

В.А. Ключев

Содержание отдельных эссенциальных микроэлементов в питьевой воде Республики Беларусь и их значение для организма человека

В современных условиях актуальным является изучение влияния отдельных эссенциальных микроэлементов, находящихся в подземной воде, на здоровье человека. В Республике Беларусь пристальное внимание уделяется изучению в подземных водах таких эссенциальных микроэлементов, как железо, фтор, цинк, медь и марганец.

Железо участвует в процессах кроветворения, так как входит в состав гемоглобина эритроцитов, миоглобина и многих ферментов. Следовательно, данный микроэлемент обеспечивает обратимое связывание кислорода эритроцитами и его транспорт во все органы и ткани организма человека. Достаточное количество железа в организме необходимо для полноценного фагоцитоза и активности естественных киллеров, синтеза лизоцима, интерферона, обеспечивающих хорошую бактерицидную способность сыворотки крови.

Наличие фтора в пище необходимо для правильного формирования костной ткани и зубов. Помимо гидроксилапатита, в состав эмали входят карбонатит и хлорапатит, повышение содержания которых увеличивает растворимость ткани зубов в органических кислотах, вырабатываемых микрофлорой полости рта. В присутствии фтора снижен транспорт хлора и карбоната в ткани зуба, что также приводит к повышению резистентности эмали к кислотной атаке, а следовательно, препятствует развитию кариеса. Фтор тормозит образование внеклеточных полисахаридов (декстран, леван), которые играют роль в процессе приклеивания бактерий к эмали и реакции гликолиза, снижая продукцию кислот, вырабатываемых данными микроорганизмами [1].

Ионы цинка (Zn^{2+}) необходимы для пути слияния эндосом в процессе эндоцитоза (проникновение макромолекул белков, липидов, гликопротеидов в клетку). Слияние эндосом представляет собой важный этап во внутриклеточном транспорте и сортировке макромолекул [2]. Цинк является необходимым микроэлементом для фазы клеточного цикла G_1 (постмитотический период интерфазы). При недостаточности данного микроэлемента дальнейшее развитие клетки вместо нормального развития по пути деления или дифференцировки переключается на путь апоптотической (генетически запрограммированной) клеточной смерти [3]. Цинк входит в состав дегидрогеназ, альдолаз, пептидаз, фосфатаз, изомеразы, трансфорилазы, карбоангидразы и аспараттранскарбамиллазы. Эти ферменты имеются в организме человека и участвуют в обмене жиров, белков и углеводов, а также в синтезе и распаде нуклеиновых кислот [4].

Медь обладает выраженным противовоспалительным свойством, смягчает проявление аутоиммунных заболеваний, таких, как ревматоидный артрит [5]. В последнее время установлено, что уровень содержания меди в организме человека оказывает заметное воздействие на процессы биосинтеза и высвобождения нейропептидов [6]. Медь необходима для нормального образова-

ния белков соединительной ткани – коллагена и эластина, и оказывает разрушающее действие на белковую оболочку вируса гриппа [7].

Марганец играет важную роль в метаболизме клетки. Этот микроэлемент является компонентом супероксиддисмутаза, участвующих в защите организма от вредных воздействий перекисных радикалов [8].

Цель работы – оценка обеспеченности подземных вод областей, областных и районных центров Республики Беларусь железом, фтором, цинком, медью, марганцем.

Материалы по содержанию вышеуказанных микроэлементов были предоставлены Белорусской гидрогеологической экспедицией. Изучение микроэлементов в воде проводилось с помощью лабораторных методов: измерения массовой концентрации общего железа с ортофенантролином; колориметрических методов определения цинка, меди и марганца; потенциометрических методов определения фторидов. При анализе содержания микроэлементов в подземной воде использовались нормативы наиболее распространенных химических веществ в питьевой воде, принятые Министерством здравоохранения Республики Беларусь в 1999 г. (табл.). Нормативы включают в себя предельно допустимые концентрации (ПДК). ПДК для железа составляет 0,3 мг/дм³, фторидов – 1,5 мг/дм³, цинка – 5,0 мг/дм³, меди – 1,0 мг/дм³, марганца – 0,1 мг/дм³.

Таблица

Нормативы наиболее распространенных химических веществ в питьевой воде

Наименование показателя	Единица измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более)
Железо (Fe), суммарно	мг/дм ³	0,3
Фториды (F ⁻)	мг/дм ³	1,5
Цинк (Zn ²⁺)	мг/дм ³	5,0
Медь (Cu), суммарно	мг/дм ³	1,0
Марганец (Mn), суммарно	мг/дм ³	0,1

Высокий уровень содержания железа был зарегистрирован в питьевых водах Витебской области. Данный уровень составил 2,1162 (±0,4952) мг/дм³ (ПДК=0,3). Средний уровень содержания данного микроэлемента в питьевой воде выявлен в Брестской – 1,8811 (±0,6008) мг/дм³, Гомельской – 1,5050 (±0,2364) мг/дм³, Могилевской – 1,4218 (±0,0393) мг/дм³ областях. Низкие коэффициенты обеспеченности питьевых вод данным микроэлементом отмечены в Гродненской – 0,8458 (±0,0963) мг/дм³, Минской областях – 0,7864 (±0,1652) мг/дм³ и г. Минске – 0,4917 (±0,0553) мг/дм³ (рис. 1).

На всей территории Республики Беларусь зарегистрировано среднее и низкое содержание фтора в питьевых водах (ПДК=1,5).

Средний показатель содержания фтора в питьевой воде был выявлен в г. Минске – 0,2335 (±0,0147) мг/дм³, Гомельской – 0,3210 (±0,0179) мг/дм³, Витебской – 0,2782 (±0,0887) мг/дм³, Брестской – 0,2665 (±0,0556) мг/дм³, Гродненской – 0,2252 (±0,0299) мг/дм³ областях. В водах Могилевской – 0,1678 (±0,0025) и Минской – 0,1026 (±0,0023) мг/дм³ областей зафиксирован низкий уровень содержания вышеуказанного микроэлемента (рис. 2).

В Гродненской области – 0,7016 (±0,5342) мг/дм³ обнаружен коэффициент среднего содержания цинка в питьевой воде (ПДК=5,0). Показатель низкого

содержания в питьевой воде данного микроэлемента наблюдается в г. Минске – 0,0104 ($\pm 0,0016$) мг/дм³, Гомельской – 0,0678 ($\pm 0,0241$) мг/дм³, Витебской – 0,0117 ($\pm 0,0020$) мг/дм³, Могилевской – 0,0054 ($\pm 0,0004$) мг/дм³ и Минской – 0,0009 ($\pm 0,0023$) мг/дм³ областях. В Брестской области показатель содержания цинка в воде не установлен (рис. 3).

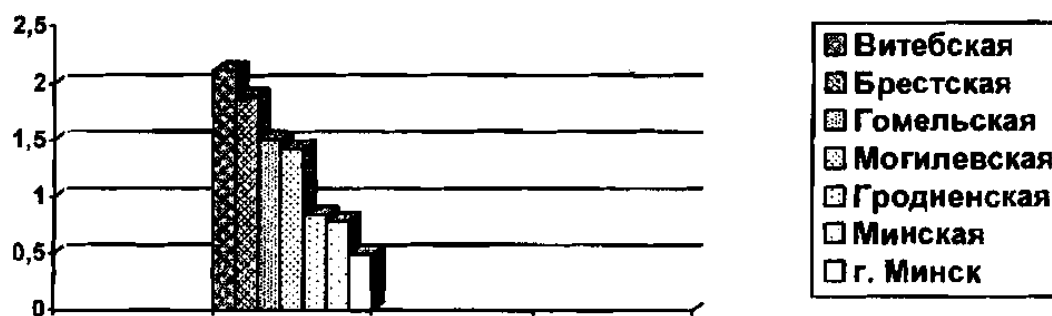


Рис. 1. Содержание железа в питьевой воде Республики Беларусь.

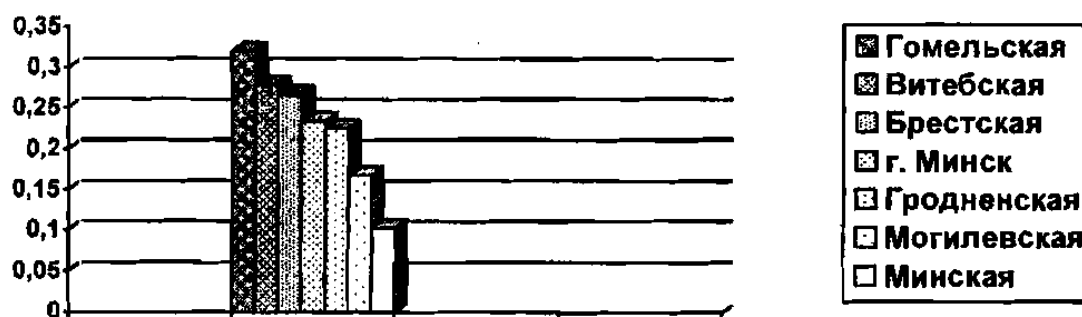


Рис. 2. Содержание фтора в питьевой воде Республики Беларусь.

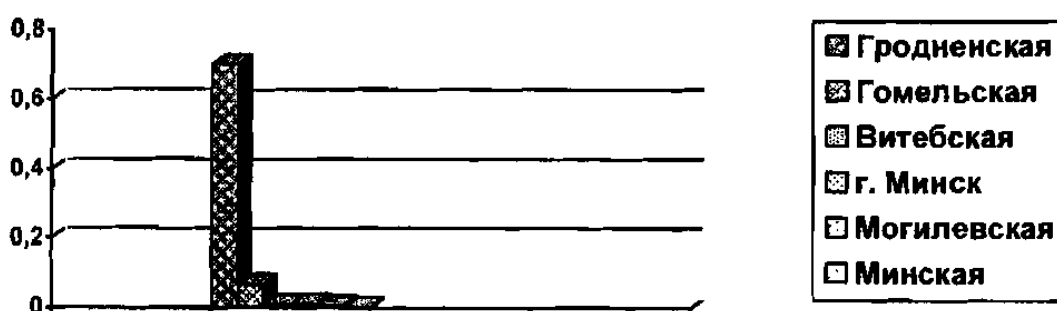


Рис. 3. Содержание цинка в питьевой воде Республики Беларусь.

Среднее содержание меди в питьевой воде зарегистрировано в Минской – 0,1407 ($\pm 0,1006$) мг/дм³, Витебской – 0,1139 ($\pm 0,0957$) мг/дм³, Брестской – 0,1096 ($\pm 0,0353$) мг/дм³, Гомельской – 0,0869 ($\pm 0,0190$), Гродненской – 0,0588 ($\pm 0,0174$) областях (ПДК=1,0). Низкое содержание вышеуказанного микроэлемента было отмечено в питьевых водах г. Минска – 0,0078 ($\pm 0,0006$) мг/дм³ и Могилевской области – 0,0045 ($\pm 0,0002$) мг/дм³ (рис. 4).

В питьевых водах Гомельской – 0,1077 ($\pm 0,0264$) мг/дм³ и Брестской – 0,1016 ($\pm 0,0394$) мг/дм³ областей установлен высокий уровень содержания марганца (ПДК=0,1). Среднее содержание данного микроэлемента выявлено

в г. Минске – 0,0826 ($\pm 0,0038$) мг/дм³, Витебской – 0,0745 ($\pm 0,0102$) мг/дм³, Гродненской – 0,0659 ($\pm 0,0130$) мг/дм³ областях. В Могилевской – 0,0526 ($\pm 0,0009$) мг/дм³ и Минской областях – 0,0420 ($\pm 0,0218$) мг/дм³ зафиксирован наименьший коэффициент содержания марганца в питьевых водах (рис. 5).

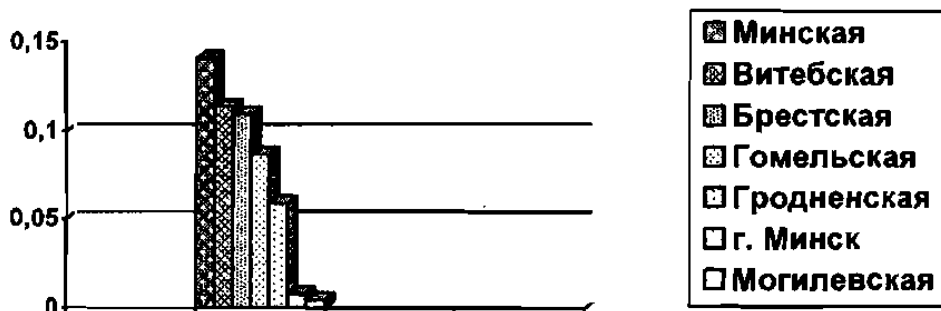


Рис. 4. Содержание меди в питьевой воде Республики Беларусь.

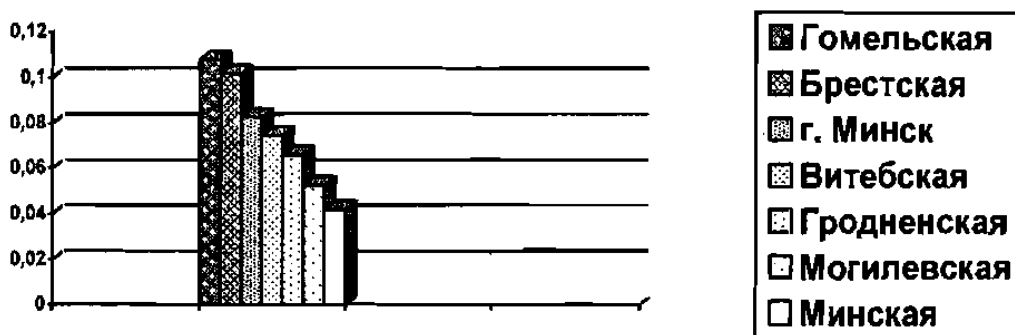


Рис. 5. Содержание марганца в питьевой воде Республики Беларусь.

При анализе содержания отдельных эссенциальных микроэлементов в питьевой воде районных центров Республики Беларусь использовались данные по 28 городам. Были выделены следующие центры: Витебск, Новополоцк, Новолукомль, Орша, Лепель (Витебская область); Гродно, Лида, Новогрудок, Слоним, Сморгонь (Гродненская область); Борисов, Молодечно, Жодино, Солигорск, Слуцк (Минская область); Брест, Пинск, Барановичи, Пружаны, Береза, Кобрин (Брестская область); Гомель, Мозырь, Речица, Светлогорск, Калинковичи, Рогачев, Жлобин (Гомельская область).

В питьевых водах всех исследуемых районных центров Беларуси зарегистрировано высокое содержание железа (ПДК=0,3). Оно колеблется от 4,1900 ($\pm 0,2261$) мг/дм³ в г. Кобрине (Брестская область) до 0,4138 ($\pm 0,0479$) мг/дм³ г. Жлобине (Гомельская область).

Среднее и низкое содержание фтора отмечено в питьевых водах районных центров Республики Беларусь (ПДК=1,5). Средний показатель обеспеченности питьевой воды фтором выявлен в Витебске – 0,4318 ($\pm 0,2087$) мг/дм³, Барановичах – 0,4188 ($\pm 0,0389$) мг/дм³, Орше – 0,3648 ($\pm 0,0113$) мг/дм³, Жлобине – 0,3448 ($\pm 0,0442$) мг/дм³, Гомеле – 0,3324 ($\pm 0,0199$) мг/дм³, Лиде – 0,2932 ($\pm 0,0072$) мг/дм³, Новополоцке – 0,2894 ($\pm 0,0145$) мг/дм³, Гродно – 0,2891 ($\pm 0,0111$) мг/дм³, Мозыре – 0,2859 ($\pm 0,0055$) мг/дм³, Березе – 0,2800 ($\pm 0,0306$) мг/дм³, Новогрудке – 0,2071 ($\pm 0,0155$) мг/дм³, Солигорске – 0,2056 ($\pm 0,0018$) мг/дм³, Слониме – 0,2030 ($\pm 0,0046$) мг/дм³. Низкий показатель содержания фтора в питьевой воде зарегистрирован в Бресте – 0,1844 ($\pm 0,0062$) мг/дм³, Кобрине – 0,1827 ($\pm 0,0022$) мг/дм³, Сморгони – 0,1338 ($\pm 0,0052$) мг/дм³, Жодино – 0,0952 ($\pm 0,0047$) мг/дм³, Лепеле – 0,0267 ($\pm 0,0088$) мг/дм³, Борисове – 0,0069 ($\pm 0,0001$) мг/дм³.

В районных центрах Республики Беларусь установлены средние и низкие коэффициенты содержания цинка в питьевой воде (ПДК=5,0). Среднее содержание цинка отмечено в питьевых водах г. Сморгони (Гродненская область) – 2,2869 ($\pm 0,0456$) мг/дм³. Низкое содержание данного микроэлемента наблюдается в следующих городах: Лиде – 0,3937 ($\pm 0,0969$) мг/дм³, Жлобине – 0,1813 ($\pm 0,0513$) мг/дм³, Новогрудке – 0,0708 ($\pm 0,0317$) мг/дм³, Светлогорске – 0,0657 ($\pm 0,0127$) мг/дм³, Рогачеве – 0,0605 ($\pm 0,0142$) мг/дм³, Гомеле – 0,0556 ($\pm 0,0126$) мг/дм³, Гродно – 0,0549 ($\pm 0,0102$) мг/дм³, Мозыре – 0,0296 ($\pm 0,0023$) мг/дм³, Орше – 0,0155 ($\pm 0,0015$) мг/дм³, Речице – 0,0140 ($\pm 0,0024$) мг/дм³, Витебске – 0,0108 ($\pm 0,0006$) мг/дм³, Новополоцке – 0,0087 ($\pm 0,0013$) мг/дм³, Могилеве – 0,0054 ($\pm 0,0004$) мг/дм³, Борисове – 0,0009 ($\pm 0,0001$) мг/дм³.

В Республике Беларусь выявлены средние и низкие показатели обеспеченности питьевых вод медью. В Новолукомле – 0,4000 ($\pm 0,0327$) мг/дм³, Слуцке – 0,3358 ($\pm 0,0587$) мг/дм³, Березе – 0,2271 ($\pm 0,0204$) мг/дм³, Жлобине – 0,1654 ($\pm 0,0264$) мг/дм³, Бресте – 0,1292 ($\pm 0,0039$) мг/дм³, Гомеле – 0,1275 ($\pm 0,0107$) мг/дм³, Светлогорске – 0,1095 ($\pm 0,0230$) мг/дм³, Лиде – 0,1095 ($\pm 0,0173$) мг/дм³, Барановичах – 0,1076 ($\pm 0,0100$) мг/дм³, Молодечно – 0,0855 ($\pm 0,0077$) мг/дм³, Гродно – 0,0809 ($\pm 0,0079$) мг/дм³, Рогачеве – 0,0784 ($\pm 0,0058$) мг/дм³, Пинске – 0,0700 ($\pm 0,0100$), Мозыре – 0,0605 ($\pm 0,0102$) мг/дм³, Сморгони – 0,0494 ($\pm 0,0031$) мг/дм³, Новогрудке – 0,0486 ($\pm 0,0169$) мг/дм³, Речице – 0,0461 ($\pm 0,0103$) мг/дм³, Новополоцке – 0,0414 ($\pm 0,0091$) мг/дм³ зарегистрированы средние показатели содержания меди в питьевой воде.

Низкое содержание данного микроэлемента в питьевой воде отмечено в Калинковичах – 0,0211 ($\pm 0,0030$) мг/дм³, Кобрине – 0,0142 ($\pm 0,0010$) мг/дм³, Орше – 0,0106 ($\pm 0,0011$) мг/дм³, Слониме – 0,0057 ($\pm 0,0005$) мг/дм³, Витебске – 0,0035 ($\pm 0,0004$) мг/дм³ и Борисове – 0,0007 ($\pm 0,0005$) мг/дм³.

В районах Республики Беларусь наблюдается высокое, среднее и низкое содержание марганца в питьевой воде (ПДК=0,1). Высокое содержание марганца выявлено в г. Березе 0,2417 ($\pm 0,0565$) мг/дм³ и г. Мозыре – 0,2007 ($\pm 0,0170$) мг/дм³, Калинковичах – 0,1773 ($\pm 0,0265$) мг/дм³, Светлогорске – 0,1506 ($\pm 0,0263$) мг/дм³, Кобрине – 0,1275 ($\pm 0,0052$) мг/дм³, Жодино – 0,1239 ($\pm 0,0079$) мг/дм³, Витебске – 0,1084 ($\pm 0,0123$) мг/дм³. Среднее содержание данного микроэлемента установлено в питьевых водах следующих районных центров: Лида – 0,0986 ($\pm 0,0074$) мг/дм³, Слоним – 0,0900 ($\pm 0,0111$) мг/дм³, Новолукомль – 0,0825 ($\pm 0,0165$) мг/дм³, Гомель – 0,0820 ($\pm 0,0073$) мг/дм³, Речица – 0,0765 ($\pm 0,0104$) мг/дм³, Брест – 0,0743 ($\pm 0,0013$) мг/дм³, Орша – 0,0696 ($\pm 0,0082$) мг/дм³, Новогрудок – 0,0681 ($\pm 0,0097$) мг/дм³, Лепель – 0,0650 ($\pm 0,0076$) мг/дм³, Рогачев – 0,0587 ($\pm 0,0194$) мг/дм³, Новополоцк – 0,0470 ($\pm 0,0062$) мг/дм³, Барановичи – 0,0457 ($\pm 0,0038$), Сморгонь – 0,0397 ($\pm 0,0029$) мг/дм³, Слуцк – 0,0396 ($\pm 0,0125$) мг/дм³, Молодечно – 0,0358 ($\pm 0,0103$) мг/дм³, Гродно – 0,0333 ($\pm 0,0030$) мг/дм³. В питьевых водах Пинска – 0,0186 ($\pm 0,0020$) мг/дм³, Солигорска – 0,0100 мг/дм³, Жлобина – 0,0083 ($\pm 0,0011$) мг/дм³, Борисова – 0,0008 ($\pm 0,0002$) мг/дм³ зарегистрировано низкое содержание марганца.

Таким образом, высокое содержание железа обнаружено в питьевых водах Витебской области – 2,1162 ($\pm 0,4952$) мг/дм³ (ПДК=0,3). Средний уровень содержания вышеуказанного микроэлемента в питьевой воде отмечен в Брестской, Гомельской и Могилевской областях. Он колеблется от 1,4218 ($\pm 0,0393$) мг/дм³ до 1,8811 ($\pm 0,6008$) мг/дм³. Низкое содержание железа выявлено в питьевых водах Гродненской, Минской областей и г. Минске. Оно варьирует от 0,4917 ($\pm 0,0553$) мг/дм³ до 0,8458 ($\pm 0,0963$) мг/дм³.

Среднее содержание фтора установлено в г. Минске, Гомельской, Витебской, Брестской и Гродненской областях. Оно варьирует от 0,2252 ($\pm 0,0299$) мг/дм³ до 0,3210 ($\pm 0,0179$) мг/дм³ (ПДК=1,5). В водах Могилевской и Минской областей зафик-

сирован низкий уровень содержания вышеуказанного микроэлемента. Он колеблется от 0,1026 ($\pm 0,0023$) мг/дм³ до 0,1678 ($\pm 0,0025$) мг/дм³.

В питьевых водах Гродненской области – 0,7016 ($\pm 0,5342$) мг/дм³ наблюдается показатель среднего содержания цинка (ПДК=5,0). Низкое содержание в питьевой воде данного микроэлемента выявлено в г. Минске, Гомельской, Витебской, Могилевской и Минской областях. Оно варьирует от 0,0009 ($\pm 0,0023$) мг/дм³ до 0,0678 ($\pm 0,0241$) мг/дм³.

Средний уровень обеспеченности питьевых вод медью зарегистрирован в Минской, Витебской, Брестской, Гомельской, Гродненской областях. Он колеблется от 0,0588 ($\pm 0,0174$) мг/дм³ до 0,1407 ($\pm 0,1006$) мг/дм³ (ПДК=1,0). В г. Минске и Могилевской области отмечено низкое содержание вышеуказанного микроэлемента в питьевой воде. Оно варьирует от 0,0045 ($\pm 0,0002$) мг/дм³ до 0,0078 ($\pm 0,0006$) мг/дм³.

Высокое содержание марганца установлено в питьевых водах Гомельской и Брестской областей. Оно варьирует от 0,1016 ($\pm 0,0394$) мг/дм³ до 0,1077 ($\pm 0,0264$) мг/дм³ (ПДК=0,1). В г. Минске, Витебской и Гродненской областях выявлен средний показатель содержания данного микроэлемента в питьевой воде. Он колеблется от 0,0659 ($\pm 0,0130$) мг/дм³ до 0,0826 ($\pm 0,0038$) мг/дм³. В Могилевской и Минской областях зафиксирован наименьший коэффициент содержания марганца в питьевых водах. Он колеблется от 0,0420 ($\pm 0,0218$) мг/дм³ до 0,0526 ($\pm 0,0009$) мг/дм³.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горбачев, В.В.** Витамины, микро- и макроэлементы: справочник / В.В. Горбачев, В.Н. Горбачева. – Минск: Книжный дом; Интерпрессервис, 2002. – 544 с.
2. **Abballay, A.** Zn²⁺ depletion blocks endosome fusion / A. Abballay [et al.] // J. Biochem. – 1995. – Vol. 312, № 3. – P. 919–923.
3. **Chesters, J.** The essentiality of zinc / J. Chesters // Biochemist. – 1996. – Vol. 18, № 4. – P. 23–26.
4. **Насолодин, В.В.** Биологическая роль цинка и проявления недостаточности его в организме / В.В. Насолодин // Вопр. питания. – 1986. – № 5. – С. 6–10.
5. **Sorenson, J.R.** Antirheumatic activity of copper complexes. Trace elements in medicine / J.R. Sorenson, V. Kishore. – N. Y. – London, 1984. – Vol. 1. – P. 93–102.
6. **Bhathena, S.** Decreased plasma enkephalins in copper deficiency in man / S. Bhathena [et al.] // Amer. J. Clin. Nutr. – 1986. – Vol. 43, № 1. – P. 42.
7. **Спиричев, В.** Витамины и микроэлементы в одной таблетке / В. Спиричев // Врач. – 1994. – № 9. – С. 30.
8. **Печенникова, Е.В.** О биологическом значении микроэлементов / Е.В. Печенникова, В.В. Вашкова, Е.А. Можаяев // Гигиена и санитария. – 1997. – № 4. – С. 41–43.

S U M M A R Y

Different levels of the contents of vitally important microelements in drinking water may be one of the important factors spreading diseases on the territory of the Republic of Belarus.

Поступила в редакцию 12.02.2007