



**ТРУДЫ**  
**ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**  
**С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**  
**«СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ**  
**ВОПРОСЫ НАУКИ, ПРАКТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ»**

**Г. СОЧИ, РОССИЯ 17-23 СЕНТЯБРЯ 2023 Г.**

Московский Государственный Университет  
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет

Труды  
Всероссийской научной конференции  
с международным участием  
«Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки,  
практики и образования»  
г. Сочи, Россия 17-23 сентября 2023 г.

Под редакцией  
д.г.-м.н. С.П. Позднякова  
к.г.-м.н. Е.С. Казак

Технические редакторы  
Н.Е. Шиндина  
М.Д. Неуважаева

Москва  
2023

УДК 556.5

### Труды

Всероссийской научной конференции с международным участием «Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки, практики и образования». М.: МГУ, 2023. — 619 с.

Коллективная монография, изданная по материалам докладов участников Всероссийской научной конференции с международным участием «Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки, практики и образования», которая проводилась 17-23 сентября 2023 года на базе пансионата МГУ Буревестник в г. Сочи, Россия и была посвящена 70-летию основания кафедры гидрогеологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Рассмотрен широкий круг вопросов современной гидрогеологии, включая теоретические аспекты формирования ресурсов подземных вод, разработку методов расчетов и моделирования гидрогеологических процессов, проблемы формирования химического состава подземных вод, разработку и обоснование геофильтрационных и геомиграционных моделей конкретных объектов, нефтяную гидрогеологию и современные проблемы гидрогеологического образования.

УДК 556.5

*Ю. В. Колубаева, И. С. Иванова, Н. А. Волкова*

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА..... 322

*В. В. Кузьмин, К. А. Болдырев*

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА УЧАСТКАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИГОНОВ ТКО НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ..... 328

*В. В. Кулаков*

ОПЫТ ВНУТРИПЛАСТОВОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТУНГУССКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ НЕКОНДИЦИОННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД..... 335

*В. Ю. Лаверушин, Г. А. Челноков, А. С. Айдаркожина, А. В. Ермаков, Л. А. Лямина*

АЗОТНЫЕ И МЕТАНОВЫЕ ТЕРМЫ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ: НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ДАЛЬНЕЙШИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ..... 346

*Е. Е. Латина, Л. Э. Латина*

ДИНАМИКА ФОСФОРА В РОДНИКАХ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ..... 353

*О. Е. Лепокурова, И. С. Иванова*

СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ ВОДОРОДА, КИСЛОРОДА И УГЛЕРОДА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА..... 358

*А. И. Малов, Е. С. Сидкина, Д. Д. Ершова, Е. В. Черкасова*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СТРОНЦИЯ В ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ НА УДАЛЕНИИ ОТ МОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ..... 365

*Р. М. Манасътов, Д. Г. Курашев, А. Г. Лим, И. В. Крицков, Т. В. Раудина*

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОДЫ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ .... 371

*Р. Х. Мусин, А. Р. Галиева, А. Д. Хамитов*

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН) ..... 378

*А. Ю. Озерский*

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГИДРОКСИДНЫХ ВОД ..... 385

*А. М. Плюснин, А. В. Украинцев*

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КАК ИНДИКАТОР ПРОЦЕССОВ ПРОТЕКАЮЩИХ В НЕДРАХ НА ПРИМЕРЕ УГЛЕКИСЛЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ЗАБАЙКАЛЬЯ..... 392

*Е. Ю. Потапова*

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 399

*И. А. Родькина, Е. С. Казак*

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ В ОБРАЗЦАХ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ..... 404

УДК 556.314

## ДИНАМИКА ФОСФОРА В РОДНИКАХ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.Е. Лапина\*<sup>1</sup>, Л.Э. Лапина<sup>1</sup><sup>1</sup>Институт Водных Проблем РАН, Москва, Россия, E-mail: khelena1974@mail.ru

### Аннотация

В последние годы большое внимание уделяется росту фосфатизации окружающей среды. Исследована многолетняя динамика содержания фосфора в родниках прибрежной зоны Иваньковского водохранилища – основного источника питьевого водоснабжения г. Москвы. Статистическими методами установлено, что в водах аллювиального водоносного горизонта (родниковый сток) за последние 17 лет происходит круглогодичный прирост минерального фосфора на 1,5 %, общего - на 1,2 % в год. В теплый период года интенсивность прироста увеличивается и составляет соответственно 2,5 и 1,5 %. Причины возрастания концентраций фосфора могут быть обусловлены как ростом диффузного загрязнения региона, так и климатическими изменениями.

Ключевые слова: минеральный и общий фосфор, родники, Иваньковское водохранилище

## PHOSPHORUS DYNAMICS IN THE SPRINGS OF THE COASTAL ZONE OF THE IVANKOVO RESERVOIR

E.E. Lapina\*<sup>1</sup>, L.E. Lapina<sup>1</sup><sup>1</sup>Water Problems Institute RAS, Moscow Russian Federation, E-mail: khelena1974@mail.ru

### Abstract

In recent years, much attention has been paid to the growth of environmental phosphatization. The long-term dynamics of the phosphorus content in the springs of the coastal zone of the Ivankovo reservoir, the main source of drinking water supply in Moscow, has been studied. Statistical methods have established that in the waters of the alluvial aquifer (spring runoff) over the past 17 years there has been a year-round increase in mineral phosphorus by 1.5%, total - by 1.2% per year. In the warm period of the year, the intensity of growth increases and amounts to 2.5 and 1.5%, respectively. The reasons for the increase in phosphorus concentrations can be due to both an increase in diffuse pollution of the region and climate change.

**Key Words:** mineral and total phosphorus, springs, Ivankovo reservoir

## Введение

Иваньковское водохранилище (р. Волга по линии Тверь – Дубна) как основной источник водоснабжения Москвы имеет стратегическое значение, что подразумевает отслеживание качества его притоков и подземных вод. Питающие его подземные воды подразделяются на грунтовые и напорные. Напорные воды хорошо защищены от проникновения загрязняющих веществ с дневной поверхности. Грунтовые воды являются более уязвимыми. Сравнение данных двух площадных гидрохимических съемок грунтовых вод по периметру водохранилища выявило увеличение концентраций фосфора за период 1999 – 2019 гг. [4; 8].

Среди имеющихся водоносных горизонтов в четвертичных отложениях водосбора Иваньковского водохранилища наиболее уязвим аллювиальный (в пределах надпойменных террас может рассматриваться как объединенный аллювиально-флювиогляциальный). Именно отклик аллювиальных вод на внешнее воздействие является наиболее показательным. Известно, что **интегральную характеристику химического состава грунтовых вод отражает родниковый сток** [2; 3]. В долине р. Волги от Твери до Дубны сток приурочен к основанию II и III цокольных террас, к границе аллювиальных песчаных отложений с подстилающими моренными суглинками.

В географическом отношении регион приурочен к южной части Верхневолжской низины с Иваньковским водохранилищем в центре. Район работ занимает северо-западную часть Московского артезианского бассейна. Рельеф слаборасчлененный, абсолютные отметки поверхности меняются в диапазоне 124-149 м [3]. Климат региона умеренно-континентальный, среднегодовая температура воздуха – 3,8°C, среднемесячная температура самого холодного месяца -9,8°C. За последние 30 лет установлен рост зимних температур воздуха на 0,04°C в год [5].

## Методы исследований

**В основу исследования легли собственные данные** многолетних наблюдений за химическим составом вод опорных родников в период 2006 – 2022 гг. Применены методы полевых исследований и статистического анализа.

В родниках гидрохимические характеристики определялись круглогодично дважды в месяц. Проанализированные содержания соединений фосфора наблюдались в воде нисходящего родника контактного типа, расположенного в реликтовом сосновом бору. Родник считается фоновым, выходит в борту террасы Волги [3].

Химические анализы выполнены в аккредитованной лаборатории филиала Института водных проблем РАН - Иваньковской научно-исследовательской станции. Концентрации  $P_{\text{общ}}$  и  $PO_4^{3-}$  определены фотометрическим методом с использованием молибдата аммония и аскорбиновой кислотой в фильтрованных пробах.

## Результаты и их обсуждения

Для статистического анализа число членов выборки составило 260 определений по каждому показателю, период наблюдений 2006 – 2022 гг. Аналогично методике обработки данных площадных съемок грунтовых вод [4] сначала обработан весь массив данных, затем отдельно блоки по сезонам. Методом наименьших квадратов находили уравнение прямой, наиболее корректно описывающее данные измерений, где в качестве независимой переменной выступает время. Угловой коэффициент дает скорость роста того или иного соединения, свободное слагаемое – его значение в начале времени наблюдений (Табл. 1).

Табл. 1 Аппроксимация значений минерального (x) и общего (y) фосфора.

n	Уравнение	Период
260	$x = 0,0010 t + 0,0671$ $y = 0,0012 t + 0,1021$	Весь год
134	$x = 0,0015 t + 0,0617$ $y = 0,0016 t + 0,1028$	Теплый период
126	$x = 0,0004 t + 0,0735$ $y = 0,0009 t + 0,1014$	Холодный период

Примечание:  $t = 0$  – 2006 г., измеряется в годах

Холодный период определен с октября по март, теплый период – с апреля по сентябрь. Простые расчеты показывают, что годовой прирост минерального фосфора за год составит 1,5 %, общего фосфора – 1,2 %. Из величин угловых коэффициентов прямых очевидно, что скорость роста значений фосфора летом в сравнении с зимой больше (Табл. 2).

Табл. 2 Прирост (%) минерального ( $PO_4^{3-}$ ) и общего (Р общ) фосфора по сезонам.

Сезон	$PO_4^{3-}$	Р общ
Зимняя межень, 2006 – 2021 гг.	0,5	0,9
Летняя межень, 2006 – 2022 гг.	2,5	1,5

Величина общего фосфора зимой растет несколько быстрее, чем минерального, а в теплый период – наоборот, что может быть связано с потеплением зим и ростом количества оттепелей.

Возрастание фосфатизации компонентов окружающей среды (почвенного покрова, грунтовых и поверхностных вод) отмечается учеными разных специальностей, выдвигаются гипотезы о причинах, ускоряющих этот процесс, как климатических, так и антропогенных [6; 7]. Увеличение концентраций общего фосфора в родниковых водах за весь период исследований в родниковых водах очевидно (Рис. 1). Здесь временная динамика Р общ представлена уже в сутках, где  $t = 1$ , дата 1 января 2006 г.



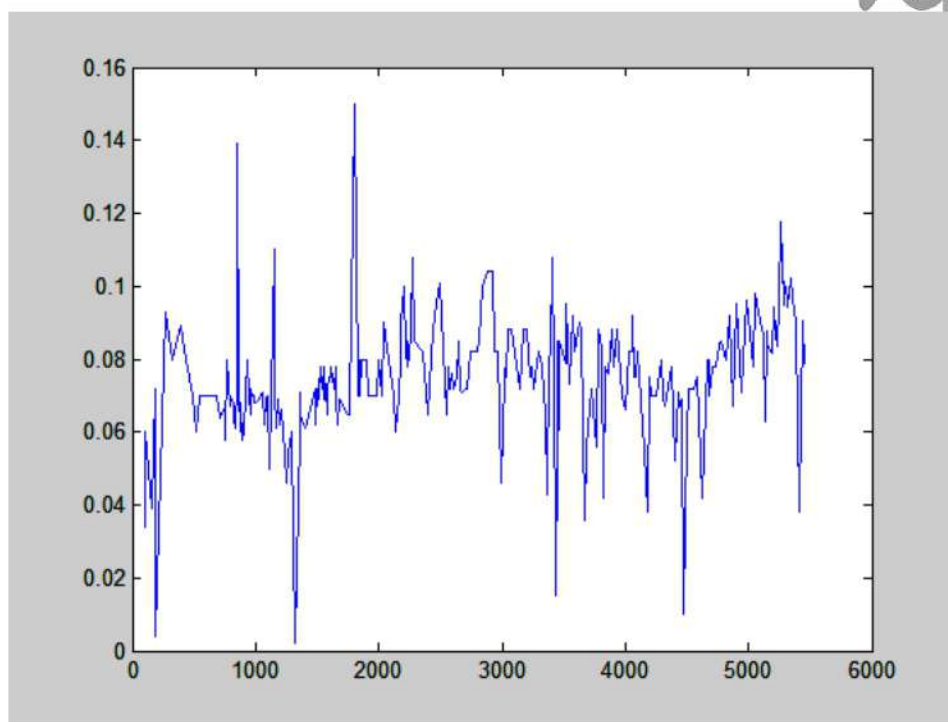


Рис. 1 Временной ряд данных измерений  $P_{\text{общ}}$ , период 2006 -2022 гг.

Рост количества осадков и, соответственно, увеличение инфильтрационного питания подземных вод в Верхневолжском и близком к нему Московском регионе показан в работах [1; 5]. Сравнение внутригодового хода концентраций общего фосфора в воде родника в годы разной водности подтверждает относительно быстрое поступление фосфатов на уровень грунтовых вод с дневной поверхности, особенно при песчаном сложении зоны аэрации (Рис. 2)

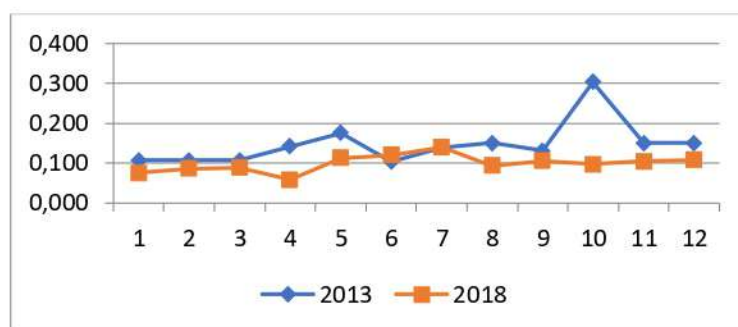


Рис. 2 Внутригодовой ход  $P_{\text{общ}}$  (мгР/л) в многоводном (2013) и средневодном годах (2018).

Увеличение концентраций в воде родника имеет наибольший градиент в теплый период года и составляет 2,5 % для минерального фосфора и 1,5 %  $P_{\text{общ}}$ . В колодцах рост  $P_{\text{общ}}$  за 20 лет летом составил 1,2% в год [4], что свидетельствует в пользу гипотезы об активизации биогеохимических процессов в почве в связи с ростом температур воздуха, когда подвижный фосфор начинает поступать из ранее накопленного резерва.



## Заключение

Статистическими методами установлено, что в водах аллювиального водоносного горизонта (родниковый сток) с 2006 по 2022 гг. в береговой зоне Иваньковского водохранилища происходит круглогодичный прирост минерального фосфора на 1,5 %, общего - на 1,2 % в год. В теплый период года интенсивность прироста увеличивается и составляет соответственно 2,5 и 1,5 %. Уточнение причин интенсификации роста фосфора в родниковых водах требует дальнейших исследований.

Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002

(№ государственной регистрации Государственного задания ИВП РАН 122041100236-4).

## Список литературы

1. Гриневский С.О., Поздняков С.П. Ретроспективный анализ влияния климатических изменений на формирование ресурсов подземных вод // Вестн. Моск. Ун-та. сер. 4. Геология. 2017. № 2. С. 42 – 51.
2. Злобина И.Л., Медовар Ю.А., Юшманов И.О. Трансформация состава и свойств подземных вод при изменении окружающей среды. М.: Изд-во «Мир науки». 2017. URL: <http://izd-mn.com/PDF/21MNNPM17.PDF>
3. Лапина Е.Е., Ахметьева Н.П., Кудряшова В.В. 2014. Родники долины верхней Волги и ее притоков: условия формирования, режим, охрана. ООО «Купол», Тверь. 256 с.
4. Лапина Е.Е., Кудряшова В.В., Лапина Л.Э. Изменения химического состава грунтовых вод вокруг Иваньковского водохранилища за 20 лет // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. 2023. № 1-2. С. 18 – 37.
5. Лапина Л.Э., Григорьева И.Л. Анализ изменения температуры воздуха и суммы осадков по данным метеостанций Старица и Тверь за многолетний период // Вестник ТвГУ, серия "география и геоэкология". 2020. № 3(31). С.57-78
6. Титова В.И., Варламова Л.Д., Дабахова Е.В., Бахарев А.В. Изучение фосфорных удобрений и фосфатного состояния почв // Агрохимический вестник. 2011. № 2. С. 3 -6.
7. Шилькрот Г.С. О миграции фосфора и других химических элементов с грунтовым стоком в сельских ландшафтах // сб. н. трудов конф. «Научное обеспечение реализации водной стратегии РФ на период до 2020 г. КНЦ РАН, 2015. С. 386 – 394.
8. Lapina Elena, Lapina Larisa, Kudrajshova Vera. Transformation of the groundwater composition in coastal zone of the Ivankovo reservoir during 20 years. Engineering geology and hydrogeology, 35, Sofia, 2021, pp. 3-14.