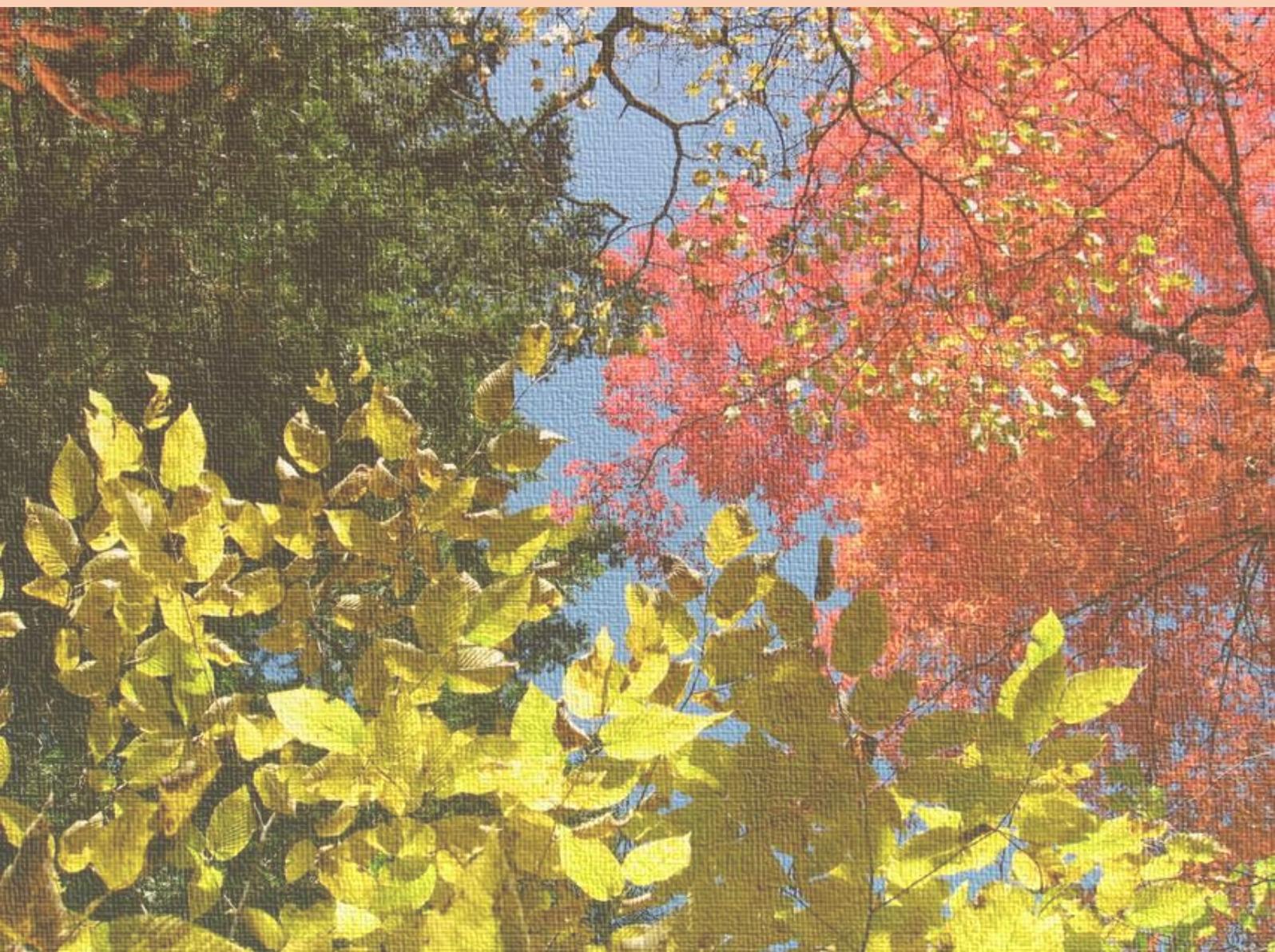


# **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ПРИЗЕМНЫЙ КЛИМАТ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА**



УДК 551.50+005.584.1

ББК 26.23

М77

М77 Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды: приземный климат, загрязняющие и климатически активные вещества. Материалы III всероссийской научной конференции с международным участием. Москва, 15-17 ноября 2023 г. М.: ФГБУ «ИГКЭ», 2023. 480 с.

Целью проведения Третьей всероссийской научной конференции «Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды: приземный климат, загрязняющие и климатически активные вещества» является обсуждение вопросов мониторинга загрязняющих и климатически активных веществ, приземного климата, а также повышения эффективности осуществления данных видов мониторинга окружающей среды, в том числе с использованием данных дистанционного зондирования.

Технические редакторы: *Липка О.Н., Крыленко С.В., Брускина И.М., Андреева А.П., Богданович А.Ю.*

Фото: *Коротков В.Н., Бакурова Э.Ю., Крыленко С.В., Потютко О.М., Лукиных А.И.*

Дизайн: *Богданович А.Ю.*

ISBN 978-5-6046393-0-6



© Коллектив авторов, 2023

© ФГБУ «ИГКЭ»



**Мониторинг состояния и  
загрязнения окружающей среды:  
приземный климат, загрязняющие и  
климатически активные вещества**

**Третья всероссийская научная конференция с  
международным участием**

**15-17 ноября 2023 г.**

**Москва – 2023**

**МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД БАССЕЙНА  
ГОРОДСКОЙ РЕКИ СЕТУНЬ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА 2019-2022 ГГ.)  
LONG-TERM VARIABILITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE WATERS  
OF THE CITY RIVER SETUN BASIN**

**(BASED ON THE RESULTS OF MONITORING 2019-2022)**

*Соловьева С.С., Ефимова Л.Е., Ерина О.Н., Терешина М.А., Соколов Д.И.*

*Soloveva S.S., Efimova L.E., Erina O.N., Tereshina M.A., Sokolov D.I.*

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова  
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1

**Аннотация.** В работе рассматривается трансформация химического состава воды реки Сетунь в 2019-2022 гг. Выявлена значительная неоднородность данных, заметное увеличение амплитуды концентраций основных ионов и их ежегодных максимумов. В структуре ионного стока отмечен переход от гидрокарбонатно-кальциевого к хлоридно-кальциевому составу вод с высокой долей содержания натрия. Выявлены преобразования во внутренней структуре стока фосфора, для которого характерно увеличение доли его взвешенных форм. Расчет стока загрязнителей свидетельствует об увеличении их выноса с водосбора реки.

**Ключевые слова:** малые городские реки, химический состав, ионный сток.

**Abstract.** The transformation of the chemical composition of the of the Setun River's water in 2019-2022 has been considered at this paper. A significant heterogeneity of the data and a noticeable increase in the amplitude of the concentrations of the main ions and their annual maxima were revealed. In the structure of ion runoff, the transition from calcium-bicarbonate to calcium-chloride composition of waters with a high proportion of sodium content is noticed. Transformations in the internal structure of phosphorus runoff, which is characterized by an increase in the proportion of its suspended forms have been detected. The calculation of the runoff of pollutants indicates an increase in their removal from the catchment area of the river.

**Keywords:** small urban rivers, chemical composition, ion runoff.

**Введение.** До 80-х гг. XX в. р. Сетунь относилась к рекам, формирование стока которых происходило в границах естественных водосборов, с частично урбанизированными территориями. Техногенные преобразования в бассейне реки, в первую очередь, резко увеличившаяся городская застройка, уплотнение грунтов – «урбаноземов», уменьшение их водопроницаемости (Кошелева, Цыхман, 2018), привело к изменениям объема поверхностного стока и его доли в общей структуре питания реки. В периоды повышенной водности (снеготаяния или дождевых паводков) значительный объем воды не успевает просочиться в грунт или испариться. Более выраженными и мощными становятся паводки (Chalov S. et al, 2022). Изменяется степень разбавления и гидрохимический режим водного объекта. Модуль стока р. Сетуни в 1,5-2 раза выше, чем наблюдается в верховьях Москвы-реки (условно фоновый участок, не подвергавшийся активному антропогенному преобразованию) (Sokolov et al, 2021). Заметно увеличивается и количество взвешенных веществ, смываемых с территории водосбора и адсорбированных на них химических элементов (Кумани и др., 2007; Lu et al., 2019). Учитывая то, что р. Сетунь – приток р. Москвы, качество ее вод оказывает воздействие и на химический состав вод основной реки.

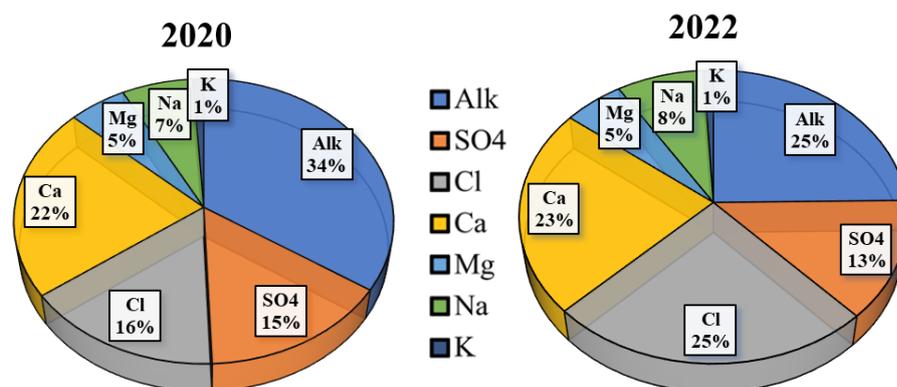
Материалы и методы. Информационной основой исследования стали данные мониторинговых наблюдений за содержанием химических веществ в водных объектах бассейна Сетуни (проект РНФ 19-77-30004-П). Ежемесячные полевые измерения и отбор проб для проведения химических анализов проводились в устье Сетуни и трех ее притоков: Алешинки, Навершки и Раменки. Измерения основных гидрохимических параметров в точках мониторинга вдоль течения р. Сетуни осуществлялись ежеквартально. В период повышенной водности (половодье и мощные паводки) наблюдения проводились с устья Сетуни с дискретностью в 1-2 дня. В основу работы легли данные о концентрациях главных ионов, органических веществ (БПК<sub>5</sub> и ХПК), биогенных элементов (азот, фосфор, кремний), полученные при проведении анализов методами, изложенными в РД и капиллярного электрофореза (Комарова, Каменцев, 2003).

Результаты. Для вод бассейна р. Сетуни большую часть года характерен гидрокарбонатно-кальциевый состав воды, хотя в конце осени и в зимний период наблюдается увеличение содержания Na и преобладание Cl в солевом составе. За расчетный период в ионном стоке (табл. 41) уменьшилась доля и абсолютное содержание компонентов природного происхождения (Alk, Si). Данная тенденция обусловлена снижением водного стока на 230 м<sup>3</sup>/год и увеличением стока Cl и Na, имеющих преимущественно антропогенное происхождение. При увеличении общего стока ионов на 2600 т/год, суммарная доля гидрокарбонатных и карбонатных ионов в суммарном ионном стоке снизилась на 5,5 тыс. т/год (10%), относительное содержание хлоридов возросло на 7,1 тыс. т/год.

**Таблица 41.** Сток воды (тыс.м<sup>3</sup>/год) и основных химических веществ (тыс.т/год) в замыкающем створе реки Сетунь

	Q	N <sub>общ</sub>	Si	P <sub>общ</sub>	Мут-ность	Alk	Cl	Na	Минерализация
<b>2020 г</b>	0,93	0,22	0,50	0,03	2,97	23,2	10,5	4,50	67,4
<b>2021 г</b>	0,83	0,20	0,45	0,02	4,71	18,5	16,4	5,87	69,4
<b>2022 г</b>	0,70	0,19	0,39	0,02	5,58	17,6	17,6	5,68	71,0

Наблюдается изменение гидрокарбонатно-кальциевого на хлоридно-натриевый состав вод. В 2022 г. доля хлоридов в общем стоке сравнима с относительным содержанием гидрокарбонатов (рис. 95). Почти такую же долю в солевом составе имеет ион кальция. Относительное содержание других главных компонентов изменялось незначительно. Постоянное увеличение хлоридов обусловлено смывом с дорог и автотрасс вод, насыщенных солями противогололедных реагентов, и сбросом в реки талых вод, полученных в результате работы снегоплавильных пунктов. Смена гидрокарбонатно-кальциевого на хлоридно-натриевый состав наблюдалась и в водах притоков Сетуни, наиболее выражена она в реках Навершка и Алешинка.



**Рисунок 95.** Соотношение компонентов годового ионного стока через замыкающий створ р. Сетуни в 2020 и 2022 годах

Уменьшение водного стока в периоды паводков и половодий и его увеличение в меженные периоды привело к тому, что сезонные колебания стока основных ионов менее выражены, чем временная изменчивость их концентраций. За период исследований значительно возрос сток взвешенных веществ. Причиной могло стать активное освоение водосбора и увеличение доли строительных площадок в бассейне.

В структуре стока биогенных элементов наибольшую роль сыграло уменьшение выноса Si через устьевой створ (на 110 т/год). Изменение стока валового фосфора незначительно, однако межгодовые изменения наблюдались в его структуре. Произошло увеличение доли растворенных органических форм и снижение относительного содержания органического взвешенного фосфора (на 5 и 14% соответственно). При этом во внутригодовом стоке ярко выражено преобладание взвешенных форм фосфора (48,7% – минерального; 25,6% – органического). Данная особенность является следствием высоких темпов застройки водосбора и большого количества строительных площадок. Сток общего азота примерно в 7-10 раза больше стока общего фосфора. В июне 2020 года через замыкающий створ Сетуни было вынесено 45,1 тонны этого поллютанта. Из них 78,6% (36,1 т) составил растворенный азот. В структуре растворенного азота преобладали нитраты, содержание которых в водах Сетуни за изученный период имело тенденцию к уменьшению (с 1,29 до 0,71 т/мес). В первую очередь, это обусловлено уменьшением водного стока реки.

В воде р. Навершки в период с 2019 по 2022 гг. происходило ежегодное увеличение максимальных ежегодных концентраций валового фосфора, наблюдался и небольшой общий тренд к повышению доли минерального фосфора (с 67,7 до 68,1%). В притоках Алешинке и Раменке отмечена обратная тенденция – снижение доли минеральных форм фосфора (с 75,3 до 66,1 и, соответственно, с 67,5 до 52,9%) (рис. 96).

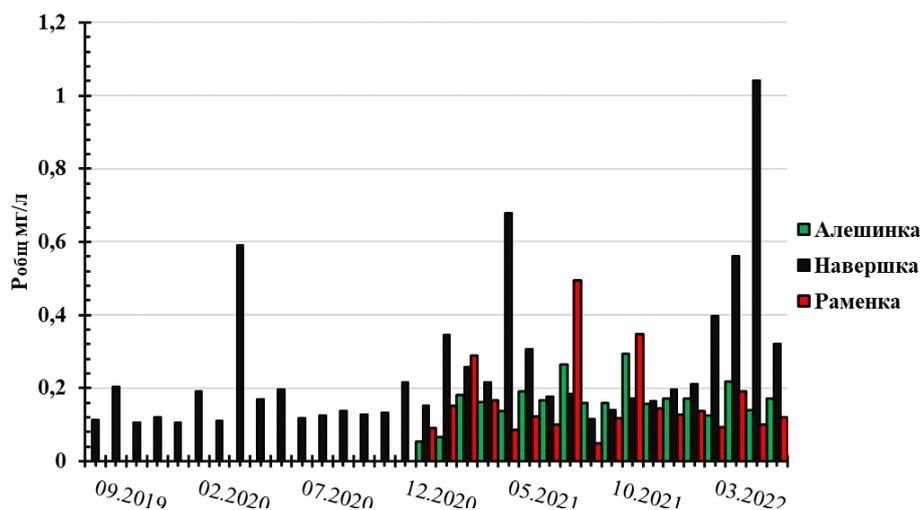


Рисунок 96. Изменчивость концентраций валового фосфора на притоках р. Сетушь

Содержание кремния в водах притоков Сетуни за рассматриваемый период практически не изменялось, за исключением его незначительных межсезонных колебаний.

Заметное увеличение  $XPK_{общ}$  приходилось на периоды повышенной водности и может быть обусловлено смывом взвешенных веществ с водосбора. Наибольшее поступление взвеси выявлено в период мощного летнего паводка 2021 г. (мутность в устье Сетуни - 368 NTU). Июньский паводок 2021 года характеризовался наибольшими за все рассматриваемые периоды величинами  $XPK_{общ}$ . В период весеннего половодья воздействие, оказываемое притоком взвешенных веществ, на порядок меньше. Это связано с меньшим, по сравнению с летним паводком, расходом воды и снижением размыва берегов или поступления взвешенных веществ с территории водосбора. Максимальные концентрации  $XPK_{общ}$  в разные годы варьировали от 50,6 до 56,8 мгО/л. Среднегодовые значения изменялись в диапазоне от 40,9 (2020 г.) до 53 мгО/л (2021 г.). Минимальные показатели наблюдались в периоды зимней межени и составляли от 27,2 до 28,7 мгО/л. Схожая внутригодичная изменчивость характерна и для содержания в воде легкоокисляемых органических веществ (ЛОВ). Основным отличием являлось то, что наибольшие концентрации ЛОВ фиксировались на подъеме половодья, то есть в период активного снеготаяния. Значения среднегодовых значений  $BPK_5$  были практически неизменными и составляли 7,3-7,8 мгО<sub>2</sub>/л. Минимальные концентрации наблюдались в периоды летней межени и варьировали от 1,1 до 1,5 мгО<sub>2</sub>/л. Для всех притоков было характерно снижение средних значений  $BPK_5$  примерно на 15-20% за рассматриваемый трехлетний период.

За период многолетних мониторинговых наблюдений произошло увеличение суммарного ионного стока и преобразование его внутренней структуры. Оно выразилось в увеличении доли солевых компонентов антропогенного происхождения. В период зимней

межени 2022 г. абсолютные концентрации данных ионов были в 1,5-2 раза выше, чем в зимой 2020 и 2021 гг. Это произошло за счет снижения водности и увеличения притока с водосбора вод, насыщенных солями противогололедных реагентов (NaCl, CaCl<sub>2</sub>).

Абсолютные значения годового стока биогенных веществ (кремния, общего фосфора и общего азота) остались практически неизменными. Преобразования были выявлены во внутренней структуре стока фосфора, для которого характерно увеличение доли его взвешенных форм. Исключение составили периоды летних паводков с резким увеличением содержания биогенных веществ в связи с ростом диффузного стока с водосбора.

За период исследований в 2 раза возрос среднегодовой сток взвешенных веществ. Причиной могло стать активное освоение водосбора и увеличение доли строительных площадок в бассейне.

*Работа выполнена при поддержке РНФ (проект 19-77-30004-П).*

### Список литературы

Кошелева Н.Е., Цыхман А.Г. (2018) Пространственно-временные тренды и факторы загрязнения почвенного покрова Москвы, *Вестник РУДН, Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*, т. 26, № 2, с. 207-236.

Комарова Н.В., Каменцев Я.С. (2006) *Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель»*, СПб., Изд. «Веда», 212 с.

Кумани М.В., Борзенков А.А., Соловьева Ю.А. (2007) Баланс растворенных и адсорбированных на взвешенных наносах загрязняющих веществ урбанизированных водосборов, *Вестник ВГТУ*, т. 3 (2), с. 148-152.

Chalov S., Platonov V., Erina O., Moreido V., Samokhin M., Sokolov D., Tereshina M., Yarinich Yu., Kasimov N. (2022) Rainstorms impacts on water, sediment, and trace elements loads in an urbanized catchment within Moscow city: case study of summer 2020 and 2021, *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 151, pp. 871-889.

Lu W., Wu J., Z. Li N., Cui S. (2019) Cheng Water quality assessment of an urban river receiving tail water using the single-factor index and principal component analysis, *Water Supply*, vol. 19 (2), pp. 603-609.

Sokolov D., Chalov S., Tereshina M., Erina O., Shinkareva G. (2021) Hydrological regime of the urban Setun River, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 834, p. 012024.