



Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК 663.646

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.012

 EDN: VHXPPO

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ УПАКОВАННЫХ ГЛУБИННЫХ ВОД ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Елена Михайловна Севостьянова <sup>1</sup>, Алексей Александрович Шилкин <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

<sup>1</sup> waterlena@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8307-8329>

<sup>2</sup> labvin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1223-0703>

**Аннотация.** Озеро Байкал является крупнейшим в мире хранилищем пресной воды, которая отличается редкой чистотой и стабильностью основного состава. Благодаря своему природному составу байкальская вода, особенно глубинная, может разливаться в бутылки без особой водоподготовки. В настоящее время в России выпускаются несколько торговых марок упакованных глубинных вод с топонимом «Байкал». Настоящая работа посвящена изучению возможности идентификации упакованных глубинных вод озера Байкал на основе комплексного органолептического, физико-химического и изотопного анализов упакованной глубинной воды. Экспериментальная работа проводилась специалистами ВНИИПБиВП с использованием методов высокоэффективной жидкостной хроматографии, газовой хроматографии, инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционной спектроскопии, титриметрии, рефрактометрии, масс-спектрометрии. В работе представлены исследования по физико-химическому составу и изотопным характеристикам упакованной воды глубинной из озера Байкал различных торговых марок из двух глубоководных водозаборов озера Байкал. Проведенный сравнительный анализ основных идентификационных показателей упакованных вод показал, что все исследованные воды были сопоставимы и соответствовали маркировке и особым свойствам, заявленным в свидетельстве о месте происхождения товара. Авторы отмечают некоторые неточности в аналитическом определении сульфатов и хлоридов. Показано, что дополнительные идентификационные показатели (биогенные элементы) не могут быть рекомендованы для идентификации упакованной глубинной воды озера Байкал. Изотопные характеристики всех исследованных упакованных вод были достаточно стабильны и коррелировали с изотопными характеристиками вод глубинных водозаборов. Высокая и достаточно стабильная концентрация кислорода в глубинной воде, как в «сырьевой», так и в упакованной, может быть предложена в качестве идентификационного показателя.

**Ключевые слова:** идентификация, глубинная вода озера Байкал, стандартные образцы, упакованная вода, основной состав, биогенные элементы, изотопные характеристики, особые свойства.

**Для цитирования:** Севостьянова Е. М., Шилкин А. А. Идентификация упакованных глубинных вод из озера Байкал // Ползуновский вестник. 2023. № 3. С.92–100. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.012. EDN: <https://elibrary.ru/VHXPPO>.

Original article

## IDENTIFICATION OF PACKED DEEP WATER FROM LAKE BAIKAL

Elena M. Sevostianova <sup>1</sup>, Alexey A. Shilkin <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry - Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS

<sup>1</sup> waterlena@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8307-8329>

<sup>2</sup> labvin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1223-0703>

© Севостьянова Е. М., Шилкин А. А., 2023

**Abstract.** Lake Baikal is the world's largest reservoir of fresh water, which is distinguished by rare purity and stability of the basic composition. Due to its natural composition, Baikal water, especially deep water, can be bottled without special water treatment. Currently, several trademarks of packaged deep waters with the toponym "Baikal" are produced in Russia. This work is devoted to the study of the possibility of identifying the packed deep waters of Lake Baikal on the basis of complex organoleptic, physicochemical, and isotopic analyzes of packed deep water. Experimental work was carried out by VNIIPBiVP specialists using high-performance liquid chromatography, gas chromatography, stripping voltammetry, atomic absorption spectroscopy, titrimetry, refractometry, and mass spectrometry. The paper presents studies on the physicochemical composition and isotopic characteristics of packed deep water from Lake Baikal of various brands from two deep water intakes of Lake Baikal. A comparative analysis of the main identification indicators of packaged waters showed that all the studied waters were comparable and corresponded to the labeling and special properties stated in the certificate of origin. The authors note some inaccuracies in the analytical determination of sulfates and chlorides. It is shown that additional identification indicators (biogenic elements) cannot be recommended for identification of the packed deep water of Lake Baikal. The isotopic characteristics of all the studied packed waters were quite stable and correlated with the isotopic characteristics of the waters of deep water intakes. A high and fairly stable oxygen concentration in deep water, both raw and packaged, can be proposed as an identification indicator.

**Keywords:** identification, deep water of Lake Baikal, standard sample, packaged water, main composition, biogenic elements, isotopic characteristics, special properties. 8-10 words and phrases, reflect the specifics of the topic, the object and the results of the study.

**For citation:** Sevostianova, E.M., Shilkin, A.A. Identification of packed deep waters from Lake Baikal *Polzunovskiy vestnik*, (3), 92-100. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.012. <https://elibrary.ru/VHXPAO>.

## ВВЕДЕНИЕ

Озеро Байкал является самым древним (25 млн. лет), самым глубоким (1637 м) и самым крупным (23 тыс. куб. км) пресноводным водоемом Земли. Общий объем содержащейся в Байкале воды составляет 20 % от запасов всей пресной воды планеты, находящейся в ее озерах и реках. В озеро Байкал ежегодно втекает с притоками и вытекает через р. Ангара 60 куб. км воды. Время, в течение которого происходит полное замещение вод Байкала водами притоков, составляет 330 лет. Вода озера Байкал отличается редкой чистотой, и исключительные её свойства обусловлены жизнедеятельностью животного и растительного мира озера. Данные по химическому многоэлементному составу и микробиологическим характеристикам позволяют подтвердить локальный характер загрязнения прибрежных зон акватории Южного Байкала и абсолютную стабильность, и чистоту воды

«ядра» озера Байкал – зоны находящейся на глубине от 300 м от поверхности до 100 метров над дном [1–10].

Основными особенностями глубинной байкальской воды являются постоянство содержания ионов основного состава (катионы – кальций, магний, натрий, калий и анионы – гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды), низкая концентрация биогенных элементов и органического вещества, а также высокое насыщение воды кислородом. Общая минерализация (суммарная концентрация растворенных в воде солей) составляет около 100 мг/л. Многочисленные исследования, проведенные ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, подтверждают постоянство концентрации основного солевого состава по акватории, по глубине и по сезонам года. [11–13]. Средняя концентрация основных ионов в воде глубоководной части озера представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Средняя концентрация основных ионов в воде озера Байкал и погрешность методов определения [1]

Table 1 – The average concentration of basic ions in the water of Lake Baikal and the error of the determination methods [1]

Показатель	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Концентрация, мг/л	16,4±1,6	3,03±0,3	3,34±0,5	1,01±0,2	66,4±4,7	0,4±0,02	5,3±0,3

К биогенным элементам в водах озера Байкал относятся азот, фосфор и кремний, которые поступают с водами притоков и атмосферными осадками. В глубинной зоне концентрации биогенных элементов мало меняются по сезонам, и в разных котловинах озера на одинаковых глубинах их содержание в среднем одинаково. Концентрация нитратов в придонных водах озера достигает 0,6 мг  $\text{NO}_3^-/\text{л}$ , фосфатов 0,06 мг  $\text{PO}_4^{3-}/\text{л}$ , кремния 1,6 мг  $\text{Si}/\text{л}$  мг/л.

В воде озера Байкал содержание органического вещества небольшое и показатель «перманганатная окисляемость» поверхностного слоя изменяется в пределах 1–1,6 мг  $\text{O}/\text{л}$ . С глубиной ее величина снижается и в придонной зоне составляет 0,4–0,5 мг  $\text{O}/\text{л}$ .

Учитывая стабильность состава воды в «ядре» Байкала, учеными-лимнологами для стандартизации гидрохимических исследований предложен стандартный образец (СО) байкальской глубинной воды и технология его приготовления. СО байкальской воды необходим при исследовании озера Байкал, так как различия данных аналитических исследований байкальской воды по отдельным элементам у разных исследователей достигают трех порядков. Несопоставимые, несравнимые данные не дают возможности дать достоверную оценку тенденциям временного изменения состава байкальской воды и роли антропогенных факторов в этом процессе.

В качестве фиксированной точки водозабора для изготовления СО была выбрана точка в заливе Лиственничный, расположенная на глубине 500 м от поверхности, 200 м до дна и на расстоянии 1,7 км от берега. Технология водоподготовки, включающая ступенчатую систему фильтрации и озонирования воды, позволяет сохранить все ее природные качества. Грубая фильтрация удаляет простейшие и зоопланктон, фильтр 1–5 мкм отделяет терригенные взвешенные частицы, а тонкий фильтр 0,45 мкм – мертвые остатки бактериопланктона и пикопланктона. Синергическое действие УФ-излучения и озонирования устраняет цисты водорослей и споры бактерий. Определен химический состав СО байкальской воды по максимально возможному перечню компонентов. СО отражает специфику матричного состава гидрокарбонатных кальциевых вод, к которым относятся воды многих рек и озер мира, а также дождевые и снеговые воды и может существенно помочь в усовершенствовании внутрилабораторного контроля как в России, так и во всем мире [14–15].

Озеро Байкал является крупнейшим в мире хранилищем пресной воды. Ежегодно в Байкале воспроизводится около 60 кубических километров прекрасной и неповторимой по качеству воды, которую можно использовать для производства упакованных вод.

В начале 1990-х гг. Лимнологическим институтом было организовано опытное производство глубинной байкальской питьевой воды, расфасованной в бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТ). Как и для СО водозабор осуществлялся в заливе Лиственничный (п. Листвянка) с глубины 500 м. Для обеспечения высокого качества продукции и возможность хранения воды в течение длительных сроков водоподготовка на этом производстве включала тонкую фильтрацию, в том числе фильтрование через ядерные фильтры с диаметром пор 0,2–0,5 мкм, а затем обработку воды ультрафиолетовым светом и озоном для удаления или нейтрализации не только любых патогенных, но даже безвредных для здоровья человека водных микроорганизмов, так как последние, если они размножатся, могут изменить качество воды при хранении [16–17].

В настоящее время в России выпускаются несколько торговых марок упакованных глубинных вод с топонимом «Байкал»: «Legend of Baikal (Легенда Байкала)», «BAIKAL430 глубинная из озера Байкал», «Байкалика», «Кристалльная глубина 500», «Вода Байкала» и т.д.

Как выявили наши предыдущие исследования, концентрации химических элементов, входящих в солевой состав и минерализация (М) в глубинной воде озера Байкал, воде р. Ангара и водопроводной воде из Иркутского водохранилища были очень похожи, за исключением небольшого превышения хлоридов в водопроводной воде, поэтому проблема идентификации глубинной воды озера Байкал стоит достаточно остро [18–19].

Настоящая работа посвящена изучению возможности идентификации упакованных глубинных вод озера Байкал на основе комплексного органолептического, физико-химического и изотопного анализов упакованной глубинной воды.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная работа проводилась специалистами направления минеральных и питьевых вод ВНИИПБиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН при участии ИЦ ВНИИПБиВП. Качество воды и соответствие установленным нормативам [20, 21] оценивали по органолептическим (прозрач-

*ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2023*

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ УПАКОВАННЫХ ГЛУБИННЫХ ВОД ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

ность, цвет, вкус и запах) и физико-химическим показателям (основной состав, минерализация, биологически активные компоненты, токсичные металлы). Определение показателей проводили по утвержденным методикам, зарегистрированным в установленном порядке. Для анализа макрокомпонентов и микрокомпонентов применяли объемные и инструментальные методы: высокоэффективной жидкостной хроматографии, газовой хроматографии, инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционной спектроскопии, титриметрии, рефрактометрии, масс-спектрометрии.

Аналитические исследования изотопных характеристик воды проводились на изотопном масс-спектрометре Delta V Advantage с модулем Gas Bench II, позволяющим определять изотопные отношения кислорода и водорода в исследуемых образцах в концентрациях от 200 нмоль до 20 ммоль. Метод основан на определении характеристики изотопного состава водорода (аналогично для кислорода) в анализируемой пробе относительно международных стандартных образцов методом масс-спектрометрии стабильных

изотопов, основанном на изотопном уравнивании изотопного состава водорода (кислорода) в виале по отношению к изотопному составу водорода (кислорода) образца. При анализе использовались стандарты воды МАГАТЭ: VSMOW-2, USGS47, SLAP2. В качестве рабочего стандартного образца (PCO) применяли газообразный диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) высокой степени очистки 99,9999 %, водород (H<sub>2</sub>) чистоты 99,999 % а также в качестве газа-носителя гелий (He) высокой степени очистки 99,9999. Помимо этого, также были использованы для изотопного уравнивания смесь газов, состоящая из гелия (чистота 99,9999) и 0,4 % высокоочищенного диоксида углерода, а также другая смесь, состоящая из гелия (чистота 99,9999) и 2 % высокоочищенного водорода.

В данной работе представлены исследования по физико-химическому составу и изотопным характеристикам упакованной воды глубинной из озера Байкал различных торговых марок из двух глубоководных водозаборов озера Байкал в акватории п. Листвянка и п. Сухой Ручей. Объекты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объекты исследования / Table 2 – Research objects

№ п/п	Шифр	Наименование пробы	Дата розлива	Упаковка	Водозабор, глубина
Упакованные природные питьевые воды (глубинные из о. Байкал)					
1.	Образец № 1	Байкальская глубинная БАЙКАЛ 430	2022 г.	ПЭТ 5,0 л	п. Листвянка от берега 1500 м, глубина 430 м
2.	Образец № 2	Legend of Baikal (Легенда Байкала)	2021 г.	ПЭТ 4,9 л	п. Листвянка от берега 1500 м, глубина 400 м
3.	Образец № 3	Байкалика	2021 г.	ПЭТ 5,0 л	п. Сухой Ручей от берега 3000 м, глубина 400 м
Сырьевая вода (глубинные водозаборы)					
4.	Водозабор п. Листвянка		2017–2022	–	от берега 1500 м, глубина 400-430 м
5.	Водозабор п. Сухой ручей		2017	–	от берега 3000 м, глубина 400 м

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с требованиями технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» ТР ЕАЭС 044/2017 (далее Регламент) первичную идентификацию упакованной воды проводят сравнением наименования и назначения воды, указанными в информации для потребителя (этикетке), с наименованием и назначением, указанным в Регламенте [20]. Проверка идентификационных показателей упакованной воды проводится аналитическим методом путем сравнения показателей основного состава, минерализации и жесткости идентифицируемой во-

ды с соответствующими показателями, указанными на этикетке.

Первичная или ассортиментная идентификация упакованной глубинной воды показала, что исследованные упакованные воды относятся к природным питьевым водам и являются объектом технического регулирования ТР ЕАЭС 044/2017. Маркировка природных питьевых вод содержит топоним «Байкал» в различных вариациях и сведения о месте водозабора (наименование реки, озера или другого водного объекта) – вода из озера Байкал с глубины 400 (430) м., что соответствует требованиям [20] (п.п. 37, 44, 45).

По органолептическим показателям все исследованные воды соответствовали требованиям [20 Приложение № 3].

Проверка идентификационных показателей упакованных вод проводилась аналитическим методом путем сравнения показателей основного состава, минерализации и

жесткости идентифицируемых вод с соответствующими показателями, указанными на этикетке. Результаты определения «основного состава» представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные показатели упакованных вод (маркировка/результаты исследований)

Table 3 – Identification indicators of packaged waters (labeling/results of investigations)

Шифр	Основной состав упакованной воды, мг/дм <sup>3</sup> Маркировка/содержание в упакованной воде								
	М, г/дм <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ж, мг-экв/л
Образец № 1	0,05-0,15	1–10	7–50	2–7	0,1–5	0,5–2	50–100	1–12	1–2
	0,1	3,6	16,8	3,1	1,1	0,7	66	5,3	1,13
Образец № 2	0,05-0,15	1–10	10–25	1–10	0,1–2	0,1–10	50–100	1–10	1–2
	0,1	3,2	16,0	3,5	0,99	0,8	66,5	5,2	1,1
Образец № 3	0,06-0,12	3–5	15–25	1–10	0,5–2,5	1–5	60–100	2–6	1–2
	0,11	3,3	17,4	3,4	0,98	2,4	67,1	<b>14,2</b>	1,3

Проведенными исследованиями установлено, что все исследованные пробы упакованной глубинной байкальской воды характеризовались близкой минерализацией около 100 мг/дм<sup>3</sup> и схожим макрокомпонентным составом, соответствующим средним концентрациям основных ионов в воде озера Байкал, установленным по многолетним наблюдениям, за исключением концентрации хлоридов и сульфатов. Во всех исследованных пробах упакованной воды хлориды были обнаружены в концентрации 0,7–2,4 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает установленную среднюю концентрацию 0,4 мг/дм<sup>3</sup> в 2–8 раз. Сульфаты превышали установленную среднюю концентрацию только в образце № 3 в 2,8 раза. Вместе с тем, все исследованные пробы упакованной воды соответствовали по идентификационным показателям (основной состав, минерализация и жесткость) соответствовали данным указанным в маркировке, кроме содержания сульфатов в образце № 3. Однозначного ответа на вопрос: «Является ли образец № 3 фальсификатом?» по этим данным нет, так как проведенный балансовый расчет содержания анионов и катионов показал, что в протоколе явно завышены концентрации сульфатов и хлоридов. По данным Грачева М.А. и др., распределение отклонений от среднего для хлоридов, сульфатов и калия, концентрации которых в байкальской воде малы, не подчиняется функции Гаусса и может свидетельствовать о наличии аналитических ошибок [1, 14, 15].

На следующем этапе исследований была проведена оценка упакованных вод на соответствие НМПТ (географическое указание и наименование места происхождения товара). Особые свойства воды, в отношении которой регистри-

руется обозначение «ВОДА ПРИРОДНАЯ ПИТЬЕВАЯ «БАЙКАЛ» ГЛУБИННАЯ» в качестве наименования места происхождения товара (далее – НМПТ) и предоставляется исключительное право на такое наименование, обусловлены особенностями химического состава воды озера Байкал. В качестве особых свойств заявлены макрокомпоненты, определяющие химический тип воды: гидрокарбонаты в концентрации 50–100 мг/л, сульфаты – 1–12 мг/л, хлориды – 1–10 мг/л, кальций – 7–50 мг/л, магний – 1–10 мг/л, натрий 2–7 мг/л), калий – 0,1–2 мг/л), минерализация не более 150 мг/л. Далее в описании особых свойств глубинной воды указаны величина рН в поверхностном слое воды озера Байкал, которая составляет 7,45–8,5 ед. и содержание диоксида углерода – менее 5,0 мг/л., а также концентрация биогенных элементов в придонных водах озера (нитраты 0,1–1,5 мг/л, фосфаты менее 0,01 мг/л, кремний Si – 0,2–1,2 мг/л). Окисляемость воды поверхностного слоя составляет 3 мг О/л. Содержание природного кислорода в озере Байкал – 7–14,5 мг/л.

Проведенный сравнительный анализ идентификационных показателей воды глубинных водозаборов и разливаемых из них упакованных вод показал, что по основным катионам: кальцию, магнию, натрию, калию и анионам гидрокарбонатам и сульфатам, – все исследованные воды были сопоставимы и соответствовали НМПТ, кроме завышенного значения содержания сульфатов в образце № 3. Как описывалось выше, считаем этот результат неточностью метода определения, так как балансовый расчет показал, что концентрация сульфатов в образце № 3 должна была составить ≈ 6,2 6,8 мг/л (таблица 4).

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ УПАКОВАННЫХ ГЛУБИННЫХ ВОД ИЗ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Таблица 4 – Основной состав упакованных вод и воды глубинных водозаборов

Table 4 – Basic composition of packaged waters and deep water intakes

Исследуемый образец	M, мг/л	Ж, мг-экв/л	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>НМПТ</b>	<150	–	<b>1–10</b>	<b>7–50</b>	<b>2–7</b>	<b>0,1–2</b>	<b>1–10</b>	<b>50–100</b>	<b>1–12</b>
Водозабор п. Листвянка	102,9	1,13	2,8	18,0	3,6	1,0	5,2	67,4	4,9
Образец № 1	102	1,13	3,6	16,8	3,1	1,1	0,7	66,0	5,3
Образец № 2	97	1,06	3,2	16,0	3,5	0,99	0,76	66,5	5,23
Водозабор п. Сухой ручей	97	1,09	3,0	16,7	3,4	0,96	0,73	66,0	6,2
Образец № 3	111	1,14	3,25	17,4	3,39	1,0	2,4	67,1	14,2

По содержанию хлоридов образцы упакованных вод № 1 и № 2 и вода водозабора в п. Сухой ручей не соответствовали нормам НМПТ, так как концентрация хлоридов определялась на уровне < 1 мг/л, что меньше нижней границы нормы НМПТ. По данным ученых лимнологического института [18], проведенный анализ химического состава воды

глубинных разрезов в акватории посёлков Южного Байкала (г. Байкальска, п. Култук, п. Листвянка и п. Сухой Ручей) показал особую стабильность содержания основных элементов во всех глубинных водозаборах и не зависит от пространственных и сезонных влияний (таблица 5). Концентрация хлоридов была стабильна и определялась на уровне < 1 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 5 – Концентрация химических элементов в мг/дм<sup>3</sup> в воде из глубинных разрезов (400 м.) оз. Байкал по результатам многоэлементного ИСП-МС анализа (2017 г.)

Table 5 – Concentration of chemical elements in mg/dm<sup>3</sup> in water from deep sections (400 m) of the lake. Baikal according to the results of multi-element ISP-MS analysis (2017)

Глубинные водозаборы	M, мг/л	Ж, мг-экв/л	Концентрация химических элементов в мг/дм <sup>3</sup>						
			Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
г. Байкальск	97	1,09	3,0	16,7	3,3	0,99	0,69	67,0	5,4
п. Сухой ручей	93	1,05	2,9	16,0	3,1	0,94	0,59	65,2	4,4
п. Култук	92	1,04	2,8	15,9	3,1	0,94	0,62	65,4	3,38
п. Листвянка	93	1,05	2,9	15,9	3,1	0,94	0,6	65,5	4,2

Исследованные изотопные характеристики как «сырьевых» вод глубинных водозаборов, так и упакованной воды глубоинной из озера Байкал, были достаточно стабильны и

сопоставимы (таблица 6). В процессе водоподготовки и транспортировки воды изменений в соотношении изотопов водорода и кислорода не отмечено.

Таблица 6 – Изотопные характеристики упакованных вод и воды глубинных водозаборов

Table 6 – Isotopic characteristics of packed waters and deep water intakes

№ п/п	Наименование образца	Наименование показателя	
		δ <sup>18</sup> O, ‰	δD, ‰
1.	Водозабор п. Листвянка	-15,34±0,28	-126,08±0,88
2.	Образец 1	-15,41±0,08	-126,01±0,54
3.	Образец 2	-15,39±0,16	-125,35±0,11
4.	Водозабор п. Сухой ручей	-15,37±0,48	-125,32±0,5
5.	Образец 3	-15,31±0,18	-126,16±0,48

Из дополнительных идентификационных показателей заявлены: величина pH и содержание диоксида углерода в поверхностном слое воды озера Байкал, окисляемость поверхностного слоя, а также концентрация биогенных элементов в придонных водах

озера (нитраты, фосфаты и кремний). Водотбор глубоинной воды для производства упакованных вод осуществляется с глубины около 430 м. и упакованная вода не может быть отнесена ни к поверхностному слою, ни к придонному. Установлено, что исследован-

ные упакованные глубинные воды озера Байкал практически не содержат нитритов (менее 0,004 мг/дм<sup>3</sup>), нитраты определялись в концентрации 0,43–2,6 мг/дм<sup>3</sup>, фосфаты – 0,03–0,44 мг/дм<sup>3</sup> при практическом отсутствии фосфатов в «сырьевой» воде. Следует отметить, что в воде озера Байкал азот в нитритной и аммонийной форме отсутствует или регистрируется в незначительном количестве в поверхностном слое воды в периоды отмирания водорослей.

Содержание в упакованной воде органических и минеральных веществ по показателю «перманганатная окисляемость» колебалось от менее 0,25 мг О/дм<sup>3</sup> до 0,99 мг О/дм<sup>3</sup>, показатель рН – 7,4–7,8 ед.рН, содержание кислорода было достаточно высоким и определялось на уровне 8,9–10,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Проведенный анализ полученных результатов показал, что для упакованных вод дополнительно заявленные показатели не могут использоваться в качестве идентификационных. Так как в процессе производства (розлива) глубинной воды возможно некоторое техногенное загрязнение, а также достаточно большой процент ошибки аналитических измерений, при очень малых концентрациях определяемых веществ.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными особенностями химического состава байкальских вод являются постоянство содержания ионов основного состава, низкая концентрация биогенных элементов и органического вещества, а также высокое насыщение воды кислородом. Глубинная вода Байкала по классификации ГОСТ Р 54316 относится к пресным гидрокарбонатным кальциевым водам. Суммарная концентрация растворенных в воде солей составляет около 100 мг/л. Постоянство концентрации ионов основного состава воды в «ядре» озера Байкала по глубине и по сезонам года подтверждается при исследовании Байкала с применением таких методов анализа, как ионная хроматография и плазменная атомноабсорбционная спектрофотометрия.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что в качестве идентификационных показателей для упакованных глубинных вод озера Байкал могут быть предложены:

- ионы основного солевого состава – кальций, магний, натрий, калий и гидрокарбонаты, хлориды и сульфаты, которые соответствовали информации на этикетке и НМПТ, кроме завышенного значения содержания сульфатов в образце № 3. Завышенные кон-

центрации сульфатов и хлоридов, полученные в результате аналитических исследований методами, разрешенными к применению для подтверждения соответствия ТР ЕАЭС 044/2017 для упакованных вод, можно отнести к погрешностям определения из-за малых концентраций их содержания, что согласуется с литературными данными;

- изотопные характеристики исследованных упакованных вод были достаточно стабильны и коррелировали с изотопными характеристиками вод глубинных водозаборов;

- одна из уникальных особенностей озера Байкал – высокая концентрация кислорода в глубинной воде, которая определялась на уровне 8,9–10,5 мг/дм<sup>3</sup> и может быть предложена в качестве идентификационного показателя, вместе с тем необходимы дополнительные исследования изменения концентрации этого показателя в процессе хранения упакованной воды, разлитой в различные виды упаковки (полимерную, стекло или алюминиевую банку);

- концентрации биогенных элементов в центральном ядре водной толщи Байкала, хотя и мало меняются по сезонам, их содержание в среднем одинаково, но определяются в очень незначительных концентрациях, а с учетом значительной погрешности методов определения и возможной контаминации в процессе производства упакованной воды и в настоящее время не могут быть рекомендованы для идентификации упакованной воды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачев М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. Новосибирск : Изд-во СО РАН. 2002. 156 с.
2. Основные показатели химического состава воды озера Байкал по данным многолетних исследований / В.М. Домышева, М.В. Сакирко, Н.А. Онищук [и др.] // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения : сборник научных трудов: посвящается Году экологии в России и 50-летию Института водных проблем РАН, Сочи, 02–07 октября 2017 года / Институт водных проблем Российской академии наук, Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр. Сочи : ООО "Лик", 2017. С. 353–358.
3. Семёнов М.Ю. Показатели условий формирования химического состава речных вод в бассейне озера Байкал // География и природные ресурсы. 2017. № 4. С. 170–179. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(170–179).
4. Ovchinnikova T.E., Bocharov O.B. Numerical modeling of water exchange processes in Lake Baikal / Journal of Water Resources. 2017. Т. 44. № 3. С. 322–331. DOI: 10.1134/S0097807817030150.
5. Аниканова М.Н. Якунина О.В., Аджиев Р.А. Биогенные элементы в воде озера Байкал / Совре-

менные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод : Материалы научной конференции с международным участием, Ростов-на-Дону, 08–10 сентября 2015 года / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральное Государственное бюджетное учреждение Гидрохимический институт. Том Часть 1. Ростов-на-Дону : Федеральное государственное бюджетное учреждение "Гидрохимический институт", 2015. С. 10–13.

6. Складорова О.А. Распределение микроэлементов в водной толще Среднего Байкала / География и природные ресурсы. 2011. № 1. С. 53–59.

7. Определение микроэлементов в Байкальской воде методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой / В.Н. Эпов, И.Е. Васильева, А.Н. Сутурин [и др.] // Аналитическая химия. 1999. Т. 54. № 11. С. 1170–1175.

8. Seasonal changes of the vertical structure of the water column of the pelagic zone of southern Lake Baikal / Blinov V.V., Granin N.G., Mizandrontsev I.B. [et al.] // Journal of Water Resources. 2017. 44. С. 285–295. DOI: 10.1134/S0097807817030058.

9. Ветров, В.А. Основы мониторинга химического состава воды озера Байкал / Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к 55-летию кафедры гидрологии и природопользования ИГУ, Иркутск, 05–07 июля 2019 года. Иркутск : Иркутский государственный университет, 2019. С. 20–35.

10. Ветров В.А., Кузнецова А.И. Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал / РАН СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ, Институт геохимии имени А.П. Виноградова. Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения РАН, 1997. 234 с. ISBN 5-7692-0035-9.

11. Экспедиционные работы ЛИН СО РАН на озере Байкал в 2019 году / И.А. Асламов, Ю.С. Балин, М.В. Башенхаева [и др.] // Итоги экспедиционных исследований в 2019 году в Мировом океане, внутренних водах и на архипелаге Шпицберген: Материалы конференции, Москва, 26–27 февраля 2020 года. Севастополь: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН", 2020. С. 166–171.

12. Ионный состав воды озера Байкал, его притоков и истока реки Ангара в современный период / Домышева В.М., Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н. [и др.] // Метеорология и гидрология. 2019. № 10. С. 77–86.

13. Многолетняя динамика биогенных элементов в воде озера Байкал / В.М. Домышева, М.В. Сакирко, Н.А. Онищук [и др.] // Системы контроля окружающей среды – 2018: Тезисы докладов Международной научно-технической конференции, Севастополь, 05–09 ноября 2018 года. Севастополь: Колорит, 2018. С. 42–42а.

14. Preparation and assessment of a candidate reference sample of lake BAIKAL deep water / Suturin A.N., Paradina L.E., Eпов V.N., Semenov A.R. [и др.] // Spectrochimica Acta Part B. 2003. Т. 58. P. 277–288.

15. Глубинная вода озера Байкал – природный стандарт пресной воды / Грачев М.А., Домышева В.М., Ходжер Т.В. [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2004. № 12. С. 417–429.

16. Способ получения байкальской питьевой воды: пат. 2045478 Рос. Федерация, заявка: 5049273/26, 22.06.1992, опубл.: 10.10.1995, 7 с.

17. Способ получения байкальской питьевой воды: пат. 2493106 Рос. Федерация, заявка: 2011136924/05, 06.09.2011, опубл.: 20.09.2013 Бюл. № 26, 10 с.

18. Изучение изотопного и химического состава глубинной воды озера Байкал / Л.А. Оганесянц, Е.М. Севостьянова, Е.И. Кузьмина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2021. Т. 51, № 4. С. 723–732. DOI 10.21603/2074-9414-2021-4-723-732.

19. Оценка влияния методов водоподготовки на изотопные характеристики упакованных вод / Севостьянова Е.М., Кузьмина Е.И., Свиридов Д.А., [и др.] // Пиво и напитки, 2020. 2, С. 20–23. DOI: 10.24411/2072-9650-2020-10014.

20. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природные минеральные воды» (ТР ЕАЭС 044/2017). Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 23 июня 2017 года № 45.

21. ГОСТ Р 54316-2020 «Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия», М. : Стандартинформ, 2020. 49 с.

### Информация об авторах

*Е. М. Севостьянова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ВНИИПБиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.*

*А. А. Шилкин – младший научный сотрудник ВНИИПБиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.*

### REFERENCES

1. Grachev, M.A. (2002). On the current state of the ecological system of Lake Baikal/Novosibirsk : Izdvo SO RAN. (In Russ.).

2. Domyshva, V.M., Sakirko, M.V. Onishuk, N.A. & [et al.]. (2017). Key indicators of the chemical composition of Lake Baikal water according to the data of many years of research / *Water resources: new challenges and solutions: collection of scientific papers : dedicated to the Year of Ecology in Russia and the 50th anniversary of the Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Sochi, October 02-07, 2017* / Institut vodnyh problem Rossijskoj akademii nauk, Rossijskij informacionno-analiticheskij i nauchno-issledovatel'skij vodohozhajstvennyj centr. 353-358. (In Russ.).

3. Semjonov, M.Ju. (2017). Indicators of the conditions for the formation of the chemical composition of river waters in the Baikal basin // *Geography and natural re-*



- sources, 4, 170-179. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(170-179). (In Russ.).
4. Ovchinnikova, T.E. & Bocharov, O.B. (2017). Numerical modeling of water exchange processes in Lake Baikal/ *Journal of Water Resources*. T. 44, 3, 322-331. DOI: 10.1134/S0097807817030150. (In Russ.).
5. Anikanova, M.N. Jakunina, O.V. & Adzhiev, R.A. (2015). Biogenic elements in the water of Lake Baikal/ *Modern problems of hydrochemistry and monitoring of surface water quality: Proceedings of a scientific conference with international participation, Rostov-on-Don, September 08-10, 2015 / Federal'naja sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhajushhej sredy, Federal'noe Gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie Gidrohimicheskij institut. Tom Chast' 1., Rostov-na-Donu: Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie "Gidrohimicheskij institut", 10-13. (In Russ.).*
6. Skljjarova, O.A. (2011). Distribution of trace elements in the water column of the Middle Baikal. *Geography and natural resources*, 1, 53-59. (In Russ.).
7. Jepov, V.N., Vasil'eva, I.E., Sutorin, A.N., Lozhkin, B.I. & Jepova, E.N. (1999). Opređenje mikroelementov v Bajkal'-skoj vode metodom mass-spektrometrii s induk-tivno-svjazannoj plazmoj. *Analiticheskaja himija*. 54(11).1170-1175.
8. Blinov, V.V., Granin, N.G., Mizandrontsev, I.B. & [et al.]. Seasonal changes of the vertical structure of the water column of the pelagic zone of southern Lake Baikal. *Journal of Water Resources*, (44), 285-295. DOI: 10.1134/S0097807817030058. (In Russ.).
9. Vetrov, V. A. (2019). Fundamentals of monitoring the chemical composition of Lake Baikal water / *Modern trends and prospects for the development of hydrometeorology in Russia: Proceedings of the II All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 55th anniversary of the Department of Hydrology and Environmental Management of ISU, Irkutsk, July 05-07, 2019. Irkutsk: Irkutskij gosudarstvennyj universitet*, 20-35. (In Russ.).
10. Vetrov, V.A. & Kuznecova, A.I. (1997). Trace elements in natural environments of the region of Lake Baikal. RAN SIBIRSKOE OTDELENIE, Institut geohimii imeni A.P. Vinogradova, Novosibirsk : Izdatel'stvo Sibirskogo otdelenija RAN, ISBN 5-7692-0035-9. (In Russ.).
11. Aslamov, I.A., Balin, Ju. S., Bashenhaeva, M.V. & [et al.]. (2020). Expedition work of the LIN SB RAS on Lake Baikal in 2019/ *Results of expeditionary research in 2019 in the World Ocean, inland waters and on the Svalbard archipelago: Proceedings of the conference, Moscow, February 26-27, 2020* . Sevastopol': Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Federal'nyj issledovatel'skij centr "Institut biologii juzhnyh morej imeni A.O. Kovalevskogo RAN", 166-171. (In Russ.).
12. Domysheva, V.M., Sorokovikova, L.M., Sinjukovich, V.N. & [et al.]. (2019). The ionic composition of the water of Lake Baikal, its tributaries and the source of the Angara River in the modern period / *Meteorology and hydrology*. 10. 77-86. (In Russ.).
13. Domysheva, V.M., Sakirko, M.V., Onishhuk, N.A. & [et al.]. (2018). Long-term dynamics of biogenic elements in the water of Lake Baikal / *Environmental Control Systems - 2018: Abstracts of the International Scientific and Technical Conference, - Sevastopol': Kolorit*, 42-42a. (In Russ.).
14. Sutorin, A.N., Paradina, L.E., Epov, V.N. & [et al.]. (2003). Preparation and assessment of a candidate reference sample of lake BAIKAL deep water / *Spectrochimica Acta Part B*, T. 58, 277-288 (In Russ.).
15. Grachev, M.A., Domysheva, V.M., Hodzher, T.V. & [et al.]. (2004). Deep water of Lake Baikal is a natural standard of fresh water / *Chemistry for sustainable development*. 12, 417-429. (In Russ.).
16. Grachev, M.A., Sutorin, A.N., Avdeev V.V. & [et al.]. (1995). Method for obtaining Baikal drinking water. *Pat. 2045478 Russian Federation, published on: 10.10.1995*. (In Russ.).
17. Koroteev, V.I., Kuzin, An.A., Kuzin, Al.A. & [et al.]. (2013). (RU) Method for obtaining Baikal drinking water. *Pat. 2493106 Russian Federation, published on: 20.09.2013. Bull. No. 26*, (In Russ.).
18. Ogenesjanc, L.A., Sevost'janova, E.M., Kuz'mina, E.I. & [et al.]. (2021). Study of the isotopic and chemical composition of the deep water of Lake Baikal / *Technique and technology of food production*. T. 51, 4, 723-732. DOI 10.21603/2074-9414-2021-4-723-732. (In Russ.).
19. Sevostyanova, E.M., Kuzmina, E.I., Sviridov, D.A. & [et al.]. (2020). Evaluation of the influence of water treatment methods on the isotope characteristics of packaged waters / *Beer and drinks*. 2, 20-23. DOI : 10.24411/2072-9650-2020-10014. (In Russ.).
20. Technical Regulations of the Eurasian Economic Union "On the safety of packaged drinking water, including natural mineral waters" (2017), TR EAEU 044/2017. Adopted by the Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated June 23, 2017 No. 45. (In Russ.).
21. Natural mineral drinking waters. General technical conditions. (2020). GOST R 54316-2020 from 13 March 2020. Moscow : *Standartinform*. (In Russ.).

#### Information about the authors

E. M. Sevostyanova - Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry - Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

A. A. Shilkin - junior researcher of All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry - Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.03.2023; одобрена после рецензирования 13.08.2023; принята к публикации 11.09.2023.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 2023; approved after editing on 13 Aug 2023; accepted for publication on 11 Sep 2023.