

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодник состояния атмосферного воздуха. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rad.org.by/articles/vozduh/>. Дата доступа: 14 июня 2023
2. Vlachogianni, A. J. Evaluation of a multiple regression model for the forecasting of the concentrations of NO_x and PM₁₀ in Athens and Helsinki / A. J. Vlachogianni, Kassomenos, A. Karppinen, S. Karakitsios, J. Kukkonen // J. Science of the Total Environment. – 2001.- Vol. 409. –P. 1559–1571.
3. Unal YuS. Influence of meteorological factors and emission sources on spatial and temporal variations of PM₁₀ concentrations in Istanbul metropolitan area / YuS. Unal, H. Toros, Al. Deniz, S. Incecik // Atmospheric Environment. – 2011. – Vol. 45. – P.5504 - 5513.
4. Russo, A. N₂, PM₁₀ and O₃ urban concentrations and its association with circulation weather types in Portugal/ A. Russo, R.M. Trigo, H. Martins, M.T. Mendes MT//Atmospheric Environment. 2014. – Vol. 89. – P.768–785. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.02.010>.

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К УЧЕТУ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ И ПРЕКУРСОРОВ В УРАВНЕНИИ РЕГРЕССИИ

ANALYSIS OF DIFFERENT APPROACHES TO ACCOUNTING THE NONLINEAR DEPENDENCE OF SURFACE OZONE CONCENTRATION ON METEOROLOGY CONDITIONS AND PRECURSORS IN THE REGRESSION EQUATION

А. Н. Акимов¹, А. М. Людчик¹, П. Н. Павленко², А. Е. Яромов¹
A. N. Akimov, A. M. Liudchik, P. N. Paulenka, A. E. Yarotov

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

²Белорусский 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
Belarusian National Technical University,
Minsk, Republic of Belarus*

Сравниваются два варианта уравнения регрессии для концентрации приземного озона, зависящей от метеорологических условий и загрязнений воздуха. В первом варианте уравнением аппроксимируется концентрация приземного озона, во втором ее логарифм. Показано, что в обоих случаях расчеты по уравнению регрессии в рамках концепции, развиваемой ННИЦ МО, приводят к близким результатам. Однако второй вариант более предпочтителен по физическим соображениям.

Two versions of the regression equation for surface ozone concentrations depending on meteorological conditions and air pollution are compared. In the first version, the equation approximates the concentration of surface ozone, in the second its logarithm. It is shown that in both cases, calculations using the regression equation within the framework of the concept developed by the NOMREC lead to similar results. However, the second option is more preferable for physical reasons.

Ключевые слова: приземный озон, уравнение регрессии, нелинейность.

Keywords: surface ozone, regression equation, nonlinearity.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-100-101>

Обоснование методики ННИЦ МО для определения зависимости концентрации приземного озона от прекурсоров и метеоусловий дано в [1]. Методика базируется на построении уравнения регрессии, аппроксимирующей названную зависимость посредством обработки данных наблюдений в областных городах Беларуси. Важной особенностью являлось то, что уравнение регрессии строится только для отклонения концентрации приземного озона от его климатической нормы, определенной для «чистой атмосферы» и средней погоды страны [2]. Для оценки наблюдаемой концентрации озона рассчитанное по уравнению регрессии отклонение складывается с климатической нормой озона для заданных времени суток и дня года.

В [3] были предложены изменения методики в расчете на более эффективный учет нелинейности в обсуждаемой зависимости. С этой целью был осуществлен переход от уравнения регрессии для концентрации приземного озона к уравнению для его логарифма. В последнее время появилось много публикаций, свидетельствующих о перспективности такого перехода.

В представленном докладе проводится сравнение результатов расчетов по обоим вариантам методик. Для этого исходные данные, использованные в [4], были пересчитаны по обновленной методике с тем же набором исходных данных, объясняющих переменных уравнения регрессии и других условий.

Здесь следует обратить внимание на одну существенную особенность методики, используемой в НИИЦ МО, которая не позволяет непосредственно перейти от аппроксимации концентрации приземного озона с помощью уравнения линейной регрессии к аппроксимации логарифма концентрации. Причина в том, что, как отмечалось выше, изначально в методике НИИЦ МО уравнение регрессии использовалось для аппроксимации не зависимости полной наблюдаемой концентрации озона, а зависимости ее отклонения от климатической нормы озона в «чистой атмосфере» региона [2]. Однако в таком случае логарифм концентрации озона есть логарифм суммы климатической нормы озона и отклонения от нормы. Поэтому потребовались дополнительные усилия, чтобы обосновать непротиворечивую методику учета нелинейности в зависимости концентрации приземного озона от метеословий и загрязнений воздуха, не отказываясь от развитого ранее подхода.

Результаты проведенных расчетов иллюстрируют рис. 1-4. Заметим, что в обоих вариантах методик одно и то же уравнение регрессии используется для всех областных городов Беларуси. Результаты расчетов по исходной модели на рисунках обозначены как «линейная модель», расчеты по модернизированной методике – как «логарифмическая модель».

Первое, на что следует обратить внимание, это визуально улучшенное соответствие новых расчетов с экспериментом в случае минимальных (ночных) концентраций озона. Кроме того, в расчетах исчезают нефизические отрицательные значения концентраций озона, иногда появляющиеся в расчетах в рамках «линейной модели». Однако судить о значительном улучшении количественного согласия расчетов по второй модели с экспериментом по представленным рисункам не представляется возможным.

Более объективный подход к оценке эффективности новой методики заключается в сравнении объясненных дисперсий в обоих случаях для отдельных пунктов наблюдений. Различия в объясненных дисперсиях для каждого пункта обусловлены или качеством измерений на каждом пункте наблюдений, или пока неопределенными недостатками методики обработки измерений, и требуют дополнительного анализа.

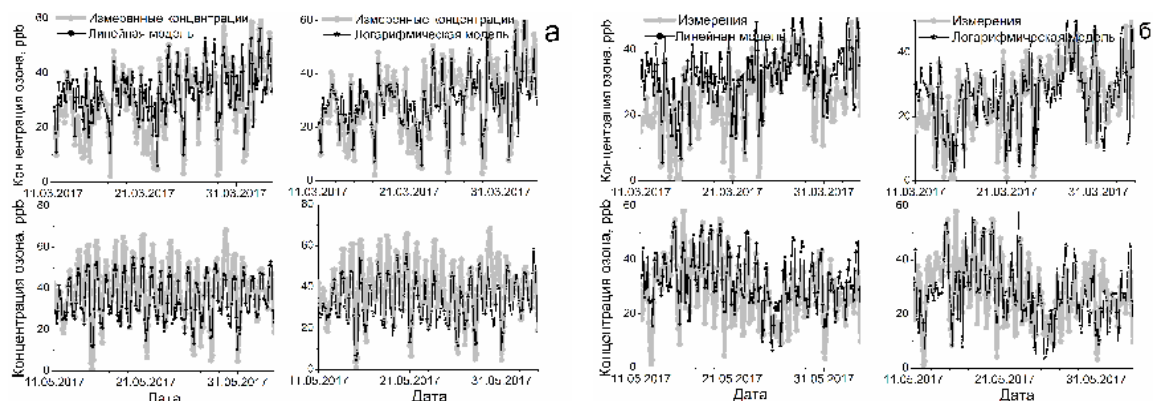


Рисунок 1 – Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными.

(а) г. Брест, пункт 01, 2017 г. (б) г. Гомель, пункт 14, 2017 г.

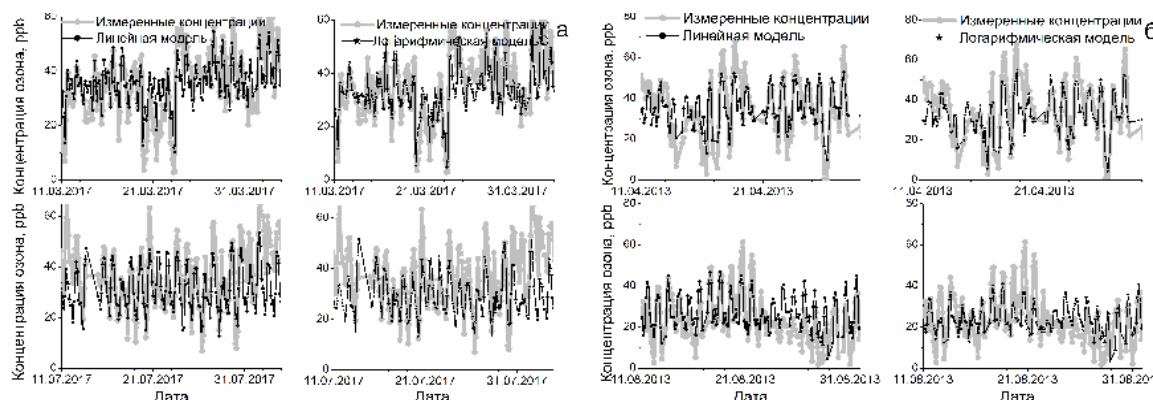


Рисунок 2 – Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными.

(а) г. Гродно, пункт 07, 2017 г. (б) г. Минск, пункт 01, 2013 г.

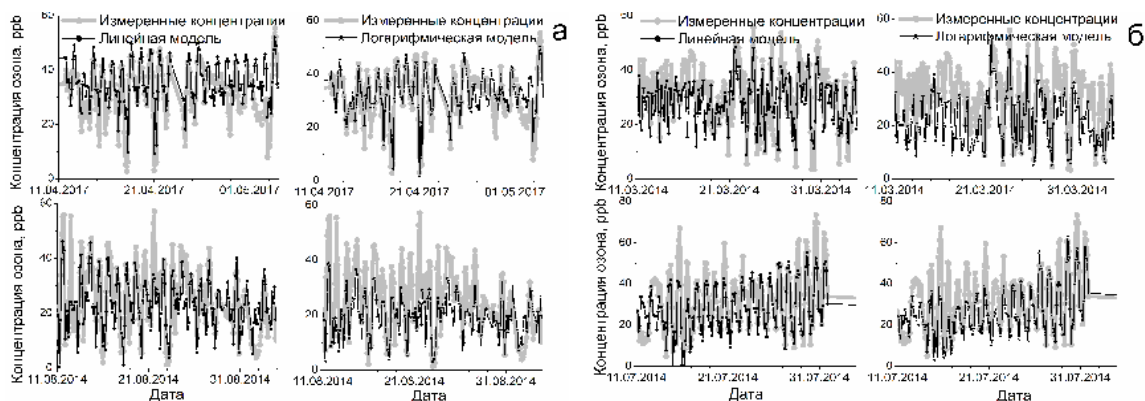


Рисунок 3 – Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными.
(а) г. Минск, пункт 04, 2014, 2017 гг. (б) г. Минск, пункт 11, 2014 г.

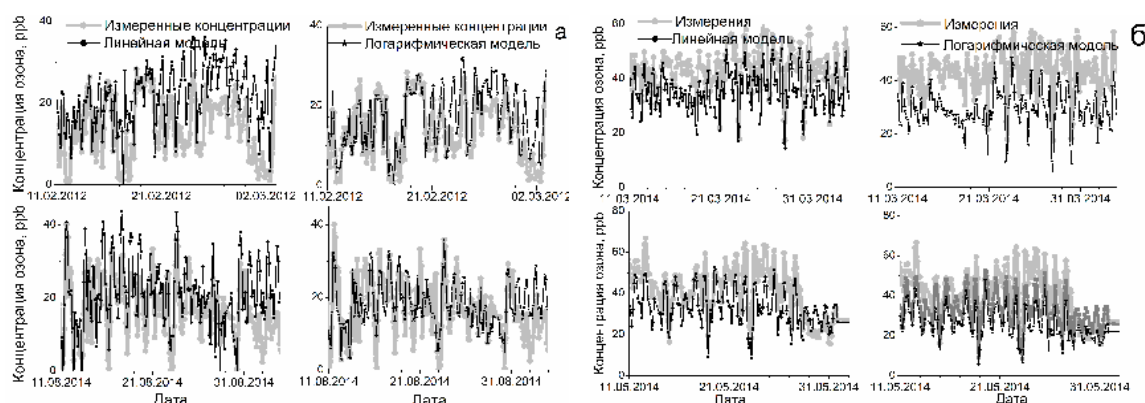


Рисунок 4 – Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными.
(а) г. Минск, пункт 13, 2012, 2014. (б) г. Витебск 03, 2014

Таблица 1
Статистические характеристики линейной и логарифмической моделей зависимости приземного озона от метеоусловий и антропогенного загрязнения воздуха

Пункт	Число данных	Линейная модель, среднее отклонение	Линейная модель, среднеквадратичное отклонение	Логарифмическая модель, среднее отклонение	Логарифмическая модель, среднеквадратичное отклонение
Мо 04	10681	-1,153	7,812	1,311	7,772
Мо 06	228	6,588	11,663	9,735	11,424
Br 01	8851	1,855	9,321	3,097	9,534
Mi 01	5290	-0,065	8,703	3,009	9,548
Mi 04	4956	-2,292	6,937	0,767	7,133
Mi 11	4417	3,652	8,06	6,503	8,881
Mi 13	4482	-2,702	8,136	0,77	8,397
Gr 07	10491	-0,628	9,627	1,038	9,823
Go 14	8332	-1,469	9,125	1,669	9,777
Vi 03	3439	6,078	13,215	10,364	12,661

В табл. 1 приведены сведения о количестве обработанных данных с каждого пункта наблюдений (колонка «Число данных»), среднее значение отклонения рассчитанных концентраций озона от измеренных и среднеквадратичное отклонение (колонки «Среднее отклонение» и «Среднеквадратичное отклонение») для линейной и логарифмической моделей уравнения регрессии для каждого пункта наблюдений (обозначения последних в таблице состоят из первых двух букв названия города и номера пункта). Сразу можно заметить, что в случае логарифмической модели среднее значение отклонений получилось для всех пунктов наблюдений положительным, поскольку минимизировались не сами отклонения, а их логарифмы. Среднеквадратичные отклонения для обоих случаев оказались весьма близкими по величине.

В рамках обеих моделей самые большие средние значения разностей «расчет – измерение» получились для пунктов Могилев 06 и Витебск 03. Величины среднеквадратичных отклонений названной разности также максимальны для этих пунктов. Свидетельствует ли это о неважном качестве измерений на этих пунктах или недостатках обеих использованных моделей – задача дальнейших исследований.

Даже в случае «правильного» уравнивания регрессии расчеты по нему, проведенные с использованием некорректных данных о концентрациях прекурсоров озона, будут обнаруживать заметные отклонения от измеренных концентраций приземного озона. И наоборот, неверно измеренные концентрации озона при корректных значениях концентраций антропогенных загрязнений опять приведут к появлению отклонений расчетных значений от измеренных концентраций озона.

И, наконец, следует отметить, что список регистрируемых газовых загрязнений воздуха, оказывающих влияние на приземный озон, значительно более широк, чем номенклатура регистрируемых автоматическими станциями Белгидромета веществ. Уровень влияния неучтенных антропогенных и естественных загрязнений воздуха в условиях Беларуси следует детально исследовать, составить список веществ, играющих определяющую роль, и обеспечить их мониторинг. В частности, регистрируемые данные о среднесуточных концентрациях частиц в воздухе вполне надежны, и их следует включить в число объясняющих переменных уравнения регрессии.

Выше перечислены реальные и возможные недостатки системы регистрации загрязнений воздуха, используемой НСМОС. Однако имеются и существенные недоработки методики применения регрессионного анализа зависимости приземного озона от метеоусловий и прекурсоров озона. Авторы продолжают работу в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Людчик А.М. Статистическая оценка антропогенного воздействия на приземный озон /А. М. Людчик, В. И. Покаташкин, Л. М. Болотко, Р. Н. Бурак, П. Н. Павленко // Природные ресурсы. -2015. - № 1. – С. 95 – 105.
2. Божкова В.В. Климатическая норма приземного озона в чистой атмосфере Беларуси / В. В. Божкова, Л. М. Болотко, А. М. Людчик, Н. Павленко П., С. Д. Умрейко // Природные ресурсы. – 2019. - № 2. – С. 98 – 107.
3. Людчик А. М. Эффективная методика учета нелинейной зависимости концентрации приземного озона от метеопараметров и концентраций антропогенных загрязнителей воздуха / А. М. Людчик, А. Н. Акимов, П. Н. Павленко // 23-я Международная научная конференция «Сахаровские чтения 2023 года: экологические проблемы XXI-го века». 18 – 19 мая 2023. Минск 2023. - С. 257 – 260.
4. Божкова В.В. Флуктуации поля приземного озона в Беларуси, обусловленные метеорологическими условиями и антропогенным загрязнением воздуха / В.В. Божкова, А. М. Людчик, Е. А. Мельник // Природные ресурсы. – 2020. - № 1. – С. 80 - 91.

АНАЛИЗ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В РАМКАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

ANALYSIS OF THE WOODWORKING INDUSTRY IN THE REPUBLIC OF BELARUS WITHIN THE FRAMEWORK OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

И. В. Акулич, К. М. Мукина

I. V. Akulich, K. M. Mukina

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь, irina. akulich.@inbox.ru*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

«Зеленая» экономика трактуется в целом ряде авторитетных международных документов как вариант новой социально-экономической модели, которая ориентирована на принципы устойчивого развития и активно использует инновационные «зеленые» технологии. «Зеленый» рост предполагает стимулирование экономики при сохранении окружающей природной среды и бесперебойном предоставлении ими ресурсов и экосистемных услуг, от которых зависит благополучие настоящего и будущих поколений людей. В Республике Беларусь был принят ряд документов стратегического характера по устойчивому развитию экономики страны, основными из которых являются: Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2035 года и Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы.

The “green” economy is interpreted in a number of authoritative international documents as a variant of a new socio-economic model that focuses on the principles of sustainable development and actively uses innovative