

СЕКЦИЯ 1

РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ, ЯДЕРНЫЕ И МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

СЕЗОННЫЙ ХОД КОНЦЕНТРАЦИЙ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА И ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ В 2023 И 2024 гг.

А. Н. Акимов¹⁾, А. М. Людчик¹⁾, Е. А. Мельник²⁾, П. Н. Павленко³⁾

¹⁾ *Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы
Белорусского государственного университета, ул. Курчатова, 7,
220045, г. Минск, Беларусь, liudchikam@tut.by*

²⁾ *Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения
и мониторингу окружающей среды, пр. Независимости, 110,
220114, г. Минск, Беларусь, kbb@hmc.by*

³⁾ *Белорусский национальный технический университет, пр. Партизанский, 77,
220107 г. Минск, Беларусь, pavlenko_pn@mail.ru*

На основании данных наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды анализируются уровни антропогенного загрязнения воздуха и приземного озона в областных городах Беларуси и Березинском биосферном заповеднике. Рассчитаны среднемесячные и среднегодовые концентрации в 2023 и 2024 годах для каждого пункта наблюдений и проведено сравнение с их многолетними средними для каждого пункта наблюдений. Анализируются уровни загрязнения воздуха в рассматриваемый период и различия степени загрязнения отдельных городов. Отмечены некоторые отклонения от обычного сезонного хода концентраций загрязнений (максимальные концентрации в феврале снижаются к лету и возрастают в осенний период к февралю).

Ключевые слова: антропогенные загрязнения воздуха; приземный озон; метеорологические условия.

SEASONAL VARIATIONS IN CONCENTRATIONS OF ANTHROPOGENIC AIR POLLUTION AND GROUND OZONE IN BELARUSIAN CITIES IN 2023 AND 2024

A. N. Akimov¹⁾, A. M. Liudchik¹⁾, H. A. Melnik²⁾, P. N. Paulenka³⁾

¹⁾ *National Ozone Monitoring Research Centre of the Belarusian State University, Kurchatov str., 7,
220045, Minsk, Belarus, liudchikam@tut.by*

²⁾ *Republican Center for Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination
and Environmental Monitoring, Independence av., 110,
220114, Minsk, Belarus, kbb@hmc.by*

³⁾ *Belarusian National Technical University, Partizansky av., 77,
220107, Minsk, Belarus, pavlenko_pn@mail.ru*

Based on the observation data from the National Environmental Monitoring System, the levels of anthropogenic air pollution and ground-level ozone in regional cities of Belarus and the Berezinsky Biosphere Reserve are analyzed. Average monthly and average annual concentrations in 2023 and 2024 for each observation point are calculated and compared with their long-term average monthly concentrations for each observation point.

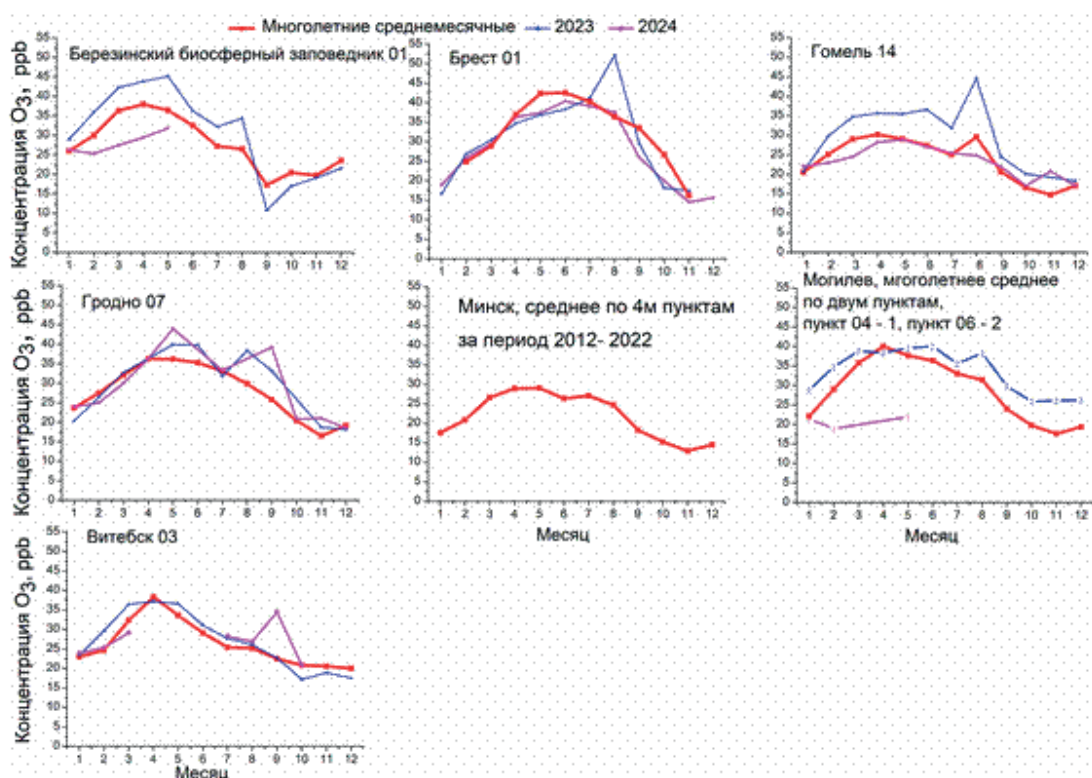
Air pollution levels during the period under review and differences in the degree of pollution in individual cities are analyzed. Some deviations from the usual seasonal course of pollution concentrations are noted (maximum concentrations in February decrease towards summer and increase in the autumn towards February).

Keywords: anthropogenic air pollution; ground-level ozone; meteorological conditions.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-1-5-8>

На основании данных наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды анализируются уровни антропогенного загрязнения воздуха и приземного озона в областных городах Беларуси и Березинском биосферном заповеднике. Рассчитаны среднемесячные и среднегодовые концентрации в 2023 и 2024 годах для каждого пункта наблюдений и проведено сравнение с их многолетними средними для каждого пункта наблюдений.

Анализируются уровни загрязнения воздуха в рассматриваемый период и различия степени загрязнения отдельных городов. Отмечены некоторые отклонения от обычного сезонного хода концентраций загрязнений (максимальные концентрации в феврале снижаются к лету и возрастают в осенний период к февралю).



Многолетние среднемесячные значения концентрации приземного озона и их среднемесячные значения в 2023 и 2024 гг. для Березинского биосферного заповедника и областных городов Беларуси. В Минске измерения приземного озона в 2023 и 2024 гг. были малочисленными и среднемесячные значения не рассчитаны

По результатам исследований величина максимальной среднемесячной концентрации озона в пунктах измерений (рисунок) располагается в следующем порядке (по убыванию, ppb): Могилев 06 (60,3), Гродно (44), Брест (42,5), Витебск (34,5), Минск 11 (31,9), Березино (31,8), Гомель (28,9), Могилев 04 (21,9). Максимальные концентрации O_3 в Березино, Гомеле, Гродно, Могилеве 04 были зарегистрированы в мае 2024, в Бресте – в июне, в Минске 11 и Могилеве 06 – в июле, а в Витебске – в сентябре. Среднемесячные концентрации O_3 в 2024 году менялись в пределах (ppb): Березино (25,3-31,8), Брест (16,24-42,5), Гомель (17,0-28,9), Гродно

(18,5-44,0), Минск 11 (20-31,9), Могилев 04 (18,9-21,9), Могилев 06 (19,9-60,3), Витебск (20,9-34,5). Среднегодовые концентрации O_3 за 2024 год были следующие (ppb, по убыванию): Могилев 06 (35,05), Брест (32,88), Гродно (29,23), Березино (28,1), Витебск (27), Минск 11 (24,3), Гомель (23,4), Могилев 04 (20,8). По сравнению с 2023 годом, содержание озона в атмосфере снизилось для Березино на 8 %, для Бреста на 5 %, для Гомеля на 23 %, для Гродно на 2 %, для Могилев 04 на 22 %. Для Минск 11 и Витебска – не изменилось. А для Могилев 06 – возросло на 4 %. Превышение предельно допустимых концентраций озона было зарегистрировано в летние месяцы в Бресте, Гродно, Минск 11, Могилев 06, т.е. в южных районах республики.

По величине максимальной среднемесячной концентрации СО пункты измерения располагаются в следующем порядке (по убыванию, ppb): Гродно (518,4), Минск 16 (376,9), Гомель (266,7), Минск 11 (262), Брест (183,3), Могилев 04 (153,8), Могилев 06 (134,3). При этом, максимумы в Минск 16 регистрировались в январе, в Бресте и Могилеве 06 в марте 2024 года. В Могилев 04 – в апреле, в Гродно – в июле, в Гомеле – в сентябре, а в Минске 11 – в октябре. По сравнению с 2023 годом, содержание СО в атмосфере в 2024 г. снизилось для Бреста на 34 %, для Гомеля на 23 %, для Минск 11 на 7 %, для Минск 16 на 8 %, для Могилев 04 на 23 %, для Могилев 06 на 36 %. Для Гомеля увеличилось на 2 %, а для Гродно увеличилось на 27 %.

По величине максимальной среднемесячной концентрации NO_2 пункты измерения в 2024 г. располагаются в следующем порядке (по убыванию, ppb): Витебск (19,4), Гомель (16,8), Минск 11 (13,9), Могилев 04 (11,6), Гродно (11,3), Минск 16 (10,1), Брест (9,6). Среднегодовые концентрации NO_2 были следующие (ppb, по убыванию): Витебск (12,1), Гомель (10,4), Могилев 04 (9,6), Минск 11 (8,4), Брест (8,3), Минск 16 (8,2), Гродно (7,8). По сравнению с 2023 годом, содержание NO_2 в атмосфере в 2024 г. увеличилось в Бресте на 1 %, в Гомеле и Минск 16 не изменилось, и снизилось в Гродно на 15 %, в Минск 11 на 33 %, в Могилев 04 на 3 % и в Витебске на 7 %.

Для NO последовательность максимальной среднемесячной концентрации в 2024 г. была следующей (по убыванию, ppb): Витебск (11,65), Минск 11 (10,23), Брест (9,37), Гомель (9,0), Могилев 04 (8,86), Минск 16 (7,45), Гродно, (7,12). По сравнению с 2023 годом, содержание NO в атмосфере увеличилось в Бресте на 63 %, в Гродно на 11 %, в Минск 16 на 29 %, в Могилев 04 на 10 % и в Витебске на 4 %. В Гомеле содержание NO снизилось на 15 %, а в Минск 11 не изменилось. Среднегодовые концентрации NO (ppb, по убыванию): Витебск (8,2), Могилев 04 (6,45), Минск 11 (5,7), Гомель (5,0), Минск 16 (4,8), Гродно (4,5), Брест (2,6).

Максимальные концентрации NO_2 зафиксированы в Гродно, в Минск 16, в Могилев 04 и в Витебске – в январе месяце. В Брест – в марте, в Гомеле – в октябре, а в Минск 11 – в декабре. Максимальные концентрации NO зафиксированы в Могилев 04 в январе месяце, в Гомеле – в феврале, в Минск 11 и в Минск 16 – в марте, в Витебске - в октябре, в Бресте – в ноябре, а в Гродно – в декабре.

Содержание СО в пункте Минск 16 больше чем в Минск 11, а в пункте Могилев 06 больше чем в Могилев 04. Содержание NO_2 и NO в Минск 11 больше, чем в Минск 16. Содержание NO в Могилев 04 больше чем в Могилев 06. Для Бреста, Гродно, Минск 11, Минск 16 и Могилева 04 и Витебска характерно снижение уровня концентрации NO_2 от зимних месяцев к летним с последующим возрастанием к ноябрю – декабрю. В Гомеле – наоборот, наблюдалось увеличение концентрации NO_2 весной и летом, вплоть до октября с последующим снижением концентрации к декабрю. Концентрация NO в Гомеле, Гродно, Минск 11, Минск 16 Могилев 04 и Витебске также снижалась от января к июлю с последующим ростом к осенне-зимним месяцам. В Бресте наблюдалась такая же картина, однако с ростом концентрации с января по март.

В общем содержании летучих органических соединений (ЛОС, концентрации в единицах ppb бензола, толуола и ксилола) порядок расположения компонент выглядит следующим образом. Для Могилева 04 и Витебска концентрации толуола > бензола > ксилола. Для Бреста ксилола > толу-

ола>бензола. Для Могилева 06 ксилола>бензола>толуола. Для Гомеля толуола>ксилола>бензола. Для Гродно бензол=толуол>ксилол. Больше всего по республике бензола было зарегистрировано 02.2024 в Могилев 06 (0,235). Больше всего толуола было зарегистрировано 09.2024 в Витебске (0,207). Больше всего ксилола было зарегистрировано 03.2024 в Могилев 06 (0,228).

Среднегодовые концентрации в 2024 году: Бензол (ppb, по убыванию): Могилев 06 (0,203), Гродно (0,04), Витебск (0,033), Гомель (0,026), Брест (0,016), Могилев 04 (0,005); Толуол (ppb, по убыванию): Витебск (0,198), Могилев 06 (0,099), Гомель (0,097), Брест (0,041), Гродно (0,038), Могилев 04 (0,018); Ксилол(ppb, по убыванию): Могилев 06 (0,204), Брест (0,055), Гомель (0,028), Витебск (0,006), Могилев 04 (0,004), Гродно (0,001).

Наиболее «грязные» города в 2024 году (максимальные среднегодовые концентрации, ppb): O₃ – Могилев 06 (35,05), CO – Гродно (303,8), Минск 16 (297), NO₂ – Витебск (12,1), NO – Витебск (8,2), бензол – Могилев 06 (0,203), толуол – Витебск (0,2), ксилол - Могилев 06 (0,2).

Почти для всех пунктов измерений значения наиболее высоких суточных концентраций (СВК) O₃ в зимние месяцы приходилось на вечернее и ночное время, что не соответствует климатической норме суточного хода концентрации приземного озона. В Березинском заповеднике 12.2023–01.2024 значения СВК регистрировались в ночные и утренние часы. В Бресте 12.2023 – в утренние часы. В Гомеле 12.2023 – 02.2024 и в Гродно 11.2023 - 02.2024 – в вечерние и ночные часы. В Минске 11 11.2023 - 02.2024, Могилев 04 12.2023 - 02.2024, в Витебске 11.2023 - 01.2024 – в ночные часы. А в пункте Могилев 06 12.2023 - 01.2024 – в вечерние, ночные и утренние часы.

Значения СВК CO в Бресте регистрировались осенью 2023 и зимой в утренние часы, а весной, летом и осенью 2024 – в вечерние. Для Гомеля в осенние и весенние месяцы 2023 и 2024 гг. – утром и вечером, зимой – днем, а летом - утром, днем и вечером. В Гродно, кроме зимних месяцев (дневное время), эти значения приходились на утренние часы. Для Минска 11 (Курасовщина) – в основном в утренние и вечерние часы (зимой – днем). Для Минска 16 (Уручье), за исключением зимних месяцев (утром), - в вечернее время. Для Могилева 04 (промышленный район) осенью, весной и летом – в основном в вечерние часы, а зимой – в дневные. Для Могилева 06 (спальный район) осенью и весной – вечером, зимой – днем, а в летние месяцы – ночью.

В Бресте, Минске 11 и Минске 16, исключая зимние месяцы (день и утро) значения СВК NO₂ регистрировались в вечернее время, а NO – в утреннее. Для Гомеля значения СВК NO₂ и NO фиксировались в утренние часы. Для Могилева 04, исключая зимние месяцы (день и утро), значения СВК NO₂ в летние месяцы приходилась на вечернее время, а NO – на утренние часы. Для Могилева 06 эти значения (из имеющихся) для NO₂ приходились в осенне-зимний период на день, а для NO – на утро и день.

Значения СВК бензола в Бресте, Могилеве 04 и Витебске в осенние и летние месяцы регистрировались в вечернее время, зимой – в утреннее, а весной – в ночные часы. Для Гомеля эти значения весной приходились на ночь, а летом – на утро. Для Могилева 06 и осенью и зимой – на вечер. Значения суточных высоких концентраций толуола для Бреста осенью приходились равномерно на утро, день и вечер, весной и летом – на ночные часы, а зимой – на вечерние. В Гомеле весной и летом – на вечерние и ночные часы. В Могилеве 04 значения СВК зимой приходились на день, а весной и летом – на вечер и утро. Для Могилева 06 эти параметры осенью и зимой приходились на вечер, а весной и летом – на ночь. В Витебске осенью – на день, зимой – на день и утро/вечер а летом – на ночь.

Значения СВК ксилола в Бресте осенью приходились на вечерние часы, зимой – на дневные и вечерние, весной – на день и, частично, ночь, а летом на ночь и вечер. В Гомеле, как и для толуола, весной и летом – на вечерние и ночные часы. В Могилеве 04 зимой – днем, вечером и утром, весной и летом – вечером, ночью и утром. В Могилеве 06 СВК осенью приходились на вечер и ночь, зимой – на вечер, весной – на утро и летом – на ночь. В Витебске значения суточных высоких концентраций ксилола осенью приходились на утро и день, зимой – на день, а летом – на ночь (как и для толуола).