

радиоактивных отходов и безопасности перевозки. Серия изданий по безопасности № GSR-1 // Международное агентство по атомной энергии. — Вена: МАГАТЭ, 2003. — 36 с.

3. Готовность и реагирование в случае ядерной и радиационной аварийной ситуации. Серия изданий по безопасности № GSR-2 / Международное агентство по атомной энергии. — Вена: МАГАТЭ, 2004. — 104 с.

4. Considerations in Emergency Preparedness and Response for a State Embarking on a Nuclear Power Programme. EPR Embarking / International Atomic Energy Agency. — Vienna: IAEA, 2012. — 102 p.

5. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. General Safety Requirements GSR-7. Draft DS457 Rev 5.0 03/07/2013 / International Atomic Energy Agency. — Vienna: IAEA, 2013. — 89 p.

6. Буздалкин, К. Н. Угрозы от АЭС сопредельных государств Республики Беларусь // Современные проблемы радиационной медицины: от науки к практике: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., 11 апреля 2014 г., г. Гомель / под ред. А. В. Рожко [и др.]. — Гомель: ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», 2014. — С. 35–38.

7. Аверин, В. С. Загрязнение сельскохозяйственной продукции  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в результате штатных и аварийных выбросов АЭС / К. Н. Буздалкин, Е. К. Нилова // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. — 2010. — № 2(5). — С. 3–8.

8. Буздалкин, К. Н. Ожидаемые дозы облучения населения Республики Беларусь в результате военных действий и терактов на АЭС сопредельных государств / К. Н. Буздалкин // Радиобиология: антропогенные излучения: сб. матер. междунар. науч. конф.,

Гомель, 25–26 сентября 2014 г. / Институт радиобиологии НАН Беларуси; редкол.: А. Д. Наумов [и др.]. — Гомель, 2014. — С. 24–26.

9. Бортновский, В. Н. Радиационная безопасность. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций: учеб.-метод. пособие / В. Н. Бортновский, К. Н. Буздалкин. — Гомель: ГомГМУ, 2012. — 52 с.

10. Аверин, В. С. Методические рекомендации по расчету ожидаемой эффективной дозы спасателей при действиях на территории радиоактивного загрязнения / В. С. Аверин, К. Н. Буздалкин, Е. К. Нилова // Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. — Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2011. — 68 с.

11. Бортновский, В. Н. Медицинские аспекты аварийного реагирования в чрезвычайных ситуациях с радиационным фактором / В. Н. Бортновский, К. Н. Буздалкин // Актуальные проблемы медицины: сб. науч. статей Респ. науч.-практ. конф. и 22-й итоговой научной сессии Гомельского государственного университета, 14–15 ноября 2013 г., г. Гомель / под ред. А. Н. Лызикова [и др.]. — Гомель: ГомГМУ, 2014. — С. 81–84.

12. Бортновский, В. Н. Безопасность медицинских работников, привлекаемых для ликвидации последствий радиационной аварии: учеб.-метод. пособие / В. Н. Бортновский, К. Н. Буздалкин, Е. К. Нилова // Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Гомельский государственный медицинский университет, Кафедра общей гигиены, экологии и радиационной медицины. — Гомель: ГМУ, 2012. — 32 с.

Поступила 20.10.2014

УДК 543.31:614.777(476.2)

## САНИТАРНО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ АНИОНОВ-ТОКСИКАНТОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Л. Зыкова, А. К. Довнар, В. А. Филиппова, А. В. Лысенкова

Гомельский государственный медицинский университет

В статье представлены данные по количественному содержанию анионов-токсикантов в природных водах водоемов и скважин Гомельской области. Полученные результаты свидетельствуют об удовлетворительном качестве природных вод, используемых для питьевого водоснабжения.

Ключевые слова: природные воды, анионы-токсиканты.

## THE SANITARY AND CHEMICAL ASSESSMENT OF THE CONTENTS OF TOXIC ANIONS IN NATURAL WATERS OF GOMEL REGION

E. L. Zyкова, A. K. Dovnar, V. A. Filippova, A. V. Lysenkova

Gomel State Medical University

The article deals with the data on the quantitative content of toxic anions in the natural waters of reservoirs and bore holes in Gomel region. The obtained results show the satisfactory quality of the natural waters, applied for the supply of drinking water.

Key words: natural waters, toxic anions.

### Введение

Вода является важной составляющей жизнеобеспечения человека наряду с пищей и воздухом. На клеточном уровне она участвует во всех процессах, происходящих в организме человека, и от ее качества зависит состояние органов и тканей и возможность без сбоев выполнять свои функции. По статистике Всемирной организации здравоохранения, 80 % заболеваний на планете связано с употреблением некачественной питьевой воды. Наличие высококачественной питьевой воды в количестве, удовлетворяющем ос-

новные потребности человека, является одним из условий укрепления здоровья людей и устойчивого развития государства [1, 2].

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Любое несоблюдение стандарта ее качества может привести к неблагоприятным последствиям для здоровья и благополучия населения [3, 4].

Природные водоемы интенсивно подвергаются антропогенному воздействию. В вод-

ные источники поступают загрязняющие вещества в составе сточных вод промышленных предприятий, вследствие смыва удобрений с сельскохозяйственных угодий, поверхностного стока с урбанизированных территорий, а также автотранспорта и выпадения загрязненных осадков.

Солевой состав природных вод представлен большим количеством компонентов, важнейшими из которых являются хлорид-, нитрат-, сульфат- и фторид-ионы.

Хлорид-ионы — важнейший показатель минерализации и генезиса природных вод. Они обладают наибольшей миграционной способностью, что объясняется хорошей растворимостью солей, слабо выраженной способностью к сорбции на взвешьях и потреблением водными организмами. Концентрация хлорид-ионов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям, коррелирующим с изменением общей минерализации воды. Эти колебания могут служить одним из критериев загрязненности водоема хозяйственно-бытовыми стоками [5].

Азотсодержащие вещества (ионы аммония, нитритные и нитратные ионы) образуются в воде в результате разложения белковых соединений, попадающих в нее почти всегда со сточными промышленными и хозяйственно-бытовыми водами. Повышенное содержание нитратов (более 50 мг/л) в воде, постоянно используемой для питья, приводит к нарушению окислительной функции крови — метгемоглобинемии. Опасность негативных последствий поступления нитратов в организм человека усугубляется возможностью эндогенного синтеза канцерогенных нитрозосоединений и проявлением канцерогенных свойств [6].

Значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания организмов и окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения и с подземным стоком. Сульфат-ионы выносятся со сточными водами предприятий, с бытовыми стоками и водами, поступающими с сельскохозяйственных угодий. Наличие в воде большого количества сульфатов нежелательно, так как сульфат натрия нарушает деятельность желудочно-кишечного тракта, а сульфаты кальция и магния повышают некарбонатную жесткость воды.

Фтор поступает в природные воды из пород и почв при разрушении фторсодержащих минералов, с почво-грунтовыми водами и при непосредственном смыве поверхностными водами, а также с атмосферными осадками. Концентрация фторсодержащих соединений увеличивается с ростом рН воды. По содержанию этого элемента в поверхностных и грунтовых водах вся территория Беларуси относится к фтордефицитной [7].

В зависимости от выполняемых функций со стороны водопотребителей к качеству воды предъявляются различные требования. Наиболее

высоким стандартам качества должны соответствовать воды питьевого и рыбохозяйственного назначения. Безопасность питьевой воды для организма человека зависит от качества воды эксплуатируемых водоисточников, применяемых технологий и режимов водообработки, санитарно-технологического состояния водоразводящих сетей, уровня лабораторного контроля на всех этапах — от водоисточников до потребителей.

#### **Цель**

Провести санитарно-химическую оценку анионного состава различных водоисточников Гомельской области.

#### **Материалы и методы исследования**

Объектом исследований явились пробы воды, отобранные из водоемов и скважин, находящихся на территории Гомельского и Ветковского районов.

Анализ проб воды проводился в осенне-летний период на содержание хлорид-, нитрат-, сульфат- и фторид-ионов. Всего было проанализировано 264 пробы воды.

Определение хлорид-ионов проводилось титриметрическим методом с азотнокислым серебром; нитрат-ионов — фотометрическим методом с салициловокислым натрием в кислой среде; сульфат-ионов — методом турбидиметрии в виде  $\text{BaSO}_4$  в солянокислой среде с помощью гликолевого реагента; фторид-ионов — потенциометрическим методом с использованием фтор-селективного электрода [8–11].

Полученные результаты были подвергнуты вариационному анализу с вычислением средней арифметической и ее ошибки.

#### **Результаты и обсуждение**

При выполнении данной работы было определено содержание хлоридов, нитратов, сульфатов и фторидов в пробах поверхностных вод и скважин, находящихся на территории Гомельского и Ветковского районов.

Поверхностные водоемы используются растениями, животными для осуществления жизнедеятельности, а также сельхозпредприятиями и рыбхозами. Вместе с водой в сельхозпродукцию поступают минеральные компоненты и токсичные вещества, которые, попадая в организм человека, оказывают влияние на водно-солевой баланс.

Галогены чаще всего представлены в природных водах бескислородными анионами. Хлорид-анион является главным внеклеточным анионом и содержится практически во всех биологических жидкостях человека. Повышенное содержание хлоридов отрицательно влияет на функции системы пищеварения. Присутствие хлорида натрия придает воде соленый вкус при концентрациях свыше 250 мг/дм<sup>3</sup>, хлоридов кальция и магния — свыше 1000 мг/дм<sup>3</sup>.

Фтор влияет на состояние зубной эмали и, как следствие, пищеварительного тракта.

Избыточное количество фтора оказывает вредное воздействие на человека, вызывает разрушение зубной эмали. Кроме того, избыток фтора в организме осаждает кальций, что приводит к нарушениям кальциевого и фосфорного обмена.

Результаты определения содержания галогенид-ионов представлены в таблице 1. В качестве контрольных данных для сравнения мы использовали нормы (предельно допустимые концентрации) содержания химических веществ в водных объектах рыбохозяйственного назначения [12].

Таблица 1 — Содержание галогенид-ионов в поверхностных водах Гомельской области

Место отбора	Содержание иона, мг/дм <sup>3</sup>	
	хлорид-ионы	фторид-ионы
Река Сож, выше 1 км водозабора «Сож»	9,41 ± 0,08	0,21 ± 0,01
Река Сож в месте водозабора «Сож»	9,41 ± 0,05	0,20 ± 0,01
Река Сож, выше 500 м ГОС	16,67 ± 0,26	0,24 ± 0,01
Река Сож, ниже 200 м ГОС	17,22 ± 0,37	0,25 ± 0,01
Река Сож, 1 км выше пляжа Центрального района	11,70 ± 0,52	0,17 ± 0,01
Водоем р. п. Костюковка	7,55 ± 0,26	0,25 ± 0,01
Озеро, ул. Озерная	22,22 ± 1,09	0,27 ± 0,01
Озеро у Пивзавода	22,78 ± 1,45	0,29 ± 0,01
ПДК	300,0	0,05 (к фоновому значению)

Содержание хлорид-ионов в природных водах Гомельского региона в 15 раз ниже предельно допустимых концентраций. Наиболее низкие концентрации зафиксированы в водоеме рабочего поселка Костюковка: 7,55 ± 0,26 мг/дм<sup>3</sup>, а также в реке Сож в районе водозабора: 9,41 ± 0,08 мг/дм<sup>3</sup>. Данные водоемы расположены выше города Гомеля и влияние городских стоков на них минимально. Увеличение количества хлорид-ионов наблюдается в районе городских очистных сооружений и находится на уровне от 16,67 до 17,22 мг/дм<sup>3</sup>. Принятие очищенных стоков практически не влияет на концентрацию ионов хлора.

Содержание хлорид-ионов в озерах, расположенных на территории г. Гомеля, выше чем в реке Сож и, возможно, связано с принятием городских дождевых стоков, однако ни в одной из исследуемых проб превышения допустимой концентрации не наблюдалось.

Оптимальное содержание фтора в питьевой воде составляет от 0,7 до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Природные воды Гомельского региона являются фтордефицитными, содержание фторид-ионов в исследуемых пробах находится на уровне от 0,17 до 0,29 мг/дм<sup>3</sup>, что связано с высоким содержанием ионов кальция, которые связывают фтор в нерастворимый флюорит. Недостаточное содержание фтора в природных водах Гомельского региона может негативно сказываться на здоровье населения, что указывает на необходимость дополнительного введения фторид-иона в питьевую воду.

Многие минеральные удобрения содержат нитраты, которые при избыточном или нерациональном внесении в почву приводят к загрязнению водоемов. Источниками загрязнения являются также поверхностные стоки с пастбищ, скотных дворов, молочных ферм. Повышенное содержание нитратов в воде может

служить индикатором загрязнения водоема в результате распространения фекальных либо химических загрязнений. Богатые нитратными водами сточные канавы ухудшают качество воды в водоеме, стимулируя массовое развитие водной растительности (в первую очередь — сине-зеленых водорослей) и ускоряя эвтрофикацию водоемов.

Токсическое действие нитратов, поступающих в организм с водой, в несколько раз выше действия нитратов из плодоовощной продукции, так как овощи и фрукты содержат антиоксиданты, предотвращающие окисление геминового железа.

Сульфаты — распространенные компоненты природных вод. Их присутствие в воде обусловлено растворением природных сульфатов (гипс), а также переносом с дождями содержащихся в воздухе сульфатов.

Сульфаты в питьевой воде не оказывают токсического действия на человека, однако ухудшают вкус воды: ощущение вкуса сульфатов возникает при их концентрации 250–400 мг/дм<sup>3</sup>. Повышенное количество сульфатов ухудшает органолептические свойства воды.

Результаты определения нитрат- и сульфат-ионов в поверхностных водах представлены в таблице 2.

Количество нитратов в природных водах Гомельской области находится в пределах от 0,21 до 3,51 мг/дм<sup>3</sup>, что значительно ниже предельно допустимых концентраций. Максимальное количество нитратов зафиксировано в водоеме р.п. Костюковка, а также в реке Сож выше пляжа Центрального района, что может быть связано с поступлением в водоемы стоков с сельхозпредприятий и частных приусадебных участков, расположенных в непосредственной близости от водоемов.

Таблица 2 — Содержание анионов в поверхностных водах Гомельской области

Место отбора	Содержание иона, мг/дм <sup>3</sup>	
	нитрат-ионы	сульфат-ионы
Река Сож, выше 1 км водозабора «Сож»	0,94 ± 0,01	12,08 ± 0,06
Река Сож в месте водозабора «Сож»	0,83 ± 0,01	13,15 ± 0,09
Река Сож, ниже 200 м ГОС	0,58 ± 0,01	14,93 ± 0,08
Река Сож, выше 500 м ГОС	0,57 ± 0,01	15,60 ± 0,14
Река Сож, 1 км выше пляжа Центрального района	2,34 ± 0,01	15,87 ± 0,23
Водоем р. п. Костюковка	3,51 ± 0,01	39,87 ± 0,45
Озеро, ул. Озерная	0,86 ± 0,01	16,67 ± 0,75
Озеро у Пивзавода	0,21 ± 0,01	14,80 ± 0,33
ПДК	40,0	100,0

Содержание сульфат-ионов в поверхностных водах составило в среднем 15 мг/дм<sup>3</sup> и только в пробах водоема, расположенного на территории Костюковки, количество сульфатов зафиксировано на уровне 40 мг/дм<sup>3</sup>, что не превышает предельно-допустимых значений по этому показателю и свидетельствует об удовлетворительных органолептических свойствах природной воды.

В настоящее время питьевое водоснабжение г. Гомеля полностью осуществляется за счет подземных источников. Поэтому было также определено содержание анионов в скважинах, расположенных на территории Гомельской области. Результаты представлены в таблице 3.

Как видно из данных таблицы 3, подземные воды обладают пониженным содержанием хлорид- и сульфат-ионов. Количество хлорид-ионов в скважинах находится на уровне их содержания в поверхностных водах. Концентрация сульфатов в пробах скважин № 1 и № 2 поселка Борьба Ветковского района выше количества в открытых водоемах и может быть связано с близким залеганием растворимых природных сульфатов. Наблюдается превышение ПДК в воде скважины № 2 на 6,7 %, что требует дальнейшего мониторинга содержания в ней сульфат-иона.

В скважинах, расположенных в районе населенных пунктов Березки и Красное, содержание сульфатов менее 1 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 3 — Содержание анионов в скважинах Гомельской области

Место отбора	Содержание иона, мг/дм <sup>3</sup>		
	хлорид-ионы	нитрат-ионы	сульфат-ионы
Скважина № 1 ПНПО п. Борьба Ветковского р-на	4,53 ± 0,01	0,70 ± 0,02	63,33 ± 1,06
Скважина № 2 ПНПО п. Борьба Ветковского р-на	10,30 ± 0,06	0,69 ± 0,02	106,67 ± 4,21
Скважина, Красное	19,37 ± 0,13	0,96 ± 0,05	0,59 ± 0,01
Скважина, Березки	14,42 ± 0,09	0,81 ± 0,04	< 0,100

Количество нитратов в воде исследуемых скважин не превышает 1 мг/дм<sup>3</sup>, что свидетельствует об отсутствии техногенного загрязнения подземных водоисточников.

Содержание фторид-ионов в подземных водах незначительно (менее 0,1 мг/дм<sup>3</sup>), что может негативно сказаться на здоровье населения.

Низкое содержание минеральных компонентов в питьевой воде может стать причиной развития патологического зоба, гипертонии, ишемической болезни сердца, язвы желудка и двенадцатиперстной кишки, хронического гастрита, холецистита и нефрита.

#### Заключение

Установлено, что содержание хлорид-, сульфат-, нитрат-, фторид-ионов в природных водах Гомельского и Ветковского районов не превышает предельно допустимых концентраций. Это свидетельствует об удов-

летворительном качестве воды природных водоисточников.

Подземные воды скважин, используемые для целей питьевого водоснабжения, характеризуются пониженным содержанием галогенид-ионов, в особенности фторид-ионов. Для восполнения их недостатка в питьевой воде населению Гомельской области желательно употреблять продукты питания и минеральные воды с повышенным содержанием этих ионов фтора.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сафаров, М. Г. Самое большое богатство на свете: питьевая вода / М. Г. Сафаров // Химия и жизнь. — 2002. — № 4. — С. 27–29.
2. Мейровиц, С. Вода — лучшее лекарство / С. Мейровиц // Пер. с англ. О. Г. Белосеев. — Минск: Попурри, 2005. — 144 с.
3. Лаврентьев, М. В. Гигиеническая оценка качества питьевой воды, полученной с использованием локальных систем очистки / М. В. Лаврентьев, А. А. Орлов, Ю. Ю. Елисеев // Фундаментальные исследования. Медицинские науки. — 2011. — № 9. — С. 421–425.
4. Стефаненко, А. Н. Оценка качества воды методом биоиндикации / А. Н. Стефаненко, О. Н. Замбрицкий // Здоровье

и окружающая среда: сб. науч. тр. — 2012. — Вып. 20. — С. 285–290.

5. Химико-экологическая и гигиеническая оценка воды природного парка «Нижеголь» / Л. Ф. Перистая [и др.] // Научные ведомости. Серия естественные науки. — 2011. — № 21(116). — С. 75–84.

6. Токсикологическая химия / под ред. Т. В. Плетневой. — М.: ГЭОТАР-Медицина, 2005. — 512 с.

7. Ясовеев, М. Г. Фторные минеральные воды Беларуси / М. Г. Ясовеев // Вода. — 2000. — № 10. — С. 6–10.

8. ГОСТ 4389-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов. — Введ. 23.01.06. — 8 с.

9. ГОСТ 4245-72. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов. — Введ. 25.05.06. — 6 с.

10. ГОСТ 18826-73. Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов. — Введ. 23.01.06. — 7 с.

11. ГОСТ 4386-89 Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фторидов. — Введ. 23.01.06. — 8 с.

12. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 24.12.2009 № 70/139.

Поступила 11.09.2014

УДК 614.876.06:621.039.58

## ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ОТДАЛЕННОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

Н. Г. Власова, Ю. В. Висенберг, Г. Н. Евтушкова, Е. А. Дрозд

Республиканский научно-практический центр  
радиационной медицины и экологии человека, г. Гомель

Разработана методика оценки средних годовых эффективных доз облучения жителей радиоактивно загрязненных населенных пунктов Республики Беларусь с использованием результатов СИЧ-измерений в качестве основы и с учетом влияния косвенных факторов. По разработанной методике создан очередной Каталог средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь.

Ключевые слова: доза внутреннего облучения, прямые и косвенные факторы дозоформирования, Каталог доз.

## DISTANT DOSE ASSESSMENT OF POPULATION AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT

N. G. Vlasova, Yu. V. Visenberg, G. N. Evtushkova, E. A. Drozd

Republican Research Center for Radiation Medicine  
and Human Ecology, Gomel

We have developed a method for assessment of the average annual effective internal irradiation doses in people living in radioactively contaminated areas of the Republic of Belarus using results of the Whole Body measurements as a basis and taking into account the effect of indirect factors. Based on the developed method, another Catalogue of Average Annual Effective Irradiation Doses of Residents of the Republic of Belarus was created.

Key words: internal irradiation dose, direct and indirect factors of dose forming, catalogue of doses.

### Введение

Для принятия решений о введении противорадиационных мер по снижению доз облучения населения и выявления наиболее облучаемых групп населения с целью оказания им адресной медицинской помощи необходима оценка доз облучения.

Для решения этой задачи необходима оценка средних годовых эффективных доз (СГЭД) облучения населения радиоактивно загрязненной территории. В соответствии с законами Республики Беларусь проводится отнесение населенных пунктов (НП) к зонам радиоактивного загрязнения 1 раз в 5 лет на основании данных о СГЭД облучения и средней плотности загрязнения территории населенного пункта радионуклидами цезия-137, стронция-90 и плутония-238, 239, 240 [1, 2].

В конце 80-х годов прошлого века в Беларуси введена система дозового мониторинга жителей загрязненных черномыльскими ра-

дионуклидами территорий на основе СИЧ-установок. К настоящему времени накоплена база СИЧ-измерений, которая содержит более 2,7 млн. записей, что позволяет использовать эти данные для разработки методики оценки СГЭД внутреннего облучения. Оценка доз облучения по СИЧ-измерениям наиболее достоверна и надежна, так как она обусловлена фактически поступившим в организм <sup>137</sup>Cs с реальным рационом питания.

Кроме использования данных СИЧ-измерений при разработке методики оценки среднего значения дозы внутреннего облучения в дополнение к прямым факторам (уровню радиоактивного загрязнения) следует учесть косвенные факторы, оказывающие влияющие на дозообразование. К их числу относят:

- социальный — численность жителей населенного пункта;
- природный — наличие и доступность для сельских жителей пищевых продуктов леса;