

ARTICOL DE CERCETARE

Evaluarea igienică comparativă a calității apei din diferite surse ale Republicii Moldova: studiu descriptiv

Maxim Mogorean^{1,3*}, Vladimir Bernic^{†3}, Elena Ciobanu^{†2}, Catalina Croitoru^{†2}, Serghei Cebanu^{†1,3}

¹Catedra de igienă, Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Chișinău, Republica Moldova;

²Catedra de igienă generală, Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Chișinău, Republica Moldova;

³Centrul Național de Sănătate Publică.

Data primirii manuscrisului: 04.06.2017

Data acceptării spre publicare: 06.09.2017

Autor corespondent:

Maxim Mogorean, doctorand

Catedra de igienă

Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”

bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 165, Chișinău, Republica Moldova, MD-2004

e-mail: maxim.mogorean@inbox.ru

Ce nu este cunoscut, deocamdată, la subiectul abordat

Nu sunt actualizate datele referitor la gradul de mineralizare și al prezenței grupei de azotiți (nitrați, nitriți) în apa potabilă, provenită din diferite surse și regiuni ale Republicii Moldova.

Ipoteza de cercetare

Gradul de mineralizare și concentrația nitraților și nitriților în apa potabilă posedă o variabilitate semnificativă pe teritoriul Republicii Moldova.

Noutatea adusă literaturii științifice din domeniu

Au fost actualizate datele referitor la gradul de mineralizare și a concentrației de nitrați și nitriți în apa potabilă provenită din diferite surse și regiuni ale Republicii Moldova.

Rezumat

Introducere. În Republica Moldova, sursele de apă sunt repartizate neuniform în teritoriu. Populația folosește în scop potabil apa din diverse straturi acvifere, care are particularități deosebite ale chimismului. Managementul necorespunzător al deșeurilor, nerespectarea regulilor sanitare și măsurilor de protecție ale surselor de apă sunt principalele cauze ale înrăutățirii calității apei din fântâni. Problema apei potabile sigure, în ultimii ani, a devenit o problemă esențială pentru securitatea națională în domeniul sănătății publice.

RESEARCH ARTICLE

Comparative hygienic assessment of the water quality from different sources of the Republic of Moldova: descriptive study

Maxim Mogorean^{1,3*}, Vladimir Bernic^{†3}, Elena Ciobanu^{†2}, Catalina Croitoru^{†2}, Serghei Cebanu^{†1,3}

¹Chair of hygiene, Nicolae Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy, Chisinau, Republic of Moldova;

²Chair of general hygiene, Nicolae Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy, Chisinau, Republic of Moldova;

³National Center of Public Health, Chisinau, Republic of Moldova.

Manuscript received on: 04.06.2017

Accepted for publication on: 06.09.2017

Corresponding author:

Maxim Mogorean, PhD student

Chair of hygiene

Nicolae Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy

165, Stefan cel Mare si Sfânt ave., 165, Chisinau, Republic of Moldova, MD-2004

e-mail: maxim.mogorean@inbox.ru

What is not known yet, about the topic

Data concerning the water mineralization level and the nitrogen group (nitrites, nitrates) presence in the potable water coming from different water sources and regions of the Republic of Moldova is not updated.

Research hypothesis

The mineralization level and the nitrites and nitrates concentration in the potable water have a significant variability on the territory of the Republic of Moldova.

Article's added novelty on this scientific topic

Data concerning the mineralization level and the nitrites and nitrates concentration in the potable water coming from different sources and regions of the Republic of Moldova has been updated.

Abstract

Introduction. In the Republic of Moldova, water sources are unevenly distributed on the territory. The population uses for drinking purposes the water from different aquifer layers, which has special peculiarities of water chemistry. Inadequate waste management, ignorance of sanitation rules and basic protection measures of water sources are the main causes of water quality worsening in wells. In the past years, the problem of safe drinking water has become a key issue for national security in the field of public health.

Material și metode. Calitatea apei a fost cercetată la 12 parametri chimici (alcalinitate, amoniu, nitriți, nitrați, duritate totală, calciu, magneziu, reziduu sec, sulfați, cloruri, hidrocarbonați, $\Sigma\text{Na}+\text{K}$), în conformitate cu recomandările OMS. Pentru evaluarea indicatorilor calității apei, au fost utilizate următoarele metode: spectrofotometrică, titrimetrică, gravimetrică, matematică. Metodele menționate au fost utilizate în conformitate cu următoarele documente normative: SM SR ISO 7150-1:2005; SM SR ISO 5664:2007; SM SR ISO 7890-2:2006; SM SR ISO 9297:2012; SM SR EN ISO 9963-1:2007; SM SR ISO 6058:2012; SM SR ISO 6059:2012; SM STAS 28601:2007, ISO 9280:1990. Verificarea calității apei potabile s-a efectuat în conformitate cu *Normele sanitare privind calitatea apei potabile*, aprobate prin Hotărârea de Guvern nr. 934 din 15 august 2007.

Rezultate. S-a stabilit că valorile cele mai mari ale indicilor mineralizării apei sunt caracteristice pentru sursele care se alimentează din pânza freatică și de profunzime (fântâni de mină și sonde arteziene), unde se atestă concentrații sporite ale rezidului fix (respectiv, $1194,5 \pm 99,2$ și $1097,9 \pm 80,2$ mg/l), sulfați (corespunzător, $429,3 \pm 60,1$ și $273,4 \pm 21,0$ mg/l), hidrocarbonați ($495,4 \pm 21,6$ și $498,8 \pm 24,5$ mg/l) și un nivel înalt al durității totale ($31,2 \pm 2,7$ și $26,6 \pm 1,2$ °G). Gradul de mineralizare al apei în sursele cercetate prezintă o creștere de la sud spre nord. Conținutul acestor substanțe este asociat cu procesul descompunerii substanțelor organice, respectiv, cu activitatea organismelor și microorganismelor.

Concluzii. Un nivel mai sporit al indicilor mineralizării apei este caracteristic zonei de sud, comparativ cu centrul și nordul republicii. Pentru apa din fântânile investigate, din care se alimentează o mare parte a populației rurale, este caracteristic, de asemenea, și un grad înalt de poluare cu substanțe organice. Nivelurile maxime ale concentrațiilor de nitrați au fost înregistrate, preponderent, în zona de nord a Republicii.

Cuvinte cheie: calitatea apei, morbiditatea populației, apă potabilă.

Introducere

Apa are cel mai mare impact asupra sănătății populației dintre toți factorii de mediu. Managementul necorespunzător al deșeurilor, nerespectarea regulilor sanitare și măsurilor de protecție ale surselor de apă sunt principalele cauze ale înrăutățirii calității apei din fântâni [1, 2]. Problema apei potabile sigure, în ultimii ani, a devenit o problemă esențială pentru securitatea națională în domeniul sănătății publice [1, 3, 4].

Luând în considerație faptul că în Republica Moldova sursele de apă sunt repartizate neuniform în teritoriu, populația folosește în scop potabil apa din diverse straturi acvifere, cu particularități deosebite ale chimismului. Astfel, dacă localitățile urbane mari și unele sate din adiacență se alimentează centralizat cu apă din râurile Nistru și Prut, atunci orașele mai mici și marea parte a localităților rurale, unde locuiește mai mult de jumătate din populația republicii, se alimentează în scop potabil cu apă din pânza freatică și de profunzime.

Din cele 179.000 de fântâni de mină și 4.800 de sonde arteziene, existente în Republica Moldova, calitatea apei, în foar-

Material and methods. Water quality was assessed for 12 chemical parameters (alkalinity, ammonia, nitrites, nitrates, total hardness, calcium, dry residue, sulfates, chlorides, hydrocarbons, $\Sigma(\text{Na}+\text{K}^+)$), according to WHO recommendations. In order to evaluate water quality indicators, the following methods were used: spectrophotometric, titrimetric gravimetric, mathematic. The above-mentioned methods were used according to the following regulatory documents: SM SR ISO 7150-1:2005; SM SR ISO 5664:2007; SM SR ISO 7890-2:2006; SM SR ISO 9297:2012; SM SR EN ISO 9963-1:2007; SM SR ISO 6058:2012; SM SR ISO 6059:2012; SM STAS 28601:2007, ISO 9280:1990. The water quality verification was performed according to Sanitary norms of potable water quality, approved by the Government Decision no. 934 on 15 august 2007.

Results. It was concluded that the highest values of water mineralization indicators are characteristic for sources feeding from ground waters (wells and artesian wells), where high concentrations of dry residue (respectively, 1194.5 ± 99.2 and 1097.9 ± 80.2 mg/l), sulfates (429.3 ± 60.1 and 273.4 ± 21.0 mg/l), hydro carbonates (495.4 ± 21.6 and 498.8 ± 24.5 mg/l) and a high level of total hardness (31.2 ± 2.7 and 26.6 ± 1.2 °G) were attested. Researched water sources have shown increased level of mineralization from South to North. The presence of this substances in water samples, is due to organisms and microorganisms activity, the final main of which is organic matter decomposition.

Conclusions. A high level of water mineralization indicators is characteristic for the South region, comparatively to the Center and the North of the republic. A high level of pollution with organic substances is also characteristic for the water from the investigated wells that serves the majority of the rural population. Maximum levels of nitrates concentration were identified mostly in the North area of the republic.

Key words: water quality, population morbidity, potable water.

Introduction

Water has the biggest impact on human health among all environmental factors. The main causes of water quality worsening in wells are inadequate waste management, ignorance of sanitation regulations and basic measures of protection of water sources [1, 2].

In the past years, the problem of safe drinking water has become a key issue for national security in the field of public health [1, 3, 4].

Considering the fact that, in the Republic of Moldova water sources are unevenly distributed, the population uses for drinking purposes the water from different aquifer layers, with special peculiarities of water chemistry. Thus, whether the big urban areas and some adjacent villages are supplied with water from the Nistru and Prut rivers, then smaller cities and most of the rural areas, where more than half of the country's population lives, are using for drinking purposes ground and depth water sources.

From 179.000 wells and 4800 artesian wells present in the

te multe cazuri, nu corespunde normelor în vigoare [1, 5, 6]. Conform datelor din ultimii ani ale Serviciului de Supraveghere de Stat a Sănătății Publice privind monitorizarea calității apei potabile din republică, ponderea medie a neconformității probelor de apă din apeductele alimentate din râurile Nistru și Prut a constituit: la parametrii chimici – 8,2%, la parametrii microbiologici – 2,0%; valoarea neconformității din sursele de profunzime (sonde arteziene) a constituit 48,7% și 11,9%, respectiv, iar ponderea neconformității apei din fântânile de mină – de 82,3% și 38,6%, respectiv. În mod evident, aceste neconformități, direct sau indirect, pot avea un impact negativ asupra stării de sănătate a populației [2, 7, 8].

Cunoașterea particularităților interferențelor chimice ale calității apei din diferite surse și diferite zone ale republicii ar permite direcționarea măsurilor de intervenție în scopul prevenirii maladiilor hidric dependente.

Material și metode

Protocolul de cercetare a fost aprobat de comitetul de etică al USMF „Nicolae Testemițanu” (avizul nr. 40 din 13.05.2015). Drept obiect de studiu a servit calitatea apei folosită în scopuri potabile din diferite surse (apeducte din sursele de suprafață și de profunzime, fântâni de mină), din 9 localități, care, teritorial, reprezintă principalele zone ale republicii (Nord – satele Ruseni, Brătușeni și orașelul Cupcini; Centru – satele Condrița, Cricova și orașelul Vadul lui Vodă; Sud – satele Huluboaia, Moscovei și Roșu). Unul din criteriile de bază în selectarea localităților a fost folosirea în scop potabil a apei din aceleași surse pe parcursul a mai mult de 10 ani.

Calitatea apei a fost evaluată prin efectuarea testelor de laborator la 11 parametri sanitaro-chimici (în total – 561 de determinări) a 51 de probe de apă, luate din localitățile selectate, utilizând metodele: gravimetrică, cromatografică, volumetrică și optică.

De asemenea, au fost evaluate rezultatele retrospective ale investigațiilor de laborator, referitoare la calitatea apei din sursele cercetate. În acest scop, datele necesare au fost colectate din registrele Centrelor de Sănătate Publică teritoriale: 90 probe, 11 indicatori, 990 de determinări.

Drept referință au fost utilizate următoarele documente normative: SM SR ISO 7150-1:2005; SM SR ISO 5664:2007; SM SR ISO 7890-2:2006; SM SR ISO 9297:2012; SM SR EN ISO 9963-1:2007; SM SR ISO 6058:2012; SM SR ISO 6059:2012; SM STAS 28601:2007, ISO 9280:1990. Verificarea calității apei potabile s-a efectuat în conformitate cu *Normele sanitare privind calitatea apei potabile*, aprobate prin Hotărârea de Guvern nr. 934 din 15 august 2007.

Datele obținute au fost numerizate în tabele excel. Statistică descriptivă.

Rezultate

Parametrii care reflectă gradul de mineralizare al apei, în funcție de sursă, este prezentat în Tabelul 1.

Un alt indicator important al mineralizării apei este duritatea ei. Rezultatele studiului cu privire la duritatea totală a apei denotă valori destul de variate (Tabelul 2). Duritatea totală în apa furnizată centralizat din sursele de suprafață a prezentat o

Republic of Moldova, the water quality, in many cases, does not comply with existing sanitary legislation [1, 5, 6, 9]. According to recent data offered by the State Supervision Service of Public Health, regarding the monitoring of water quality in the country, the average of non-compliance water samples from aqueducts supplied from the Nistru and Prut rivers are: chemical parameters – 8.2%, microbiological parameters – 2.0%, the percentage of non-conformity in depth sources (artesian) constituted 48.7% and 11.9%, the share of non-conformity of water from wells – 82.3% and 38.6%, respectively. These non-compliances, may have directly or indirectly a negative impact on the health of population [2, 7, 8].

Knowing the particularities of water chemical interferences of different water sources from different parts of the country, would allow targeting the mitigation measures of hydric related diseases.

Material and methods

The research protocol was approved by the ethics committee of *Nicolae Testemitanu* State University of Medicine and Pharmacy (approval certificate no. 40 from 13.05.2015). As a study object was the quality of the water used for drinking purposes from different sources (ground and depth water sources, wells and artesian wells), from 9 localities that represent the main regions of the country (North – villages Ruseni, Bratuseni and town Cupcini; Center – villages Condrita, Cricova and town Vadul lui Voda, South – villages Huluboaia, Moscovei and Rosu). One of the basic criteria in selecting the localities was the use of water for drinking purposes from the same sources over more than 10 years.

Water quality assessment has been carried out by laboratory analysis of 51 water samples from the selected localities for 11 sanitary-chemical parameters (561 determinations) using the following methods: gravimetric, chromatographic, titrimetric and optical density.

The retrospective results of laboratory investigations of water quality in the researched sources were also assessed. For this purpose, the necessary data was collected from the local Public Health Centers registries: 90 samples, 11 indicators, 990 determinations.

As reference, the following regulatory documents were used: SM SR ISO 7150-1:2005; SM SR ISO 5664:2007; SM SR ISO 7890-2:2006; SM SR ISO 9297:2012; SM SR EN ISO 9963-1:2007; SM SR ISO 6058:2012; SM SR ISO 6059:2012; SM STAS 28601:2007, ISO 9280:1990. The water quality verification was performed according to Sanitary norms of potable water quality, approved by the Government Decision no. 934 on 15 august 2007).

The gathered data was placed in Excel tables. Descriptive statistics.

Results

The parameters that reflect the level of water mineralization, depending on the source are shown in Table 1.

Another important indicator of water mineralization is water hardness. The results of the study concerning water hardness has shown various values (Table 2). Total hardness of the

Tabelul 1. Concentrațiile medii ale unor indicatori ai mineralizării apei din sursele selectate.**Table 1.** The average concentrations of some indicators of water mineralization from the selected sources.

Sursa de apă <i>Water source</i>	Reziduu fix, mg/l <i>Dry residue, mg/l</i>	Sulfați, mg/l <i>Sulfates, mg/l</i>	Cloruri, mg/l <i>Chlorides, mg/l</i>	$\sum Na^+$ și K^+ , mg/l $\sum Na^+$ and K^+ , mg/l	Hidrocarbonați, mg/l <i>Hydrocarbons, mg/l</i>
Apeducte din surse de suprafață <i>Aqueducts from surface sources</i>	559,1±18,3	185,5±5,7	45,8±1,3	100,8±7,7	195,6±4,7
Apeducte din surse subterane <i>Aqueducts from underground sources</i>	1097,9±80,2	273,4±21,0	49,9±11,1	234,6±41,6	498,8±24,5
Fântâni <i>Wells</i>	1194,5±99,2	429,3±60,1	90,0±12,5	210,7±30,2	495,4±21,6
CMA, conform HG 934 din 15.08.2007 <i>MAC, according to HG 934 from 15.08.2007</i>	1500,0	250,0	250,0	200,0	-

Tabelul 2. Duritatea totală medie a apei din sursele investigate ($^{\circ}G$).**Table 2.** Average total hardness of the water from the investigated sources ($^{\circ}G$).

Sursa de apă <i>Water sources</i>	Nord <i>North</i>	Centru <i>Center</i>	Sud <i>South</i>
Apeduct din surse de suprafață <i>Aqueducts from surface sources</i>	22,8	15,7	28,2
Apeducte din surse subterane <i>Aqueducts from underground sources</i>	17,04	29,7	31,0
Fântâni <i>Wells</i>	13,4	17,02	34,5

Tabelul 3. Concentrația medie a sărurilor de azot în apa cercetată.**Table 3.** The average concentration of nitrogen salts in the examined water.

	Amoniac, mg/l <i>Ammonia, mg/l</i>	Nitriți, mg/l <i>Nitrites, mg/l</i>	Nitrați, mg/l <i>Nitrates, mg/l</i>
Apeducte din surse de suprafață <i>Aqueducts from surface sources</i>	0,16±0,01	0,02±0,001	5,1±0,5
Apeducte din surse subterane <i>Aqueducts from underground sources</i>	0,93±0,05	0,05±0,002	1,8±0,17
Fântâni <i>Wells</i>	0,22±0,03	0,03±0,005	51,5±6,1
CMA (mg/l) <i>MAC, mg/l</i>	0,5	0,5	50,0

tendință de scădere de la nord spre sud, respectiv de la 22,8 $^{\circ}G$ până la 13,4 $^{\circ}G$.

Prezența sărurilor de azot în apă este determinat, în mare parte, de procesul descompunerii substanțelor organice – rezultat al activității microorganismelor. Concentrațiile lor medii totale în eșantioanele de apă studiate sunt prezentate în Tabelul 3.

Discuții

Unul dintre cei mai relevanți indicatori ai mineralizării apei este reziduu fix. Nivelul lui a prezentat valori mai mari în apa din fântâni și sondele arteziene, comparativ cu apa din apeductele alimentate din sursele de suprafață, unde nivelul reziduuului fix a fost de circa 2 ori mai mic. Un reziduu fix mai înalt a fost constatat în fântânile din zona de sud (1465,4±138,1 mg/l), urmate de cele din zona de nord și, apoi, centru (1197,7±115,2 și 920,3±44,4 mg/l, respectiv).

water supplied in a centralized manner from surface sources showed a decreasing tendency from the North to South, respectively from 22.8 $^{\circ}G$ to 13.4 $^{\circ}G$.

The presence of nitrogen salts in water is determined, mainly by the decomposition process of organic matter – a result of microorganisms' activity. The total average concentration in the examined water samples are shown in Table 3.

Discussion

One of the most relevant indicators of water mineralization is dry residue. It's level showed higher values in the water from wells and artesian wells, compared to the water from aqueducts supplied from surface sources, where the level of dry residue was twice less. A higher level of dry residue was identified in wells from the South area (1465.4±138.1 mg/l), followed by the North and Center area (1197.7±115.2 and 920.3±44.4 mg/l).

În apa din sondele arteziene cercetate, valori mai mari au fost caracteristice pentru zona de centru ($1286,0 \pm 134,0$ mg/l), mai mici – pentru zona de sud ($911,3 \pm 6,6$ mg/l). În apeductele alimentate din sursele de suprafață, modificări teritorial-dependente ale rezidului fix nu s-au constatat. Totuși, este necesar de menționat că nivelul rezidului fix a fost mai mic în apa furnizată din râul Nistru ($405,7 \pm 8,7$ mg/l), comparativ cu apa din râul Prut, unde indicatorul dat a variat în limitele de 634,0–637,5 mg/l.

Concentrațiile de sulfazi și cloruri în eșantioanele prelevate au prezentat aceleași legități ca și în cazul rezidului fix. De menționat, că nicio probă studiată nu a prezentat depășiri ale concentrației maxime admisibile.

Referitor la concentrația hidrocarbonaților și cantitatea medie sumară a cationilor de K^+ și Na^+ , cele mai mari valori le-au prezentat eșantioanele prelevate din sondele arteziene ($498,8 \pm 24,5$ și $234,6 \pm 41,6$ mg/l, respectiv). Cele mai mici concentrații s-au înregistrat în apa surselor de suprafață ($195,6 \pm 4,7$ și $100,8 \pm 7,7$ mg/l, respectiv).

Analizând acești indicatori în funcție de principalele zone geografice ale republicii, s-a constatat că nivelul mediu sumăr al cationilor de K^+ și Na^+ a fost cel mai mare în apa din fântânile și sondele arteziene din sudul țării ($293,3 \pm 42,1$ și $236,4 \pm 36,5$ mg/l, respectiv), iar cel mai mic – în apa din apeductele care sunt alimentate din râul Nistru ($39,2 \pm 5,4$ mg/l). Concentrațiile de hidrocarbonați au prezentat mărimi sporite în apa din sondele arteziene situate la sudul republicii și fântânile din zona Centru ($795,0 \pm 23,4$ și $536,4 \pm 19,5$ mg/l, respectiv); valori mai mici au fost atestate pentru apa din apeductele alimentate din sursele de suprafață din regiunea de sud a republicii ($189,1 \pm 4,2$ mg/l).

Nivelul cel mai mare al durtății totale a fost înregistrat în apa din fântâni ($31,2 \pm 2,7$ °G) unde, spre deosebire de apa din apeductele de suprafață, durtatea totală a prezentat o tendință de creștere de la nord spre sud (28,2 până la 34,5 °G, respectiv).

Evaluând conținutul principalilor cationi formatori ai durtății totale, Ca^{++} și Mg^{++} , cărora li se mai atribuie și un rol protector în cazul bolilor cardiovasculare, s-a constatat că în toate eșantioanele testate, concentrația Ca^{++} a prevalat asupra cationilor de Mg^{++} . Atât conținutul de Ca^{++} , cât și cel de Mg^{++} , a fost mai mare în apa din fântâni ($98,5 \pm 9,3$ și $75,9 \pm 7,3$ mg/l, respectiv); în apa din apeductele de suprafață rezultatele au fost de $58,1 \pm 1,3$ și $28,6 \pm 1,1$ mg/l, respectiv. Tendințele teritorial-dependente ale Ca^{++} și Mg^{++} au fost similare durtății totale a apei.

Concentrațiile medii de amoniac (NH_3) din apa apeductelor alimentate din sursele de suprafață și apa din fântâni au prezentat valori, practic, egale ($0,16 \pm 0,01$ și $0,22 \pm 0,03$ mg/l, respectiv). În apa din sonde, concentrația de amoniac a fost de 4,2-5,8 ori mai mare. Aceeași legitate caracterizează și conținutul de azotiți (NO_2), concentrația cărora în apa din sonde ($0,05 \pm 0,002$ mg/l) a fost mai mare decât din apeductele de suprafață ($0,02 \pm 0,001$ mg/l) și fântâni ($0,03 \pm 0,005$ mg/l). Proveniența acestor substanțe azotoase în apa din sonde este, de regulă, de origine naturală.

In the water from the artesian wells, higher values of dry residue were characteristic for the Central area (1286.0 ± 134.0 mg/l), less values for South (911.3 ± 6.6 mg/l). The aqueducts supplied from surface water sources, have not been identified territorially-dependent variations of dry residue. It is worth mentioning that the level of dry residue was less in the water supplied from the Nistru river (405.7 ± 8.7 mg/l), compared to the water from Prut river where this indicator fluctuated between 634.0-637.5 mg/l.

Sulfates and chlorides concentrations in the collected samples showed similar patterns as in the dry residue case. Mention: none of the examined samples has exceeded the levels of maximum admissible concentration (MAC).

Concerning to the concentration of hydrocarbons and the total average amount of K^+ and Na^+ cations, the highest values showed in the samples collected from artesian wells (498.8 ± 24.5 and 234.6 ± 41.6 mg/l). The smallest concentrations were registered in the water from surface sources (195.6 ± 4.7 and 100.8 ± 7.7 mg/l).

Analyzing this indicators, depending on the main geographical areas of the country, it was concluded that the total average of K^+ and Na^+ cations level was the highest in wells and artesian wells from the South of the country (respectively 293.3 ± 42.1 and 236.4 ± 36.5 mg/l) and the least value was identified in the water from the aqueducts supplied by the Nistru river (39.2 ± 5.4 mg/l). The concentrations of hydrocarbons were higher in the water from artesian wells situated in the South of the country and in wells from the Center area (correspondingly 795.0 ± 23.4 and 536.4 ± 19.5 mg/l, respectively); less values were characteristic for waters from aqueducts supplied by surface waters from the South of the country (189.1 ± 4.2 mg/l).

The highest level of total hardness of water was recorded in wells (31.2 ± 2.7 °G), where unlike surface water from aqueducts, total hardness shows a rising tendency from North to South (28.2 to 34.5 °G, respectively).

Assessing the content of the main cations – developers of total hardness, Ca^{++} and Mg^{++} , that also have a protective role in cardiovascular diseases, it was found that in all the tested samples sources, Ca^{++} cation concentration prevailed over Mg^{++} cations. Both the content of Ca^{++} and Mg^{++} was higher in water from wells (98.5 ± 9.3 and 75.9 ± 7.3 mg/l, respectively); the results shown in aqueducts from surface waters are the following: 58.1 ± 1.3 and 28.6 ± 1.1 accordingly).

The territorially-dependent peculiarities of Ca^{++} and Mg^{++} had similar features as for total hardness.

The average concentration of ammonia (NH_3) in the water of aqueducts supplied from surface sources and water of wells had almost equal values (corresponding to 0.16 ± 0.01 and 0.22 ± 0.03 mg/l). In the water from artesian wells, the concentration of ammonia was 4.2-5.8 times higher. The same pattern is characteristic for the nitrites content (NO_2), the concentration of which (0.05 ± 0.002 mg/l) was higher in artesian wells than in aqueducts supplied by surface waters (0.02 ± 0.001 mg/l) and wells (0.03 ± 0.005 mg/l). The origin of these nitrogenous substances in water from artesian wells is usually, natural.

Atât amoniacul, cât și azoțiții, au prezentat aceleași legi-tăți teritorial dependente. Astfel, pentru apa din apeductele de suprafață și fântâni, concentrații mai mari ale elementelor analizate s-au înregistrat în zona de sud (amoniac: $0,21 \pm 0,01$ și $0,36 \pm 0,01$ mg/l; nitriți: $0,02 \pm 0,001$ și $0,06 \pm 0,002$ mg/l, respectiv), comparativ cu zona de nord (amoniac: $0,17 \pm 0,02$ și $0,18 \pm 0,02$ mg/l; nitriți: $0,003 \pm 0,0001$ și $0,03 \pm 0,003$ mg/l, respectiv). În apa din sondele arteziene, situația a fost diametral opusă, concentrațiile mai mari fiind specifice pentru zona de nord (amoniac – $2,4 \pm 0,1$ mg/l și nitriți – $0,11 \pm 0,004$ mg/l), iar cele mai mici – în zona de sud ($0,35 \pm 0,03$ și $0,02 \pm 0,001$ mg/l, respectiv).

Prezența amoniacului și nitriților în apă este un indicator indirect al poluării bacteriene cu ape reziduale. La o expunere a omului la doze mari, acestea pot avea efecte toxice severe. Conținutul azotaților (NO_3) în apa din apeductele alimentate din sursele de suprafață și în sondele cercetate nu a variat esențial ($5,1 \pm 0,5$ și $1,8 \pm 0,17$ mg/l, respectiv). În fântânile testate, concentrația azotaților a fost, corespunzător, de 10,1 și 28,6 de ori mai mare, comparativ cu sursele anterior menționate.

În fântânile investigate, cele mai înalte concentrații de azotați s-au înregistrat la nordul republicii ($88,6 \pm 10,0$ mg/l), iar cele mai mici – la sud ($32,8 \pm 4,3$ mg/l). În apeductul alimentat din râul Nistru (zona de centru), concentrația azotaților a fost de 14,2 ori mai mare, comparativ cu apeductele alimentate din râul Prut (zona de nord și de sud). Totuși, este necesar de menționat că în apeductele alimentate din sursele de suprafață nici într-o probă de apă concentrația nitraților nu a depășit valorile maximale admisibile.

Concentrațiile înalte de nitrați provoacă dereglări acute ale sănătății, determinate de afinitatea înaltă a acestor compuși chimici față de hemoglobina din sânge. Interacțiunea nitraților cu hemoglobina conduce la formarea methemoglobinei, care pierde capacitatea de a transporta oxigenul spre țesuturi. Deosebit de sensibili la acțiunea toxică a nitraților sunt sugarii, care se află la alimentare artificială pregătită cu apă cu surplus de nitrați.

Concluzii

1) Calitatea apei potabile în Republica Moldova este variabilă, în funcție de sursa utilizată și de zona geografică a țării.

2) Apa din sursele subterane se caracterizează printr-o mineralizare excesivă, ce diferă esențial în aspect zonal. Concentrațiile mai mari ai indicatorilor mineralizării apei fiind caracteristici zonei de sud, comparativ cu centrul și nordul republicii.

3) Pentru apa din fântânile de mină este caracteristic și un grad înalt de poluare cu substanțe organice. Valorile maximale ale concentrațiilor de nitrați înregistrate sunt specifice, preponderent, pentru zona de nord a republicii.

Contribuția autorilor

Toți autorii au contribuit în mod egal la realizarea acestei lucrări. Versiunea finală a manuscrisului a fost aprobată de toți autorii.

Both ammonia and nitrites presents the same territorially-dependent patterns.

Thus, for surface water aqueducts and wells, higher concentrations of the analyzed elements were recorded in the South area (ammonia, corresponding to 0.21 ± 0.01 and 0.36 ± 0.01 mg/l; nitrites: 0.02 ± 0.001 and 0.06 ± 0.002 mg/l), compared with the North area (ammonia: 0.17 ± 0.02 and 0.18 ± 0.02 mg/l; nitrites: 0.003 ± 0.0001 and 0.03 ± 0.003 mg/l, respectively). In the artesian wells water, the situation is opposite, higher concentrations are specific to the North area (ammonia – 2.4 ± 0.1 mg/l and nitrites – 0.11 ± 0.004 mg/l) and the lowest – to the South area (respectively, 0.35 ± 0.03 and 0.02 ± 0.001 mg/l).

The presence of ammonia and nitrites in the water is an indirect indicator of bacterial pollution with wastewaters. In case of human exposure to high doses of ammonia, a serious toxicological effects may occur.

The content of nitrates (NO_3) in the water of aqueducts supplied from investigated surface water sources and wells, did not range significantly (5.1 ± 0.5 and 1.8 ± 0.17 mg/l, respectively). In the investigated wells the concentration of nitrates was accordingly 10.1 and 28.6 times higher in comparison with the above-mentioned sources.

In the investigated wells the highest nitrate concentrations were recorded in the North of the country (88.6 ± 10.0 mg/l) and lowest in the South (32.8 ± 4.3 mg/l). The aqueduct supplied from the Nistru river (Center area) had a concentration of nitrates 14.2 times higher than aqueducts supplied from the Prut river (the North and South). However, it is worth mentioning that the aqueducts supplied from surface sources did not have exceeded nitrate maximum admissible values in neither of water samples.

High nitrates concentrations cause acute health disorders determined by the high affinity of these chemical compounds to the blood hemoglobin. The interaction of nitrates with hemoglobin leads to the formation of met hemoglobin that loses the ability to carry oxygen to tissues. Extremely sensitive to the toxic action of nitrates are infants that are fed with artificial nutrition prepared with water that has an excess of nitrates.

Conclusions

1) The water quality used for drinking purposes in the Republic of Moldova reflects varied features depending on the geographical area of the country and the used source.

2) Water from underground sources is characterized by an excessive mineralization that varies significantly according to a specific area. Higher concentrations of mineralization indicators are characteristic for the South area compared to the Center and the North area of the country.

3) A high level of pollution with organic substances is characteristic for the water from wells. Recorded maximum values of nitrates concentrations are specific to the North area of the country.

Author's contribution

All authors contributed in an equal manner to the creation of this work. The final version of the manuscript was approved by all authors.

Declarația de conflict de interes

Autorii declară lipsa conflictului de interese financiare sau non financiare.

Mulțumiri

Cercetarea raportată în acest articol a fost susținută de Centrul Internațional Fogarty, Institutul Național de Sănătate, Grantul R24TW009568. Conținutul este în totalitate responsabilitatea autorilor și nu reprezintă neapărat viziunile oficiale a Institutului Național de Sănătate.

Declaration of conflicting interests

Authors declare no financial or non - financial conflicts of interests.

Acknowledgments

Research reported in this publication was supported by the Fogarty International Center of the National Institute of Health under Award Number R24TW009568. The content is solely the responsibility of the authors and does not necessarily represent the official views of the National Institute of Health.

Referințe / references

1. Friptuleac Gr., Cebanu S., Bernic V. The quality of drinking water- the main factor into the socio-hygienic monitoring. In: NATO Security through Science Series C: Environmental Security. Chemicals as Intentional and Accidental Global Environmental Threats. Springer, The Netherlands, 2006, p. 447-450.
2. Friptuleac Gr., Bernic V. Particularitățile zonale ale calității apei din sursele locale, folosite în scop potabil de către copiii din sectorul rural. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științe medicale*, 2013; 5 (41): 110-114.
3. Jelev I., Vasiliu D. Managementul integrat al apelor. In: Calitatea – acces la succes. *IWM* (special issue). Bucuresti, 2008; p. 67-78.
4. Stabilirea țințelor și indicatorilor țință în corespundere cu Protocolului privind Apa și Sănătatea în Republica Moldova, 2011, 82 p.
5. Monarca S., Donato F., Zerbini I., Calderon R., Craun G. Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 2006; 13: 495-506.
6. Morris R., Walker M., Lennon L., Shaper A., Whincup P. Hard drinking water does not protect against cardiovascular disease: new evidence from the British Regional Heart Study. *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.*, 2008; 15 (2): 185-9.
7. National Report „State surveillance of the public health in Republic of Moldova”. Chisinau, 2014; 241 p.
8. Russu R., Cebanu S. Evaluation of the risk of underground water's action upon human health of population in municipality Chisinau. In: NATO Security through Science Series C: Environmental Security. Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution-Contemporary Methodology. Springer, The Netherlands, 2009, p. 379-382.
9. WHO. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition, 2011; 564 p.