

Результаты мониторинга приземного озона в атмосфере г. Улан-Удэ

Непрерывные наблюдения за содержанием приземного озона в г. Улан-Удэ проводятся на стационарном посту Института физического материаловедения СО РАН с 1998 года. Согласно Поручения Правительства РФ № ХВ-П9-21167 от 08.12.2001 г. об «Организации регулярных наблюдений за содержанием приземного озона в Российской Федерации» было принято решение о включении аккредитованной аналитической лаборатории мониторинга загрязнения атмосферы ИФМ СО РАН в состав Государственной сети наблюдений (ГСН) Росгидромета для контроля приземного озона в Байкальском регионе. Отбор проб осуществляется с использованием тefлоновых трубок на высоте 6 м от поверхности земли. Для измерения концентрации озона, окислов азота используются хемилюминесцентные газоанализаторы 3.02 П1, 3.02 П-А, Р-310, Р-310А фирмы ЗАО «ОПТЭК».

На рис. 1 представлен временной ход среднемесячных концентраций озона в г. Улан-Удэ, полученный по данным дневных измерений (средние в 7, 13, 19 ч местного времени) за период с 2000 по 2013 гг. Как видно из рисунка, максимальные среднемесячные концентрации озона наблюдаются в весенне-летний период, минимальные – зимой.

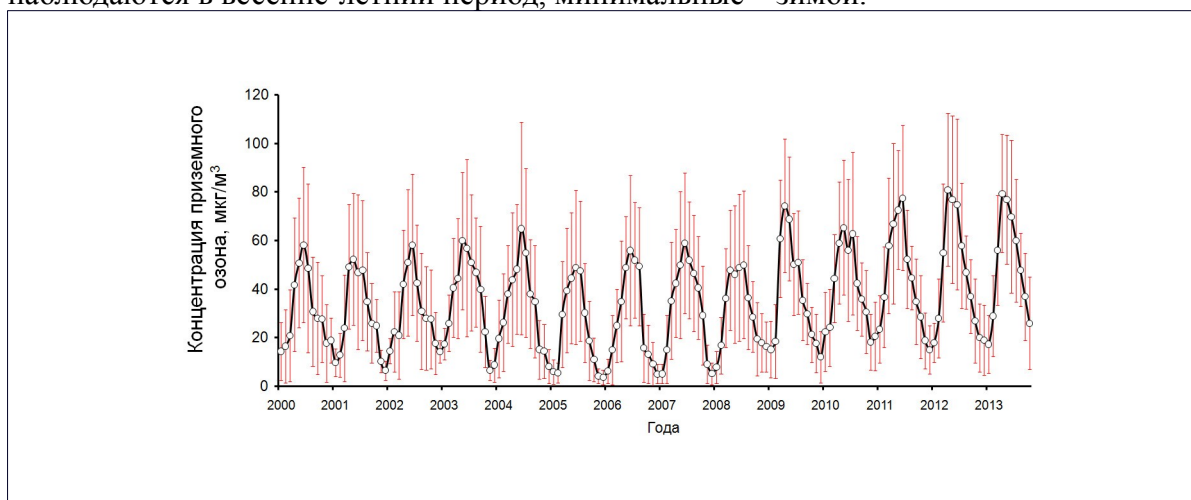


Рис. 1. Временной ход средних месячных приземных концентраций озона в г. Улан-Удэ за период 2000-2011 гг., и их среднеквадратичные вариации.

На рис. 2 показана внутригодовая изменчивость концентрации озона по сезонам года. Принято считать, что основной максимум приземного озона должен наблюдаться в весенний период. Однако данные наблюдений концентрации приземного озона, полученные для г. Улан-Удэ, как и для других крупных городов Восточной Сибири показывают, что это наблюдается не всегда. Часто основной максимум наблюдается в летний период, как, например, в период с 2000 по 2008 гг.

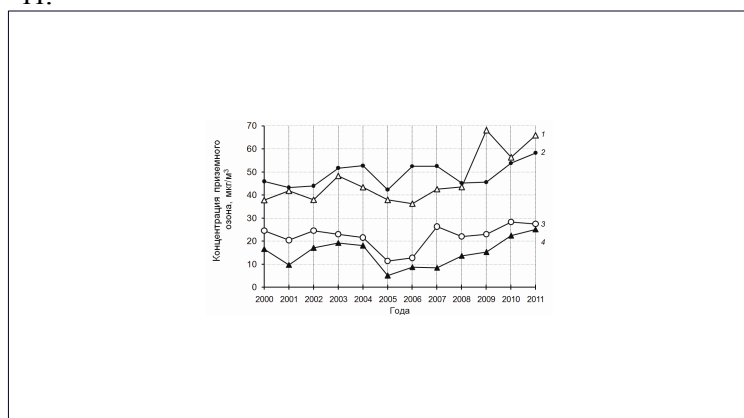


Рис. 2. Межгодовая изменчивость концентрации приземного озона в Улан-Удэ в различные сезоны года: 1 – весна; 2 – лето; 3 – осень; 4 – зима.

В осенние и зимние месяцы наблюдаются минимальные концентрации озона с максимумами до 40 мкг/м³ в послеполуденные часы. Средние максимальные концентрации (до 100 мкг/м³) наблюдаются в апреле-августе в дневные часы (15-18 часов), при этом весной в апреле отчетливо проявляется второй максимум в суточном ходе - ночной максимум (до 80 мкг/м³). Как известно, второй максимум в ночное время часто наблюдается в атмосфере крупных промышленных центров, какими являются мегаполисы, но значения максимальных концентраций значительно меньше дневных. Для г. Улан-Удэ характерной особенностью являются высокие концентрации ночью, сравнимые с дневными. Увеличение приземной концентрации озона в ночные часы, когда отсутствуют условия для генерации озона, в первую очередь, связано с поступлением обогащенного озоном воздуха из свободной атмосферы за счет орографических особенностей рельефа г. Улан-Удэ, способствующего развитию горно-долинной циркуляции и стоковых явлений в условиях горной местности.

Прогнозирование приземной концентрации озона для г. Улан-Удэ. Разработана прогностическая модель максимальной за сутки средней часовой концентрации озона в приземном воздухе г. Улан-Удэ на текущие и следующие сутки. Статистический метод прогноза приземных концентраций озона основан на учете наличия регрессионных связей озона с различными метеорологическими параметрами и другими предикторами, влияющими на содержание озона.

Для построения прогностических моделей предварительно оценивалась связь максимальных концентраций приземного озона с разными предикторами в разные периоды наблюдений. Для первой выборки в качестве предикторов использовались данные наблюдений метеорологических параметров, полученные с помощью акустической метеостанции АМК за тот период, когда отмечались максимумы ПКО. Для второй выборки в качестве предикторов привлечены наземные данные стандартных метеорологических наблюдений: температуры, влажности, давления, скорости и направления ветра в г. Улан-Удэ и данные о концентрации окислов азота - предшественников озона.

В результате расчетов для первой выборки получено следующее прогностическое уравнение (прогноз 1):

$$C_{O_3 \text{ MAX}} = 0,034079 + 0,562428 * [C'_{O_3 \text{ MAX}}] + 0,00897 * [T] - 0,005758 * [V] + 0,004554 * [W] + 0,002486 * [P] - 0,002633 * [D] - 0,001645 * [r] - 0,000924 * [dT/dZ] - 0,001816 * [Kh] \quad (1),$$

где $C_{O_3 \text{ MAX}}$ - предиктант, максимальная за сутки концентрация озона; $C'_{O_3 \text{ MAX}}$ - максимальная концентрация озона за предыдущие сутки; V - горизонтальная скорость ветра; W - вертикальная скорость ветра; D - направление ветра; P - атмосферное давление; T - температура воздуха; r - относительная влажность воздуха; dT/dZ - градиент температуры; Kh - коэффициент турбулентности.

Для второй выборки прогностическое уравнение (прогноз 2) имеет вид:

$$C_{O_3 \text{ MAX}} = 0,028547 + 0,667569 * [C'_{O_3 \text{ MAX}}] - 0,351187 * [NO_2] - 0,200623 * [NO] + 0,000954 * [T] - 0,000930 * [P] - 0,008232 * [F] - 0,001503 * [D] + 0,009002 * [V] \quad (2),$$

где C_{MAX} - предиктант, максимальная за сутки концентрация озона; $C'_{O_3 \text{ MAX}}$ - максимальная концентрация озона за предыдущие сутки; NO - концентрация оксида азота; NO_2 - концентрация диоксида азота; V_{14} - скорость ветра 14 часов; D_{14} - направление ветра 14 часов; P_8 - атмосферное давление в 8 часов; T_{14} - температура воздуха в 14 часов; F_{14} - относительная влажность воздуха 14 часов.

Здесь необходимо отметить, что предиктант и предикторы в уравнениях (1), (2) нормализованные безразмерные величины. Для того, чтобы получить расчетные концентрации озона в измеряемых величинах, необходимо осуществить преобразование, обратное нормализации.

Проведенный анализ результатов прогноза максимальных концентраций озона показал, что применение выбранной стохастической модели с учетом загрязнения атмосферы (прогноз 2) позволяет прогнозировать максимальные концентрации наиболее эффективно. Предсказуемость прогнозов наибольших концентраций для прогноза 1 составила 84% , для прогноза 2 - 97%.

Исследование межгодовых и сезонных колебаний радиационных характеристик атмосферы в Байкальском регионе

Одним из направлений деятельности лаборатории дистанционного зондирования атмосферы, начиная с 2006 года, является исследование вариаций спектральной прозрачности атмосферы в Байкальском регионе в рамках программы AEROSIBNET. Измерения аэрозольной оптической толщи (τ^a - параметр, характеризующий пропускные характеристики атмосферы, обусловленные наличием аэрозоля) проводятся солнечными фотометрами SP-7 и SP-9 в диапазоне 0,3-1 мкм.

Исследованы основные закономерности радиационных характеристик атмосферы за период 2006 – 2013 гг. в Байкальском регионе в зависимости от времени года и метеорологических условий. Проведен анализ межгодовых вариаций радиационных характеристик атмосферы в г. Улан-Удэ и на ст. Торы, выявлены основные закономерности поведения АОТ в течение года (рис. 3).

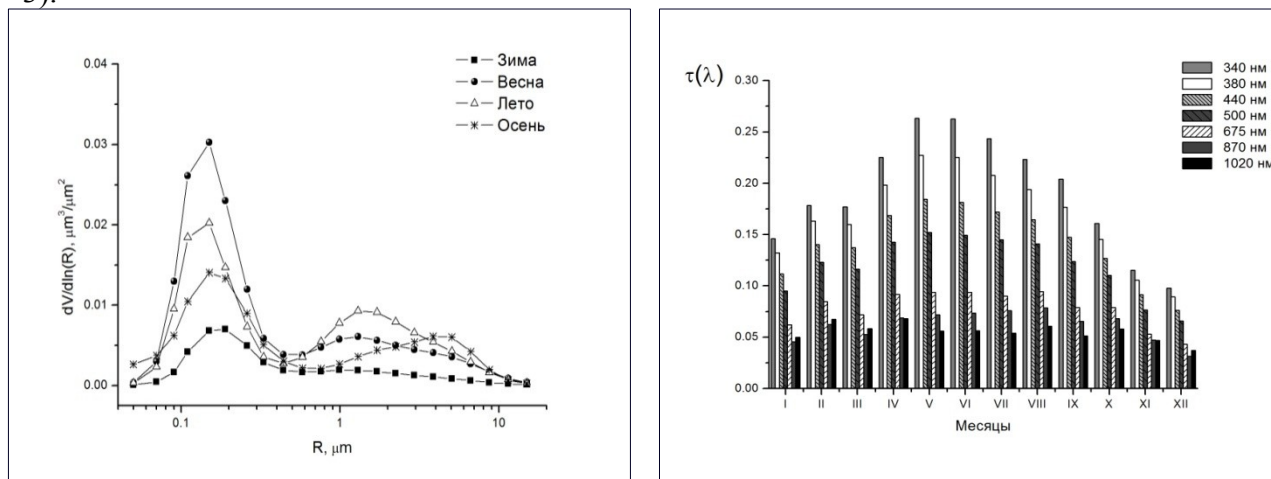


Рис. 3. Сезонные особенности распределения частиц по размерам и АОТ на станции Торы (2003-2011 гг.)

Изучены пространственные вариации прозрачности атмосферы внутри Байкальского региона, обусловленные удаленностью от промышленных предприятий и особенностями подстилающей поверхности (рис. 4). Вследствие высокого антропогенного воздействия на атмосферу, максимальные значения АОТ наблюдаются в г. Улан-Удэ ($\tau_{0,5} = 0,13$), что на 26% превышает фоновые значения, полученные для этого же периода на ст. Торы ($\tau_{0,5} = 0,1$). В летний период средние сезонные значения АОТ на юго-восточном побережье оз. Байкал (ст. Боярский) имеют промежуточные значения ($\tau_{0,5} = 0,11$). Спектральные характеристики АОТ в Байкальском регионе являются типичными для континентальных станций Сибири.

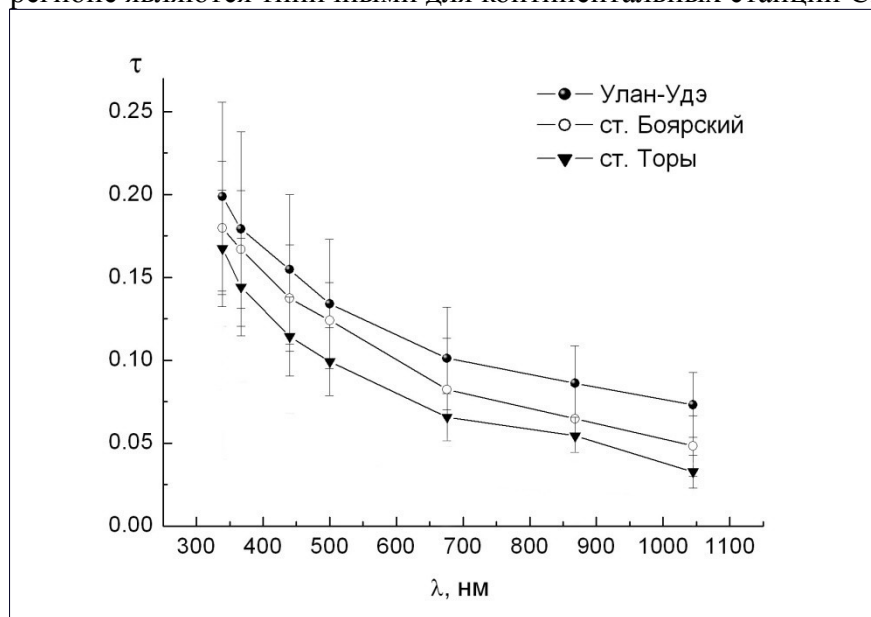


Рис. 4. Средние спектральные зависимости АОТ для трех пунктов наблюдений в Байкальском регионе за летние месяцы (2007-2013 гг.)

Годовой ход спектральной прозрачности атмосферы в Байкальском регионе в основном формируется под воздействием естественных источников аэрозолей. Одним из наиболее мощных источников атмосферного аэрозоля, влияющего на годовой ход АОТ в регионе, являются лесные пожары. Используя спутниковые данные лесных пожаров (TERRA-MODIS) и данные сети AERONET, проведен анализ воздействия дымов лесных пожаров на спектральную прозрачность атмосферы в Байкальском регионе. Выявлено, что лесные пожары вносят определяющий вклад в годовой ход ультрафиолетового и видимого участков спектра АОТ в Байкальском регионе (рис. 5). Годовой ход АОТ в г. Улан-Удэ существенно отличается от фоновых значений (ст. Торы) за счет интенсивного накопления антропогенного аэрозоля температурной инверсией в зимний период. Однако вклад антропогенного аэрозоля в оптические характеристики атмосферы в региональном масштабе относительно невелик и заметен в промышленных районах.

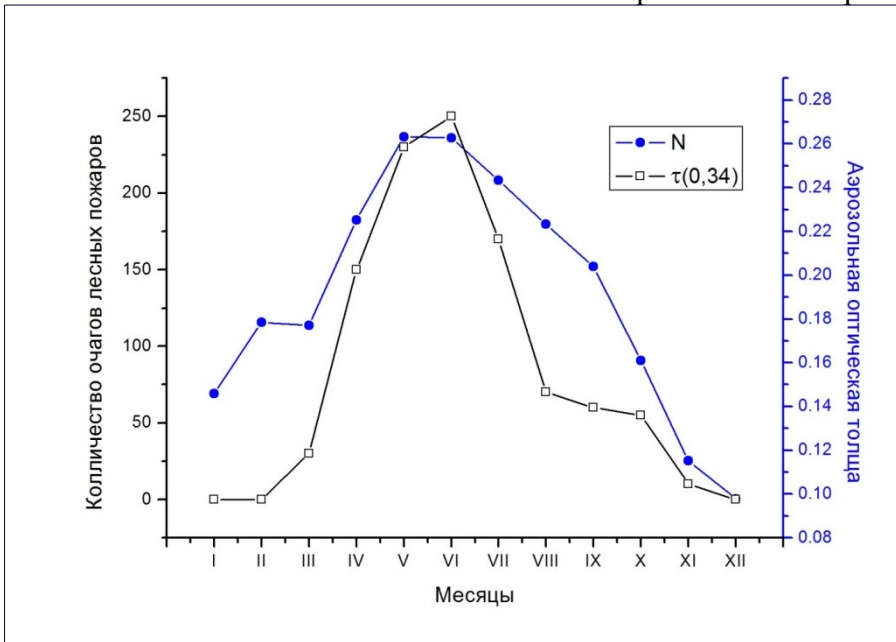


Рис. 1. Годовой ход $\tau(0,34)$ и повторяемости лесных пожаров (N) в Байкальском регионе по данным за три года (2010-2012 гг.)