

УДК613.31: 577.2: 628.1.033:628.19

О.В. Елизарова, Д.О. Ластков

## СОВРЕМЕННЫЕ РИСКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДОНБАССА И ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького»  
Минздрава России, Донецк, Россия

### Аннотация

Цель работы состояла в оценке рисков водоснабжения Донбасса в современных условиях и обосновании экспресс-метода оценки качества питьевой воды. Обоснован негативный прогноз последующей динамики качества воды в период локального военного конфликта. Использование метода межфазной тензиометрии перспективно при ускоренной оценке воды. Для оценки воды следует изучать значимость не только ее параметров, но и токсикологические характеристики фасовочной тары, учитывать влияние питьевого режима на интегральные показатели состояния здоровья.

**Ключевые слова:** питьевая вода, риски водоснабжения, токсикология тары, межфазная тензиометрия

**Введение.** В Российской Федерации задача обеспечения населения качественной питьевой водой реализуется имплементацией Технического Регламента Таможенного Союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» №52-ФЗ от 30 марта 1999 г., СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества» (2002 г.). Кроме того, Федеральной целевой программой «Чистая вода» (2019–2025), один из национальных проектов который проводится в рамках национального проекта «Экология», направлен на обеспечение россиян водой, которая отвечает всем установленным нормам, безопасна в употреблении. Данным проектом предусмотрена разработка системы мероприятий по обеспечению качества и увеличению снабжения населения бутилированной питьевой водой. Особую актуальность проблема безопасного водоснабжения приобрела для промышленных городов, в питьевой воде которых отмечаются многочисленные отклонения показателей химического состава, в том числе высокое содержание хлорорганических соединений, образующихся вследствие применения хлорирования как основного метода обеззараживания воды [8, 11].

Помимо требований, предъявляемых фасованной воде, значительное внимание уделяется таре. Так, на сегодняшний день для изготовления упаковочных емкостей в мире производится более 18 миллионов тонн полиэтилентерефталата (ПЭТ), что соответствует более чем 400 миллиардам ПЭТ-бутылок. Коммерческая выгода при использовании ПЭТ принесла этому продукту мировую известность. Однако, данные о безопасности

использования ПЭТ в пищевой промышленности противоречивы, что делает необходимым дальнейшие исследования, направленные на выявление возможной токсичности как ПЭТ, так и других видов пищевого пластика.

В отличие от пищевых продуктов показатель оценки биологической ценности питьевой воды до сих пор не разработан. Часто в качестве такой характеристики воды используют окислительно-восстановительный потенциал — ОВП (англ. Redox — Reduction/Oxidation) [1–2]. ОВП обычной питьевой воды всегда больше нуля и находится, как правило, в пределах от +250 до +450 мВ.

Использование методов межфазной тензиометрии позволило установить, что поверхностное натяжение природной и свежеталой воды достоверно ниже, чем в контрольных пробах воды [2–5], а этот показатель рассматривается как один из физических критериев наличия структурной упорядоченности питьевой воды [6–7]. Следует также учитывать, что к важным региональным особенностям питьевых вод индустриальных регионов, в т.ч. Донбасса [8], относится высокое содержание хлорорганических соединений, образующихся вследствие применения хлорирования как основного метода обеззараживания воды.

Цель работы состояла в оценке рисков водоснабжения Донбасса в современных условиях и обосновании экспресс-метода оценки качества питьевой воды.

**Материалы и методы.** Проведен анализ официальных статистических данных лаборатории ГП «ВОДА ДОНБАССА» по органолептическим, физико-химическим, санитарно-токсикологическим и микробиологическим показателям питьевой воды в г. Донецке за 2011–2021 гг.

Гигиеническая оценка материала проведена на 14 образцах тары бутилированной (фа-

сованной) воды. Оценка проводилась по основному токсичному компоненту — ПЭТ.

Гигиенические методы исследования использовались для оценки факторов, влияющих на формирование функционального состояния организма (ФСО) жителей региона при употреблении разных видов питьевой воды, в т.ч. до начала боевых действий [2, 4] — в трех сериях эксперимента на 27 практически здоровых студентах-волонтерах — физиологические (АД, ЧСС, ЗМР, мышечная сила и выносливость), психофизиологические (корректирующая проба, опросник САН), иммунологические (показатели адаптивного иммунитета), биохимические (общий анализ крови), анкетирование (характер и объем водопотребления). Перед началом эксперимента путем анкетирования было выявлено, что все испытуемые использовали в питьевых целях и для приготовления пищи преимущественно или только водопроводную воду. В течение месяца испытуемые в том же объеме, что и ранее, употребляли природную фасованную воду «А.» (рН=7,61; минерализация=300 мг/л; ОВП=190 мВ) либо свежетающую воду, приготовленную из водопроводной «методом двойного вымораживания» (рН=6,91; минерализация=190 мг/л; ОВП=149 мВ).

Метод межфазной тензиометрии (максимального давления в пузырьке) применялся для оценки поверхностного натяжения воды и сыворотки крови волонтеров. При поиске более простого параметра была также исследована динамика поверхностного натяжения типичных образцов питьевой воды, потребляемой населением ежедневно. Отобрано 15 образцов воды, из них 14 природной бутилированной воды (негазированная), 1 — водопроводной воды. Исследования проводились на базе стандартного компьютерного тензиометра MPT2-Launda (Германия).

Обработку данных проводили методами вариационной статистики. Достоверность отличий исследуемых параметров оценивали при помощи критерия Стьюдента (при нормальном распределении) и критерия Вилкоксона (при отклонении от нормального закона распределения). Обработку данных осуществляли при помощи лицензионных статистических пакетов «MedStat» и «STATISTICA 6.0».

**Результаты и обсуждение.** Анализ статистических материалов позволил оценить динамику показателей воды из источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и влияние на нее последствий локального военного конфликта. В 2014–2015 гг. из-за повреждений во время обстрелов канал Северский Донец-Дон-

басс неоднократно останавливали, что привело к ухудшению показателей качества питьевой воды: органолептических (цветности, мутности, вкуса, сезонно — жесткости), токсикологических (в первую очередь, органических соединений, в т.ч. фенола и его производных) и интегрального — окисляемости. Так, в январе 2020 г. в пробах из Верхне-Кальмиусского водохранилища концентрация фенолов превысила ПДК в 13–20 раз. Через год в источнике водоснабжения зафиксирован рост концентрации аммония до 1,37 мг/л, в разводящей сети — до 0,50–1,25 мг/л, ухудшились показатели мутности и окисляемости. Превышение аммония в воде напрямую указывает на свежее фекальное загрязнение водоисточника, превышение ПДК концентрации тяжелых металлов в воде, позволяет предположить сброс неочищенных шахтных вод из прудов-отстойников 60 шахт Донбасса, находящихся в стадии ликвидации в исследуемый период (стабильный) [4].

Следует также учитывать, что к важным региональным особенностям питьевых вод промышленных регионов, в т.ч. Донбасса, относится высокое содержание хлорорганических соединений (тригалометанов), образующихся вследствие применения хлорирования как основного метода обеззараживания воды, обладающих канцерогенными свойствами. Наблюдалось незначительное превышение тригалометанов в стабильном периоде (2020 год). Следует отметить, что показатели тригалометанов в пробах воды определялись только 2020 году, где зафиксировано превышение ПДК, это позволяет предположить превышение ПДК тригалометанов на протяжении всего исследуемого периода, учитывая применение хлора для дезинфекции воды. К побочным негативным аспектам водоподготовки относятся способность сильных реагентных окислителей, используемых для обеззараживания воды, подаваемой населению, при наличии в исходной воде ряда органических веществ, в основном, углеводов, образовывать с ними кислородосодержащие соединения, ещё более опасные в токсикологическом (мутагенном, онкологическом) отношении. Например, при хлорировании воды, содержащей анилин, образуется 12 галоген-содержащих веществ, 6 из которых известны как мутагены и канцерогены, а при озонировании воды, содержащей толуол, образуется 11 побочных продуктов дезинфекции, 4 из которых обладают канцерогенным, а 3 мутагенным эффектами и т.д. [12].

Также в стабильном периоде отмечалось значительное превышение ПДК по алюминию

(в 16 раз), молибдену (в 2,5 раза), кадмию (в 100 раз), кремнию (в 11 раз), кобальту (в 300 раз), нитратам (в 14 раз), свинцу (в 2,7 раза) и было зафиксировано значительное превышение никеля в 4 000 раз. Превышение аммония в воде напрямую указывает на свежее фекальное загрязнение водоисточника, превышение ПДК концентрации тяжелых металлов в воде, позволяет предположить сброс неочищенных шахтных вод из прудов-отстойников 60 шахт Донбасса, находящихся в стадии ликвидации в исследуемый период (стабильный) [13].

Все перечисленные соединения обладают кумулятивным действием. Прогноз последующей динамики показателей качества питьевой воды централизованных систем водообеспечения населения негативный. Т.о., население нашего региона в условиях продолжающегося военного конфликта до марта 2022 г. могло употреблять недоброкачественную питьевую воду из источников централизованного водоснабжения, причем ситуация ухудшалась вследствие антропогенного прессинга и неблагоприятных изменений климата [8]. В настоящее время городское население ДНР на безальтернативной основе потребляет только фасованную (бутилированную) питьевую воду.

Были отобраны образцы тары объемом 0,5 дм<sup>3</sup> (ПЭТ-1); 1,5 дм<sup>3</sup> (ПЭТ-1); 18,9 дм<sup>3</sup> (поликарбонат (PC) и полипропилен (ПП 5), на оригинальной этикетке которой указаны условия хранения — тара объёмом 0,5–1,5 дм<sup>3</sup> (ПЭТ-1) должна храниться при температуре от +2°C до +25°C, относительной влажности не выше 85% не более 12 мес.; тара объёмом 18,9 дм<sup>3</sup> (PC) и (ПП-5) — +5°C до +20°C и относительной влажности не более 75% в помещениях, защищённых от попадания прямых солнечных лучей, (ПП-5) — 3 мес., (PC) — 6 мес. В России для ПЭТ разработан и действует государственный стандарт — ГОСТ 32686-2014 «Бутылки из полиэтилентерефталата для пищевых жидкостей. Общие технические условия», в котором условиями транспортировки и хранения тары из полиэтилентерефталата является температура не ниже +5°C и относительная влажность воздуха не более 80% — до 12 мес. Необходимо отметить, что условия хранения тары ПЭТ, указанные на этикетке, не соответствует требованиям ГОСТ 32686-2014 [9]. Также можно предположить, что разный объем используемой тары предопределяет и разное отношение объемов тары к ее поверхности, вступающей в контакт с водой. Следовательно, срок хранения бутилированных вод должен зависеть и от объема упаковки, так как равновесная сорбционная емкость поверхно-

стей и равновесная концентрация компонентов бутилированной воды в таре различного объема различны. Соотношение площади поверхности к объему тары обратно пропорционально, а значит, наибольшее количество осажденных частиц будет в таре меньшего объема. Кроме того, равновесная сорбционная емкость поверхностей бутылок и равновесная концентрация элементов воды будут различными и при разных температурах хранения. Таким образом, продажа и транспортировка бутилированной воды в полимерной таре в летнее время без соблюдения температурных режимов, установленных ТУ, может привести к ухудшению ее потребительских свойств.

Установлено [2, 4], что у студентов Донбасса наблюдаются вторичный иммунодефицит, неблагоприятные изменения гематологических показателей, параметров умственной и физической работоспособности, сенсомоторных реакций, артериального давления, субъективной самооценки, которые, по-видимому, были обусловлены экологической ситуацией в регионе. Последствия военного дистресса усугубляют действие экологических факторов риска. Вместе с тем, потребление даже в течение месяца качественной питьевой воды приводит к улучшению функционального состояния организма, что, в частности, проявляется достоверным улучшением показателей адаптивного иммунитета — как клеточного, так и гуморального, повышением работоспособности, нормализацией самочувствия и артериального давления. Выявленные ранее закономерности изменений реологических показателей сыворотки крови [5] свидетельствуют о лучшем проникновении употребляемой питьевой воды внутрь клеток организма у 78% обследуемых, что говорит о высокой биологической ценности изучаемых видов воды, которые по принципу заместительной терапии вытеснили в кровеносное русло «отработанную» неструктурированную воду.

Исходя из данных динамических исследований (см. табл.), лучшие показатели поверхностного натяжения через 50000 с (13 часов 52 мин.) определялись у тех 9 образцов воды, где снижение ( $\Delta\sigma$ ) не превышало 0,1–0,3 мН/м, что определяет силу сцепления между молекулами жидкости и свидетельствует о высокой биологической ценности исследуемой питьевой воды. Изменения площади межфазной поверхности нарушают адсорбционное равновесие и инициируют процессы, которые ведут к восстановлению равновесного состояния системы. Таким восстановительным процессом в данном случае являются, диффузионный

**Таблица.** Динамика поверхностного натяжения исследуемых образцов воды

№ п/п	Наименование жидкостей	61, mN/m (T = 1000 c)	6, mN/m (T = 50000 c)	Δσ
1	«Нов.Б.»	71.9	71.8	0.1
2	«Акв.»	72.1	71.7	0.4
3	«Арх.»	71.8	71.6	0.2
4	«Зел.»	72.2	72.1	0.1
5	«Фру.»	71.2	71.1	0.1
6	«Чер.»	71.6	71.4	0.2
7	«Клю.»	72.0	68.0	4.0
8	«Мор.»	71.5	70.7	0.8
9	«Тол.»	71.6	70.8	0.8
10	«Акв.Д.»	72.1	71.7	0.4
11	«Кед.»	72.3	72.2	0.1
12	«Пил.»	71.5	71.4	0.1
13	«Куб.»	71.6	71.4	0.2
14	«Нов.»	72.0	71.7	0.3
15	Водопроводная вода	71.8	70.7	1.1

перенос вещества из объема к поверхности капли. Предлагаемый экспресс-метод оценки качества питьевой воды может быть использован для контроля водопроводной воды, а также при производстве бутилированной воды — как природной, так и очищенной.

**Выводы.** Наблюдается неблагоприятная динамика показателей качества воды из источников хозяйственно-питьевого водоснабжения Донбасса под влиянием последствий локального военного конфликта. В настоящее время городское население на безальтернативной основе потребляет только фасованную (бутилированную) питьевую воду.

Установлено, что условия хранения тары изполиэтиленерефталата, указанные на этикетке, не соответствует требованиям действующего ГОСТа. Продажа и транспортировка бутилированной воды в полимерной таре в летнее время без соблюдения установленных температурных режимов, может привести к ухудшению ее потребительских свойств.

Для оценки качества питьевой воды следует изучать значимость не только отдельных ее параметров, но и токсикологические характеристики фасовочной тары. По данным ранее проведенных исследований необходимо учитывать влияние питьевого режима на интегральные показатели состояния здоровья — работоспособность, заболеваемость и др., которые во многом определяются уровнем приобретенного специфического (адаптивного) иммунитета.

Предлагаемый экспресс-метод динамической межфазной тензиометрии может быть использован для контроля качества питьевой воды.

*O.V. Yelizarova, D.O. Lastkov*

#### MODERN RISKS OF DONBASSWATER SUPPLY AND SUBSTANTIATION OF THE EXPRESS METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF DRINKING WATER

**Abstract.** The aim of research was consisted to assess risks of Donbass water supply in modern conditions and substantiate the express method of drinking water quality. The negative forecast in subsequent dynamics of water quality was grounded during the local military conflict. The use of the interfacial tensiometry method is promising for accelerated assessment of water. It is necessary to study for assessment the significance of not only parameters of water, but also the toxicological characteristics of the packaging container, to take into account the influence of drinking regime on integral indicators of health status.

**Key words:** drinking water, risks of water supply, toxicology of package, interfacial tensiometry

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стрикаленко Т.В. Актуальные риски в регламентации качества питьевой воды // Актуальные проблемы транспортной медицины: окружающая среда; профессиональное здоровье; патология. – 2010. – №4(22). – С. 30-36.
2. Ластков Д.О. Экотоксикологические аспекты оценки биологической ценности питьевой воды // Актуальные проблемы транспортной медицины: окружающая среда; профессиональное здоровье; патология. – 2011. – № 2 (24). – С. 32-39.
3. О контроле содержания органических соединений в питьевой и природной воде методом межфазной тензиометрии / В.Б. Файнерман, В.Я. Уманский, Б.С. Горелик и др. // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2006. – Т. 10, № 1. – С. 181-185.
4. Lastkov D.O., Elizarova O.V. Integrated assessment of drinking water quality in the current conditions of Donbass // Proceedings of the International Conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration" (August 9, 2023. Beijing, PRC). Part 2. – Beijing: Scientific publishing house Infinity, 2023. – P. 127-134.
5. Ластков Д.О., Елизарова О.В. Гигиеническое значение биологической ценности питьевой воды // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2023. – Т.27, №1 – С. 5-8.
6. Бут А.И. Электронно-ионные процессы водных структур живых организмов и продуктов их переработки. – М.: МП «Экспертинформ», 1992. – 156 с.
7. Рахманин Ю. А., Биофизика воды / Ю.А. Рахманин, А.А. Стехин, Г.В. Яковлева. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 352 с.
8. Романченко М.П. Изменения хозяйственно-питьевого водоснабжения и водных объектов в период локального военного конфликта / М.П. Романченко, Д.О. Ластков, О.В. Соколова // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2021. – Т.30, №3. – С. 258-264.
9. Елизарова О.В. Гигиеническая оценка влияния тары на фасованную воду // Материалы II-Международного медицинского форума Донбасса «Наука побеждает...болезнь» 15-16 декабря 2022 года // Университетская клиника. 2022, приложение. Т.1. – С.295- 296
11. Марченко Б.И., Журавлев П.В., Плуготаренко Н.К., Юхно А.И. Оценка канцерогенного риска от воздействия хлорорганических соединений в воде систем централизованного водоснабжения. Гигиена и санитария. 2021;100(2):99-110.
12. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А. Физикохимические исследования и методы контроля веществ в гигиене

не окружающей среды. СПб.: НПО «Профессионал». 2012. 717 с.

13. Г.Ю. Коломенский, Л.В. Гипич, В.Г. Коломенская, С. А. Михалев, В.И. Седлецкий Экологические по-

следствия ликвидации шахт восточного Донбасса и необходимость совершенствования системы эко-мониторинга // Естественные науки. 2006. №2 - С. 79-82.

УДК: 616.62-008-055.2:613.31:355.01

С.Ю. Фролова, Ю.Ю. Малинин, Д.В. Чуркин, В.Д. Ищенко

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПИТЬЕВОГО РЕЖИМА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПОКАЗАТЕЛИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЖЕНЩИН-ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького»  
Минздрава России, Донецк, Россия

### Аннотация

В начальном периоде военной службы потребление безалкогольных тонизирующих напитков способствует формированию функциональной патологии мочевого выделительной системы у женщин-военнослужащих. В дальнейшем, рост потребления кофеина способствует росту проявлений дизурических расстройств, что сопровождается снижением потребления жидкости во время пребывания на службе и ростом потребления жидкости во внеслужебное время. Рост потребления сахара с напитками связан с дефицитом энергетической стоимости рациона в первой половине суток. Ограничение потребления жидкости в жаркий период, при сохранении удельного веса напитков, содержащих кофеин, у женщин-военнослужащих с выслугой свыше 36 месяцев формирует предпосылки для обострения хронических форм урологической патологии.

**Ключевые слова:** женщины-военнослужащие, питьевой режим, кофеин, мочевого выделительная система, заболевания

**Актуальность.** На всем протяжении строительства Вооруженных Сил Донецкой Народной Республики удельный вес женщин, в составе структурных подразделений, задействованных в боевом и тыловом обеспечении войсковых частей, неуклонно возрастал [2]. Данная тенденция приобрела большую динамичность с началом специальной военной операции. Необходимо отметить, что такой подход к комплектованию войсковых частей полностью соответствует Концепции развития Вооруженных Сил Российской Федерации, что соответствующим образом закреплено на законодательном уровне [1]. Во время выполнения служебных, служебно-боевых задач, в том числе в круглосуточном режиме несения службы женщины-военнослужащие подвергаются влиянию факторов военного труда, условий размещения в пункте постоянной дислокации, а также воздействию алиментарного фактора, составной частью которого является обеспечение питьевой водой [3]. Отмечена зависимость между употреблением жидкости и функциональным состоянием, и показателями заболеваемости мочевого выделительной системы, также отмечено влияние питьевого режима на формирование хронических форм урологической патологии у женщин [4, 5].

**Цель исследования:** оценить влияние питьевого режима на клиничко-функциональное состояние органов мочевого выделительной системы у женщин-военнослужащих в различные периоды военной службы.

**Материалы и методы.** В основную группу были включены 100 женщин-военнослужащих с выслугой не более 12 месяцев на начало исследования, в группу сравнения были включены 100 женщин-военнослужащих с выслугой 36–48 месяцев на момент исследования, в контрольную группу были включены 100 женщин занятых в профессиях, соотносимых по характеру трудовых операций, не имеющие стажа военной службы. Характеристики групп обследуемых приведены в табл. 1.

Для оценки выраженности влияния психоэмоционального напряжения использовали клинический опросник невротических состояний К.К. Яхина–Д.М. Менделевича (в модификации С.Ю. Фроловой–Ю.Ю. Малинина).

Потребление жидкости для питья оценивали анкетным методом, распространенность дизурических проявлений оценивали опросным методом, наличие и выраженность острых и хронических форм патологии мочевого выделительной системы (МВС) оценивали на основании унифицированных клинических протоколов по профилю «Урология», утвержденных Министерством здравоохранения Донецкой Народной Республики.

**Результаты и обсуждение.** При оценке обеспеченности питьевой водой установлено, что водоснабжение осуществлялось в централизованном порядке.

Продовольственной службой осуществлялся отбор воды из центральной водопроводной сети, методом кипячения производилась сани-