

### Список цитированных источников

1. Урецкий Е.А., Гогина Е.С., Мороз. Оптимизация существующих и разработка новых ресурсосберегающих технологий в водном хозяйстве предприятий приборо- и машиностроения В.В. Монография. – М.: Изд-во АСВ, 2022. – 624 с. ISBN 978–5–4323.
2. Гогина Е.С., Гуринович А.Д., Урецкий Е.А. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения: Справочное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов РФ, 2012. – 312 с.
3. Госстрой СССР, ГПИ «САНТЕХНИИПРОЕКТ». Рекомендации по проектированию водоснабжения и канализации цехов гальванических покрытий. БЗ-79.- М., 1992.
4. Дегремон. Технический справочник по обработке воды: в 2 т: пер. с фр. – СПб. Новый журнал, 2007.
5. Очистка промышленных сточных вод: пер. с нем. – СПб: Новый журнал, 2012. 384 с.

УДК 628.193

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Е. С. Велуго<sup>1</sup>, В. Д. Ющенко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», Новополоцк, Беларусь, магистр технических наук,  
e.velugo@psu.by

<sup>2</sup>Витебское областное коммунальное унитарное предприятие водопроводно-канализационного хозяйства «Витебскоблводоканал», кандидат технических наук, yuvd46@mail.ru

### Аннотация

Подземные воды населенных пунктов требуют особое внимание, поскольку они имеют превышение нормативной концентрации по нескольким показателям, включая соединения железа, марганца и аммония. Такая вода имеет сложный состав с точки зрения ее обработки, и поэтому важно своевременно выявить негативные процессы, предотвратить их вредные последствия и подобрать эффективную технологию очистки воды.

**Ключевые слова:** мониторинг, подземные воды, качество воды, анализ данных.

## GENERAL CHARACTERISTICS OF THE QUALITATIVE COMPOSITION OF GROUNDWATER IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

*E. S. Velyugo<sup>1</sup>, V. D. Yushchenko<sup>2</sup>*

### Abstract

Groundwater in populated areas requires special attention, since it exceeds standard concentrations for several indicators, including iron and ammonium compounds.

Such water has a complex composition from the point of view of its processing, and therefore it is important to promptly identify negative processes, prevent their harmful consequences and select an effective water purification technology.

**Keywords:** monitoring, groundwater, water quality, data analysis.

**Введение.** В Республике Беларусь подземные воды являются основными источниками централизованных систем водоснабжения населенных пунктов.

Обеспечение населения качественной питьевой водой является одной из основных задач, которая приобрела особую актуальность в связи с наблюдаемым ухудшением общей экологической обстановки в мире и, в частности, в Республике Беларусь [1-3]. Повышенные концентрации загрязняющих веществ могут иметь серьезные неблагоприятные последствия для здоровья человека.

Для решения эффективных и рациональных задач по определению методов и способов ее обработки, необходимо регулярно наблюдать за состоянием подземных вод по гидрогеологическим, гидрохимическим и другим показателям, оценивать и прогнозировать их изменения [1,4,5].

В общей сложности, доступ к централизованным системам водоснабжения имеет 98,5% городского и около 65,9% сельского населения, поэтому обеспечение населения качественной питьевой водой, несмотря на обилие водных ресурсов в стране, остается одной из наиболее острых проблем, особенно для сельских и приближенных к ним населенных пунктов.

В настоящее время лишь в 84,9% случаев вода, поставляемая в домохозяйства, соответствует питьевому качеству [6].

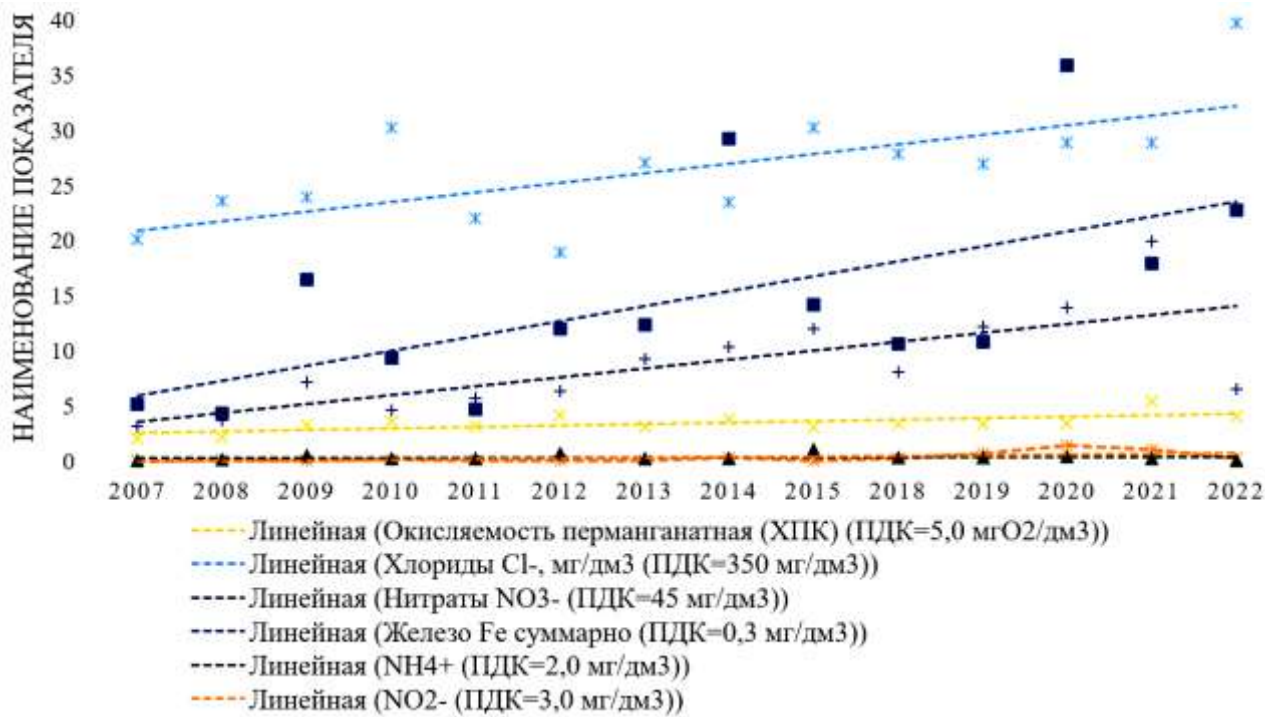
Рассматривая системы водоснабжения Республики Беларусь, можно сделать вывод, что в сложившейся экономической ситуации именно малые и средние населенные пункты представляют собой наибольшую проблему с обеспечением населения качественной питьевой водой.

Малые системы водоснабжения, производительность которых не превышает, как правило 0,3-0,5 тыс. куб. м/год, характерны для сельской местности, может быть и райцентров с числом водопотребителей порядка 5-7 тыс. чел. Водозабор таких систем представлен, как правило, скважинами в количестве 1-3 шт. с дальнейшей подачей воды в водопроводную сеть с регулирующими емкостями, которые оказывают влияние как на бесперебойность подачи воды, так и на ее качество.

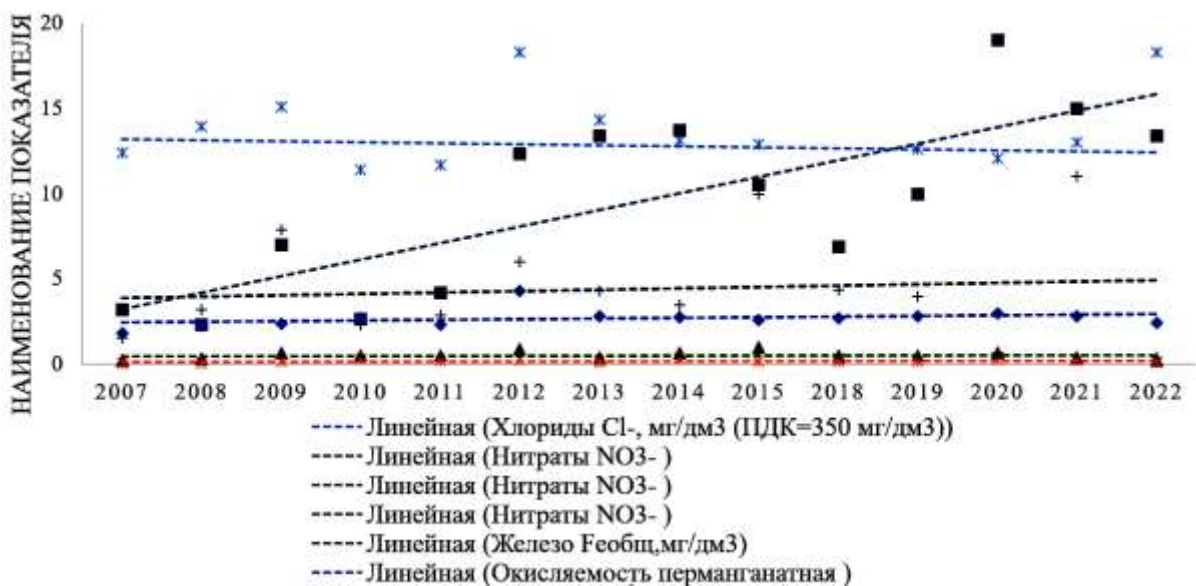
Таким образом, целью настоящей работы является анализ качества подземных вод в Республике Беларусь и в Витебской области на наличие загрязняющих веществ с превышением норм СанПиН [6].

**Результаты и обсуждение.** Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в целом по республике оцениваются в 49 596 тыс. м<sup>3</sup>/сут[7], при этом на сегодняшний день разведано всего 13,75% прогнозных ресурсов. Потенциальные возможности использования подземных вод составляют 43 560 тыс. м<sup>3</sup>/сут [8], что позволяет в течении длительного времени обеспечивать население страны необходимым количеством воды.

Однако, несмотря на их изобилие в целом, грунтовые и артезианские подземные воды остаются уязвимыми, особенно, к антропогенным загрязнениям, которые могут оказывать разрушительное воздействие на этот ресурс и его доступность. Поэтому эти категории являются объектами наблюдения при проведении мониторинга подземных вод в Республике Беларусь (рисунки 1 и 2).



**Рисунок 1** – Тенденции изменения качества грунтовых вод (среднегодовые концентрации)



**Рисунок 2** – Тенденции изменения качества артезианских подземных вод (среднегодовые концентрации)

На рисунках приведены средние значения основных макроэлементов, наблюдаемых в подземных водах Беларуси в период 2007-2022 гг, свидетельствующие о небольшом, но неуклонном увеличении концентраций по большинству основных макроэлементов (нитраты, нитриты, перманганатная окисляемость, железо и аммоний) [8].

Согласно данным водного кадастра [8] в 2021 году число источников централизованного водоснабжения, не отвечающих требованиям санитарных норм, правил и гигиенических нормативов, увеличилось по сравнению с 2019 г. более чем на 1 %, и существенно отличается для разных регионов (от 4,46 % в Брестской области до 28,67 % в Гомельской).

По данным водного кадастра за 2021 год [9] наибольшее количество проб, в которых значения показателей (содержание азота аммонийного, нитритов, нитратов, сульфатов, хлоридов) не соответствуют установленным требованиям, приходится на Гомельскую (16%), Гродненскую (21%) и Могилевскую (16%) области. Количество источников с превышением ПДК химических веществ расположено в Гомельской (28,64%), Гродненскую (12,8%) и Минской (15,62%) областях.

Анализ данных, полученных в 2020-2021 гг. ,показывает, что всего по республике количество проб питьевой воды, не соответствующих требуемым санитарно-химическим показателям, в сравнении с 2019 годом увеличилось до 47,2% исследованных проб (в 2021 г уменьшилось до 44,20% [8]).

По данным лабораторий учреждений государственного санитарного надзора в 2020 году [1], выявлены несоответствия гигиеническим нормативам по содержанию марганца – 9,1 % исследованных проб; аммиака – 0,8 %; нитратов – 1,4 %; фтора – 1,1%; хлоридов – 0,1 %; окисляемостью перманганатной – 1,6% (таблица 1).

**Таблица 1** – Сравнительная характеристика качественного состава подземных вод (грунтовых и артезианских) по областям Республики Беларусь (значения взяты за 2020 -2022 г. на гидрологических постах и действующих водозаборах) [1,6]

| Показатели качества подземных вод                              | ПДК | Величина показателя для области* |                     |                   |                 |                     |                   |
|--|-----|----------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|---------------------|-------------------|
|  |     | Гомельская область               | Могилевская область | Витебская область | Минская область | Гродненская область | Брестская область |
| Цветность, град  | 20  | 6 - 130,9                        | –                   | 1-140             | 1-32,1          | 1-48,6              | 1-51,22           |
| Мутность, мг/дм <sup>3</sup>                                   | 1,5 | 1-94,0                           | 1-43,5              | 0,8-4,6           | 1-9,2           | 0,6-3,74            | 0,5-3,9           |
| Окисляемость перманганатная, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 5   | 0,96-5,12                        | 1,28                | 0,9-10,72         | 0,96-1,2        | 0,56-10,55          | 1,44-5,2          |
| Жесткость общ., мг-экв/дм <sup>3</sup>                         | 7   | 0,75-4,54                        | 4,87                | 2,43-5,03         | 0,43-2,71       | 0,64-5,03           | 0,96-5,97         |
| Марганец, мг/дм <sup>3</sup>                                   | 0,1 | 0,1-0,36                         | 0-0,19              | 0-0,76            | 0-0,495         | 0-1,2               | 0-0,35            |
| рН   | 6-9 | 6,5-7,4                          | 7,9                 | 7,46-8,6          | 7,51-8,3        | 6,93-7,79           | 5,8-7,2           |

Продолжение таблицы 1

|   |      |             |        |            |              |              |             |
|---|------|-------------|--------|------------|--------------|--------------|-------------|
| Общая минерализация<br>мг/дм <sup>3</sup>                   | 1000 | 66,16-390,3 | 405,32 | 205-460,9  | 61,36-237,01 | 68,77-406,54 | 94,6-408,17 |
| Хлориды<br>мг/дм <sup>3</sup>                               | 350  | 2,2-41,7    | 8,8    | 3,3-48,8   | 2,2-7,1      | 1,8-25,2     | 3,3-89,9    |
| Нитраты (по NO <sup>3</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>           | 45   | 0,1-1,4     | 0,1    | 0,1-51,0   | 0,1-1,7      | 0,2-7,9      | 0,1-73,8    |
| Нитрит-ион,<br>мг/дм <sup>3</sup>                           | 3,3  | 0,01-0,1    | 0,2    | 0,01-0,35  | Менее 0,01   | 0,01-0,2     | 0,01-0,75   |
| Сульфаты SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> | 500  | 2-25,5      | 7,4    | 2-12,8     | Менее 2,0    | 6,5-103      | 7-65,8      |
| Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>                            | 0,3  | 2,22-28,5   | 2,02   | 0,38-12,98 | 0,78-6,65    | 0,67-3,6     | 0,78-20,64  |
| Окись кремния, мг/дм <sup>3</sup>                           | 10   | 0-18,7      | –      | –          | –            | 0-12,5       | –           |
| Барий, мг/дм <sup>3</sup>                                   | 0,1  | –           | –      | –          | –            | 0-0,16       | –           |

Примечание – Диапазон значений обусловлен сезонными изменениями качественного состава подземных вод и разными точками отбора проб (\*).

На основе данных национального мониторинга подземных вод можно сказать, что качество подземных вод в основном соответствует СанПиН 10-124 РБ 99 [6] за исключением повышенного содержания железа (в 5 и более раз) практически на всех водозаборах, и связанное с этим превышение норм по мутности (в 1,07-62,6 раза) и цветности (в 1,79-6,54 раза).

Кроме того, наблюдается отклонение от гигиенических нормативов на питьевую воду по марганцу, иногда барии, аммонийному азоту в 1,86 раза, окисляемости перманганатной в 1,02-2,141 раза и окиси кремния в 1,08-1,87 раза [1,8]. Очевидно, что основными причинами несоответствия являются пробы подземных вод с превышением по содержанию железа в сочетании с марганцем и аммонийным азотом.

Обобщение материала по качеству подземных вод каждой области направлено на разработку наиболее действенных технологий очистки воды конкретно для каждой области.

Одновременно отмечено повсеместное колебание показателей качественного состава подземных вод, обусловленное их сезонными изменениями, антропогенному загрязнению и уровнем эксплуатации водозаборных скважин, а также в период изменения сезонного весеннего и осеннего питания и наоборот [9].

По результатам расширенного анализа по Витебскому региону можно отметить, что сложный состав подземных вод с точки зрения ее обработки, т. е. пробы с повышенным содержанием двух и более показателей одновременно присутствующих в воде, имеют около 60% источников водоснабжения.

Установлено, что в этом регионе основными загрязнителями являются соединения железа, марганца и азота [2]. Следует отметить, что рядом с местом отбора проб с повышенным содержанием железа, марганца и аммонийного азота в малых населенных пунктах часто наблюдаются сельскохозяйственные ис-

точники загрязнения (захоронение животных, удобрения на полях, фермы) или природные условия (болота, торфяники).

Анализ воды осуществлялся на месте путем проведения тестовых измерений, а также в аккредитованных испытательных лабораториях по контролю качества вод филиалов УП «Витебскоблводоканал».

Гидрохимический анализ по составу и качеству подземных вод в некоторых населенных пунктах, где имеются превышения концентраций загрязнений, приведен в таблице 2.

**Таблица 2** – Выявленные превышения предельно-допустимой концентрации показателей качества воды в период 2018-2022 годы

| Местоположение отбора проб        | Показатели качества воды         |                              |                                     |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
|                                   | железо общее, мг/дм <sup>3</sup> | марганец, мг/дм <sup>3</sup> | аммонийный азот, мг/дм <sup>3</sup> |
| 1                                 | 2                                | 3                            | 4                                   |
| д. Адаменки (Лиозненский район)   | 2,5                              | 0,09                         | 2,21                                |
| д. Пушки (Лиозненский район)      | 2,64                             | 0,067                        | 2,3                                 |
| д. Черноручье (Лиозненский район) | 4,2                              | 0,054                        | 2,6                                 |
| д. Боброво                        | 3,2                              | 0,4                          | 2,53                                |
| Южная, Бешенковичи                | 2,04                             | –                            | 2,5                                 |
| Бочейково                         | 4,80                             | –                            | 4,2                                 |
| пос. Нача                         | 3,04-5*                          | 0,2-0,3                      | 4,58                                |
| пос. Победа                       | 2,92-6,97*                       | 0,1-0,3                      | 4,08-5,62*                          |
| аг. Еремеевщина                   | 3,28                             | 0,108                        | –                                   |
| пос. Жерносеки                    | 4,34-4,4*                        | –                            | 2,2-3,5*                            |
| аг. Соколище                      | 2,3-6,0*                         | –                            | 2,3-3,1*                            |
| УП «Полоцкий молочный комбинат»   | 2,4                              | 0,25                         | 1,2                                 |
| Песковатик г Витебск              | 2-3*                             | 0,144-0,76*                  | –                                   |
| Марковщина г Витебск              | 3-3,5*                           | 0,171-0,39*                  | –                                   |
| Витьба г Витебск                  | 2,5-3*                           | 0,126-0,2*                   | –                                   |
| Лучеса г Витебск                  | 2,5-3*                           | 0,104-0,22*                  | –                                   |
| Окунево, г. Новополоцк            | 3,7-5,0*                         | 0,1-0,5*                     | 1,8-2,2*                            |
| н.п.Фариново                      | 1,29-2,64*                       | –                            | 2,0-2,8*                            |

Примечание – Указаны сезонные изменения концентраций (\*).

### **Заключение.**

1. Подземные воды на территории Республики Беларусь пригодны для использования в качестве хозяйственно-питьевого водоснабжения, но при соответствующей корректировке некоторых показателей с доведением их до требований питьевого стандарта.

2. Качественный состав подземных вод отдельных областей страны имеет значительные отличия, при этом формирование их состава происходит, в основном, под воздействием геологических и климатических факторов.

3. Отмечено повсеместное колебание показателей качественного состава подземных вод в зависимости от климатических условий, антропогенного влияния и режима эксплуатации водозаборов.

4. Основным компонентом, характеризующим подземные воды страны, является железо в различных сочетаниях и концентрациях, часто с одновременным присутствием марганца и аммонийных соединений и других загрязнений..

5. Необходимы дальнейшие исследования для разработки эффективных стратегий предотвращения и смягчения последствий загрязнения подземных вод и охраны здоровья человека.

### **Список цитированных источников**

1. Мониторинг подземных вод Республики Беларусь. Официальный сайт ГИАЦ НСМОС РБ. [Электронный ресурс] // Ежегодные отчеты национальной системы мониторинга среды (за период 2007-2022 гг.) – URL: <http://www.nsmos.by/content/175> (дата обращения: 02.09.2023)
2. Подпроект «Чистая вода в Северной Беларуси»: технико-экономическое, природоохранное и социальное исследование// Итоговый отчет: Часть 1. Отчет о технической оценке – 29 ноября 2018.
3. Vitebsk Pilot Regionalisation Review and Recommendations Report Preliminary Recommendations – Summary of August 25, 2018.
4. WHO, World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: 4th edition, incorporating the 1st addendum – 24 April 2017 – <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
5. Yushchenko, V. / Development of a new design of deironing granulated filter for joint removal of iron and ammonium nitrogen from underground water / Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. / Environmental Technology (United Kingdom). – 2023. <https://doi.org/10.1080/09593330.2023.2185820>
6. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Кон-троль качества: СанПиН 10-124 РБ 99 : введ. 01.01.2000. – Минск : М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 1999. – 122 с.
7. Yushchenko, V. / Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations / Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. / Groundwater for Sustainable Development – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100943>
8. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод за 2020 гг. Мн., Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь
9. Кудельский, А.В. Региональная гидрогеология и геохимия подземных вод Беларуси / А.В.Кудельский, В.И. Пашкевич. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 272 с.