



НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЗАВИСИМОСТЬ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОРЕНБУРГА ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Тюлебаева С.С., Щеголькова Н.М., Карпачевский А.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1
тел.: (495) 939-12-54, e-mail: saltanat_tyulebaeva@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2023.02.110-119

Заключение совета рецензентов: 14.02.23

Заключение совета экспертов: 23.02.23

Принято к публикации: 29.02.23

В статье представлены материалы научно-исследовательской работы связанной с нестандартным методическим подходом к оценке вклада загрязнения от автотранспорта, ставшей возможной в связи с разразившейся на планете пандемией и ограничительными мерами по COVID-19. Был рассмотрен новый взгляд к оценке загрязняющих веществ от автомобильных выбросов, попадающих из атмосферы в поверхностные водоёмы, основанный на сравнении данных мониторинга за период: 2019 – 2020 г. В работе отражены результаты анализа динамики состояния воздуха и воды в р. Урал, а также её правостороннего притока - р. Сакмара в районе города Оренбург в период 2019-2020 гг. Оценено влияние ограничительных мер по COVID-19 на степень загрязнения воздуха в городе Оренбург и воды в реках Урал и Сакмара. Исследования показали, что в 2020 году, по сравнению с предыдущим, интенсивность движения автомобилей снизилось на 20 %, а в период локдауна (апрель – май) на 60 %, что привело к сокращению в воздухе содержания таких загрязняющих веществ как: оксид углерода, диоксид серы, оксид азота и диоксид азота, а в речной воде обеих рек: взвешенных веществ; железа общего; азота нитритного и нитратного. Сопоставление полученных данных позволило применить новый подход к оценке удельного вклада одного условного автомобиля в загрязнение рек Урал и Сакмара. Этот вклад, заключающийся, в недостаточном поступлении абсолютных величин загрязняющих веществ в воду рек, обусловленный условным простоем 1 автомобиля в 2020 году из-за ограничений по COVID 19, составил по рекам Урал и Сакмара, в частности, по взвешенным веществам 175,0 и 696,5 кг/год, соответственно; по железу общему – 0,545 и 0,727 кг/год; по сумме нитритного и нитратного азота – 0,657 и 0,923 кг/ год. Отмечается, что это оценочные расчёты, которые демонстрируют, как можно использовать уникальные данные, сложившиеся в результате объявления ограничительных мер по пандемии, для оценки труднодиагностируемых диффузных стоков.

Ключевые слова: автомобили, диффузные стоки, загрязняющие вещества, COVID-19, мониторинг, воздух, вода.

A NEW LOOK AT THE DEPENDENCE OF THE POLLUTION OF ORENBURG WATER OBJECTS ON THE INTENSITY OF MOTOR TRANSPORT TRAFFIC

Tulebaeva S.S., Shchegolkova N.M., Karpachevsky A.M.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
 «M. V. Lomonosov Moscow State University»
 119991, Russian Federation, Moscow, Leninskiye Gory, 1
 phone: (495) 939-12-54, e-mail: soil.msu@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2023.02.110-119

Referred: 14.02.23

Received in revised form: 23.02.23

Accepted: 29.02.23

The article presents the materials of research work related to a non-standard methodological approach to assessing the contribution of pollution from motor transport, which became possible due to the pandemic that broke out on the planet and restrictive measures on COVID-19. A new approach to the assessment of pollutants from automobile emissions entering surface water bodies from the atmosphere was considered, based on a comparison of monitoring data for the period: 2019 – 2020. The work reflects the results of the analysis of the dynamics of the air and water state in the Ural river, as well as its right-hand tributary – the Sakmara river near the town Orenburg in the period 2019-2020. The impact of restrictive measures on COVID-19 on the degree of air pollution in the town Orenburg and water in the Ural and Sakmara rivers is estimated. Studies have shown that in 2020, compared with the previous year, the traffic intensity of cars decreased by 20%, and during the lockdown period (April – May) by 60%, which led to a reduction in the air content of pollutants such as carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen oxide and nitrogen dioxide, and in the water of both rivers: suspended solids; common iron; nitrite and nitrate nitrogen. A comparison of the data obtained allowed us to apply a new approach to assessing the specific contribution of one conditional car to the pollution of the Ural and Sakmara rivers. This contribution, consisting in the insufficient intake of absolute values of pollutants into the water of rivers, due to the conditional downtime of 1 car in 2020 due to restrictions on COVID-19, amounted to 175.0 and 696.5 kg/year for the Ural and Sakmara rivers, in particular, for suspended solids, respectively; for general iron – 0.545 and 0.727 kg/ year; the sum of nitrite and nitrate nitrogen – 0.657 and 0.923 kg / year. It is noted that these are estimated calculations that demonstrate how to use the unique data that have developed as a result of the announcement of restrictive measures for the outbreak of a pandemic to assess difficult-to-diagnose diffuse effluents.

Keywords: cars, diffuse effluents, pollutants, COVID-19, monitoring, air, water.



Салтанат Саясатовна
Тюлебаева
Saltanat Sayasatovna
Tyulebaeva

Сведения об авторе: магистр факультета почвоведения МГУ имени Ломоносова, направления «Экология и природопользование».

Образование: МГУ имени Ломоносова.

Область научных интересов: экология, исследование загрязнения рек, изучение автомобильных выбросов.

Публикации: 15 статей, 3 тезисов докладов.

Author information: Master of the Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, direction is "Ecology and nature management".

Education: Lomonosov Moscow State University.

Research area: ecology, research on river pollution, the study of car emissions.

Publications: 15 articles, 3 abstracts.



Наталья Михайловна
Щеголькова
Nataliya Mikhailovna
Shchegolkova

Сведения об авторе: работает в МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра географии почв, лаборатория экологического почвоведения, ведущий научный сотрудник.

Образование: доктор биологических наук (МГУ имени Ломоносова).

Область научных интересов: экология, очистка сточных вод, процессы самоочищения водоемов.

Публикации: 101 статья, 4 книги, 55 тезисов докладов.

Author information: works at Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, Department of Soil Geography, Laboratory of Ecological Soil Science, Leading Researcher.

Education: Dr. of Biological Science (Lomonosov Moscow State University).

Research area: ecology, wastewater treatment, processes of self-purification of water bodies.

Publications: 101 articles, 4 books, 55 abstracts.



Андрей Михайлович Карпачевский
Andrey Mikhailovich Karpachevsky

Сведения об авторе: работает в МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, старший научный сотрудник.

Образование: МГУ имени Ломоносова.

Область научных интересов: картография, исследование спутниковых снимков.

Публикации: 55 статей, 3 книги, 20 тезисов докладов.

Author information: works at Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, Senior Researcher.

Education: Lomonosov Moscow State University.

Research area: cartography, study of satellite images.

Publications: 55 articles, 3 books, 20 abstracts.

Введение

Учитывая, что в городах следует разделять загрязнение воздуха от автотранспорта и от других источников, а это методически и технический затруднительно, следовало бы использовать уникальные ситуации вроде той, что сложилась в связи с разразившейся на планете пандемией. Эта ситуация позволила использовать данные регулярных наблюдений для иного методического подхода к оценке вклада загрязнения от автотранспорта. Поскольку, ограничительные меры по COVID-19 имели дли-

тельную временную протяжённость в течении 2020 года, снижение загрязнённости воздуха отразилось на снижении загрязнённости воды в поверхностных водотоках и водоемах. Поэтому, ряды данных по качеству воздуха и воды водных объектов в некоторых городах, позволяют выполнить оценку доли загрязнённости воздуха города автомобильным транспортом, через изменение загрязнённости воды водных объектов городской среды в период резкого падения плотности транспортных потоков. Таким городом может быть, по нашему мнению, город Оренбург – областной центр в Российской Федерации.

| Таблица сокращений | |
|---------------------------|--|
| Буквы греческого алфавита | |
| Σ | Сумма |
| Δ | Разница |
| Буквы латинского алфавита | |
| C | Концентрация загрязняющего вещества в створе |
| Q | Расход реки через данный створ за месяц |
| Буквы русского алфавита | |
| MP з.в. | Массовый расход загрязняющего вещества |

| ПНЗ | Пункты наблюдений за загрязнением окружающей среды |
|-------------------|--|
| Единицы измерения | |
| кг/год | Килограмм в год |
| тыс. шт. | Тысяч штук |
| тыс.т/год | Тысяч тонн в год |
| т/год | Тонн в год |
| м ³ /с | Кубический метр в секунду |
| г/дм ³ | Грамм на кубический дециметр |
| мг/м ³ | Миллиграмм на кубический метр |
| кг/год | Килограмм в год |

1. Теоретический анализ

Автомобильный транспорт является одним из основных источников загрязнения окружающей среды на планете [1-3], и его доля в общей массе загрязнений растёт с каждым годом. Сегодня, в большинстве случаев в городах выбросы от автомобильного транспорта превышают выбросы от промышленных предприятий. Рассредоточенность диффузных загрязнений препятствует их учёту и утилизации. А между тем, доля загрязнения от автомобильного транспорта, например, по азоту соизмерима с количеством азота, поступающего от поверхностных стоков [4].

В период карантина 2020 года в связи с коронавирусной инфекцией COVID-19 часть автотранспорта была выведена из функционирования на несколько месяцев. Во многих городах зафиксировано зна-

чительное снижение выбросов угарного и других газов, которые связывают, прежде всего, с ограничениями движения автомобилей [5,6]. Эта ситуация позволяет опробовать новый подход к оценке диффузных стоков загрязняющих веществ от автомобильного транспорта, поступающих в поверхностные водоёмы с атмосферными осадками – подход, основанный на сравнении данных мониторинга за период до и после карантина.

2. Характеристика района исследования

Особенность ландшафтной структуры местности расположения города Оренбург характеризуется наличием двух крупных рек, окаймляющих большую часть города с южной и юго-западной стороны – рекой Урал и с западной и северо-западной стороны – рекой Сакмара (правосторонний приток р. Урал)



[7,8]. Основным источником загрязнения в г. Оренбург является: автомобильный транспорт, предприятия газоперерабатывающей отрасли промышленности, нефтепереработки, машиностроения, теплоэнергетики и железнодорожный транспорт [8]. В целом, вклад автомобильного транспорта в валовых выбросах загрязняющих веществ в атмосферу г. Оренбург, по данным 2002 года составляла более 63% [9]. В то же время, учитывая, что в период 2002 - 2019 гг. количество автомобилей в городе Оренбург по данным Росстата [10] увеличилось в 2,37 раза, в то время как промышленный рост составлял 25%, то рост парка автомобилей в 5 раз превосходил аналогичный рост общего промышленного производства в городе. Таким образом, следует предполагать увеличение доли выбросов, производимых автомобильным транспортом за этот период.

3. Методика исследований

Источниками данных о качестве атмосферного воздуха в городе Оренбург послужили данные Оренбургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Приволжское УГМС» из 3-х стационарных постов систематических наблюдений за состоянием атмосферного воздуха - ПНЗ (пункты наблюдений за загрязнением окружающей среды), расположенных по адресам

ПНЗ № 2 – ул. Орджоникидзе, 111;

ПНЗ № 5 – ул. Донгузская, 17 (г. Сулак);

ПНЗ № 6 – ул. Театральная, 29.

На указанных ПНЗ проводят наблюдения за следующими, необходимыми нам в исследовании, показателями: взвешенные веществ (пыль), Fe, CO, NO, NO₂, N. Отбор проб и измерения проводятся на постах ежедневно, путём регистрации с помощью автоматических устройств дискретно, через равные промежутки времени 4 раза в день.

Источниками данных о состоянии поверхностных вод в районе города Оренбург являлись два створа: 1 створ - р. Урал в черте г. Оренбург, недалеко от гидрологического поста; 2 створ – р. Сакмара в черте г. Оренбург, 7 км ниже автодорожного моста. Следует пояснить, что эти створы рек расположены в разных районах города и что, особенно важно, они находятся выше сброса вод от очистных сооружений. Расчет массового расхода загрязняющего вещества в реке производился по формуле:

$$MP \text{ з.в. река} = \sum (C \text{ з.в.} \times Q \text{ р. Урал}); \quad (1)$$

где, MP з.в. массовый расход загрязняющего вещества (т/год); C з.в. – концентрация загрязняющего вещества в створе, определяемая ежемесячно (г/дм³); Q р – расход реки через данный створ за месяц (тыс. м³)

Также в работе использовалась методика сетевого моделирования, при котором рассчитывалась модельная автомобильная загруженность на улицах и вероятностные ливневые стоки по городу, визуальная работа представлена с помощью программного продукта ArcGIS [11,12]. А расчёты по интенсивности движения автотранспортных средств проведены на основе спутниковых снимков из приложения Google Earth (Google Планета Земля).

Все расчёты и построение графиков проводились в Excel 19, а обрабатывался материал с помощью приложения Statistica 10.0 ("Stat Soft Inc.", США).

4. Результаты и их обсуждение

27 марта 2020 года Указом губернатора Оренбургской области № 155-ук были внесены изменения в предыдущий документ, Указ от 17.03.2020 № 112-ук "О мерах по противодействию распространению в Оренбургской области новой коронавирусной инфекции (2019-нCoV)", в котором появились новые ограничительные меры, в том числе и на самоизоляцию оренбуржцев, а также на запрет движения транспортных средств, без специального пропуска. Этот указ значительно снизил количество автотранспортных средств на улицах города.

Сравнение динамики концентрации CO в атмосфере г. Оренбург за 2019-2020 гг. отображено на рисунке 1. Как видно из графика, после объявления ограничительных мер по COVID-19 в течении месяца показатели концентрации угарного газа составляли 0,1-0,3 мг/м³, это минимальные значения за весь двухлетний период. Период локдауна (с 27.03 по 10 мая 2020 г.) отмечен красным квадратом на графиках, отражающих качество воздуха в г. Оренбург.

Можно предполагать, что снижение выбросов связано, прежде всего, с ограничением движения транспортных средств, поскольку ограничения по локдауну не затронули стационарные предприятия г. Оренбург. В последующем, некоторые ограничения были сняты, к тому же прошёл первоначальный психологический стресс, что сказалось на возобновлении интенсивности движения транспорта, в результате чего выбросы CO увеличились до 0,4 – 0,5 мг/м³. Это было характерно для всех ПНЗ. Однако, стоит отметить, что в последующие месяцы 2020 года, содержание CO в воздухе оставалось не значительным в сравнении с 2019 годом.



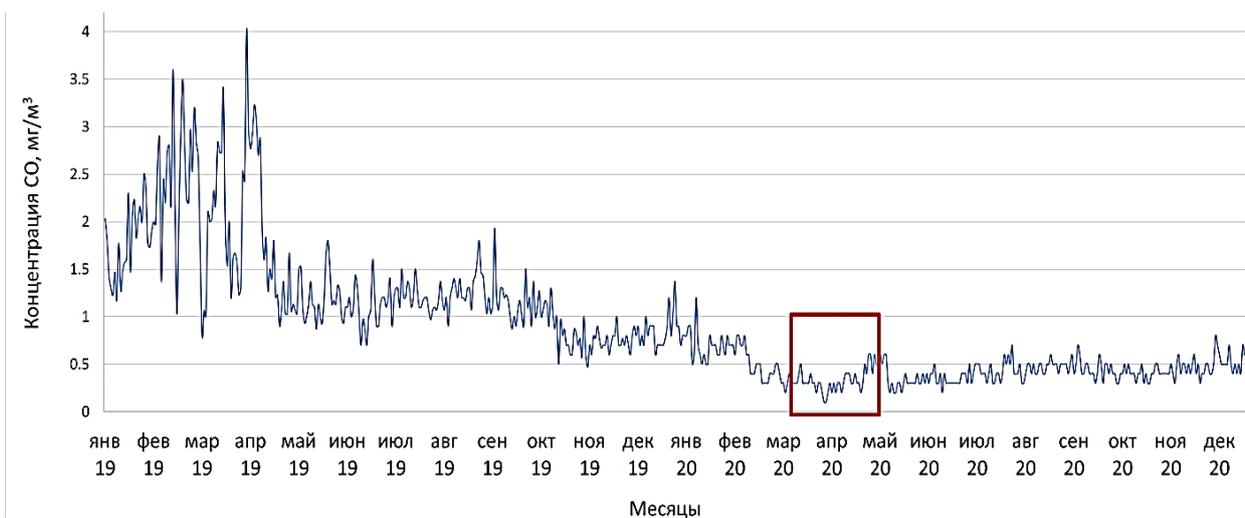


Рис. 1. Концентрация CO в атмосфере г. Оренбург за период с января 2019 г по декабрь 2020 г на ПНЗ № 2.
Fig. 1. CO concentration in the atmosphere in Orenburg for the period from January 2019 to December 2020 at the PNZ No. 2.

Аналогичная картина, с небольшими отступлениями, наблюдалась по концентрации диоксида серы - SO₂, диоксида азота - NO₂ и оксида азота – NO. Общими для этих газов выделяемых, в том числе, авто-

мобильным транспортом, являлось – снижение их выбросов и амплитуды концентрации в период локдауна. (Рис. 2).

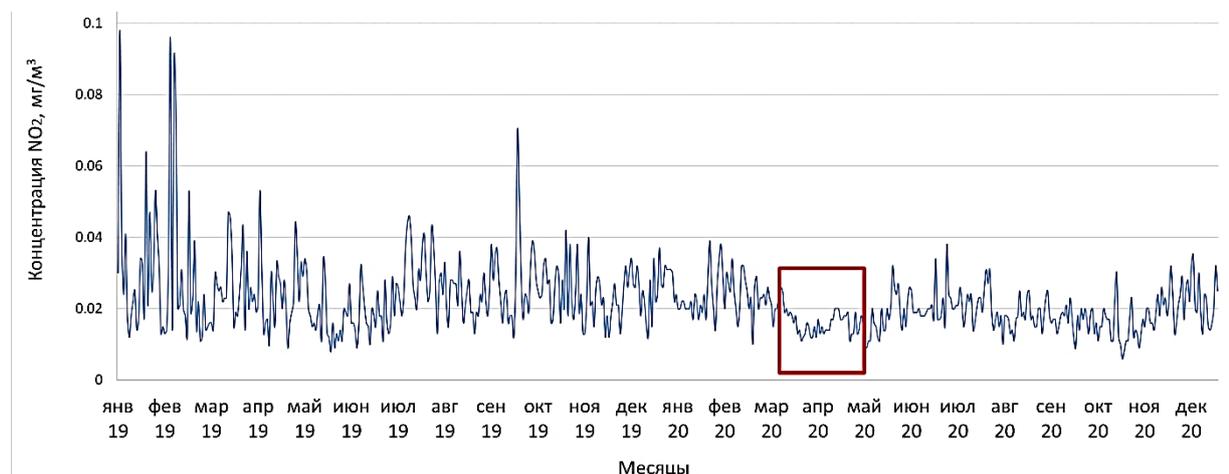


Рис. 2. Концентрация NO₂ в атмосфере г. Оренбург за период с января 2019 г. по декабрь 2020 г на ПНЗ № 2.
Fig. 2. NO₂ concentration in the atmosphere in Orenburg for the period from January 2019 to December 2020 at PNZ No. 2.

Загрязнение воздуха в определённой мере может быть источником загрязнения поверхностных вод. Автомобильный транспорт составляет значительную долю в общем загрязнении воздуха в городе Оренбург.

Если посмотреть на карту Оренбурга, то можно заметить уникальность расположения города у места слияния двух крупнейших рек региона, которые окаймляют Оренбург с севера, юга и запада. Диффузные загрязнения, в том числе те, что поступают от автотранспорта, поступают с водосборной территории города полностью в бассейны данных рек. Этот факт заслуживает внимания и является одним из основополагающих при выборе места исследования.

В виду закрытости информации о ливневых коммуникациях города, нами была создана модель, имитирующая возможные стоки диффузных потоков в реки. Эта модель получается с помощью специаль-

ного алгоритма сетевого анализа, учитывающая рельеф местности, моделирующая кратчайшие пути между вершинами сети и выдающая возможное разнообразие таких маршрутов, проходящих через каждый сегмент сети. В сетевом анализе этот индекс называется центральностью по промежуточности (*Betweenness centrality*) и показывает в нашем случае нагрузку на отдельные участки сети. Предполагается, что она в целом, соответствует транспортной нагрузке (трафику) в уличной сети. На карте (Рис. 3) сеть модельных ливневых стоков отображена в виде ориентированного графа с направлением стоков. Данная модель была использована нами и для расчёта потенциальной нагрузки дорожного трафика на улично-дорожную сеть города. Участки сети с наибольшей нагрузкой трафика имеют пропорциональную нагрузку по диффузному загрязнению. С помощью алгоритма аккумуляции рассчитывались модельные показатели диффузного загрязнения, пе-



рассчитывались, исходя из распределения потоков в зависимости от рельефа. Из рисунка 4 видно, что в соответствии с рельефом местности города Оренбург

и направлениям течения рек, окаймляющих город с трёх сторон, ливневые стоки, так или иначе, попадают в эти реки с территории города.

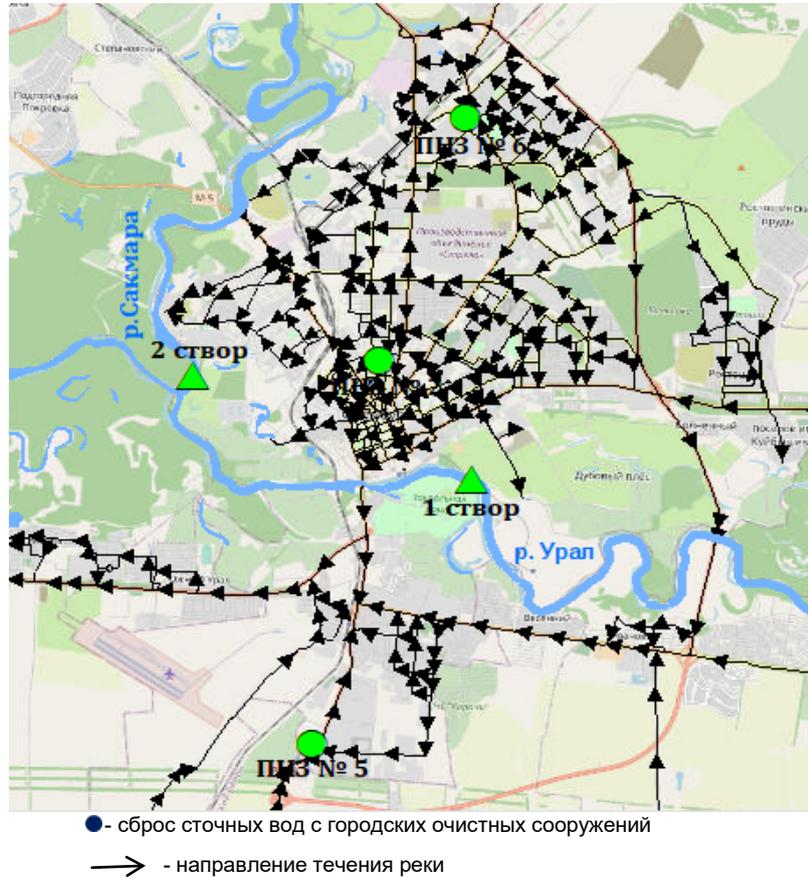


Рис. 3. Модельное распределение ливневых стоков в г. Оренбург.
Fig. 3. Model distribution of storm drains in Orenburg.

Расход воды в 2020 году характеризовался несколько большими значениями для обеих рек по сравнению с 2019 годом, однако отличия были заметны лишь в период половодья, средняя водность рек за оба года была схожей. На графике показаны значения расхода воды в р. Урал (Рис. 4) в период 2019-2020 гг.

Аналогичная диаграмма характерна для динамики расхода воды в реке Сакмара, с несколько более

высокими значениями. Данные по концентрации веществ в воде и расход воды за единицу времени послужили значениями при расчёте количества загрязняющих веществ, перенесённых водой за месяц, год. В итоге, в таблице 1 представлен массовый перенос актуальных для нашей статьи веществ рекой Урал и Сакмара, в тыс. т за все 12 месяцев наблюдений в 2019 и 2020 годах и разница массы этих веществ по годам.

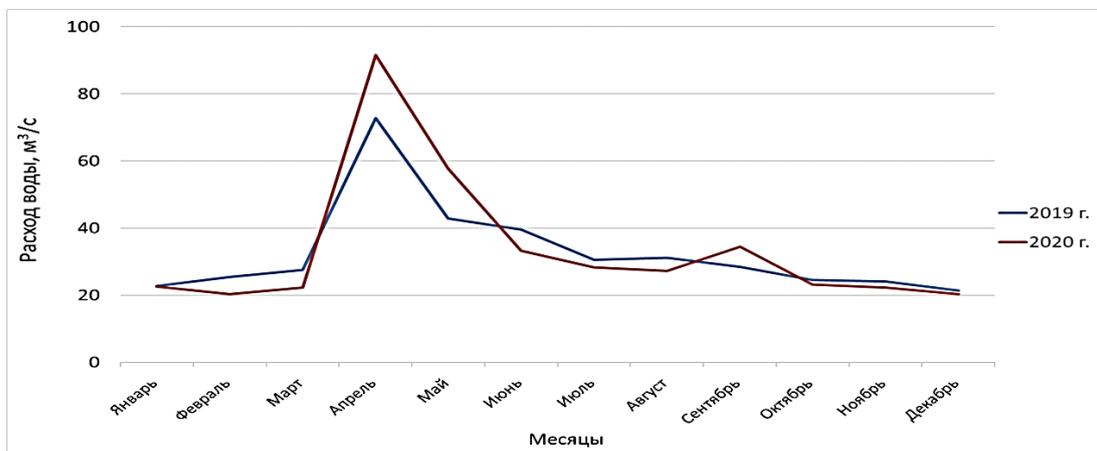


Рис. 4. Динамика расхода воды в реке Урал за период 2019 – 2020 гг.
Fig. 4. Dynamics of water flow in the Ural River for the period 2019 – 2020.

Таблица 1

Сравнительная динамика экологических показателей реки Урал и Сакмара в 2019 и 2020 гг., массовый перенос веществ в тыс. т за 12 месяцев наблюдений

Table 1

Comparative dynamics of environmental indicators of the Ural and Sakmara rivers in 2019 and 2020, mass transfer of substances in thousand tons for all 12 months of observations

| | | <i>Взвешенные вещества, тыс.т/год</i> | <i>Железо общ., тыс.т/год</i> | <i>Азот аммон., тыс.т*</i> | <i>Азот нитрит., тыс.т*</i> | <i>Азот нитрат., тыс.т*</i> | <i>Азот общий, тыс.т*</i> |
|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| По реке Урал | 2019 | 29.266 | 0.111 | 0.0753 | 0.0055 | 0.175 | 0.2558 |
| | 2020 | 20.374 | 0.074 | 0.1004 | 0.0044 | 0.1427 | 0.2475 |
| | Δ между 2019 и 2020 гг. | 8.892 | 0.037 | -0.0251 | 0.0011 | 0.0323 | 0.0083 |
| По реке Сакмара | 2019 | 78.557 | 0.274 | 0.2287 | 0.0192 | 0.5172 | 0.765 |
| | 2020 | 43.175 | 0.247 | 0.2741 | 0.0072 | 0.4822 | 0.764 |
| | Δ между 2019 и 2020 гг. | 35.382 | 0.028 | -0.0455 | 0.0119 | 0.035 | 0.0014 |

В целом, показатели переноса различных веществ реками у города Оренбург за 2020 год оказались ниже показателей полученных в 2019 и это несмотря на относительно больший расход воды в 2019 году. Если обратить внимание на вещества, динамика которых в наибольшей степени может быть связана с автомобильными выбросами – это содержание в воде взвешенных веществ, железа, нитритного и нитратного азота, то снижение наблюдалось в 2020 году относительно 2019 года – как для реки Урал, так и для реки Сакмара. Причём, в большей степени это снижение проявлялось во время поступления в реку талых вод (апрель, май), когда качество речной воды в значительной степени зависит от загрязнённости талого снега, аккумулировавшего в себе загрязняющие вещества, в том числе азотные газы. Учитывая,

что в 2020 году наибольшие ограничения на передвижение автомобильного транспорта приходится на март, апрель, можно предположить, что эти меры, способствующие резкому сокращению (до 80%) автомобильного движения, могли повлиять на загрязнение снежных масс.

Для того, чтобы оценить интенсивность движения автомобильного транспорта на улицах города мы воспользовались приложением Google-Earth (Google Планета Земля). Это позволило нам провести подсчёт движущихся автомобилей за конкретный рабочий день каждого месяца (один раз за интервал времени суток: 14:00 – 18:00) в 2019 и 2020 годах, на одиннадцати рандомно отобранных дорожных магистралях города.



Рис. 5. Спутниковый снимок улицы Терешковой в г. Оренбург.
Fig. 5. Satellite image of Tereshkova Street in Orenburg.

Обычное, помесечное сравнение интенсивности движения на этих улицах города в 2019 и 2020 году показало с высокой степенью вероятности ($P < 0,001$)

выраженное различие (особенно в период первичного локдауна), возможно, вызванное ограничительными мерами по пандемии (Рис.5). Репрезентатив-



ность и обоснованность достоверности полученных результатов подкрепляется вычисленными нами показателем уровней соответствия данных выборки количества автомобилей на улицах города и цифровыми значениями полученных при расчёте модели транспортной нагрузки на уличные сети при использовании индекса «Betweenness centrality». Уровни соответствия, выраженные коэффициентом корреляции, составили по 2019 году: $r=0,98$ и по 2020 году: $r=0,96$. Цифровое значение относительной доли полученных сумм количества автомобилей на случайно выбранных улицах города в 2020 году к 2019 году составил 0,8 единиц. Это значение было использова-

но нами при подсчёте вероятностного количества автомобилей в 2020 году, исходя из данных, полученных из Росстата, по количеству автомобилей в Оренбурге в 2019 году [13] (табл. 2).

Расчёт: всего автотранспортных средств в 2020 году = $254,0 * 0,8 = 203,2$ тыс. шт.

Таким образом, можно предположить, что в результате ограничительных мер, вызванных пандемией коронавируса, в том числе и на передвижение автотранспортных средств, произошло сокращение движения автотранспортных потоков на 20,0%. Ориентировочно 50800 автомобилей в Оренбурге в 2020 году условно не принимали участия в движении.

Таблица 2

Количество зарегистрированных в г. Оренбург автомобилей в 2019 году [13], тыс. шт.

Table 2

The number of cars registered in Orenburg in 2019 [13], thousand units

| Тип автотранспортного средства | Количество, тыс. шт. |
|--------------------------------|----------------------|
| Легковые автомобили | 221,0 |
| Грузовые автомобили | 28,9 |
| Автобусы всех видов | 4,1 |
| Всего автотранспортных средств | 254,0 |

Учитывая снижение в 2020 году в сравнении с 2019 годом, переноса рекой Урал загрязняющих веществ, ассоциированных с автомобильным движением и их выбросами, разница которых выражена положительными значениями а также, принимая во внимание условно выведенные из движения в 2020 году по причине запретительных мер по коронавирусу 50 800 автомобилей, можно количественно отразить величину возможного загрязняющего вещества в воде, обусловленное автомобильным движением и выбросами одного незадействованного в движении в 2020 году автомобиля, который мы назвали *удельным показателем загрязнения*. Для этого необходи-

мо найти частное от положительной разницы количества загрязняющего вещества вынесенных рекой в 2019 и 2020 годах к количеству условно незадействованных в движении автомобилей в 2020 году. Так, *по взвешенным веществам* в реке Урал пример расчёта выглядит следующим образом:

$8892,2/50800 = 0,17504$ т = 175,04 кг взвешенных веществ на 1 автомобиль в год (используя данные по реке Урал).

Все расчёты по определению удельного показателя загрязнения по рекам Урал и Сакмара изложены в таблице 3.

Таблица 3

Расчёты по определению удельного показателя загрязнения по рекам Урал и Сакмара

Table 3

Calculations to determine the specific pollution index for the Ural and Sakmara rivers

| Показатель | Разница между кол-вом ЗВ в 2019 и 2020 гг. в реке Урал, т/год | Кол-во авто, выведенных из движения в 2020 г. из-за COVID-19, тыс. шт. | Показатель загрязнения, т./на 1 авто | Удельный показатель загрязнения, кг /на 1 авто |
|-------------------------------------|---|--|--------------------------------------|--|
| <i>По реке Урал</i> | | | | |
| Взвешенные вещества | 8892,2 | 50,8 | 0,17504 | 175,04 |
| Железо | 36,1 | 50,8 | 0,0007267 | 0,727 |
| Сумма нитратного и нитритного азота | 33,38 | 50,8 | 0,00065709 | 0,657 |
| <i>По реке Сакмара</i> | | | | |
| Взвешенные вещества | 35381,7 | 50,8 | 0,69649 | 696,49 |
| Железо | 27,69 | 46,87 | 0,00054508 | 0,545 |
| Сумма нитратного и нитритного азота | 46,87 | 50,8 | 0,00092264 | 0,923 |

Как видно, значимые данные по удельному показателю загрязнения характерны по взвешенным веществам (175,0 кг на 1 авто по реке Урал и 696,5 кг – по реке Сакмара).

Согласно ГОСТ Р 56162 – 2014 РФ годовой выброс 1 автомобиля при пробеге 30 км/день составляет 10 кг азотных газов в пересчёте на NO₂, это 4,2 кг за 5 мес. (5 мес. – учтённый период наших наблюдений). За этот период, рассчитанный нами удельный показатель загрязнения реки Урал нитритными и нитратными формами азота от 1 условного автомобиля в год составил 657 г., а по реке Сакмара, соответственно, 923 г., что вполне сопоставимо с нашей гипотезой.

Не претендуя на абсолютную точность наших расчётов, с учётом существующих методических подходов, продемонстрировано, как можно использовать уникальные данные локдауна для оценки труднодиагностируемых диффузных стоков.

Нестандартному подходу и новому взгляду к методическим возможностям по выявлению влияния автотранспорта на загрязнение окружающей среды способствовали несколько факторов: 1 – пандемия и последовавший за этим локдаун, ограничения, переход части работников на удалённый режим работы и т. д. приведшие, к значительному ограничению движения транспорта; 2 – уникальное расположение Оренбурга в месте слияния двух рек окаймляющих город с трёх сторон, так, что 100% диффузных стоков с черты города попадает в эти реки; 3 – высокая доля автомобильных выбросов в общей доле городских атмосферных выбросов.

Заключение

Проведённые исследования, основанные на данных Росстата и результатах собственных расчётов, показал, что в 2020 году сравнительно с 2019 в г. Оренбург наблюдалось ограничение движения автомобилей на 20% - в целом и на более чем 60% - в период «жесткого локдауна» (апрель-май). При этом, анализ динамики состояния воздуха и воды в реке Урал и р. Сакмара в районе города Оренбург показал, что в этот период содержание в воздухе: оксида углерода, диоксида серы, оксида азота и диоксида азота, а в речной воде: взвешенных веществ, общего железа, нитратного и нитритного азота снизились. Сопоставление полученных данных позволил применить новый подход к оценке удельного вклада одного условного автомобиля в загрязнение рек Урал и Сакмара. Этот вклад, заключающийся, в недостаточном поступлении абсолютных величин загрязняющих веществ в воду рек, обусловленный условным простоем 1 автомобиля в 2020 году из-за ограничений по COVID 19, составил для одного автомобиля по рекам Урал и Сакмара: по взвешенным веществам 175,0 и 696,5 кг/год, соответственно; по железу общему – 0,545 и 0,727 кг/год; по сумме нитритного и нитратного азота – 0,657 и 0,923 кг/ год.

Благодарности

Благодарим Комплексную лабораторию по мониторингу загрязнения окружающей среды (КЛМС) Оренбургского ЦГМС – филиала ФГБУ «Приволжское УГМС» за предоставленную базу данных. Организация оказала нам неоценимую поддержку в предоставлении исходных данных.

Постановка проблемы и разработка методологических подходов выполнены в рамках государственного задания ИВП РАН тема № FMWZ-2022-0002 «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий», разработка универсальных подходов к биомаркерам выполнена в рамках темы государственного задания МГУ № 122011800459-3 «Почвенные биомаркеры: идентификация, устойчивость, активность, возможность использования для мониторинга».

Список литературы

- [1]. Brand C., Hunt A. The health costs of air pollution from cars and vans //University of Oxford: New York, NY, USA. – 2018. https://www.cleanairday.org.uk/files/the_health_costs_of_air_pollution_from_cars_and_vans_20180518.pdf.
- [2]. Manisalidis I. et al. Environmental and health impacts of air pollution: a review //Frontiers in public health. – 2020. – С. 14. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.00014/full?fbclid=IwAR1f2tGC8xhSMzCqeTWl2pnOr7XCXhucW90feHa11jnE8olvrMdbdLNi7cY>.
- [3]. Tong F., Azevedo I. M. L. What are the best combinations of fuel-vehicle technologies to mitigate climate change and air pollution effects across the United States? //Environmental Research Letters. – 2020. – Т. 15. – №. 7. – С. 074046. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab8a85/meta>.
- [4]. Щеголькова Н.М. Утилизация азот- и фосфорсодержащих отходов в городе и проблемы развития биотопливной энергетики // Вода: химия и экология. 2012. № 2 (44). С. 38-44.
- [5]. Le Quéré, C., Jackson, R.B., Jones, M.W. et al. Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nat. Clim. Chang.* 10, 647–653 (2020).
- [6]. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>.
- [7]. Niemi, M., Skelton, A., Noone, K., & Olsson, M. J. (2021). Lockdown measures which reduced greenhouse gas emissions with little negative impact on quality of life. *Earth's Future*, 9, e2020EF001909. <https://doi.org/10.1029/2020EF001909>
- [8]. Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области (Оренбургстат)// https://orenstat.gks.ru/storage/document/document_statistic_collection/2020-08/25/Mun_obr_01-2020.pdf.



[9]. Гарицкая, М. Ю. Экологические особенности городской среды: учеб. пособие / М. Ю. Гарицкая, А. И. Байтелова, О. В. Чекмарева; М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВПО "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: Университет, 2012. - 217 с.

[10]. Цыцура А.А., Чекмарева О.В. Управление качеством атмосферы на улицах промышленного города (на примере г.Оренбурга) // Вестн. Оренб. гос. ун-та, 2002. №3. С.4-9.

[11]. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455>.

[12]. Newman M.E. J. A measure of betweenness centrality based on random walks // Social Networks, 2005. V.27. № 1. P. 39-54.

[13]. Puzis R., Altshuler Y., Elovici Y., et. al. Augmented Betweenness Centrality for Environmentally Aware Traffic Monitoring in Transportation Networks // Journal of Intelligent Transportation Systems, № 17, P. 91-105.

[14]. Официальный сайт города Оренбург // Администрация г. Оренбурга [Электронный ресурс]. – URL: http://www.orenburg.ru/activities/ekologiya_goroda.

References

[1]. Brand C., Hunt A. The health costs of air pollution from cars and vans //University of Oxford: New York, NY, USA. – 2018. https://www.cleanairday.org.uk/files/the_health_costs_of_air_pollution_from_cars_and_vans_20180518.pdf.

[2]. Manisalidis I. et al. Environmental and health impacts of air pollution: a review //Frontiers in public health. – 2020. – S. 14. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.00014/full?fbclid=IwAR1f2tGC8xhSMzCqTZW12pnOr7XCXhucW90feHa11jnE8olvrMdbdLNi7cY>.

[3]. Tong F., Azevedo I. M. L. What are the best combinations of fuel-vehicle technologies to mitigate climate change and air pollution effects across the United States? //Environmental Research Letters. – 2020. – T. 15. – №. 7. – S. 074046.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab8a85/meta>.

[4]. Shchegol'kova N.M. Utilizatsiya azot- i fosfoderzhashchikh otkhodov v gorode i problemy razvitiya biotoplivnoi ehnergetiki // Voda: khimiya i ehkologiya. 2012. № 2 (44). S. 38-44.

[5]. Le Quéré, C., Jackson, R.B., Jones, M.W. et al. Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement. Nat. Clim. Chang. 10, 647–653 (2020).

[6]. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>.

[7]. Niemi, M., Skelton, A., Noone, K., & Olsson, M. J. (2021). Lockdown measures which reduced greenhouse gas emissions with little negative impact on quality of life. Earth's Future, 9, e2020EF001909. <https://doi.org/10.1029/2020EF001909>.

[8]. Ofitsial'nyi sait territorial'nogo organa Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Orenburgskoi oblasti (Orenburgstat) // https://orenstat.gks.ru/storage/document/document_statistic_collection/2020-08/25/Mun_obr_01-2020.pdf.

[9]. Gariцkaya, M. YU. Ehkologicheskie osobennosti gorodskoi sredy: ucheb. posobie / M. YU. Gariцkaya, A. I. Baitelova, O. V. Chekmareva; M-vo obrazovaniya i nauki Ros. Federatsii, FГБОУ VPO "Orenburg. gos. un-t". - Оренбург: Университет, 2012. - 217 с.

[10]. Tsytsura A.A., Chekmareva O.V. Upravlenie ka- chestvom atmosfery na ulitsakh promyshlennogo goroda (na primere g.Orenburga) // Vestn. Orenb. gos. un-ta, 2002. №3. S.4-9.

[11]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi stati-stiki (Rosstat). Ofitsial'nyi sait. [Ehlektronnyi resurs]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455>.

[12]. Newman M.E. J. A measure of betweenness centrality based on random walks // Social Networks, 2005. V.27. № 1. P. 39-54.

[13]. Puzis R., Altshuler Y., Elovici Y., et. al. Augmented Betweenness Centrality for Environmentally Aware Traffic Monitoring in Transportation Networks // Journal of Intelligent Transportation Systems, № 17, P. 91-105.

[14]. Ofitsial'nyi sait goroda Orenburg // Administratsiya g. Orenburga [Ehlektronnyi resurs]. – URL: http://www.orenburg.ru/activities/ekologiya_goroda.



Транслитерация по BSI

