

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
МИНСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ И АВТОНОМНОГО КРАЯ ВОЕВОДИНА СЕРБИИ**
**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE STATE OF GROUNDWATER
IN THE MINSK REGION OF BELARUS AND THE AUTONOMOUS
REGION OF VOJVODINA, REPUBLIC OF SERBIA**

В. Н. Копица¹, Я. Агбаба²

V. N. Kapitsa¹, J. Agbaba²

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
v_kapitsa@iseu.by

²Университет Нови Сад, Республика Сербия

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus

²University Novi Sad, Novi Sad, Republic of Serbia

Подземные водные источники являются одним из важнейших ресурсов пресной воды для обеспечения потребностей населения, промышленности, сельского хозяйства. Наличие загрязнителей в грунтовых и артезианских водах представляет существенный экологический риск, а также риск для здоровья населения. Содержание химических элементов в подземных водах зависит как от геологических особенностей региона, где формируются подземные источники, так и от антропогенной деятельности. Проведено сравнение состояния грунтовых вод Минской области Беларуси и автономного края Воеводина, Сербия. Показано наличие различия в составе химических соединений в составе подземных вод обоих регионов, которое зависит от геологических условий, различий в акцентах выполняемого мониторинга и особенностях антропогенной деятельности.

Underground water springs are one of the most important fresh water resources to meet the needs of the population, industry, and agriculture. The presence of contaminants in groundwater and artesian waters poses a significant environmental and public health risk. The content of chemical elements in groundwater depends both on the geological features of the region where groundwater sources are formed, and on anthropogenic activities. A comparison was made of the state of groundwater in the Minsk region of Belarus and the autonomous region of Vojvodina, Serbia. It is shown that there are differences in the composition of chemical compounds in the composition of groundwater in both regions, which depends on geological conditions, differences in the emphasis of the monitoring performed and the characteristics of anthropogenic activities.

Ключевые слова: Подземные воды, экологический риск, загрязнители, пресная вода, качество подземных вод, тяжелые металлы

Keywords: Groundwater, environmental risk, pollutants, fresh water, groundwater quality, heavy metals.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-162-165>

За последние несколько десятилетий грунтовые воды стали одним из важнейших ресурсов. Грунтовые воды широко используются для удовлетворения потребностей в пресной воде населения, промышленности и сельского хозяйства. В некоторых местах, они являются единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Большинство сельских жителей (3,2 млн. человек) Беларуси потребляет воду из шахтных колодцев, в основном неглубоких. От количества грунтовых вод, их качественного состояния и использования, а также антропогенных изменений во многом зависит экологическая обстановка территории, а во многих случаях и здоровье человека. Поэтому актуальной проблемой в Республике Беларусь является сохранения качества грунтовых вод.

В естественных условиях химический состав грунтовых вод формируется и остается фактически неизменным под эффектом ряда естественных факторов, таких как физические, географические, геологические и гидрогеологические.

Загрязнение грунтовых вод в подавляющем большинстве случаев является прямым следствием загрязнения окружающей среды. Практически любое вмешательство человека в природу и любой вид хозяйственной деятельности (гидротехническое и гражданское строительство, вырубка леса, внесение удобрений в почву и др.) неизбежно сказывается на качестве и ресурсах грунтовых вод. Поэтому загрязнение грунтовых вод, и, главное, вопросы охраны грунтовых вод от загрязнения, тесно связаны с общей проблемой охраны окружающей среды и являются ее составной частью.

Основные гидрогеологические закономерности формирования подземных вод определяются многими факторами, важнейшее место среди которых принадлежит климатическим особенностям территории, ее положению в общей геоструктурной схеме и геолого-литологическому строению осадочной толщи [].

Мониторинг подземных вод представляет собой комплексную систему сбора, накопления, хранения, обработки и выдачи органам управления и хозяйствования аналитической информации о состоянии подземной гидросферы под влиянием естественных и техногенных факторов для решения общегосударственных задач охраны окружающей среды и рационального недропользования, предусматривающей периодически повторяющиеся наблюдения за состоянием подземных вод, изменением их гидродинамического и гидрогеохимического режима для разработки мер по охране и рациональному использованию подземных вод [1].

Беларусь

Мониторинг подземных вод в Беларуси в настоящее время проводится на 101 гидрогеологическом посту по 355 наблюдательным скважинам.

Оценка качества подземных вод проводится в соответствии с требованиями санитарных правил и норм «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10–124 РБ 99, и Гигиеническим нормативом «Показатели безопасности питьевой воды», утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37.

Оценке подлежат следующие показатели: Водородный показатель pH, Общая минерализация, мг/дм³, Сухой остаток, мг/дм³, Жесткость, мг-экв/дм³, Окисляемость перман., мгО 2/дм³, Натрий (Na +), мг/дм³, Калий (K +), мг/дм³, Аммоний-ион (NH₄ +), мг/дм³, Кальций (Ca²⁺), мг/дм³, Магний (Mg²⁺), мг/дм³, Хлориды (Cl -), мг/дм³, Сульфаты (SO₄ 2-), мг/дм³, Нитрат-ион (по NO₃ -), мг/дм³, Нитрит-ион (NO₂ -), мг/дм³, Карбонаты (CO₃ 2-), мг/дм³, Гидрокарбонат-ион (HCO₃ -), мг/дм³, Углекислота свободная (CO₂), мг/дм³, Окись кремния, мг/дм³, Железо (Fe, суммарно), мг/дм³, Мутность, мг/дм³, Фториды (F -), мг/дм³, Фосфор фосфатный, мг/дм³, Цветность, градусы, Кремний, мг/дм³, Осадок Запах, баллы Температура при отборе проб, °C [1].

В бассейне р. Днепр (Минская область) наблюдения за качеством подземных вод в 2022 г. проводились по 7 г/г постам на 7 наблюдательных скважинах, оборудованных на грунтовые (4 скважины) и артезианские (3 скважины) воды. В 2022 г. качество подземных вод бассейна р. Днепр, в основном, соответствовало установленным нормам СанПиН 10–124 РБ 99 [2], и значительных изменений по химическому составу подземных вод не выявлено. Величина водородного показателя изменялась в пределах 7,06–8,0 ед., из чего следует, что подземные воды в пределах бассейна обладают от нейтральной до слабощелочной реакцией. Исключение составили скважина 103 Хоновского и скважина 1255 Высоковского г/г постов, в которых по результатам химического анализа подземные воды обладают кислой реакцией, величина pH составляет 4,38 и 4,6 ед. соответственно. Показатель общей жесткости изменялся в пределах от 1,34 до 5,93 ммоль/дм³, что свидетельствует об изменении жесткости подземных вод (от мягких до среднежестких). Результаты анализов показали, что в 2022 г. содержание основных макрокомпонентов в целом невысокое (рисунок 3.13). Грунтовые воды бассейна р. Днепр, в основном, гидрокарбонатные кальциевые. Содержание сухого остатка составляло 105,0–380,0 мг/дм³, хлоридов – 16,7–48,2 мг/дм³, сульфатов – 7,0–24,7 мг/дм³, нитрат-ионов –

Сербия

Сербское агентство по охране окружающей среды отвечает за систематический мониторинг качества подземных вод в стране, а мониторинг количества подземных вод входит в компетенцию Республиканской гидрометеорологической службы Сербии. Однако только около 20 % очерченных объектов подземных вод (GB, классифицированных в соответствии с Рамочной директивой ЕС по водным ресурсам) находятся под систематическим наблюдением. [3]. В соответствии с Приложением 8 Рамочной директивы мониторингу подземных вод подлежат:

1. Органогалогеновые соединения и вещества, которые могут образовывать такие соединения в водной среде.
2. Фосфорорганические соединения.
3. Оловоорганические соединения.
4. Вещества и препараты или продукты распада того, что, как было доказано, обладает канцерогенными или мутагенными свойствами, а также свойствами, которые могут влиять на стероидную, репродуктивную функции организма, функции щитовидной железы или другие функции, связанные с эндокринной системой, в водной среде или через водную среду.
5. Устойчивые углеводороды, устойчивые и биоаккумулируемые органические токсичные вещества.
6. Цианиды.
7. Металлы и их соединения.
8. Мышьяк и его соединения.
9. Биоциды и средства защиты растений.
10. Материалы во взвешенном состоянии.
11. Вещества, способствующие эвтрофикации (в частности, нитраты и фосфаты).
12. Вещества, неблагоприятно влияющие кислородный баланс (которые можно измерить, используя такие параметры как БПК, ХПК и т.д.).

Учитывая специфику геологического строения горных пород Балканских стран (молодое геологическое сложение горных пород с высоким уровнем содержанием тяжелых металлов) при мониторинге подземных вод Сербии

очень большое внимание уделяется мониторингу содержания мышьяка. Содержание данного элемента в грунтовых водах вносит серьезные ограничения в использование подземных пресных вод в качестве питьевой воды [5].

По данным Министерства Природных ресурсов Автономного края Воеводина [4], в 2014 г. оценивались следующие параметры качества подземных вод, представленные в таблице 1:

Таблица 1

Показатели качества подземных вод, определяемые при проведении экологического мониторинга

Наименование	единица измерения	Наименование	единица измерения
Общая жесткость	мг/л	Общее количество растворенных солей	мг/л
Растворенный CO ₂	мг/л	Нитриты (NO ₂ -N)	мг/л
Электропроводность	мСм/см	Нитраты (NO ₃ -N)	мг/л
pH		Органический азот (N)	мг/л
Растворенные силикаты (SiO ₂)	мг/л	Общий азот (N)	мг/л
Натрий (Na +)	мг/л	Ортофосфаты (PO ₄ -P)	мг/л
Калий (K +)	мг/л	Общий фосфор (P)	мг/л
Кальций (Ca ⁺⁺)	мг/л	Аммоний (NH ₄ -N)	мг/л
Магний (Mg ⁺⁺)	мг/л	Хлориды (Cl -)	мг/л
Железо (Fe) мг/л	мг/л	Сульфаты (SO ₄ - -)	мг/л
Марганец (Mn)	мг/л	Карбонаты (CO ₃ --)	мг/л
Цинк (Zn)	мг/л	Бикарбонаты (HCO ₃ -)	мг/л
Медь (Cu)	мг/л	Общая щелочность (CaCO ₃)	мг/л
Хром (Cr)-общ	мг/л	Химическое потребление кислорода из KMnO ₄ (HPKMn)	мг/л
Свинец (Pb)	мг/л	Химическое потребление кислорода от K ₂ Cr ₂ O ₇ (HPKCr)	мг/л
; Кадмий (Cd)	мг/л	Биологическое потребление кислорода (БПК-5)	мг/л
Ртуть (Hg)	мг/л	Общий органический углерод (TOC)	мг/л
Никель (Ni)	мг/л	Сурьма (Sb)	мг/л
Алюминий (Al)	мг/л	Мышьяк (As)	мг/л
Кобальт (Co)	мг/л	Бор(B)	мг/л

Кроме того наблюдению подлежат более 10 органических пестицидов, относящихся к CO₃.

Интересной особенностью края является довольно высокая температура подземных вод (13–15 °C), высокая щелочность воды во многих точках наблюдения (за счет чего развито курортное использование подземных вод). Везде наблюдалось низкое содержание нитратов (не более 10 мг/л), нитритов (не более 0,021 мг/л), хлориды (не более 110 мг/л). Около 10 % проб характеризуются превышением порогового уровня по мышьяку (10 мкг/л), а в северных районах края такое наблюдается почти в 50 % проб (рис.1).

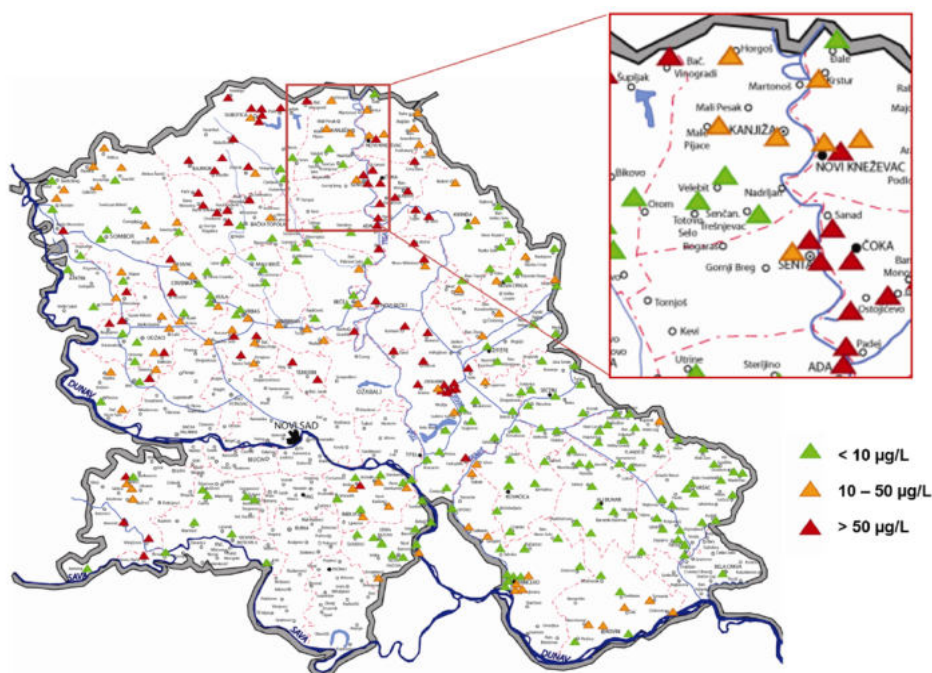


Рисунок 1 – Содержание As в подземных водах, используемых для водоснабжения в Воеводине (врезка: муниципалитеты Канижса и Сента). Муниципалитеты Канижса и Сента) [5]

Заключение. Сравнительная характеристика результатов мониторинга подземных вод показала довольно существенные различия в подборе анализируемых параметров, так и в результатах измерений. В Беларуси наблюдается превышение органогенных загрязнителей, что связано с фильтрацией веществ, возникших в результате хозяйственной деятельности (грунтовые воды). В Автономном крае Воеводина (Республики Сербия) акцент делается на оценке артезианских источников (глубина 100 м и более). Здесь существенное региональное значение имеет загрязнение тяжелыми металлами, особенно мышьяком, что вносит существенные ограничения в использование подземных вод в качестве питьевой воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мониторинг подземных вод <https://nsmos.by/environmental-monitoring/monitoring-podzemnykh-vod> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 15.02.2024
2. «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10–124 РБ 99», - Постановление главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 19 октября 1999 г. N 46 О введении в действие санитарных правил и норм (с изм., внесенными постановлением Минздрава от 14.12.2007 N 164
3. Директива Европейского парламента и Совета 2000/60/ЕС от 23 октября 2000 г., устанавливающая рамочные положения о деятельности Сообщества в области водной политики <https://wecoop.eu/wp-content/uploads/2020/04/Директива-Европейского-парламента-и-Совета-200060ЕС.pdf> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 15.02.2024
4. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА КВАЛИТЕТА ПОВРШИНСКИХ И ПОДЗЕМНИХ ВОДА ЗА 2013. ГОДИНУ / Министарство пољопривреде и заштите животне средине Агенција за заштиту животне средине/ БеоградБ 2014. – 408 с. <https://www.ekourbapv.vojvodina.gov.rs/wp-content/uploads/2018/09/REZULTATI-ISPITIVANJA-KVALITETA-POVR%C5%A0INSKIH-I-PODZEMNIH-VODA-ZA-2013.-GODINU-.pdf> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 15.02.2024
5. Agbaba, J.; Watson, M.; Kragulj Isakovski, M.; Stankov, U.; Dalmacija, B.; Tubić, A. Water Supply Systems for Settlements with Arsenic-Contaminated Groundwater–Making the Right Choice. *Appl. Sci.* 2023, 13, 9557. <https://doi.org/10.3390/app13179557> [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 15.02.2024

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫСТРОРАСТУЩИХ КЛОНОВ ИВЫ ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЗЕМЕЛЬ

USE OF FAST-GROWING WILLOW CLONES FOR PHYTOREMEDIATION OF LANDS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

О. Родькин¹, Е. Урошевич², Д. Станкович³, Г. Триван², Б. Крстич⁴
A. Rodzkin¹, J. Urošević², D. Stanković³, G. Trivan², B. Krstić⁴

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
info@iseu.by,

²ЧП «Электропривреда Србие» (Электроснабжающая компания), Колубарский горнодобывающий бассейн, Светог Сава 1, Лазаревац, Республика Сербия
urosevicj75@gmail.com

³Институт междисциплинарных исследований Белградского университета, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Белград, Республика Сербия
dstankovic@imsi.bg.ac.rs, gorantrivan@gmail.com

⁴Университет Нови Сад, Факультет Биологии и экологии, Trg Dositeja Obradovića 2, г. Novi Sad 21000, Республика Сербия
borivoj.krstic@dbe.uns.ac.rs

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²ПЕЭлектропривреда Србие “ (Electrical Power Supply Company), Kolubara Mining Basin, Svetog Sava 1, Lazarevac, Republic of Serbia

³Institute for Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Republic of Serbia

⁴University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Biology and Ecology, Trg Dositeja Obradovića 2, г. Novi Sad 21000, Republic of Serbia