



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

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.003



ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИЗОТОПНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НАГУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Елена Михайловна Севостьянова ¹,
Александра Александровна Ложкомоева ²

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

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

² al.loo@mail.ru.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1751-1619>

Аннотация. На сегодняшний день в России действуют система и правила цифровой маркировки бутилированной воды с использованием средств идентификации. Однако информация, закодированная в маркировке Data Matrix, не всегда однозначно указывает на содержимое бутылки. Для точной идентификации минеральных вод применяют основные показатели солевого состава и бальнеокомпоненты (если они присутствуют). Тем не менее, текущие критерии оценки качества и безопасности минеральных вод не всегда позволяют гарантировать подлинность упакованной воды на основе географических и природных признаков. Расширение критериев оценки и их включение в соответствующие базы данных могут решить проблему фальсификации бутилированной воды, включая контрафактные продукты. В данной статье рассматривается разработка идентификационных показателей минеральных вод Нагутского месторождения (Ставропольский край), одного из самых крупных месторождений природных минеральных вод в Европе. Эксперименты были проведены специалистами ВНИИПБиВП с применением методов высокоэффективной жидкостной и газовой хроматографии, инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционной спектроскопии, титриметрии, рефрактометрии и масс-спектрометрии. Авторы исследовали физико-химический состав и соотношение изотопов кислорода и водорода лечебно-столовых и лечебных минеральных вод Нагутского месторождения. Сравнительный анализ основных показателей бутилированных минеральных вод различных торговых марок показал, что основным различием исследованных вод Нагутского месторождения является уровень общей минерализации и содержание хлоридов. В качестве идентификационных маркеров могут выступать микрокомпоненты, присутствующие в воде и характерные именно для данного месторождения, а также их изотопные характеристики. Разработанные критерии оценки для минеральных вод Нагутского месторождения позволяют четко идентифицировать их среди других аналогичных продуктов.

Ключевые слова: критерии идентификации, минеральная вода, стандартные показатели, изотопные характеристики, основной состав, бальнеокомпоненты, микрокомпоненты, маркеры, формула воды, особые свойства.

Для цитирования: Севостьянова Е. М., Ложкомоева А. А. Изучение физико-химических показателей и изотопных характеристик минеральных лечебно-столовых вод Нагутского месторождения // Ползуновский вестник. 2024. № 1, С. 21–29. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.003. EDN: <https://elibrary.ru/PZWDMJ>.

Original article

STUDY OF PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS AND ISOTOPIC CHARACTERISTICS OF MINERAL WATERS OF THE NAGUT DEPOSIT

Elena M. Sevostianova¹, Alexandra A. Lozhkomoeva²

^{1,2} All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry - Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS

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

² al.loo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1751-1619>

Abstract. Today in Russia there is a system and rules for digital labeling of bottled water using identification means. However, the information encoded in the Data Matrix label does not always clearly indicate the contents of the bottle. To accurately identify mineral waters, the main indicators of salt composition and balneological components (if present) are used. However, current criteria for assessing the quality and safety of mineral waters do not always guarantee the authenticity of packaged water based on geographical and natural characteristics. Expanding the evaluation criteria and their inclusion in relevant databases can solve the problem of adulteration of bottled water, including counterfeit products. This article discusses the development of identification indicators for mineral waters of the Nagutskoye deposit (Stavropol Territory), one of the largest deposits of natural mineral waters in Europe. The experiments were carried out by VNIIPBiVP specialists using the methods of high-performance liquid and gas chromatography, stripping voltammetry, atomic absorption spectroscopy, titrimetry, refractometry and mass spectrometry. The authors studied the physicochemical composition and ratio of oxygen and hydrogen isotopes of medicinal table and medicinal mineral waters of the Nagutskoye deposit. A comparative analysis of the main indicators of bottled mineral waters of various brands showed that the main difference between the studied waters of the Nagutskoye deposit is the level of total mineralization and chloride content. Microcomponents present in water and characteristic of a given deposit, as well as their isotopic characteristics, can act as identification markers. The developed evaluation criteria for mineral waters of the Nagutskoye deposit will allow them to be clearly identified among other similar products.

Keywords: identification criteria, mineral water, standard indicators, isotopic characteristics, basic composition, balneological components, microcomponents, markers, water formula, special properties.

For citation: Sevostyanova, E.M. & Lozhkomoeva, A.A. (2024). Study of physicochemical parameters and isotopic characteristics of mineral waters of the Nagut deposit. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 21-29. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.01.003. EDN: <https://elibrary.ru/PZWDMJ>.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема фальсификации пищевых продуктов и сырья, необходимого для их производства, остается очень актуальной для обеспечения пищевой безопасности и конкурентоспособности продукции. Все эти вопросы относятся и к рынку бутилированной воды.

В России внедрены система и правила цифровой маркировки бутилированной воды с использованием кода маркировки Data Matrix (далее Код). В то же время информация, заложенная в коде, не дает определенного ответа о содержимом бутылки. Для определения подлинности минеральных вод и их географического места происхождения необходима разработка научно обоснованных критериев идентификации и алгоритмов её проведения.

22

В качестве критериев идентификации минеральных вод обычно используется информация об их основном составе, гидрохимическом типе, бальнеологических компонентах, минерализации, которая отражается в маркировке и содержится в Коде. Эти индикаторы не позволяют однозначно идентифицировать бутилированную минеральную воду по географическим, природным и другим характеристикам. Необходимо расширить и скорректировать область критериев идентификации и дополнить соответствующие базы данных. Разработка и научное обоснование оценочных критериев, а также методологический подход для идентификации бутилированных природных вод, имеет важное значение для устранения проблемы фальсифицированной и контрафактной продукции.

В России одним из самых известных ре-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2024

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИЗОТОПНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НАГУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

гионов, где добываются всемирно известные минеральные воды, является КМВ – Кавказские Минеральные Воды. На КМВ разливается большое число минеральных вод с зарегистрированным географическим указанием и наименованием места происхождения товаров (НМПТ). Из-за своей популярности данные воды и становятся объектом подделок.

Курортный район КМВ известен своим богатым разнообразием водных ресурсов: здесь можно встретить практически все известные типы вод, исследованные мировой наукой и отточенные в процессе курортной практики (всего 16 различных типов). Общая минерализация большинства источников воды находится в широком диапазоне от 2 г/дм³ до 15 г/дм³ и подходит для различных бальнеотерапевтических процедур. Среди наиболее известных брендов минеральных вод из КМВ можно выделить «Ессентуки» № 17 и 4, «Славяновскую», «Смирновскую», а также горькие воды Баталинского источника, которые могут являться эталонами в оценке качества всех гидроминеральных ресурсов страны [1].

«Регион Кавказских Минеральных Вод (КМВ) является уникальным природным объектом, где сформировались месторождения различных по химическому составу и бальнеологическим свойствам углекислых минеральных вод. Формирование и распределение минеральных вод и их запасов на территории региона обусловлены его сложным геолого-тектоническим строением, современным магматизмом, геотермическими условиями, особенностями геоморфологии и климатических условий. Основным процессом, оказывающим влияние на формирование месторождений минеральных вод КМВ, является региональный термометаморфизм» [2].

«Одним из стратегически значимых месторождений для развития КМВ является Нагутское месторождение минеральных вод. Нагутское месторождение подземных минеральных вод расположено в северной части района КМВ (в 30 км от г. Ессентуки) и входит в Нагутский гидрогеологический район, который имеет весьма существенную особенность – наличие крупной газовой залежи углекисло-метанового состава в основании нижнемелового базального горизонта конгломератов. Возраст вод Нагутского района, согласно изотопным исследованиям, превышает 1000 лет. Нагутскому месторождению отнесены шесть участков недр с утвержденными запасами минеральных вод, совпадающих с границами ЗСО – I водозаборных скважин 9-бис, 26-н, 43, 47, 49 и 56-э» [3].

Химический состав минеральных вод

Нагутского месторождения формируется под влиянием сложных физико-химических процессов, таких как выщелачивание водовмещающих пород, катионный обмен и перемешивание. Этот уникальный комбинированный процесс создает идеальные условия для образования минеральных вод разных составов и лечебных свойств.

«Активность данного процесса наиболее высока в верхних частях разреза, так как глубинные газонасыщенные воды поступают по разломам фундамента ближе к поверхности. Именно здесь, смешиваясь и оттесняя менее минерализованные потоки, формируется окончательный химический и температурный облик восходящих вод. С гидроинжекционными гидрогеологическими структурами широко связаны разнообразные типы углекислых минеральных вод, особенно высокоценных питьевых: «Боржом», «Ессентуки-4», «Ессентуки-17», и приуроченные к нижнемеловым, верхнемеловым и нижнеплиоценовым отложениям» [4].

В работе Лаврушина В.Ю. были изучены особенности формирования и характеристики макро- и микрокомпонентного состава солей, а также изотопные соотношения водной и газовой фаз углекислых минеральных вод Северного Предкавказья. «Именно в пределах Нагутского месторождения в водоносном комплексе аптальба встречаются воды наиболее близкие по химическому типу к ессентукским. При этом вода позднемелового водоносного горизонта этого месторождения (скв. 47) является практически полным химическим аналогом вод типа Ессентуки-17. От ессентукских она отличается только более высокими концентрациями Sr (в 3 раза), K (в 1.9 раза), Rb и Cs (в ~1.4 раза). Очевидно, эти элементы можно использовать для идентификации этой воды в торговых сетях (для выявления возможной фальсификации этикеток). Повышенные концентрации щелочных металлов могут указывать на взаимодействие вод ранне- и позднемеловых водоносных комплексов в районе Нагутского месторождения» [5].

Анализ результатов расчетов условий формирования состава хлоридно-гидрокарбонатных вод Нагутского и Ессентукского месторождений выявил влияние гидрогеологических и геотермических условий и показал определенный ряд различий в условиях поступления и накопления углекислого газа, H₂SiO₃, SO₄²⁻ и Fe. «Существенным отличием минеральных вод этого района является их термальность в довольно большом диапазоне температур от теплых до гипертермальных, что нашло применение в бальнеолечении, когда сохраняется природная структура и целебные свойства воды» [6].

«На примере углекислых минеральных вод Нагутского месторождения были рассмотрены закономерности формирования химического состава подземных вод в экстремальных термодинамических сверхкритических и субкритических условиях. Важная роль в формировании термогазохимического состава минеральных вод принадлежит сверхкритическим флюидам (СКФ) H_2O и CO_2 . Применительно к Нагутскому месторождению углекислых минеральных вод можно утверждать, что из магматического очага, связанного с Кавминводским интрузивно-купольным поднятием, по опережающим Нагутскую зону разрывным нарушениям и смежными с ними зонам тектонической трещиноватости из кристаллического фундамента, сложенного метаморфическими и магматическими горными породами, поступают СКФ H_2O и CO_2 через слабо проницаемые юрские эвапориты. Они являются так называемой «коренной струей» и одной из составляющих ресурсной базы месторождения, определяющей формирование ее термогазохимического состава» [7].

Изучение влияния температуры на состав минеральных вод Нагутского месторождения показало, что повышение температуры способствует увеличению содержания элементов В и Si в воде. При этом увеличение минерализации замедляет рост концентрации кремния, но стимулирует увеличение содержания бора, приводя к образованию воды типа «борного» [8].

В минеральных водах 3-х месторождений КМВ была изучена роль сульфатредуцирующих бактерий в образовании сероводорода «в модельных опытах на минеральных водах Нагутского (3 скважины), Эссентукского (2 скважины) и Пятигорского (1 скважина) месторождений. В исходных образцах пластовой воды, использованных в опытах, сероводород отсутствовал. Сравнение процессов роста физиологических групп сульфатредуцирующих бактерий в минеральных водах региона КМВ с различными донорами электронов показало, что наиболее интенсивно сульфатредукция происходит с использованием лактата, менее интенсивно – водорода и только избирательно в водах отдельных скважин – ацетата. Вероятно, это является следствием развития определенных физиологических групп сульфатредуцирующих бактерий в подземных минеральных водах района КМВ, видовой состав которых определяется экологическими условиями их обитания – глубиной, температурой, давлением, составом вод и газов, наличием доступных органических веществ и т.д.» [9].

Даниловым С.Р. и соавторами рассмотрен основной химический состав вод Нагутского месторождения и возможности их исполь-

зования на курортах КМВ в бальнеологической практике. «Воды скважин характеризуются как мало-, среднеминерализованные слабоуглекислые минеральные воды гидрокарбонатного (практически хлоридно-гидрокарбонатного) натриевого состава с повышенным содержанием кремниевой кислоты, нейтральной либо слабокислой реакции среды. По температуре относятся к группе высокотермальных источников (50–60 °С), связанных едиными гидрогеологическими и газогидрохимическими условиями формирования и происхождения подземных минеральных вод в апт-альбском водоносном горизонте нижнего мела на глубинах 1000–1500 м. По органолептическим свойствам воды скважин представляют собой прозрачные бесцветные жидкости без запаха или со слабым специфическим запахом, слабо содовые или содовые на вкус. Благодаря наличию органических веществ и йода подземные воды Нагутского месторождения могут обладать лёгким специфическим запахом. Средние концентрации йода в воде скважины № 26-Н, № 43 и № 56-Э составляют до 0,3–0,4 мг/л. В соответствии с классификацией исследуемые воды являются лечебно-столовыми и рекомендованы в питьевых целях согласно медицинским показаниям как непосредственно у источника, так и после промышленного налива в бутылки. Природное разнообразие подземных минеральных вод, даже в пределах одного гидрохимического типа, только подчёркивает уникальность Нагутского месторождения, ресурсный потенциал которого необходимо направить для развития санаторно-курортного комплекса региона КМВ» [10].

Таким образом, использование научно обоснованных критериев и разработка алгоритма для определения географического происхождения и подлинности минеральных вод на основе более широкого списка идентификационных признаков поможет решить проблемы подделок и контрафакта в сегменте бутилированных вод.

Целью настоящего исследования было получение экспериментальных данных по химическому и изотопному составу минеральных вод Нагутского месторождения КМВ для разработки и обоснования идентификационных показателей конкретных наименований минеральных вод.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования выполнялись специалистами ВНИИПБиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Для исследования были выбраны воды

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИЗОТОПНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НАГУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

минеральные природные лечебно-столовые и лечебные Нагутского месторождения минеральных вод, включенные в [11], бутилированная вода («Нагутская-26», «Нагутская-56», «Нагутская-4», «Нагутская-17») и сырьевая вода из скважин № 26-н, № 56-Э, № 49, № 47), упакованные в потребительскую упаковку из полиэтилентерефталата и стекла. Ретроспектива исследования 2019–2022 гг.

Испытания образцов минеральной воды проведены на соответствие требованиям [11] и [12].

Определение нормируемых показателей проводили по методикам, входящих в область аккредитации ИЦ ВНИИПБиВП. Основной солевой состав минеральных вод определяли, используя титриметрический метод, метод ионной хроматографии на хроматографе жидкостном ионном Цвет-3006. Методом атомной-абсорбционной спектrophотометрии с электротермической атомизацией на атомно-абсорбционном спектrophотометре ААС-3 с электротермическим атомизатором ЕА-30 проведено определение токсичных элементов и ряда элементов солевого состава. Для определения бора использовали флуориметрический метод, а для бальнеокомпонентов (таких как кремний, бром, йод и другие) – колориметрический или фотометрический метод на спектrophотометре СФ-2000. Расчетные показатели, такие как общая минерализация (М) в г/л и содержание метакремниевой и ортоборной кислоты в мг/дм³, определялись в соответствии с требованиями [11]. Анализ изотопных характеристик минеральной воды проводился на изо-

топном масс-спектрометре Delta V Advantage от Thermo Fisher Scientific, США – Германия, с использованием модуля Gas Bench II, который позволяет определять изотопные отношения кислорода и водорода в образцах с концентрацией от 200 нмоль до 20 ммоль. Полученные статистические данные обрабатывались с помощью программы Statistics от Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA, 2006. Эксперименты проводились в 5÷6 повторениях с доверительной вероятностью $p \geq 95 \%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Месторождение минеральных вод Нагутское, расположенное в северной части КМВ и открытое в 1970-х годах, является самым крупным из изученных месторождений природных минеральных вод в Европе. В настоящее время на Нагутском месторождении добывается четыре типа природных минеральных вод, которые являются объектом нашего исследования. Недавно в продаже можно было встретить минеральную воду под брендами «Ессентуки № 4» и «Ессентуки № 17», добываемую из скважин Нагутского месторождения, поскольку их основной солевой состав очень схож.

В связи с этим основной задачей нашего исследования была разработка комплекса идентификационных показателей для вод Нагутского месторождения. Особые свойства (основной солевой состав и бальнеокомпоненты) вод минеральных Нагутского месторождения изложены в [11] и реестре [13] (табл. 1).

Таблица 1 – Особые свойства вод минеральных вод Нагутского месторождения

Table 1 – Special properties of the waters of the mineral waters of the Nagutskoye deposit

Показатель мг/дм ³	«Нагутская-26»		«Нагутская-56»	«Нагутская-4»		«Нагутская-17»	
	НМПТ	ГОСТ Р	ГОСТ Р	НМПТ	ГОСТ Р	НМПТ	ГОСТ Р
скважина	№ 26-н	№ 26-н, 43	№ 56-Э	№ 49	№ 49	№47	9-бис, 47
М, г/дм ³	3,8–6,8	4,0–7,0	6,0–9,5	6,0–9,0	6,0–10,0	10–14	10–14
K ⁺ + Na ⁺	1000–2000	1000–3000	1900–3000	2000–2700	1900–2700	2700–3900	2700–3900
Mg ²⁺	<50	1–50	1–50	<50	1–25	<150	<150
Ca ²⁺	<100	1–100	30–150	<100	10–100	<150	<150
Cl ⁻	250–400	200–700	400–750	600–900	550-1000	1200–2200	1200–2200
SO ₄ ²⁻	50–200	30–150	100–350	100–350	100-350	<150	<150
HCO ₃ ⁻	2500–4000	2300–4000	4600–6000	4000–5500	4000-5500	5000–7200	5000–7200
CO ₂ ³	400–1000	100–800	200–1200	495,1	200-1000	–	500–1200
H ₂ SiO ₃	20–50	10–80	10–70	44	10-80	25-50	25 – 50
H ₃ BO ₃	–	–	–	–	–	30-80	30 – 80

Для выполнения поставленной задачи были изучены как органолептические и физико-химические показатели, так и изотопные

характеристики исследуемых бутилированных минеральных вод и нативной воды из соответствующих им скважин. Органолепти-

ческие характеристики и солевой состав исследованных бутилированных минеральных вод и нативной воды с учетом сезонных колебаний был достаточно стабильным на протяжении всего исследования и соответствовал предъявляемым требованиям [11].

Установлено, что по химическому составу минеральные воды Нагутского месторождения отличаются большим разнообразием: две из проанализированных минеральных вод («Нагутская-26» и «Нагутская-56») относятся к среднеминерализованным (М 5–10 г/дм³) лечебно-столовым минеральным водам, группа – гидрокарбонатные натриевые, кремнистые/слабокремнистые. Ранее эксперты относили эти воды к водам гидрохимического типа «Боржомский», поскольку их основной химический состав был идентичен составу всемирно известной грузинской минеральной воды «Боржоми».

Вода минеральная «Нагутская-4» характеризуется как среднеминерализованная лечебно-столовая минеральная вода, хлоридно-гидрокарбонатной натривой подгруппы, по наличию бальнеокомпонентов как переходная слабокремнистая/кремнистая; «Нагутская-17» как высокоминерализованная ле-

чебная минеральная вода, подгруппа – хлоридно-гидрокарбонатная натриевая, борная, слабокремнистая, ранее они разливались под названиями «Ессентуки-4» и «Ессентуки-17» соответственно. В настоящее время каждой из вод присвоен свой самостоятельный тип воды по их наименованию, за исключением минеральной воды «Нагутская-17», которая отнесена к гидрохимическому типу «Ессентукский № 17».

На основании полученных экспериментальных данных и фондовых данных ВНИИПБиВП были установлены показатели для идентификации минеральных вод Нагутского месторождения, которые разбиты по степени значимости на компоненты основного солевого состава, входящие в формулу минеральной воды; компоненты, не включенные в формулу, но являющиеся «традиционными» для идентификации и бальнеологические компоненты, содержащиеся в концентрациях, равных или превышающих бальнеологические нормы в соответствии с [12] и определяющие группу минеральной воды; микрокомпоненты, характерные для данного месторождения (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика минеральных вод Нагутского месторождения (макро- и микрокомпоненты)

Table 2 – Characteristics of the mineral waters of the Nagutskoye deposit (macro- and micro-components)

Показатель	«Нагутская-26»	«Нагутская-56»	«Нагутская-4»	«Нагутская-17»
	Ср±δ, мг/дм ³			
I. Показатели, характеризующие подгруппу минеральных вод по соотношению ионов основного ионно-солевого состава				
Na ⁺ +K ⁺	1350±22	2344±72	2475±43	3075±114
Cl ⁻	281±23	601±20	793±7	1764±37
SO ₄ ²⁻	63±4	205±7	240±38	10±3
HCO ₃ ⁻	3221±52	5231±47	4981±83	5707±162
M, мг/л	5070±96	8500±120	8600±160	10785±270
II. Показатели, характеризующие группу минеральных вод по биологически активным компонентам и подгруппу элементов солевого состава, не входящих в формулу воды				
Mg ²⁺	10±0,5	18±6	7±1,5	50±10
Ca ²⁺	34±8	55±9	26±3,5	94±18
H ₂ SiO ₃	56±6	42±1,2	50±8	36±11
H ₃ BO ₃	9±1	17±3	17±5	59±14
III. Показатели, предлагаемые для идентификации				
Li ⁺	0,32±0,1	0,42±0,03	0,3±0,1	1,1±0,01
Sr ²⁺	1,4±0,4	1,4±0,4	1,4±0,6	8,6±3
Ba ²⁺	0,8±0,2	0,6±0,3	0,2±0,03	1,1±0,3
F ⁻	3,8±0,5	2,4±0,6	2,4±0,7	1,4±0,4
Br ⁻	3,5±0,7	2,5±0,3	3,9±0,5	7,2±1,4
I ⁻	0,3±0,1	0,3±0,02	0,4±0,15	1,6±0,2

Компоненты основного солевого состава «Нагутских» минеральных вод, определяющие их подгруппу (натрий, калий, хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты), и общая минерализация соответствовали установленным требованиям документов по стандартизации и были

достаточно стабильными, но несколько различались в зависимости от используемой скважины. Основное отличие минеральных вод Нагутского месторождения в значении общей минерализации и хлоридов (рис. 1).

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИЗОТОПНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НАГУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

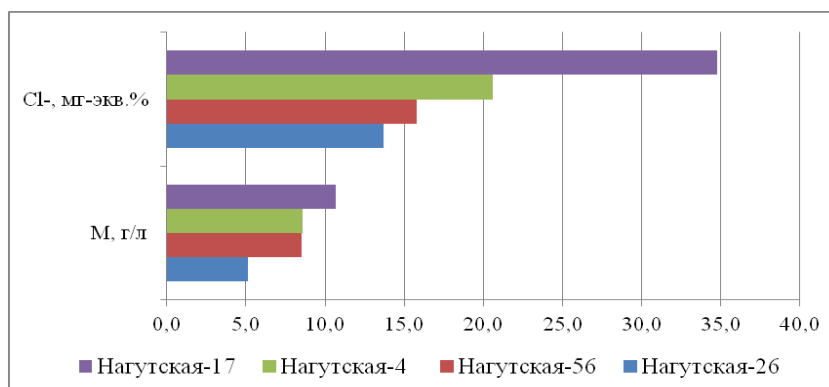


Рисунок 1 – Идентификационные показатели минеральных вод Нагутского месторождения

Figure 1 – Identification indicators of mineral waters of the Nagutskoye field

По содержанию бальнеокомпонентов «Нагутские» минеральные воды относятся:

- по бору к группе борных вод только «Нагутская-17», содержание ортоборной кислоты 59 мг/дм³ (норма не менее 35 мг/дм³);

- по кремнию к группе кремнистые «Нагутская-26» (норма не менее 50 мг/дм³), слабокремнистые «Нагутская-56» и «Нагутская-17» (норма 25–50 мг/дм³); «Нагутская-4» относится к переходной группе, т.е. содержание метакремниевой кислоты в скважине и готовой продукции определяется на уровне 50±8 мг/дм³.

Кроме основных критериев идентификации (I и II группа показателей) предлагаются дополнительные показатели – микроэлементы,

стабильно присутствующие в водах Нагутского месторождения минеральных вод (литий, стронций, барий, фториды, йодиды и бромиды) (табл. 3).

Установлено, что в пределах одного месторождения и сходных условиях формирования, исследованные минеральные воды также отличаются и по изотопным характеристикам, которые могут быть использованы как критерии при их идентификации (табл. 4). Бутилированная вода «Нагутская-26» и нативная вода из скважины № 26-н характеризовались меньшим значением соотношения изотопов кислорода δ¹⁸O и водорода δD, чем минеральная вода «Нагутская-3» и соответствующая ей скважина № 49.

Таблица 3 – Изотопные характеристики минеральных вод «Нагутская-4» и «Нагутская-26» (среднее по выборке)

Table 3 – Isotopic characteristics of Nagutskaya-4 and Nagutskaya-26 mineral waters (sample average)

№ п/п	Наименование минеральной воды	δO ¹⁸ , ‰		δD, ‰	
		Упаков. вода	Скв.	Упаков. вода	Скв.
1.	«Нагутская-4»	(-11,63 ± 0,08)	(-12,14 ± 0,01)	(-73,50 ± 0,59)	(-74,26 ± 0,38)
2.	«Нагутская-26»	(-12,94 ± 0,09)	(-13,06 ± 0,09)	(-79,26 ± 0,09)	(-80,25 ± 0,98)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Россия занимает ведущее место в мире по добыче и производству бутилированных минеральных вод. Бутилированные минеральные воды как лечебно-столовые, так и лечебные это не только пищевой продукт, но и природный бальнеотерапевтический ресурс, который оказывает лечебно-профилактическое воздействие на организм человека. Положительное влияние на здоровье минеральных вод установлено многочисленными исследованиями, поэтому обнаружение фальсификата является актуальной задачей. Одним из направлений является разработка научно обоснованных критериев определения подлинности минеральных вод и их географического места происхождения. Сегодня при их идентификации применяется ограни-

ченный перечень показателей, который не дает однозначного ответа о природном и географическом происхождении продукции. Целью настоящего исследования была разработка комплекса идентификационных показателей для вод Нагутского месторождения, которые бы позволили получить полный ответ о её качестве и безопасности.

Для реализации поставленной цели в эксперименте были изучены органолептические, макро- и микрокомпоненты и изотопные соотношения минеральных вод Нагутского месторождения как бутилированная вода, так и вода из соответствующих скважин. Химический состав «Нагутских» минеральных вод описывается формулами, представленными в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика химического состава образцов минеральных вод

Table 4 – Characteristics of the chemical composition of mineral water samples

Наименование	Формула химического состава		Классификация по [14]
«Нагутская-26»	M 5,1	$\frac{\text{HCO}_3 \text{ 84,1 Cl } 13,7}{(\text{Na+K}) \text{ 94,4}}$ H ₂ SiO ₃ 56	Лечебно-столовая, гидрокарбонатная натриевая, кремнистая
«Нагутская-56»	M 8,5	$\frac{\text{HCO}_3 \text{ 80,2 Cl } 15,8}{(\text{Na+K}) \text{ 96}}$ H ₂ SiO ₃ 42	Лечебно-столовая, гидрокарбонатная натриевая, слабощелочная
«Нагутская-4»	M 8,6	$\frac{\text{HCO}_3 \text{ 74,8 Cl } 20,6}{(\text{Na+K}) \text{ 98,3}}$ H ₂ SiO ₃ 50	Лечебно-столовая, хлоридно-гидрокарбонатная натриевая, слабощелочная / кремнистая
«Нагутская-17»	M 10,8	$\frac{\text{HCO}_3 \text{ 64,5 Cl } 34,8}{(\text{Na+K}) \text{ 92,7}}$ H ₂ SiO ₃ 36 H ₃ BO ₃ 59	Лечебная, хлоридно-гидрокарбонатная натриевая, борная, слабощелочная

Для минеральных вод Нагутского месторождения были разработаны критерии идентификации и дополнен перечень идентификационных показателей. Установлено, что по стандартным идентификационным показателям (I и II блок) все исследованные образцы вод соответствовали установленным к ним требованиям [11]. Комплексный анализ проведенных исследований позволил выявить статистически значимые различия в концентрации как стандартных показателей, так и дополнительных, предлагаемых как идентификационные. Маркерами идентификации могут служить микрокомпоненты и соотношения изотопов кислорода δ¹⁸O и водорода δD, характерные для Нагутского месторождения (таблицы 3, 4). Разработанные критерии идентификации «Нагутских» минеральных вод позволят четко выделить их из ряда аналогичной продукции.

ВЫВОДЫ

1. Были получены новые экспериментальные данные по физико-химическому составу и изотопным характеристикам минеральных вод Нагутского месторождения для разработки и научного обоснования критериев их идентификации.

2. Для каждой из «Нагутских» минеральных вод разработан комплекс идентификационных показателей, состоящий из 3 блоков и включающий как стандартные показатели (основной состав, бальнеокомпоненты и минерализация), так и дополнительные показатели (микрокомпоненты и изотопные соотношения, характерные для используемых источников водоснабжения).

3. Установлено, что для идентификации минеральной воды с Нагутского месторождения можно использовать микрокомпоненты, такие как литий, стронций, барий, фтор, йод и бром.

4. Показано, что изотопные характеристики исследуемых минеральных вод могут

быть использованы в качестве дополнительных маркеров для их идентификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кольчугина Т.А. Классификация гидроминеральных ресурсов Кавказских Минеральных Вод // Университетские чтения – 2018 : Материалы научно-методических чтений ПГУ, Пятигорск, Том XIV, Пятигорск : Пятигорский государственный университет. 2018. С. 184–191.
2. Бондарева Г.Л. Условия формирования месторождений минеральных вод региона Кавказских Минеральных Вод // Геология, география и глобальная энергия. 2008. № 1(28). С. 115–119.
3. Севостьянова Е.М., Ганин М.Ю. Сравнительная оценка идентификационных показателей минеральных вод Нагутского и Ессентукского месторождений на примере лечебно-столовых вод «Нагутская-4» и «Ессентуки № 4» // Пищевые системы. 2023. Т. 6, № 3. С. 329–336. DOI : 10.21323/2618-9771-2023-6-3-329-336.
4. База данных по месторождениям региона Кавказские Минеральные Воды [Электронный ресурс] URL : <https://softsyntez.ru/mineralbase.php?id=3> (дата обращения 15.11.2023).
5. Lavrushin V.Yu., Lisenkov A.B., Aidarkozhina A.S. Genesis of the Yessentuki deposit of carbonated waters // North Caucasus. Geochemistry. 2020. № 65. С. 77–91. <https://doi.org/10.1134/S0016702920010082>.
6. Королев Б.И., Лисенков А.Б. Сравнение природных условий формирования минеральных вод Ессентукского и Нагутского месторождений // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2018. № 2. С. 30–40.
7. Абрамов В.Ю. Формирование химического состава подземных вод в экстремальных термодинамических условиях (на примере Нагутского месторождения углекислых минеральных вод) // Недрапользование XXI век. 2013. № 5(42). С. 67–71.
8. Limantseva O.A., Cherkasova E.V., Potapov E.G., Danilov S.P. Analysis of accumulation conditions of minor elements in mineral waters: An example of hydrocarbonate sodic waters of the Nagutskoe mineralized groundwater field // Geochemistry International. 2016. № 54. С. 712–718. <https://doi.org/10.1134/S001670291608005X>.
9. Потапов Е.Г., Дубинина Г.А., Данилов С.Р. [и др.]. Физико-химические и микробиологические исследования подземных минеральных вод района КМВ // Курортная медицина. 2014. № 4. С. 14–20.
10. Данилов С.Р., Потапов Е.Г., Лизогубов В.А. [и др.]. Химический состав гидрокарбонатных натрие-

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИЗОТОПНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НАГУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

вых вод Нагутского месторождения (Ставропольский край) и возможность их дифференцированного использования в лечебно-питьевых целях // Курортная медицина. 2016. № 4. С. 8–13.

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

12. ТР ЕАЭС 044/2017 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.

13. Реестр географических указаний (ГУ) и наименований мест происхождения товаров (НМПТ) Российской Федерации [Электронный ресурс] – URL: <https://www1.fips.ru/register-web/action?acName=clickRegister®Name=RUGP> (дата обращения 27.11.2023).

14. Классификация природных лечебных ресурсов. Утверждена приказом Минздрава России № 557н от 31 мая 2021 г.

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. Ложкомоева – инженер-исследователь ВНИИПБиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

REFERENCES

1. Kolchugina, T.A. (2018). Classification of hydromineral resources of the Caucasian Mineral Waters. *University readings, 2018: Materials of scientific and methodological readings of PSU*, Pyatigorsk, Volume XIV, Pyatigorsk : Pyatigorsk State University. 184-191. (In Russ.).

2. Bondareva, G.L. (2008). Conditions for the formation of mineral water deposits in the Caucasian Mineral Waters region. *Geology, geography and global energy*. 1(28). 115-119. (In Russ.).

3. Sevostyanova, E.M., Ganin, M.Yu. (2023). Comparative assessment of identification indicators of mineral waters of the Nagutsky and Essentuki deposits using the example of medicinal table waters “Nagutskaya-4” and “Essentuki No. 4”. *Food systems*. 6(3). 329-336. DOI 10.21323/2618-9771-2023-6-3-329-336. (In Russ.).

4. Database on deposits of the Caucasian Mineral Waters region Retrieved from <https://softsyntez.ru/mineralbase.php?id=3>.

5. Lavrushin, V.Yu, Lisenkov, A.B. & Aidarkozhi-

na, A.S. (2020). Genesis of the Yessentuki deposit of carbonated waters. *North Caucasus. Geochemistry*. 65.77-91. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0016702920010082>.

6. Korolev, B.I., Lisenkov, A.B. (2018). Comparison of natural conditions for the formation of mineral waters of the Essentuki and Nagutskoe deposits // *Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2. 30-40. (In Russ.).

7. Abramov, V.Yu. (2013). Formation of the chemical composition of groundwater under extreme thermodynamic conditions (using the example of the Nagutskoye deposit of carbon dioxide mineral waters). *Subsoil use XXI century*. 5(42). 67-71. (In Russ.).

8. Limantseva, O.A., Cherkasova, E.V., Potapov, E.G., Danilov, S.P. (2016). Analysis of accumulation conditions of minor elements in mineral waters: An example of hydrocarbonate sodic waters of the Nagutskoe mineralized groundwater field. *Geochemistry International*. 54. 712-718. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S001670291608005X>.

9. Potapov, E.G., Dubinina, G.A., Danilov, S.R. [et al.]. (2014). Physico-chemical and microbiological studies of underground mineral waters in the KMS region. *Resort Medicine*. 4. 14-20. (In Russ.).

10. Danilov, S.R., Potapov, E.G., Lizogubov, V.A. [et al.]. (2016). Chemical composition of sodium bicarbonate waters of the Nagut deposit (Stavropol Territory) and the possibility of their differentiated use for medicinal and drinking purposes. *Resort Medicine*. 4.8-13. (In Russ.).

11. GOST R 54316-2020 (2020). Natural mineral drinking waters. General technical conditions, М. : Standartinform. 49 p. (In Russ.).

12. EAEU TR 044/2017 (2017). Technical Regulations of the Eurasian Economic Union “On the safety of packaged drinking water, including natural mineral waters” (EAEU TR 044/2017). Adopted by Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated June 23, 2017 N 45. (In Russ.).

13. Register of geographical indications (GI) and appellations of origin (AO) of the Russian Federation Retrieved from <https://www1.fips.ru/register-web/action?acName=clickRegister®Name=RUGP>.

14. Classification of natural medicinal resources. (2021). Approved by order of the Russian Ministry of Health No. 557n dated May 31, 2021. (In Russ.).

Information about the authors

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

A.A. Lozhkomoeva - research engineer of All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry - Branch of V.M. Gorbatov 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 29 мая 2023; одобрена после рецензирования 29 февраля 2024; принята к публикации 05 марта 2024.

The article was received by the editorial board on 29 May 2023; approved after editing on 29 Feb 2024; accepted for publication on 05 Mar 2024.