

5. Афонин А. Н., Лунева Н. Н., Ли Ю. С., Коцарева Н. В. Эколого-географический анализ распространения и встречаемости борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi Manden.*) в связи со степенью аридности территорий и его картирование для европейской территории России // Экология. 2017. № 1. С. 66–69.

6. Дмитриева, С. А. Кариология флоры как основа цитогенетического мониторинга: (на примере Березинского биосферного заповедника) / С. А. Дмитриева, В. И. Парфенов. Мн: Навука і тэхніка, 1991. 23.

## АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА ОКСИДОМ УГЛЕРОДА И ОКСИДАМИ АЗОТА В ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ

### ANTHROPOGENIC AIR POLLUTION WITH CARBON OXIDE AND NITROGEN OXIDES IN THE CITIES OF BELARUS

**А. М. Людчик<sup>1</sup>, Е. А. Мельник<sup>2</sup>, П. Н. Павленко<sup>3</sup>**

**A. M. Liudchik, E. A. Melnik, P. N. Paulenka**

<sup>1</sup>Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы  
Белорусского государственного университета,  
г. Минск, Республика Беларусь  
liudchikam@tut.by

<sup>2</sup>Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного  
загрязнения и мониторингу окружающей среды, г. Минск, Республика Беларусь  
kbb@rad.org.by

<sup>3</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
pavlenko\_pn@mail.ru

*National Ozone Monitoring Research Centre of the Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus  
Republican Center for Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination  
and Environmental Monitoring, Minsk, Republic of Belarus  
Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

Представлены данные о сезонном ходе концентраций в приземном воздухе оксида углерода, оксида и диоксида азота, а также вторичного загрязнителя – озона – в областных городах Беларуси и Березинском биосферном заповеднике в разные годы. Концентрации антропогенных загрязнителей обычно минимальны в летний период и максимальны зимой, в то время как концентрация приземного озона максимальна в весенне-летний период и минимальна в зимний.

Data on the seasonal course of concentrations in the surface air of carbon monoxide, nitrogen oxide and dioxide are presented, as well as a secondary pollutant – ozone in the regional cities of Belarus and the Berezinsky Biosphere Reserve in different years. Concentrations of anthropogenic pollutants are usually the lowest in summer and maximum in winter, while the ground-level ozone concentration is maximum in the spring-summer period and minimum in winter.

*Ключевые слова:* антропогенные загрязнители воздуха, приземный озон, сезонный ход.

*Keywords:* anthropogenic air pollutants, ground-level ozone, seasonal variation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-155-158>

Представлен обзор данных наблюдений за концентрацией в приземном воздухе оксида углерода, оксида и диоксида азота, а также вторичного загрязнителя – озона на пунктах Национальной системы мониторинга окружающей среды в областных городах и Березинском биосферном заповеднике. Следует заметить, что данные получены в результате обработки наблюдений, включающих одновременную регистрацию концентраций оксида углерода, оксидов азота, бензола, толуола, ксилола и приземного озона, то есть практически всех регистрируемых на пунктах мониторинга загрязнений, оказывающих влияние на приземный озон. Отказ от этого условия позволяет представить больше результатов, однако конечной целью проводимого исследования является анализ влияния антропогенных загрязнений воздуха на концентрацию приземного озона. Для этого названное условие обязательно.

Графики среднемесячных концентраций загрязнений в разные годы приведены на рис. 1–7. В большинстве случаев антропогенные загрязнения демонстрируют подобный сезонный ход из года в год: концентрации постепенно снижаются при переходе от зимы к лету, достигают минимума в летний период, а затем начинают увеличиваться по мере приближения к зиме. Возможными причинами такого поведения могут быть интенсификация источников

выбросов загрязнений и усиление ветра, выдувающего загрязнения из городов в отдельные сезоны, а также препятствующее рассеянию загрязнений торможение вертикального перемешивания в приземной атмосфере в зимний сезон. Последняя причина представляется более существенной, поскольку даже не имеющие общих источников антропогенные загрязнения характеризуются похожим сезонным ходом среднемесячных концентраций.

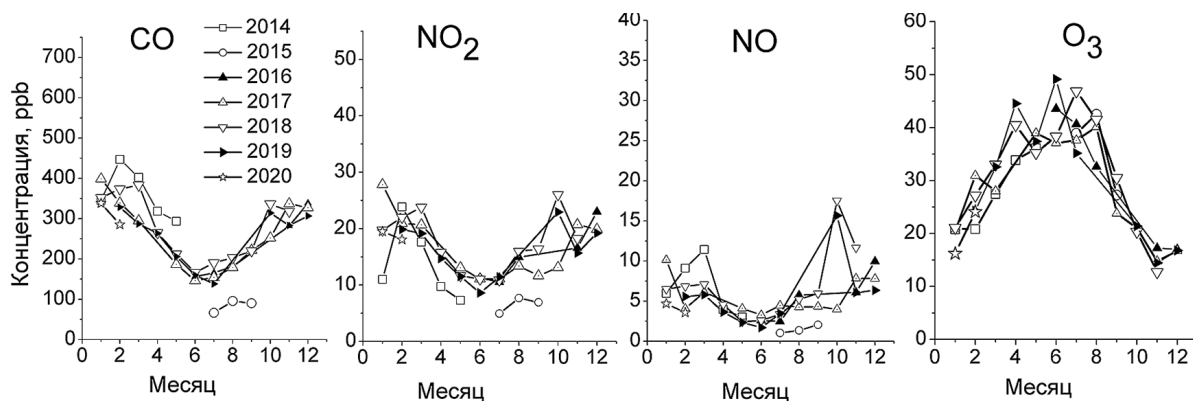


Рисунок 1 – Брест. Годовой ход среднемесячных концентраций загрязнителей атмосферы в разные годы

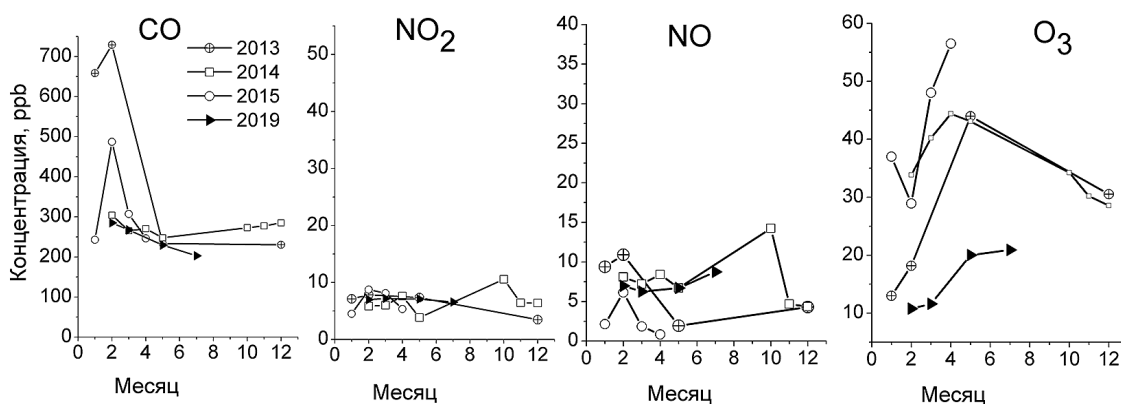


Рисунок 2 – Витебск. Годовой ход среднемесячных концентраций загрязнителей атмосферы в разные годы

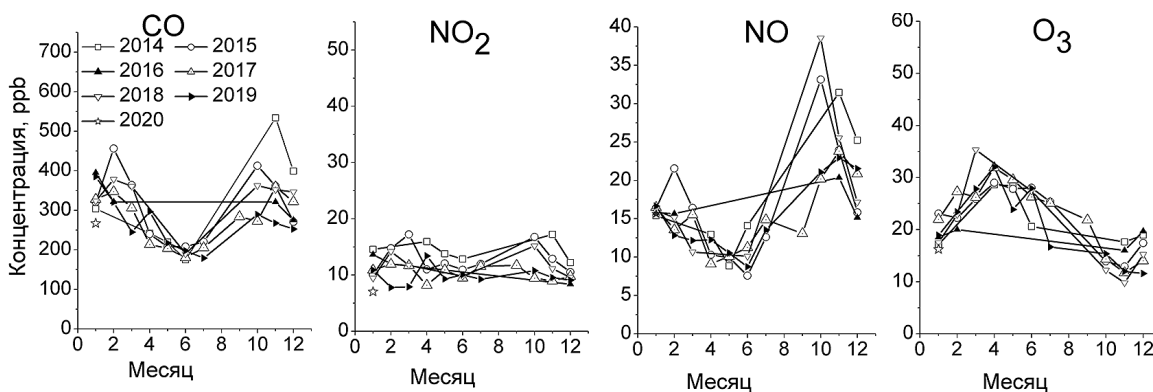


Рисунок 3 – Гомель. Годовой ход среднемесячных концентраций загрязнителей атмосферы в разные годы

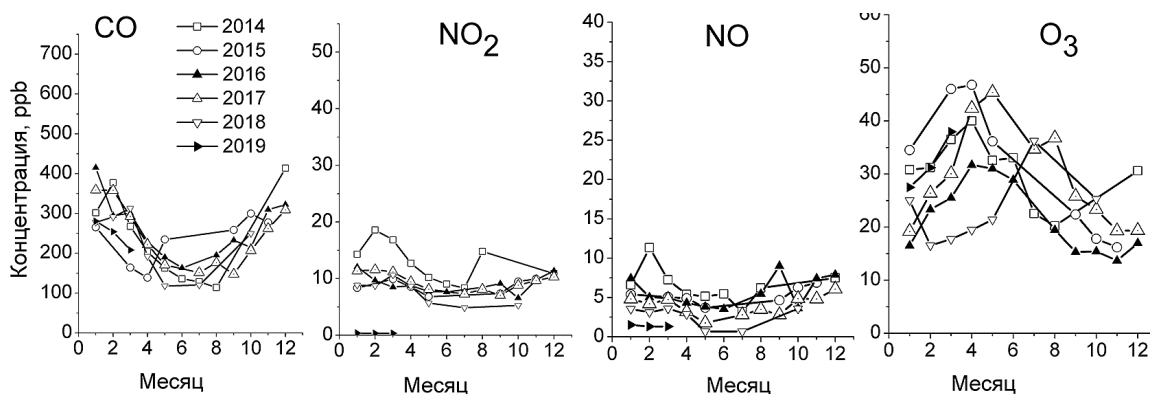


Рисунок 4 – Гродно. Годовой ход среднемесячных концентраций загрязнителей атмосферы в разные годы

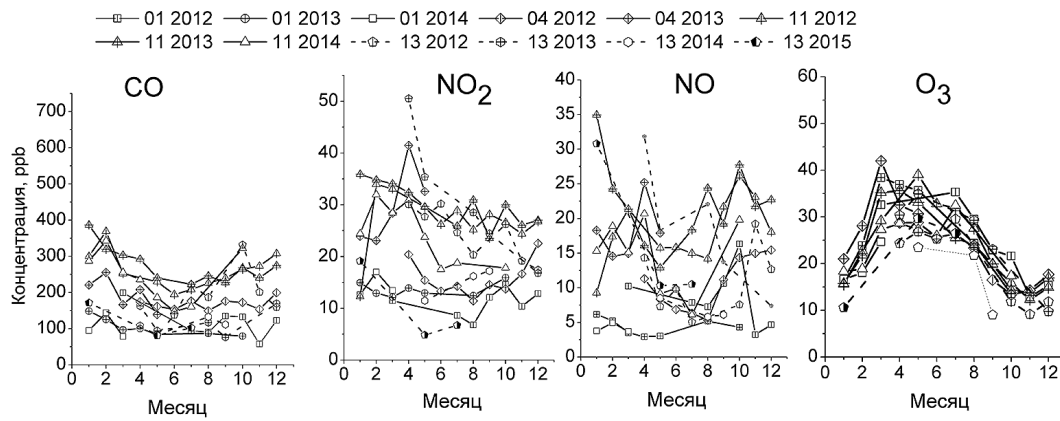


Рисунок 5 – Минск. Годовой ход среднемесячных концентраций загрязнителей атмосферы в разные годы. В городе имеется несколько пунктов наблюдений, расположенных в разных районах. Их номера указаны в обозначениях линий

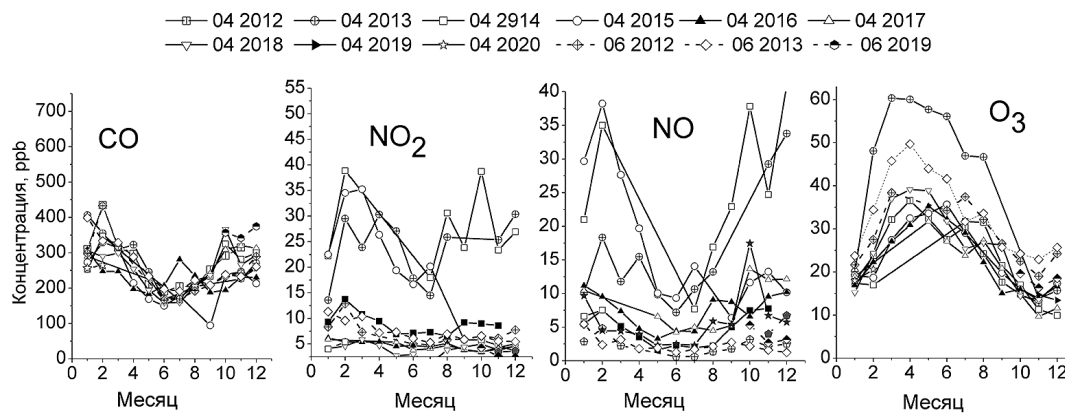


Рисунок 6 – Могилев. Годовой ход среднемесячных концентраций загрязнителей атмосферы в разные годы. В городе имеется два пункта наблюдений, расположенных в районах, различающихся степенью загрязнения воздуха. Их номера указаны в обозначениях линий

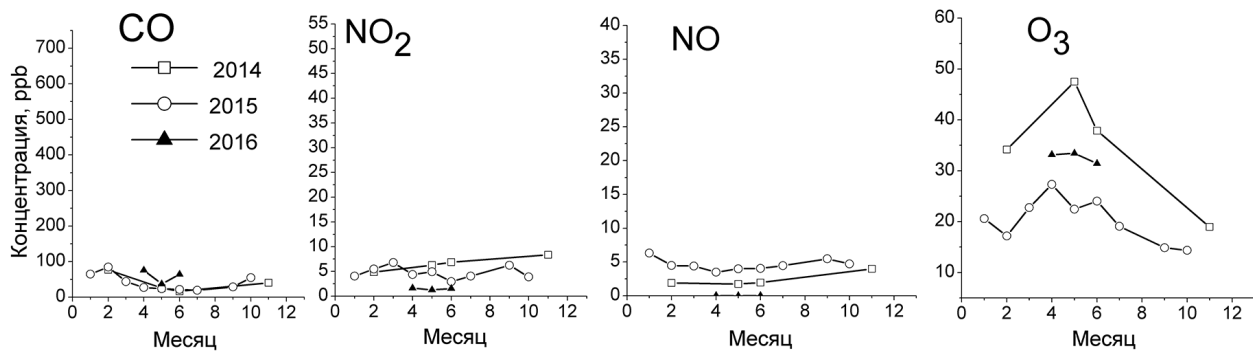


Рисунок 7 – Гродно. Годовой ход среднемесячных концентраций загрязнителей атмосферы в разные годы

Среднемесячные концентрации приземного озона имеют противоположный сезонный ход: они минимальны в зимний сезон и максимальны в весенне-летний. Этому также есть простое объяснение, связанное с погодой. Зимой интенсивность солнечного излучения у поверхности земли мала, следовательно, низка эффективность фотохимических реакций, приводящих к генерации озона. Также существенно снижается эффективность вертикального перемешивания атмосферы, способствующая переносу богатого озоном воздуха из верхних слоев тропосферы к поверхности земли.

Оксид углерода имеет выраженный сезонный ход: среднемесячные концентрации понижаются от зимы к лету, а потом опять увеличиваются к зиме. Среднемесячные концентрации оксида и диоксида азота в основном подвержены аналогичному сезонному ходу, наиболее слабо выраженному в Березинском биосферном заповеднике (рис. 7), возможно, вследствие очень низких фиксируемых концентраций. Среднемесячные концентрации оксида углерода минимальны в Заповеднике и слабо различаются в областных городах. Возможной причиной заметного превышения в начале 2013 г. в Витебске (рис. 2) может быть плохое качество измерений, на что указывает

высокая дисперсия результатов наблюдений. Однако, это только предположение, обосновать которое в настоящее время затруднительно. Самый загрязненный диоксидом азота город – Минск, где среднемесячные концентрации меняются в пределах 10–35 ppb. В 2013–2015 гг. такие же высокие концентрации фиксировались и в Могилеве на пункте 04, однако в последующие годы они резко снизились до уровня 1–12 ppb и практически совпадают с результатами наблюдений на другом городском пункте 06. Второй по загрязненности диоксидом азота город – Брест (10–25 ppb). В Гомеле и Гродно среднемесячные значения колеблются в пределах 5–15 ppb. А самый чистый по диоксиду азота город – Витебск (3–10 ppb).

Самые высокие среднемесячные концентрации оксида азота (10–35 ppb) зарегистрированы в 2013–2015 гг. для Могилева на пункте 04. Как и в случае с диоксидом азота, в последующие годы концентрации понизились до уровня 1–10 ppb и практически совпадают с результатами наблюдений на пункте 06.

Ранее указывалось на довольно высокие концентрации оксида углерода в г. Витебск в первые месяцы 2013 г. При этом зафиксирована высокая дисперсия среднесуточных значений в отдельные месяцы. Так, в первые 2 месяца года месячное среднеквадратичное отклонение составляло 300–400 ppb, в то время как в мае оно снизилось до 100. Одновременно существенно понизились и значения измеренных концентраций.

Резкое снижение дисперсии данных наблюдений в мае, похоже, связано с заметным уменьшением среднесуточных значений. Действительно, поскольку все результаты измерений положительны, снижение среднесуточного значения ограничивает величину суточной дисперсии. Иными словами, оба параметра связаны: уменьшение первого ограничивает возможную величину второго, но не наоборот. Однозначной зависимости между ними не существует: все зависит от характера поведения измеряемой величины. В частности, если измеряемая величина меняется скачками между нулем и значением  $a$ , среднее равно  $a/2$ , а среднеквадратичное отклонение тоже равно  $a/2$ . Но вполне возможно то же значение среднего при, к примеру, нулевой дисперсии.

Как отмечалось ранее, концентрация приземного озона в городах зависит от наличия загрязнений воздуха – прекурсоров озона, их концентраций и интенсивности солнечного излучения, инициирующего процессы генерации и разрушения озона, а также эффективности вертикального перемешивания атмосферы и скорости ветра. В настоящее время уровень загрязнения городского воздуха в Беларуси не высок, поэтому преобладают процессы разрушения озона. Именно поэтому в менее загрязненном воздухе сельской местности (например, в Березинском заповеднике) концентрация приземного озона обычно выше, чем в городах.

## **МРАМОРНЫЙ РАК *PROCAMBARUS FALLAX* КАК ИНВАЗИВНЫЙ ВИД В ВОДОЕМАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

### **THE MARBLE CRAYFISH *PROCAMBARUS FALLAX* AS INVASIVE SPECIES IN THE WATER BODIES OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

***H. В. Сакун*<sup>1,2</sup>, *О. А. Бодиловская*<sup>1,2</sup>**

***N. Sakun*<sup>1,2</sup>, *O. Bodilovskaya*<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет, БГУ г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*olga.bodilovskaya@iseu.by, natali.alekseychik@mail.ru*

<sup>1</sup>*Belarusian State University, BSU Minsk, Republic of Belarus*

<sup>2</sup>*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU Minsk, Republic of Belarus*

В статье представлено описание видового разнообразия речных раков, встречаемых на территории Республики Беларусь, и непосредственно описание инвазивного вида – мраморного рака *Procambarus Fallax* и способа его размножения. В настоящее время данный вид встречается во многих странах Европы, но существует серьезная вероятность его распространения и на территории Республики Беларусь. Многие виды ракообразных, занесённых в Красную книгу Республики Беларусь, могут оказаться в опасности в случае инвазии мраморного рака в водоёмах Беларуси.

The article describes crayfish species diversity in the territory of the Republic of Belarus, in particular invasive species – the marble crayfish (*PROCAMBARUS FALLAX*) and the method of its reproduction. Currently, this species is found in many European countries, but there is a serious probability of its spread in the territory of the Republic of Belarus. Many crayfish species listed in the Red Book of the Republic of Belarus may be endangered in case of an invasion of marble crayfish in the water bodies of Belarus.