей (стратосферно-тропосферного обмена) и орографических волн разного происхождения; выявлять тенденции, исследовать причины и прогнозировать *характер* климатических

изменений и причины локальных экологических проблем.



Особенности расположения 2
Благодаря тому, что Кавказский хребет расположен почти параллельно зональному потоку, “pumping”- эффект, характерный для Альп, значительно ослаблен. Отсутствуют **локальные источники загрязнений**: ближайший город, курортный г. Кисловодск, находится в 18км к N от КВНС. Регион не густо заселен, является **курортно-рекреационным** и **природным заказником**.

Показано, что большую часть времени КВНС находится над пограничным слоем (ПСА, PBL высота 1500-1800 м над у.м.), и является **фоновой высокогорной станции**, контролирующей состояние свободной тропосферы, и является **базовой для стационарных и экспедиционных исследований в важной рекреационной зоне России, в районе Кавказских Минеральных Вод.**

Второй пункт наблюдений находится в курортном районе г. Кисловодск на высоте 890м над у.м.,. С начала 70-ых в городах - курортах сотрудниками ИФА РАН проводились измерения газовых и аэрозольных примесей атмосферы для оценки качества воздуха социально значимого курорта Кавказские Минеральные Воды (КМВ).

**Стационар
ВНС с 1978г**



**Кисловодская
Высокогорная
научная станция
(базовая)
43.7°N, 42.7°E;
2070м над у.м.
в 50км к N от
Эльбруса**

**Кисловодский
городской
комплекс аппаратуры
(контрольный)
43°.9N; 42°. 7E,
870м над у.м.
в 18км к N от KBNS**



Основные задачи наблюдений в высоко- и низкогорных условиях Северного Кавказа в районе г.Кисловодск

Блок 1

Мониторинг фоновых региональных и глобальных характеристик на высокогорье: измерения фоновых концентраций газовых и аэрозольных составляющих атмосферного воздуха

раннее обнаружение изменений содержания химически и радиационно-активных примесей в стратосфере;

изучение динамических и фотохимических процессов, определяющих вариации состава атмосферы (изучение влияния горных районов на перераспределение и трансформации примесей и энергии в атмосфере, в том числе исследование волновых процессов;

стратосферно-тропосферного обмена, трансграничного переноса

Блок 2

Наблюдения за экологической обстановкой и биоклиматическими характеристиками в условиях низкогорья городов-курортов особо охраняемого курортно-рекреационного региона Кавказских Минеральных Вод;

контроль затока воздуха из населенной долины в район фоновой станции КВНС (Это дополнительная гарантия репрезентативности данных КВНС для GAW);

Контроль и изучение состояния и тенденций изменения курортных природных ресурсов, в т.ч., качества воздуха умеренного загрязненного низкогорного курортно-рекреационного региона, состояния локальных природных экосистем (парков, лесопарков);

разработка (совместно с курортологами) методик эффективного и безопасного лечения природными факторами и профилактики метеопатических реакций в условиях стремительно меняющейся окружающей среды.

Daily measurements

total contents of ozone and vertical distribution of ozone, net spectro-photometer

BREWER # 43 (since 1989);

spectral distribution of a UV radiation, net spectrophotometer BREWER # 43, (since 1989);

total contents of NO₂ (direct and scattering radiation), certificated spectrometers MDR-23 (1979-2008) and Oriel MS-60 (2005-2008);

vertical profile of NO₂ (scattering radiation), certificated spectrometers MDR-23 (1991-2011) and Oriel MS-60 (2005-2008), восстановлены измерения в 2014;

total contents of CO, H₂O IR-spectrometer, (since 2005 in regular regime)

Monitoring Surface concentration of O₃, NO, NO₂, CO

Ozone-analyzer (1008-AH), the DASIBI Environmental Corp. (USA), Light absorption photometry, (since 1989),

Analyzer of NO and NO₂ background contents (TE42C-TL), the Thermo Environmental Corp. (USA), Chemiluminescence (CL) [general], (2004-2009), now without calibration.

Analyzer of CO, APMA-360, HORIBA (Japan), Fourier-transform IR spectroscopy (FTIR), (2004-2009), now without calibration.

Метеостанции на разных уровнях атмосферы (или датчики)

Automatic meteorological station Vantage Pro-2, DAVIS instruments, (USA), (since 2006) (870m)

Automatic meteorological station Vantage Pro-2, DAVIS instruments, (USA), (since 2012) (2070m)

Daily measurements

aerosol counter LAS-P, nine-channel laser spectrometer, particle sizes between 0.15 and 1.5 μm), НИИФХ им.Карпова, (Russia), (since 2004-)

aerosol counter ОЕАС, nine-channel laser spectrometer, particle sizes between 0.5 and 20 μm), Karpov Inst.(Russia), (since 2007.09)

Analyzer of CO, К-100, OPTEC (Russia), electro-chemical method, (2008.09-2011), now without calibration.

Analyzer of NO and NO₂, P-310A, OPTEC (Russia), Chemiluminescence's (CL) [general], (2007.07-2010) now without calibration.

During the regular expeditions

aerosol compounds (mass concentration, microphysics and optical properties and chemical composition of aerosol and aerosol particles size spectrum)

surface concentration of gas components CO₂, CH₄, SO_x, H₂O, VOC

vertical profile O₃ in mesosphere

ozone turbulent flows

NO₂ photodissociation rate

characteristics of the atmosphere state:

radiative characteristics;

vertical profiles of meteoparameters (temperature stratification of the high atmosphere and in boundary layer), Mobile Analyzer of the atmospheric temperature profile up to a height of 1km (MTP-5, CAO, Russia)

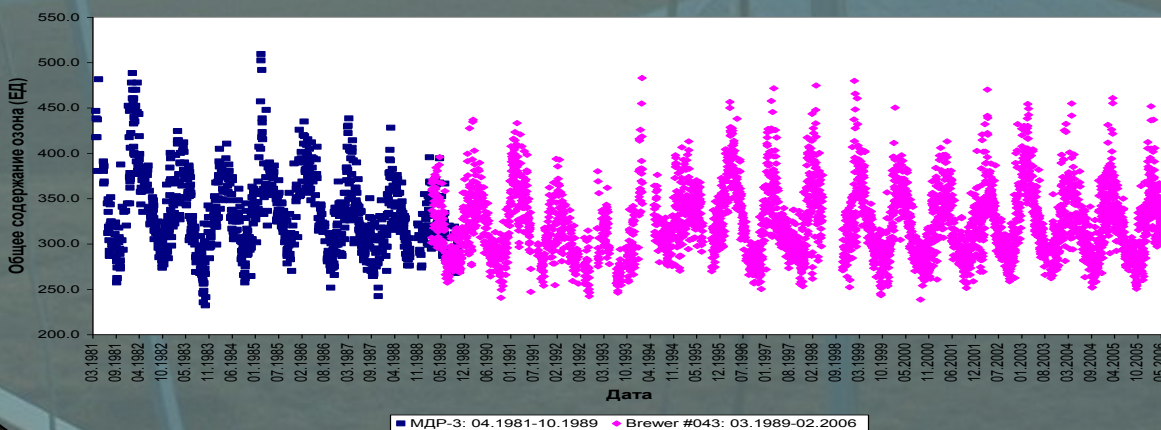


Продолжительные ряды измерений параметров атмосферы на высокогорье и их долговременные вариации

- Ряд общего содержания NO₂ с 1979 - самый продолжительный ряд измерений по прямому излучению Солнца,
 - ряд приземной концентрации озона с 1989г - самый продолжительный в России однородный ряд
 - Ряд общего содержания озона (OCO) с 1981г,
- Международный статус КВНС отражен на следующих трёх слайдах, там же - ряды данных, представляющие интерес для SAWSIS WMO.

Международный
Статус КВНС

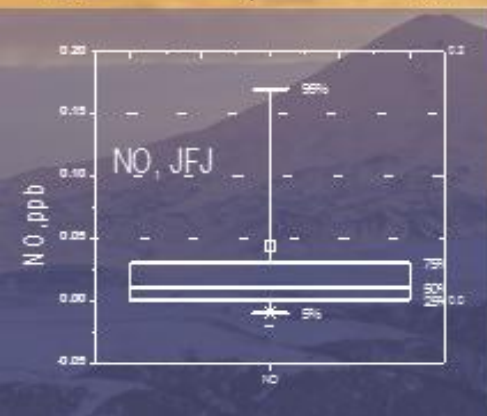
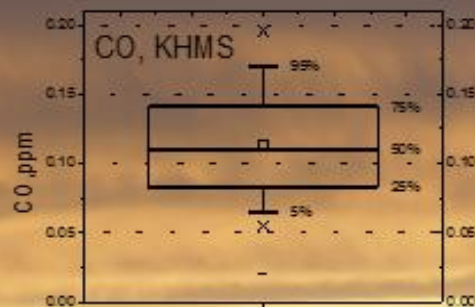
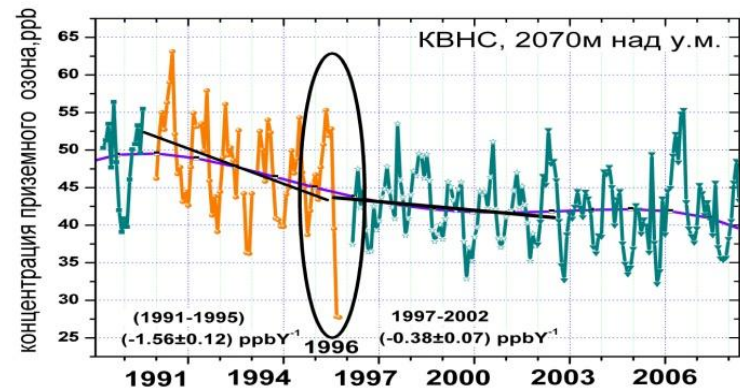
Общее содержание озона: спектрофотометры МДР-3 и Brewer MKII #043 (ВНС ИФА, 1981 - 2006)



World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC)
KHMS is Station # 282

Международный Статус КВНС

Блок газоанализаторов КВНС (приземные концентрации CO , NO , NO_2), регистрировали в 75% времени уровни примесей, соответствующие фоновым значениям.



KHMS:
75% of the observed hourly-mean NO surface concentrations were below a level of 50 ppt taken as the background NO level
75% of the observed hourly-mean CO surface concentrations were below a level of 0.140 ppm

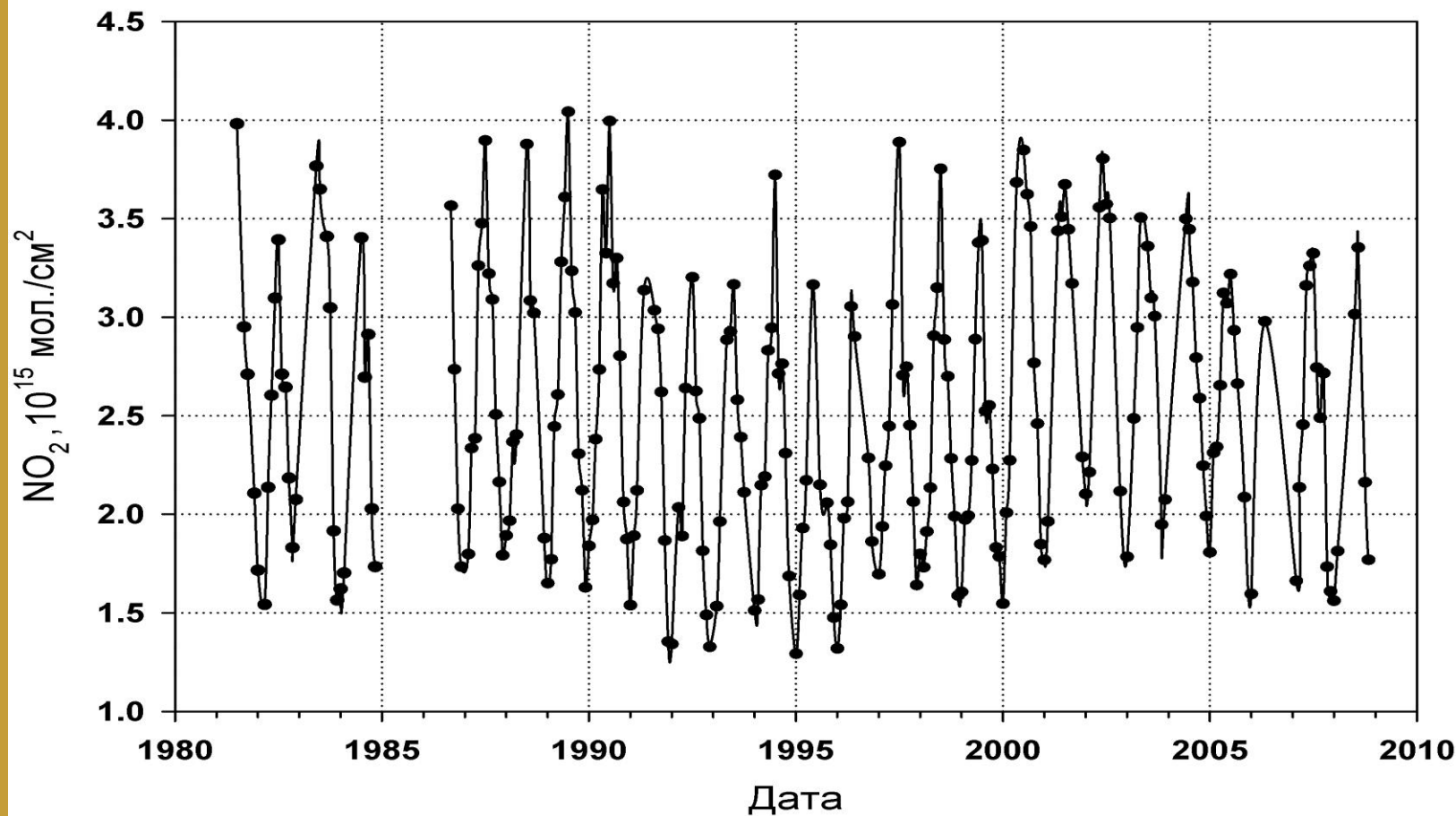
Приземная концентрация озона на КВНС. Ряд участвовал в международных сопоставлениях результатов измерений как единственный представитель России, представивший материалы о фоновых высокогорных условиях на территории. Был выполнен анализ по методике WMO характера поведения на разных масштабах времени (суточные, сезонные, межгодовые вариации, в т.ч. Подекадные тренды) для оценки качества самолётных наблюдений по программе MOZAIC.

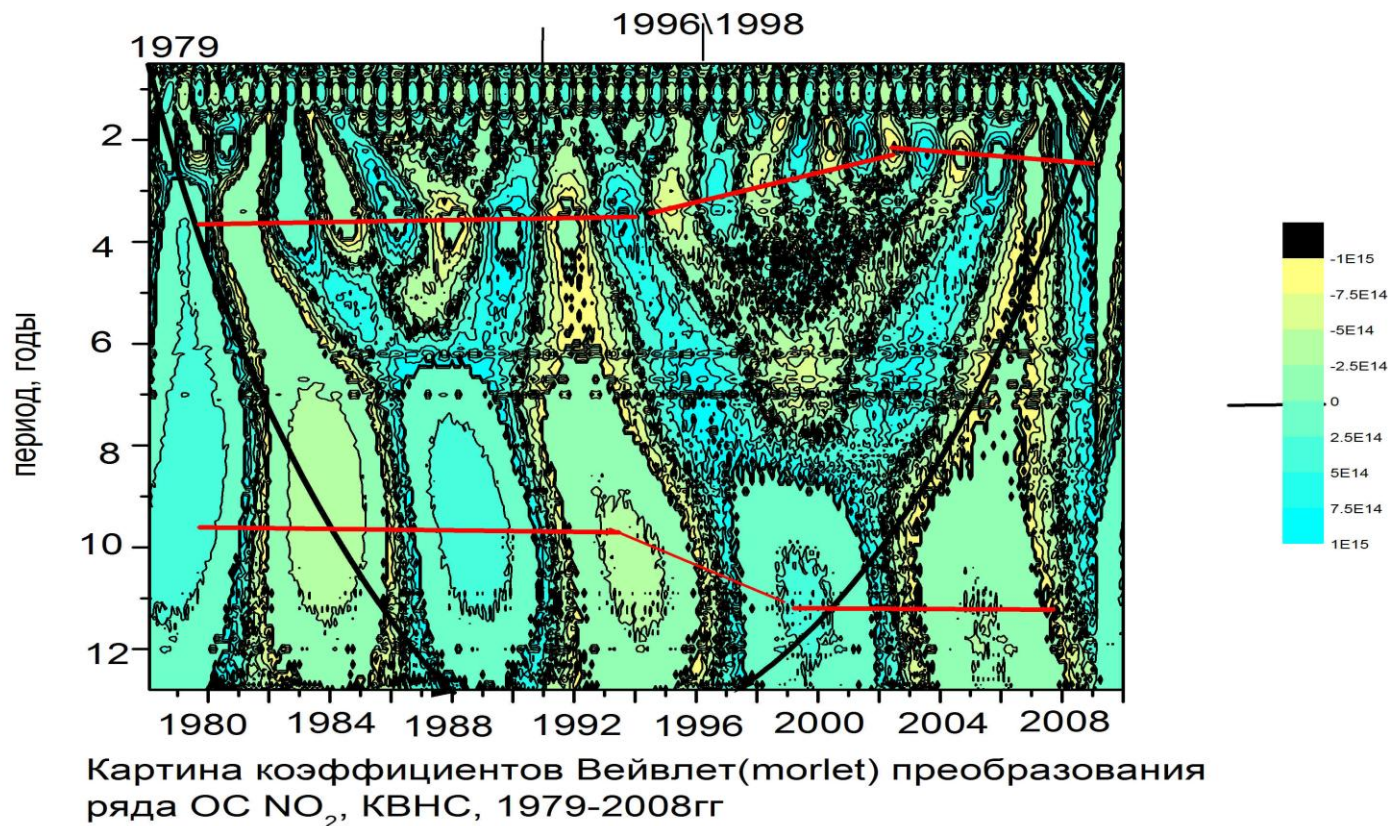
Kislovodsk high mountain station ksl

Regional fixed station in WMO - Europe, full operation
station: Global Atmospheric Watch (GAW WMO)

Уникальный
ряд ОС NO₂

Ряд общего содержания NO₂ (МДР-23)



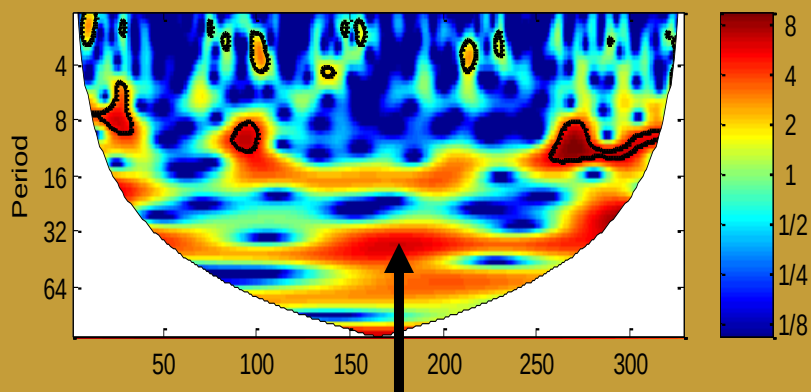


Картина коэффициентов Вейвлет-преобразования (Morlet) ряда общего содержания NO₂ (среднемесячные значения) по наблюдениям на КВНС (практически, это стратосферное содержание NO₂. На оси ординат – масштаб Вейвлета, пересчитанный в периоды (в годах). На рис. отчетливо видны квазипериодические структуры на масштабах, соответствующих 1 году. Локальный спектральный анализ демонстрирует процесс смены частотного режима ряда общего содержания NO₂ в атмосфере над Северным Кавказом: наблюдается т.н. дрейф частот (красные линии) от 3.5-летних вариации к 2.5-летним и от 9.5-летних к 11-летним. Процесс, вызвавший перестройку режима и перераспределение энергии по спектру, проявился в период 1993-1994гг

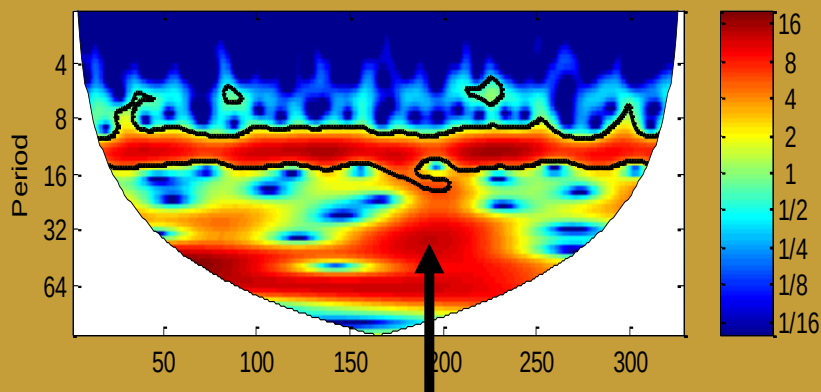
Вейвлет анализ рядов NO2 и El-NINO (1981-2008) и их кросс-Вейвлет преобразование.

Ряды среднемесячных значений NO2 и El-NINO, период в месяцах. Обращает на себя внимание участок временной оси 1995 1 на масштабе 3года(36 мес)

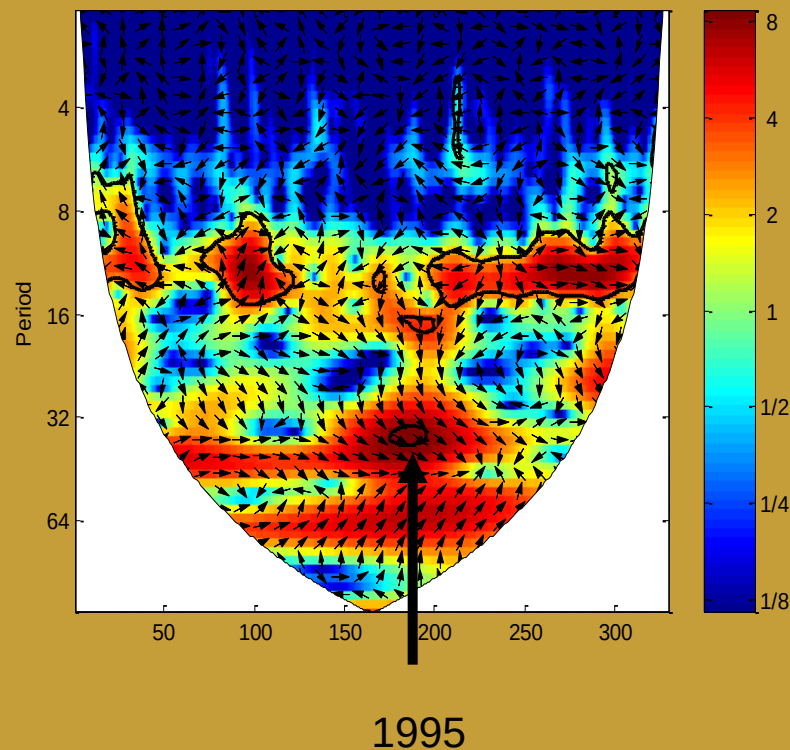
NO2



EL-NINO

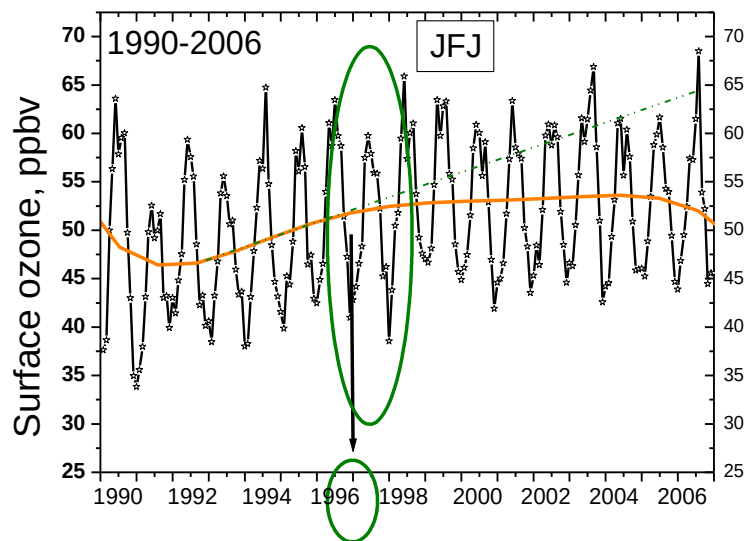
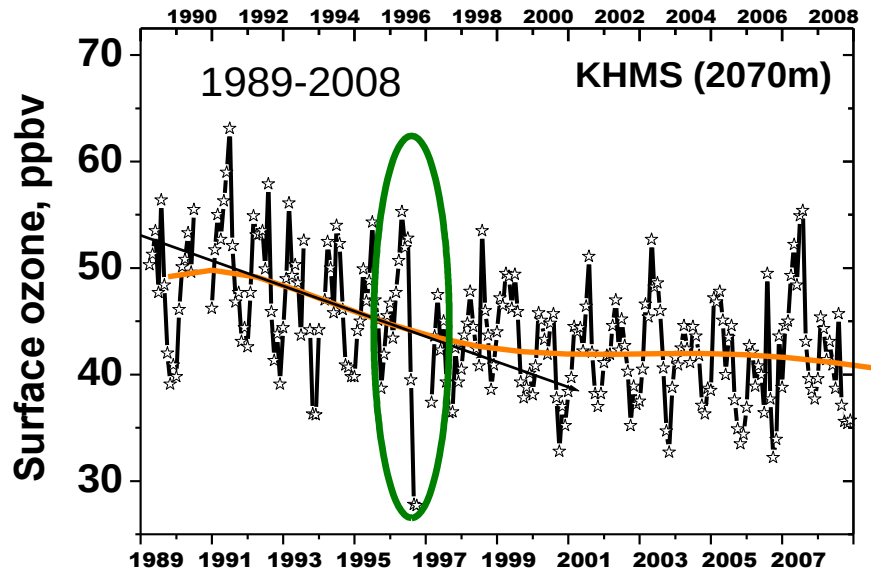


XWT: NO2-EL-NINO



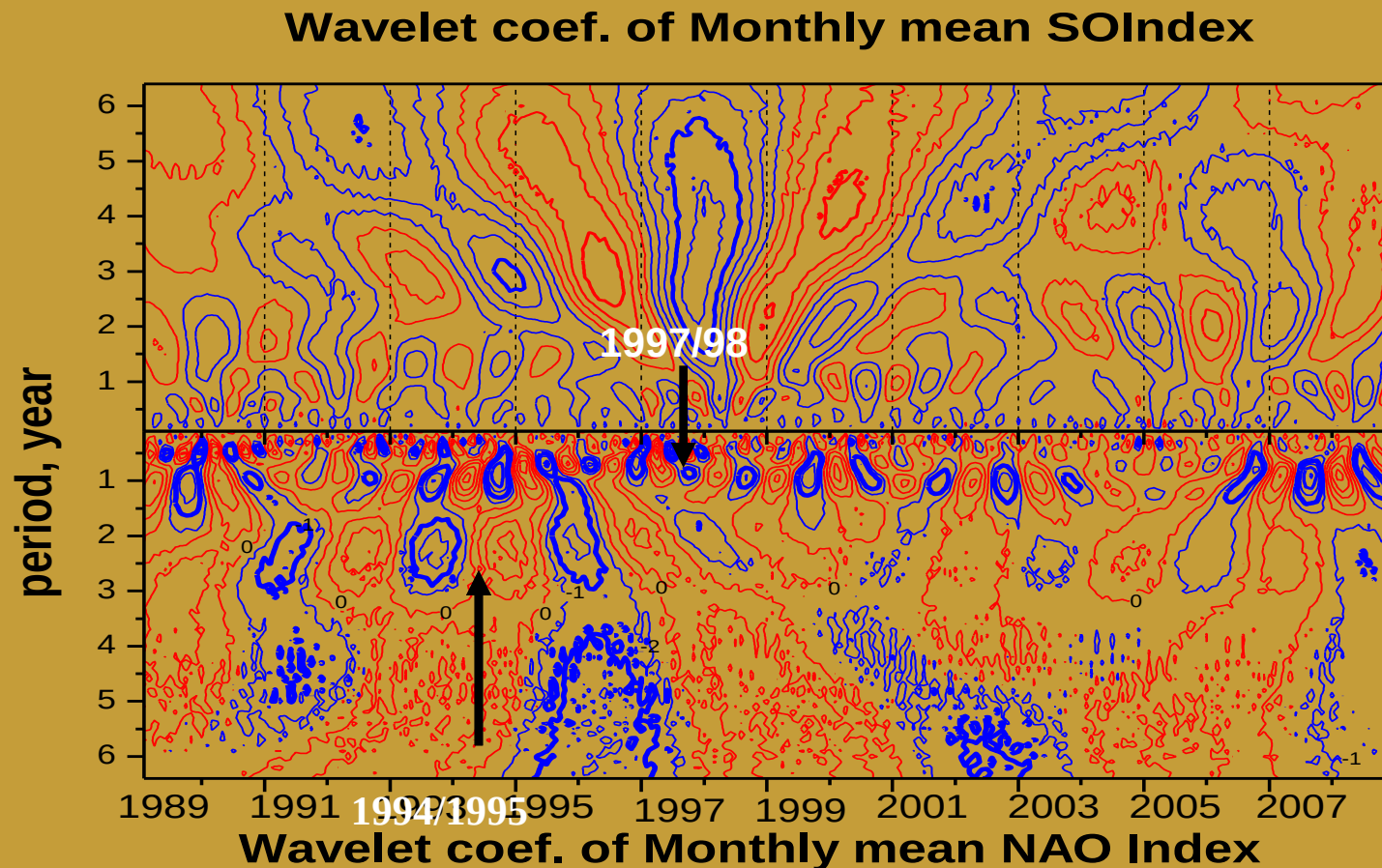
1995

Особенности вариаций приземной концентрации озона на высокогорных станциях КВНС и JFJ



КВНС (2070м.над у.м.) период 1989-2008гг
JFJ (3572м над у.м.) (высокогорная станция, Альпы, Swiss) период наблюдений 1990-2006гг. (Среднемесячные значения и интерполяция полиномом).

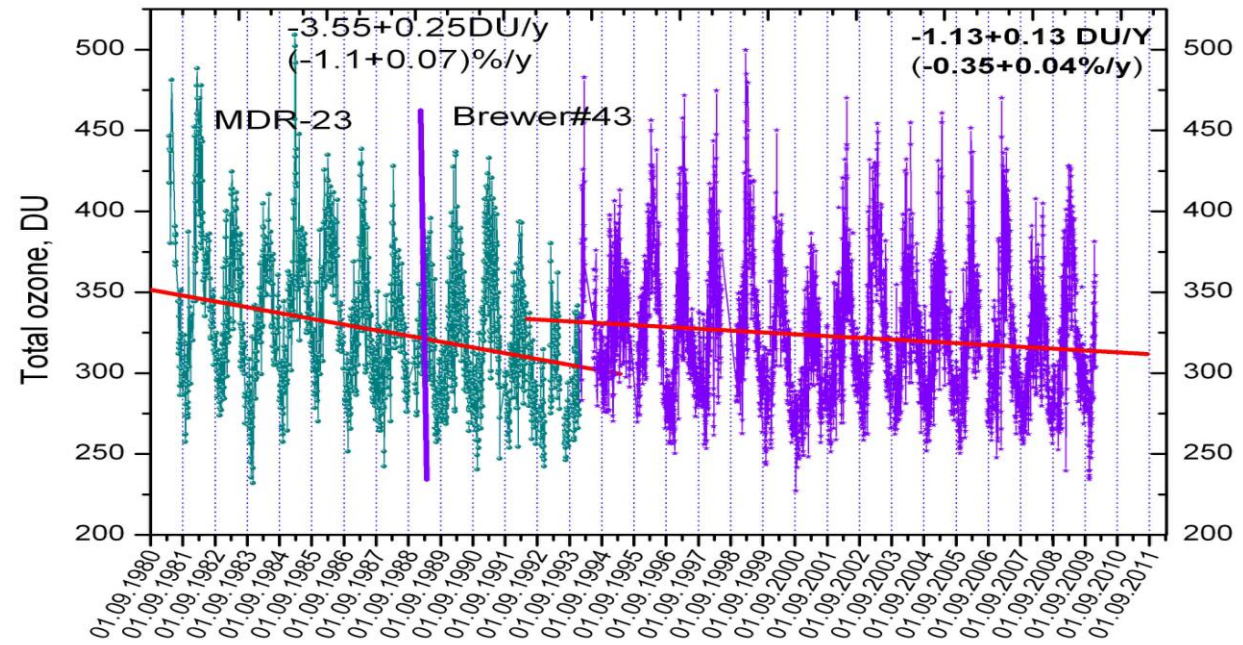
Особенности межгодовых вариаций : тренд разного знака. На КВНС – необычный для тропосферы отрицательный тренд. Падение приземной концентрации озона на КВНС замедляется после странного минимума в 1996/1997гг, в 1996/1997 на станции JFJ резко уменьшается скорость роста концентрации озона. Для объяснения причин различий и изменений трендов сопоставлены картины коэффициентов вейвлет Вейвлет анализа рядов концентрации и индексов, характеризующих глобальной циркуляции атмосферы NOA, SOI (следующий слайд). Есть основания (слайды 14-16) предполагать, что вариации озона в свободной тропосфере на высокогорье модулируются крупномасштабной циркуляцией атмосферы.



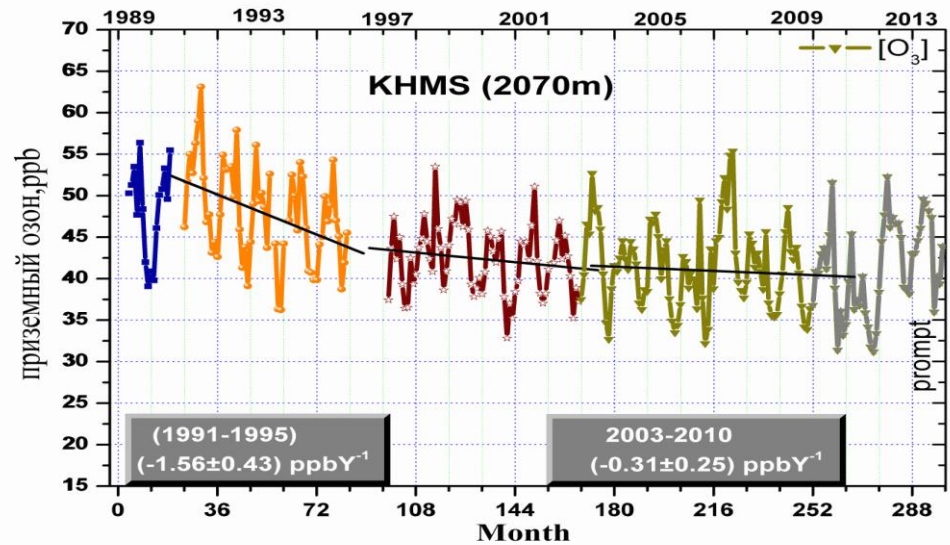
Коэффициенты Вейвлет-преобразования (Morlet) для индексов глобальной циркуляции NAO и SOI для периода 1989-2008.

(красным и синим – положительные и отрицательные коэф.).

На картине отчётливо видны квазипериодические структуры и особые точки 1994/1995 и 1997/1998, время наступления событий, за которыми следует перестройка частотного режима вариаций, перераспределение энергии по спектру.



Долговременные тенденции
изменения ОСО и ПКО
по измерениям на КВНС



Тренд (тенденция изменения) озо

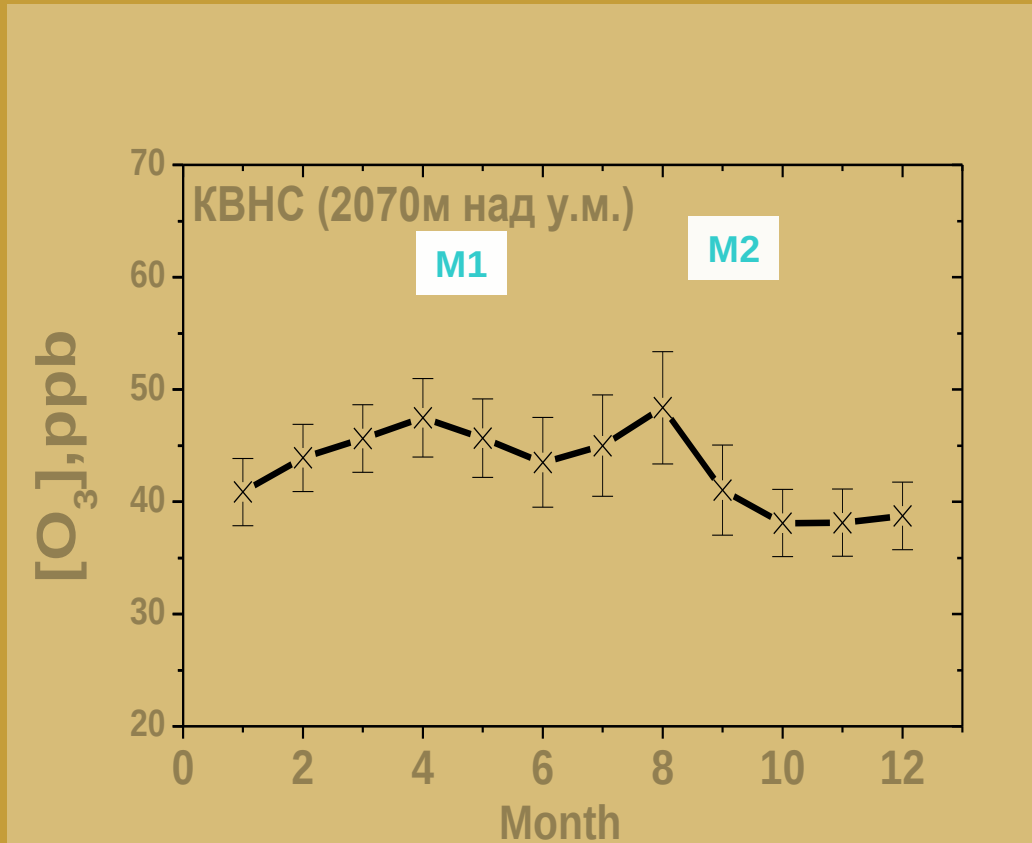
период	1981- 1993-	1994- 2009-	1996- 2009	2002- 2009-	1981- 2009-
DU/Y	-3,55± 0, 25	-1,13± 0,13	-1.09± 0,15	-2.4 ± 0.21	-0.73 ±0,062

На слайде ряд концентрации озона (ПКО) демонстрирует: быстрое падение в 90 ые годы(необычное поведение, для тех лет, когда в Европе наблюдался рост приземной концентрации озона в тропосфере.

В те же годы наблюдалось стремительное падение общего содержания озона (до примерно 1993/1994) 3.5ДЕ/год! Возможно, на приземный уровень оказал влияние стратосферн-тропосферный обмен. Сосчитанный кусочно линейный тренд ОСО на отрезке 1981-1994 -3.55+0.25DU/y, в процентах: (-1.1+0.07)%/у показан в таблице.

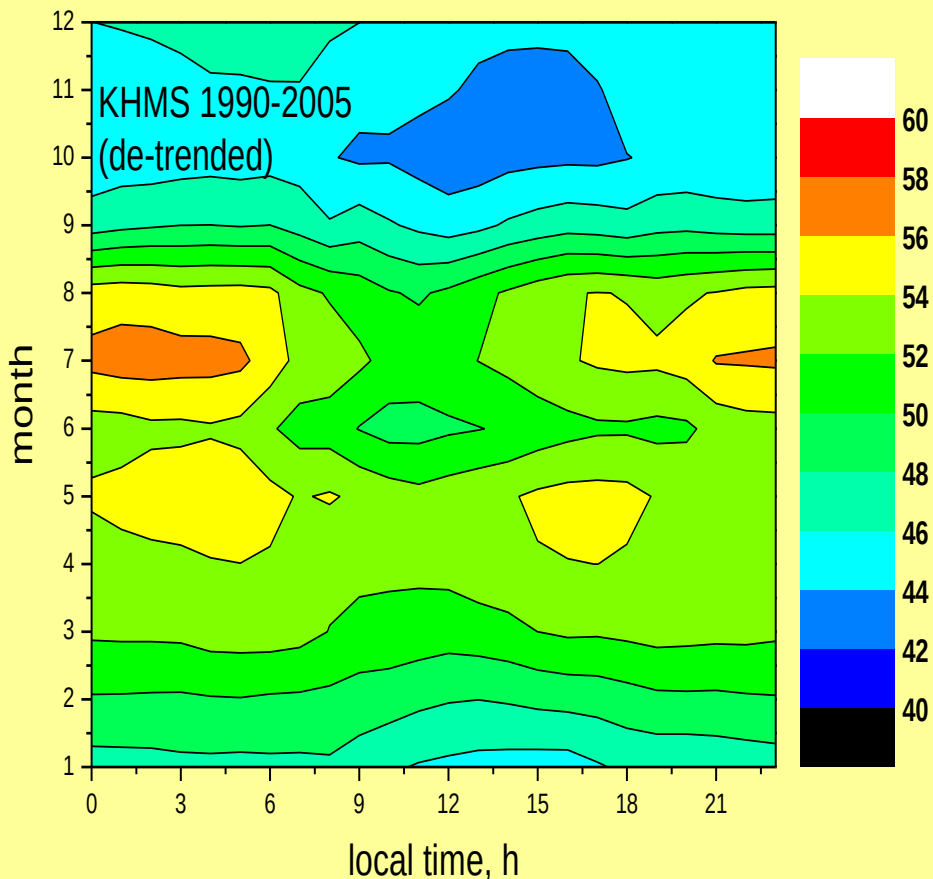
Сравнение закономерностей сезонных вариаций приземной концентрации озона на высокогорных станциях КВНС и JFJ

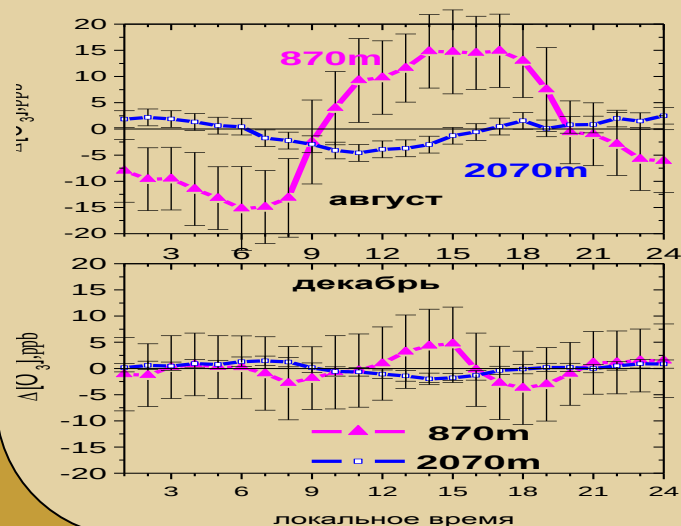
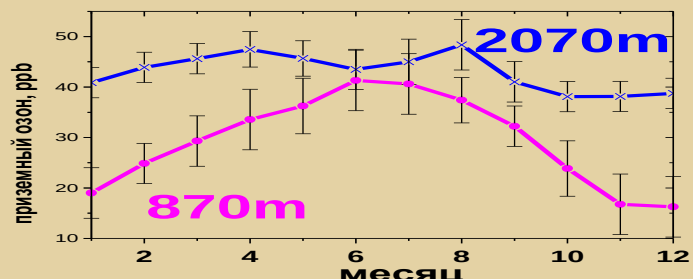
Амплитуда сезонного хода на JFJ больше, сезонный ход бимодальный на обеих станциях, на КВНС положения локальных максимумов М1 и М2 меняется регулярно (наблюдается квазидвухлетние вариации $x(M1)$ и $x(M2)$ их соотношение $y(M1)/y(M2)$ стабильнее). На рис. Сезонный ход ПКО на КВНС.



Внутрисуточные вариации ПКО на КВНС

- На КВНС (2070м над у.м.): локальных источников загрязнений в районе станции нет, это объясняет отсутствие максимума в полуденное время и резкого уменьшения озона после заката. Ночная радиационная инверсия – явление редкое из-за существующей стоковой составляющей горно-долинной циркуляции. Для КВНС характерны 1)ночной максимум, 2)полуденный минимум, 3)маленькая амплитуда (не превышает 2ppbV в зимние месяцы и 6ppbV летом), 4) высокая повторяемость и 5) плавные сезонные изменения амплитуды и моментов экстремумов, что свидетельствует о высокой стабильности процессов, отвечающих за внутрисуточные вариации. Суточный ход имеет тонкую регулярную структуру, и он формируется совокупным действием нескольких факторов, которые анализировались подробно ранее. [Сеник и др. 2005].





Сезонные вариации и суточный хода ПКО на КВНС (2070м). и в г.Кисловодске

- Режим внутрисуточных вариаций резко отличается от режима, наблюдаемого внутри планетарного слоя в условиях умеренно загрязненного курортного города Кисловодск (870м над у.м.), расположенного в 18км от КВНС. Подробное сравнение вариаций разного временного масштаба в двух пунктах приведено в статье [Сеник и др. 2005].

Сезонный и суточный ход приземного озона на двух станциях: 2070м (КВНС), 870м (Кисловодск).

В Кисловодске наблюдается широкий дневной минимум, характерный для городских условий.

На КВНС утренний-дневной минимум, маленькая амплитуда и регулярные сезонные изменения (уменьшение амплитуды и сдвиг экстремумов). Большая часть вариаций определяется динамическими процессами и градиентом озона в тропосфере.

•Вывод

из анализа поведения озона и его прекурсоров на двух разнесённых по высоте станций (КВНС и Кисловодск):

- Поведения приземного озона на двух станциях независимо на разных временных шкалах**
- Приземный озон на КВНС лишь слабо зависит от локальных источников загрязнений в долине**
- Данные КВНС в основном характеризуют региональное и глобальное состояние тропосферы**

Основные задачи:

● Измерения фоновых полей примесей

концентраций газовых и аэрозольных составляющих атмосферного воздуха, радиационных характеристик атмосферы;

- раннее обнаружение изменений содержания химически и радиационно-активных примесей;
- изучение динамических и фотохимических процессов, определяющих вариации состава атмосферы в естественных условиях;
- изучение режимов трансграничного переноса и влияния крупномасштабной атмосферной циркуляции;
- изучение влияния горных районов на перераспределение примесей в атмосфере.

Помимо глобальных задач получения полей примесей и параметров атмосферы для моделирования, прогноза и оценок климатических изменений, Южный регион может и должен выполнять другие научные и практические задачи. Здесь находятся аридные зоны и горные районы, необходимость изучения их влияния на другие регионы, а также их освоения и развития неоспорима.

Географическое положение и невозмущённая локальными источниками загрязнений обстановка предоставляет возможность легко регистрировать, отождествлять и изучать особенности и закономерности дальнего переноса. На КВНС отчётливо регистрируются ВМ из промышленных районов Украины, Западной Европы и с Юга Европы (Из Италии, например), естественный минеральный аэрозоль из пустынных Аравии, Иранского нагорья, из Африки. Есть опыт международного сотрудничества по работе с данными высокогорных станций по этой теме, и мы можем дать ответы на вопросы, кто-кого загрязняет, и умерить постоянные претензии к России.

**Статус
КМВ**

Регион Кавказских Минеральных Вод (КМВ) является бальнеологическим и климатическим курортом, рекреационным регионом, в котором природные комплексы и их компоненты, в том числе, воздух, климат и ландшафт являются основными лечебными, рекреационными и поэтому экономико - образующими факторами.



Природные факторы - основные медицинские инструменты курортов. Климатические изменения и экологическая обстановка могут изменять их свойства от целебных до опасных (например, УФ, воздух).

Поэтому для региона КМВ контроль состояния окружающей среды, прогноз возможных неблагоприятных изменений становится частью технологии курортологии и климатолечения.

Возможное влияние аридных территорий

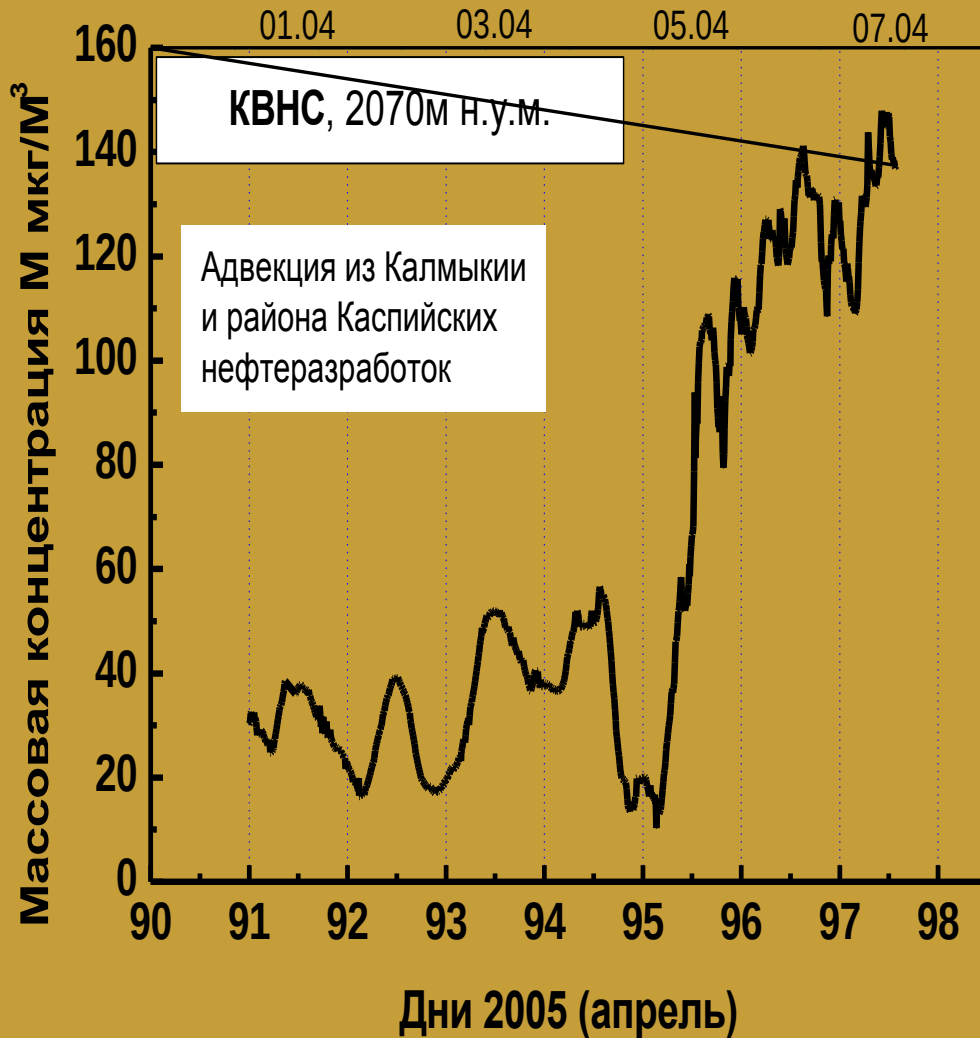
Сложившаяся в регионе КМВ ландшафто-климатическая экосистема - это важное, в большой степени, рукотворное достижение. Проводя модернизацию курортно-туристической отрасли надо знать, какие существуют угрозы хрупкому равновесию, наряду с общеизвестными источниками загрязнений: регион подвержена влиянию неблагоприятных аридных районов: Ростовская область, Калмыкия, Средняя Азия. Для проверки, существование дальнего переноса на поля примесей в регионе КМВ и на КВНС использовались 3-D обратные траектории воздушных масс (ВМ). Анализ показал, что существует траектории, исходящие из загрязненных промышленных районов Украины, Астраханской, Волгоградской областей, Западной и Южной Европы и проходящие на пути на КМВ над аридными территориями, обогащенными солевыми аэрозолями. [2009, Pankratova; 2009, Tarasova, Senik]. Опасность представляет не только минеральный аэрозоль: в воздушной среде солончаков образуются активные формы галогенсодержащих соединений из органических относительно нейтральных соединений промышленных районов. В результате образуются хлоруксусные кислоты (в основном, пестициды, в частности, ТХК). Их воздействие приводит к деградации флоры экосистем с признаками *повышения влагоотдачи и уменьшения усвояемости CO₂*.

Изменение влаго- и газообмена растений имеет как глобальные климатические последствия, так и локальные: иссушение почвы приводит к увеличению пожароопасности и задымленности; с изменением важнейших лечебных факторов, воздуха и микроклимата парков, где проложены маршруты лечебной физкультуры и проводятся сеансы аэроионофитотерапии, уменьшается лечебно-рекреационный потенциал климатических курортов, ухудшается качество жизни населения.

Учитывая наблюдаемые тенденции изменение климата, дальний перенос примесей необходимо контролировать, продолжать изучать и прогнозировать на курортах ЮФО России.

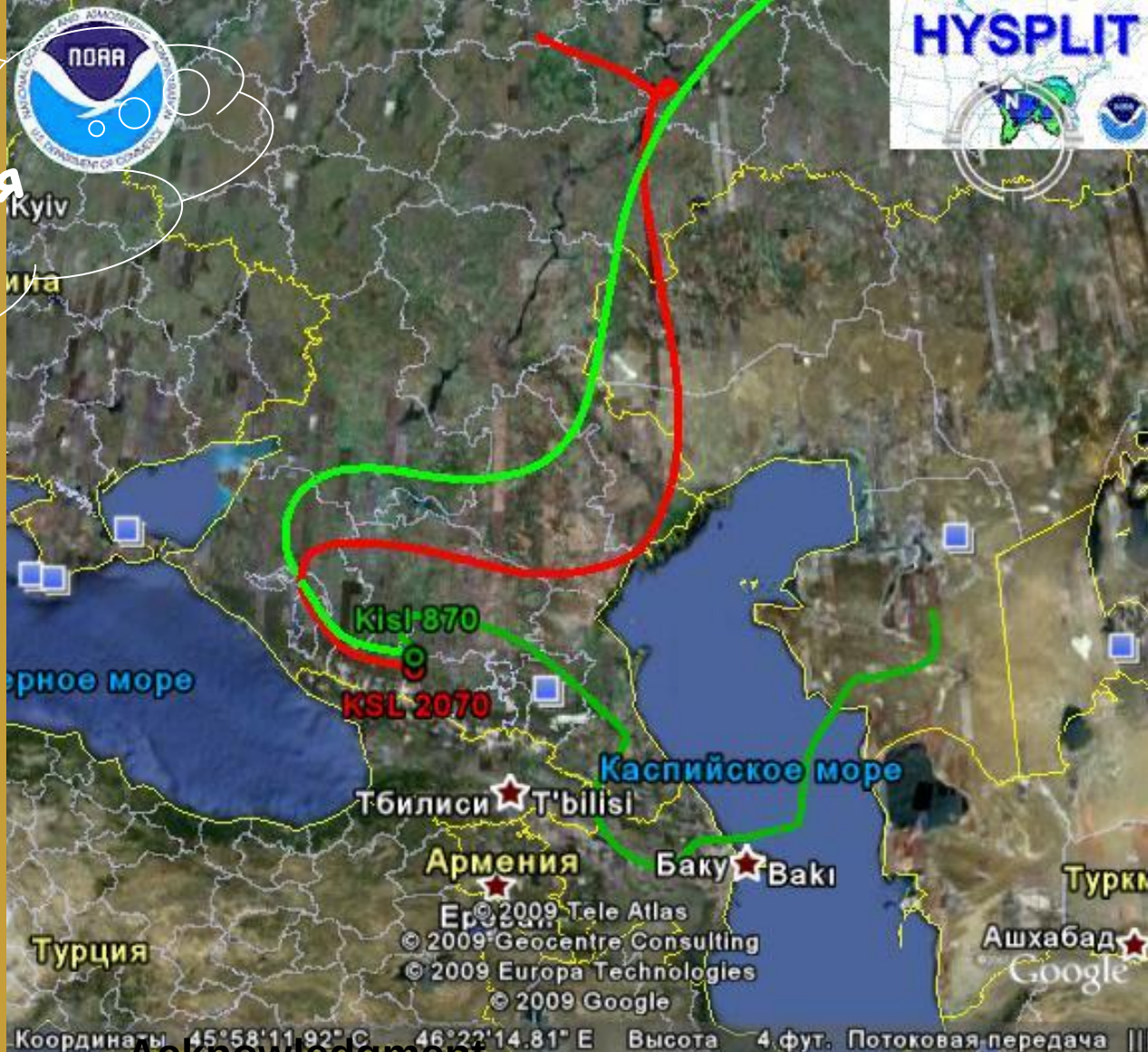
апрель 2005

Пример адвекции из аридных территорий



Аномально высокие значения субмикронного аэрозоля наблюдались 5 апреля 2005 в район стационара KBNS ИФА им.А.М. Обухова и в Кисловодске. При этом даже на KBNS наблюдались высокие концентрации NO_x и CO . NO_x было в 4-3 раза больше обычного фонового уровня. Отношение NO/NO_x подтверждает приход старой воздушной массы. Анализ обратных 3D –траекторий (02-05.04.05) выявил: 02-05 апреля 2005г. в 07 UT (11м.л.) (см. следующий слайд)

Источники
загрязнения
региона



Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the NOAA Air Resources Laboratory (ARL) for the provision of the HYSPLIT transport and dispersion model and/or READY website (<http://www.arl.noaa.gov/ready.html>) used in this publication.
<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>

Прикладные задачи

- **решается комплекс междисциплинарных задач: мониторинг состояния атмосферы и состояния здоровья, прогнозирование биотропных климатических факторов и факторов загрязнения, объективная регистрация метеопатических реакций (реакций организма на негативное воздействие комплекса погода-экология).**
- **задача оценки влияния аэрозольного загрязнения атмосферы на локальные рекреационные экосистемы (парки и другие рекреационные зоны) курортных горных регионов**

Thanks for your attention

