

УДК 546.212  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-4\(54\)-70-75](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-4(54)-70-75)

Поступила в редакцию 17.07.2021  
Received 17.07.2021

**З.В. Ловкис, С.И. Корзан, А.А. Садовский**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, ОБОГАЩЕННОЙ КИСЛОРОДОМ, ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ХРАНЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по установлению предпочтительных условий хранения питьевой воды, обогащенной кислородом. Определена динамика изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде, разлитой в ПЭТ-бутылки, в зависимости от условий хранения и динамика изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде при свободном доступе воздуха. Установлено, что содержание растворенного кислорода в питьевой воде в ПЭТ-бутылке объемом 0,5 л при ее повторном открытии через 24 ч снижается на величину  $11 \pm 2$  мг.

**Ключевые слова:** питьевая вода, кислород, оксигенация, обогащение кислородом, условия хранения.

**S. I. Korzan, Z. V. Lovkis, A.A. Sadovskiy**

*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National  
Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

## **STUDY OF DRINKING WATER ENRICHED WITH OXYGEN UNDER VARIOUS STORAGE CONDITIONS**

**Abstract.** The article presents studies to establish the preferred storage conditions for drinking water enriched with oxygen and to determine the dynamics of changes in the content of dissolved oxygen in drinking water. The dynamics of changes in the content of dissolved oxygen in drinking water in PET bottles, depending on the storage conditions, and the dynamics of changes in the content of dissolved oxygen in drinking water with free access of air have been determined. It was found that the content of dissolved oxygen in drinking water in a 0.5 L PET bottle, when it is reopened after 24 hours, decreases by  $11 \pm 2$  mg.

**Keywords:** drinking water, oxygen, oxygenation, oxygen enrichment, storage conditions.

**Введение.** Вода — это основная жидкость организма человека и всех живых существ. Она является не только растворителем всех веществ, но и участвует в регуляции всех функций нашего тела, а также непрерывно протекающих в организме процессов обмена веществ. Тело человека на 75 % состоит из воды. В условиях дефицита воды изменяется работа всех систем организма: начинают терять воду клетки, происходит спазм сосудов и нарушение кровотока в капиллярах, с большим напряжением работают почки. В первую очередь системы регуляции организма стремятся сохранить жизнедеятельность мозга и сердца, поддерживая давление крови и обеспечивая их водой. Именно таким образом, потребляя недостаточное количество воды, мы зарабатываем такие распространенные проблемы как гипертоническая, мочекаменная и желчнокаменная болезни, астма и многие другие. Человек должен ежедневно получать не менее 30 — 40 мл воды на 1 кг массы тела [1].

В последнее время большое внимание уделяется продуктам питания, оказывающим благотворное влияние на здоровье, которые позволяют снизить воздействие вредных факторов на организм человека. Сегодня в городской среде массовым явлением становится недостаточное снабжение органов и тканей тела человека кислородом, что вызывает снижение жизненного тонуса и работоспособности, а также преждевременное старение человека.

Недостаток кислорода в организме можно пополнить самим кислородом. Он активно применяется в косметологии и курортном лечении. Широко распространены и кислородные коктейли. Од-

нако простейшим способом, которым можно доставить кислород без особых дополнительных условий в организм человека, является оксигенация, то есть насыщение кислородом питьевой воды. Преимущество этой воды перед обычной заключается том, что она быстро передает клеткам кислород, не вызывая при этом резкой активации свободного радикального окисления. Организм человека чрезвычайно чувствителен к содержанию в нем кислорода, снижение содержания кислорода в крови всего на несколько процентов довольно быстро приводит к гибели вначале нервных, а затем и других клеток организма [2].

Анализ имеющейся на сегодняшний день информации из открытых источников показал, что дополнительный кислород оказывает благоприятное влияние на организм человека: не вызывает аллергических реакций, предотвращает гипоксию, способствует снижению веса, улучшает обмен веществ и нормализует аппетит, замедляет процессы старения, является отличным антиоксидантным средством, связывая свободные радикалы, повышает выносливость, предотвращает снижение глюкозы в крови, улучшает работу головного мозга, повышает концентрацию внимания, положительно влияет на кровеносную систему, способствует очищению и восстановлению кожи, вследствие ускоренной регенерации, а также повышает потенцию [2, 3].

Социологические исследования показывают, что регулярное употребление оксигенированной воды способствует повышению жизненного тонуса, стимулирует восстановительные процессы после тяжелых физических и умственных нагрузок, снижает воздействие частых стрессовых ситуаций. Благодаря кислороду нормализуются содержание сахара в крови, сердечная деятельность и уровень артериального давления. Исходя из полученных данных, развитие рынка кислородосодержащей воды рассматривается специалистами как перспективное [4].

Известно, что растворенный кислород находится в природной воде в виде молекул  $O_2$ . На его содержание в воде влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию кислорода, другие уменьшают ее. К числу первых относятся поглощение кислорода из атмосферы, выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза и поступление в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно пересыщены кислородом. В артезианских водах все эти факторы практически не действуют и поэтому кислород в таких водах отсутствует и для ее обогащения применяется оксигенация.

Растворимость кислорода в воде зависит от ее температуры (табл. 1). Она повышается с понижением температуры и минерализации воды, а также растет с повышением давления [5].

Т а б л и ц а 1. Растворимость кислорода в воде  
Table 1. Oxygen solubility in water

Температура воды, °С	0	10	20	30	40	50	60	80	100
Растворимость мг $O_2$ /дм $^3$	14,6	11,3	9,1	7,5	6,5	5,6	4,8	2,9	0,0

Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений [6].

В процессе разработки технологии производства питьевой воды, обогащенной кислородом, перед специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» была поставлена задача определить рациональные условия хранения такой питьевой воды при различных условиях хранения, а также установить динамику испарения растворенного кислорода из воды.

**Цель исследований** — установить оптимальные условия хранения питьевой воды, обогащенной кислородом, и определить динамику изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде.

**Материалы и методы исследований.** Объектом экспериментальных исследований явилась вода питьевая, обогащенная кислородом, разлитая в ПЭТ бутылки объемом 0,5 л.

Предмет исследований — установление динамики изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде при различных условиях хранения.

Условия хранения питьевой воды, обогащенной кислородом, представлены в табл. 2.

Выбор температуры хранения  $23 \pm 2$  °С, обусловлен тем, что зачастую питьевая вода, расфасованная в емкости, хранится при комнатной температуре, которая нормируется согласно СанПиН от 30.04.2013 № 33 и принимается в пределах от +21 °С до +25 °С в зависимости от категории работ [7].

Таблица 2. Условия хранения образцов  
Table 2. Storage conditions of samples

№ образца	Условия хранения	
	Температура, °С	Освещенность
1	10±1	Отсутствует
2	23±2	Отсутствует
3	23±2	Естественное освещение (день, ночь)

Определение содержания растворенного кислорода в питьевой воде осуществляли кислородометром HI 9146 в специально оборудованном помещении, защищенном от источников шума и проникновения посторонних запахов, оборудованном нейтральным освещением и вентиляцией с естественным протравиванием. Температура в помещении поддерживалась на уровне 20 °С. Общий вид прибора приведен на рис. 1. Кислородомер HI 9146 представляет собой надежный, портативный измеритель содержания растворённого кислорода, предназначенный для обеспечения точности измерений в суровых экологических и промышленных условиях. Этот прибор содержит множество функций, в том числе автоматическую калибровку, автоматическое обнаружение конечной точки, а также компенсацию по температуре и солёности. Все показания на дисплее прибора автоматически компенсируются от температурных колебаний и могут быть зафиксированы при достижении стабильных показаний с помощью автоматического обнаружения конечной точки. Компенсация солёности и высоты над уровнем моря регулируется пользователем в зависимости от условий окружающей среды. Прибор оснащен системой предотвращения ошибки батарейки (BEPS).

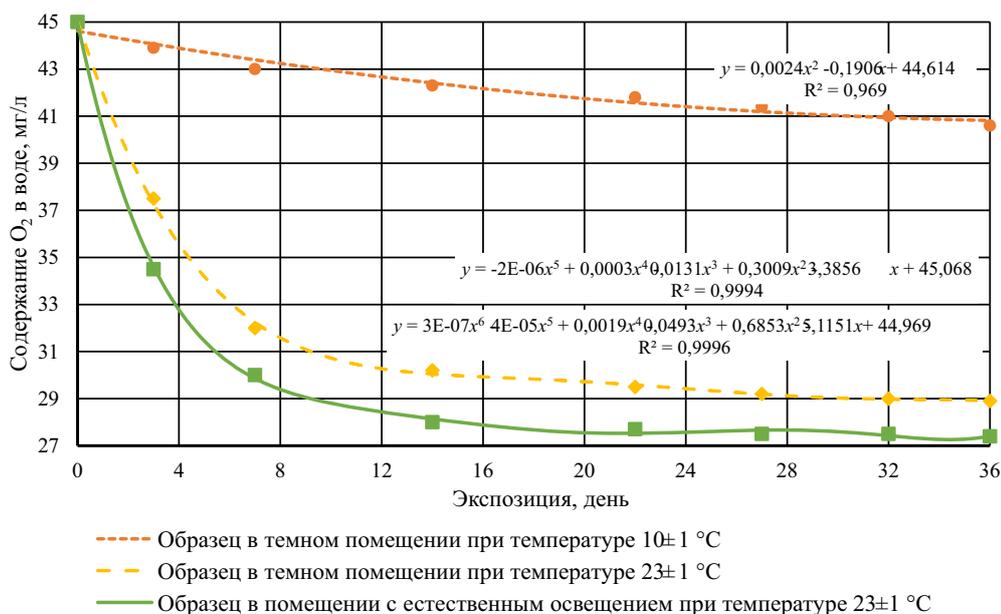


Рис. 1. Общий вид кислородомера HI 9146  
Fig. 1. General view oxygen meter HI 9146

Обработка полученных данных осуществлялась при помощи программы Microsoft Excel 2016.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На первом этапе исследований: определена динамика изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде в ПЭТ-бутылках в зависимости от условий хранения (рис. 2). На втором этапе была определена динамика изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде при свободном доступе воздуха (рис. 3).

Анализ динамики изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде в ПЭТ-бутылках в зависимости от условий хранения показал, что наибольшая сохранность растворенного кислорода в питьевой воде, обогащенной кислородом, наблюдается у образца, хранящегося темном помещении при температуре 10 ± 1 °С. У образцов, которые хранились при температуре 23 ± 2 °С в темном и с естественным освещением помещений, в течение 7–8 дней наблюдалось снижение содержания растворенного кислорода в питьевой воде с 45 мг/л до 30 мг/л, затем снижение растворенного кислорода соответствовало динамике снижения содержания растворенного кислорода в питьевой воде хранящегося темном помещении при температуре 10 ± 1 °С.

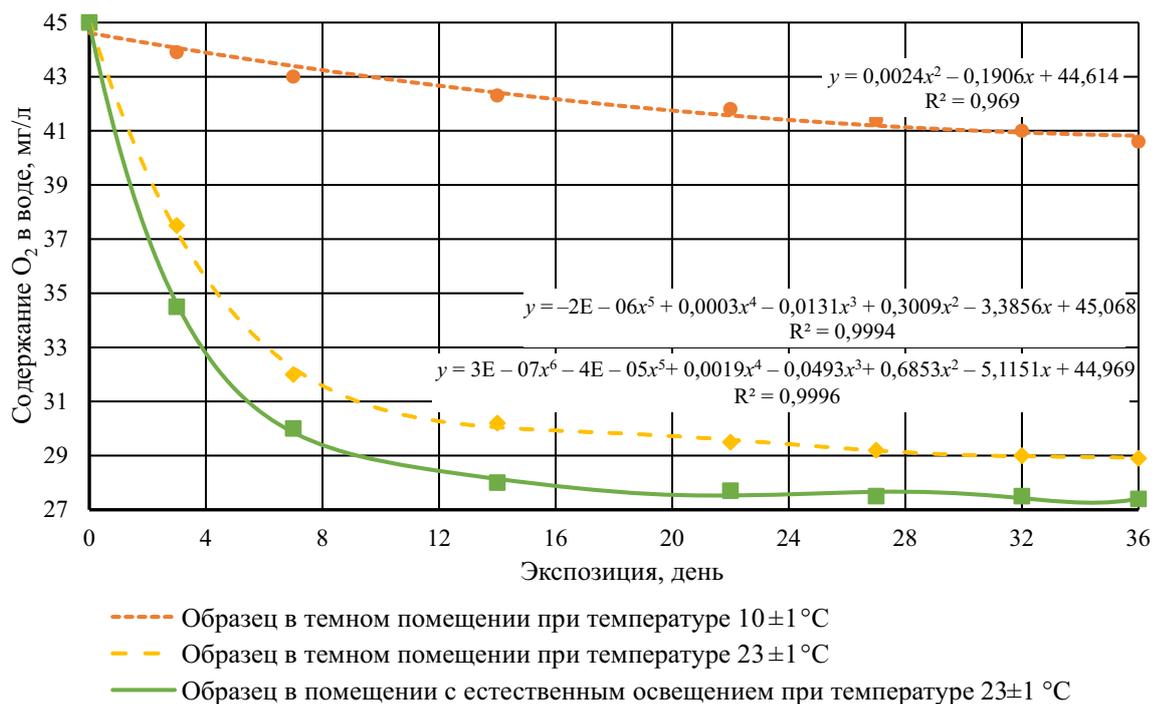


Рис. 3. Динамика изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде в ПЭТ-бутылках в зависимости от условий хранения  
 Fig. 3. Dynamics of changes in the content of dissolved oxygen in drinking water in PET bottles, depending on storage conditions

Полученная зависимость динамики изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде при свободном доступе воздуха (рис. 4), показывает, что в результате взаимодействия питьевой воды, обогащенной кислородом, с воздухом наблюдалось снижение содержания растворенного кислорода в питьевой воде с 45 мг/л до 10 мг/л, после 15 дней хранения снижение растворенного кислорода в воде изменялось незначительно. Это объясняется тем, что в результате «ухода» растворенного кислорода из питьевой воды в воздух, концентрация содержания кислорода в воздухе и воде выравнивается.

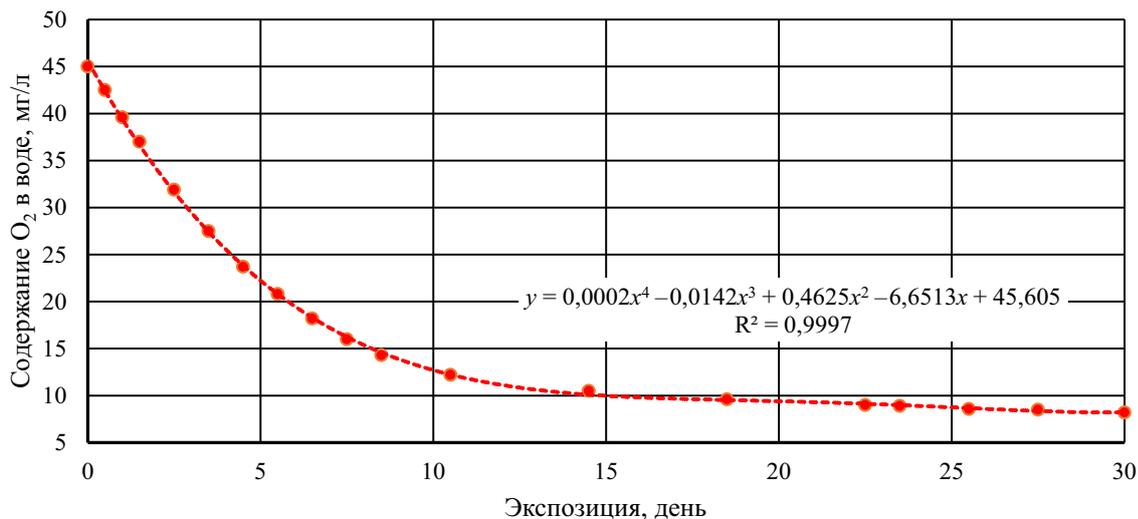


Рис. 4. Динамика изменения содержания растворенного кислорода в питьевой воде при свободном доступе воздуха  
 Fig. 4. Dynamics of changes in the content of dissolved oxygen in drinking water with free access of air

В ходе выполнения экспериментальных исследований, было установлено, что содержание растворенного кислорода в питьевой воде в ПЭТ-бутылке объемом 0,5 л при ее повторном открытии через 24 ч снижается на величину  $11 \pm 2$  мг.

Полученные результаты исследований позволили отработать технологические процессы производства питьевой воды, обогащенной кислородом. Рассматриваемая технология производства питьевой воды, обогащенной кислородом, внедрена на опытном производстве РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в г. Марьина Горка (рис. 5).



Рис. 5. Питьевая вода, обогащенная кислородом, производства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»

Fig. 5. Drinking water enriched with oxygen production RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»

**Заключение.** Исследования питьевой воды, обогащенной кислородом, при различных условиях хранения показали, что предпочтительней всего являются условия хранения питьевой воды в охлажденном виде при температуре  $10 \pm 1$  °С. Не допускается хранить питьевую воду, обогащенную кислородом, в помещениях с прямым солнечным светом. При взаимодействии питьевой воды, обогащенной кислородом, с воздухом наблюдается снижение содержания растворенного кислорода в питьевой воде с 45 мг/л до 10 мг/л.

#### Список использованных источников

1. *Зайцева, Н. В.* Спросите у доктора / Н. В. Зайцева // Alter Vita. — 2009. — № 7. — С. 8.
2. *Корзан, С. И.* Разработка технологии обогащения воды кислородом / С.И. Корзан, З.В. Ловкис // Наука, питание и здоровье : материалы II Международного конгресса, Минск, 3 — 4 октября 2019 г. / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. — Минск, 2019. — С. 433–438.
3. Исследование функциональности воды, обогащенной кислородом, в условиях клиники / З.В. Ловкис [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2020. — Т. 13, № 1. — С. 34–45.
4. *Марков, А. А.* Разработка и научное обеспечение системы процессов насыщения воды кислородом : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / А. А. Марков. — Воронеж, 2013. — 192 л.
5. *Аристова, Н. А.* Физические методы получения экологически чистой активированной воды / Н.А. Аристова, И.М. Пискарев, В.А. Ушканов. — М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009. — 86 с. — (Препринт / НИИЯФ МГУ № 2009-12/856).
6. Учебное пособие для студентов заочного отделения факультета водоснабжение и водоотведение : учеб. пособие / под ред. Ю. В. Воронова [и др.]. — М.: Ассоциации строительных вузов, 2008. — 488 с.

7. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях», Гигиенического норматива «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» и признании утратившим силу постановления Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 25 марта 1999 г. № 12 [Электронный ресурс] : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 30 апр. 2013 г., № 33 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21327576p&p1=1>. — Дата доступа: 30.06.2021.

#### Информация об авторах

*Ловкис Зенон Валентинович* — главный научный сотрудник администрации управления заслуженный деятель науки Республики Беларусь, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: [info@belproduct.com](mailto:info@belproduct.com)

*Корзан Сергей Иванович* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник — руководитель группы качества и упаковки отдела сертификации, метрологии и систем качества РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: [seroga.korzanmc@mail.ru](mailto:seroga.korzanmc@mail.ru)

*Садовский Александр Александрович* — кандидат технических наук, начальник отдела сертификации, метрологии и систем качества РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29). E-mail: [sadouski.a@gmail.com](mailto:sadouski.a@gmail.com)

#### Information about authors

*Lovkis Zenon Valentinovich* — Honored Science Worker of the Republic of Belarus, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [info@belproduct.com](mailto:info@belproduct.com)

*Korzan Sergey Ivanovich* — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher — Head of the Quality and Packaging Group the department of certification, metrology and quality system of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [seroga.korzanmc@mail.ru](mailto:seroga.korzanmc@mail.ru)

*Sadovsky Alexander Alexandrovich* — Candidate of Technical Sciences, head of the department of certification, metrology and quality system of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [sadouski.a@gmail.com](mailto:sadouski.a@gmail.com)