

УДК 664.123.4.001.573

UDC 664.001.8: 613.2: 796

05.00.00 Технические науки

Technical science

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОДЫ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ДЕЙТЕРИЯ**PREPARATION AND APPLICATION OF LIGHT WATER IN FOOD TECHNOLOGY**

Касьянов Геннадий Иванович
д.т.н., профессор
Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия

Kasyanov Gennady Ivanovich
Dr.Sci.Tech., professor
*Kuban State University of Technology
Krasnodar, Russia*

Христюк Алексей Владимирович
к.т.н., заместитель директора по производству
Филиал № 1 ЗАО «Московский пиво-безалкогольный комбинат Очаково», г. Краснодар, Россия

Khristyuk Alexey Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., Deputy Director for Production
*Branch № 1 JSC "Moscow Beer and Beverage Plant
Ochakovo", Krasnodar, Russia*

Ольховатов Егор Анатольевич
к.т.н., доцент
Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

Olhovatov Egor Anatolevich
Cand.Tech.Sci., associate professor,
*Kuban State Agrarian University
Krasnodar, Russia*

Вода является важнейшей субстанцией состава всех живых организмов нашей планеты. Активная индустриализация общества привела к увеличению количества воды, затрачиваемой на народохозяйственные нужды и к повышению объемов плохо очищенных сточных вод. В XX веке, в период гонки вооружений, в США, СССР, Англии, Франции, Китае, при испытаниях ядерного оружия, значительно возросло содержание дейтерия в подземных и наземных водоемах. Образующиеся при делении ядер свободные нейтроны, попадая в ядро атома водорода, образуют атом дейтерия. В последние 70 лет содержание дейтерия в водоемах увеличилось почти на 30 %. Природные водоемы и реки уже не справляются с самоочищением загрязненных вод. В большинстве регионов нашей страны действуют запреты на использование природных водных источников для питья и купания. Только редкие горные ключи и талые воды ледников горных вершин обладают первозданной чистотой воды при низком содержании дейтерия. Имеется достоверная информация о пагубном воздействии тяжелой воды на биологические объекты и о возможности снижения содержания дейтерия в водопроводной воде с помощью технических средств. Апробированным на практике способом получения так называемой «протиевой» воды является паровая разгонка, основанная на известном кинетическом изотопном эффекте разницы температур кипения легкой воды (100 °C) и тяжелой воды (103 °C), однако для этого способа характерны повышенные энергозатраты. Он экономически не оправдан. Другим способом получения легкой воды является электролиз, который несмотря на значительный расход электроэнергии имеет перспективы внедрения. Наша рабо-

Water is the most important substance of the composition of all living organisms on our planet. Active industrialization of society has led to an increase in the amount of water consumed for the needs of the economy and to increase the volume of poorly treated sewage. In the twentieth century, during the arms race, the United States, the USSR, Britain, France, China, in the tests of nuclear weapons, the deuterium content in groundwater and surface waters has increased significantly. Formed in nuclear fission neutrons loose, falling into the nucleus of a hydrogen atom form a deuterium atom. In the last 70 years, the deuterium content of water bodies has increased by almost 30%. Natural ponds and rivers no longer cope with self-purification of polluted water. In most regions of the country there are restrictions on the use of natural sources of water for drinking and bathing. Only the rare mountain springs and meltwater mountain tops glaciers have pristine purity of water with a low content of deuterium. There is reliable information about the harmful effects of heavy water on biological objects and the possibility of reducing the deuterium content in tap water by technical means. A method of producing so-called "protium" steam distillation of water proven in practice is based on the famous kinetic isotope effect difference of light water boiling temperature (100 °C) and heavy water (103 °C), but this method is characterized by higher energy costs. It is not economically justified. Another method of forming the light water is electrolysis, which in spite of the considerable power consumption has prospects of implementation. Our job is to create a viable water separation technology with a different isotopic composition. The resulting improved technology for water with DDW will be widely used in the production of beverages and a variety of other

та заключается в создании жизнеспособной технологии разделения воды с различным изотопным составом. Полученная по усовершенствованной технологии вода с пониженным содержанием дейтерия найдет широкое применение в производстве напитков и целого ряда других пищевых продуктов

foods

Ключевые слова: ДЕЙТЕРИЙ, ПРОТИЙ, ЛЕГКАЯ ВОДА, ТЯЖЕЛАЯ ВОДА, ТЕХНОЛОГИЯ, НАПИТКИ

Keywords: DEUTERIUM, PROTIUM, LIGHT WATER, HEAVY WATER, TECHNOLOGY, BEVERAGE

Doi: 10.21515/1990-4665-126-034

Введение

Мировое научное сообщество серьезно озабочено продолжающимся сокращением количества пригодной для питья воды и ухудшением ее качества. Социологи утверждают, что в недалеком будущем основные конфликты между странами и континентами будут возникать из-за недостатка экологически чистой пресной питьевой воды.

В последние годы на первый план выходят экологические проблемы. Население промышленно развитых стран испытывает дефицит пресной воды, пригодной для использования в производственных, бытовых и санитарных нуждах. Крупные средства расходуются на очистку промышленных сточных вод. Усиленными темпами развивается наука о воде – аквабиотика, подчеркивающая роль воды в жизнедеятельности организма. Достоинством широкой общественности стала информация о негативном влиянии тяжелой воды на рост и развитие микроорганизмов.

Ведется постоянный мониторинг о наличии тяжелых изотопов водорода (дейтерия) в воде [1]. Органы санэпиднадзора приводят информацию, что если содержание дейтерия в мировом океане в конце XIX в. составляло 120 мг/дм^3 , то за последние десятилетия его количество существенно возросло. Первопричиной этого явления послужили испытания ядерного оружия на планете в 50–70-х гг. прошлого века, когда поток высвобождаемой при взрывах ядерной энергии, приводил к многократному увеличению содержания дейтерия в воде. Сейчас содержание дейтерия в океане достигло

160 мг/дм³, 150 мг/дм³ в реках и 127 мг/дм³ в талых водах снежных вершин.

Тяжелая вода используется в ядерных установках для поглощения и замедления медленные нейтроны, после использования закачивалась в подземные пустоты, из которых со временем диффундировала в окружающую среду [2, 3]. В ряде стран выполнены исследования по изучению свойств воды с высоким содержанием протия и «тяжелой» воды с высоким содержанием дейтерия [4, 5, 6]. Экспериментально установлено, что «тяжелая» вода не поддерживает жизнедеятельность живых организмов и вредна для человеческого организма [7, 8].

Постановка проблемы

Изучение свойств «легкой» водой подтвердили ее высокие биологические свойства на проращивание семян и рост растений [9], на активность дрожжей и ход химических реакций [10], на восстановление иммунных функций организма [10, 12] и т.д. (рисунок 1).

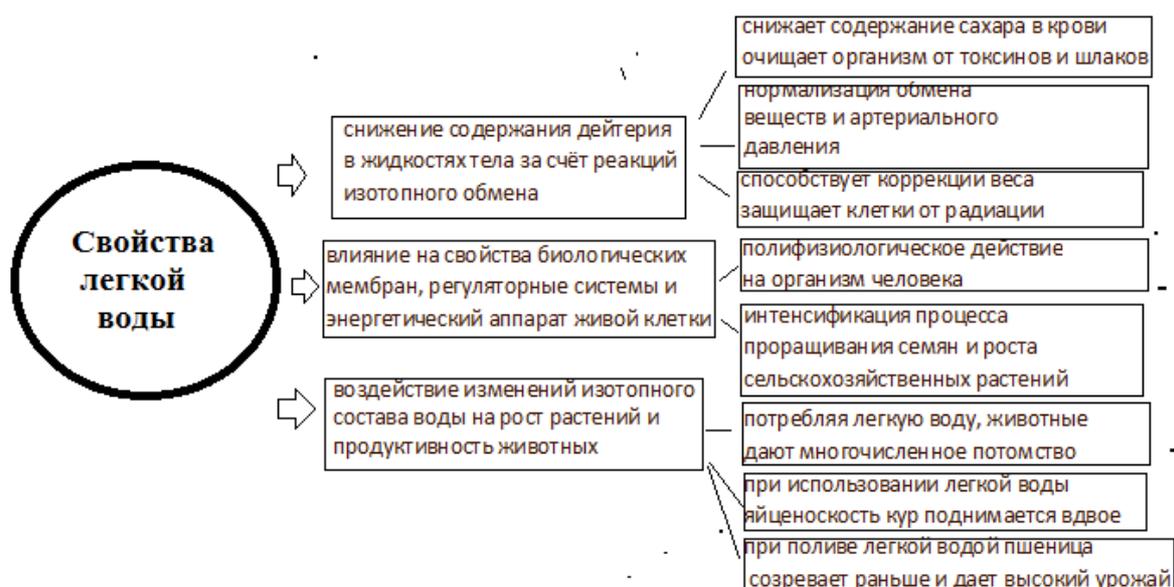


Рисунок 1 – Свойства и направления использования «легкой» воды

В научных лабораториях постоянно идет поиск новых способов разделения изотопов кислорода и водорода. Освоены способы электромагнитного разделения изотопов, газовой и жидкостной диффузии, газовой и аэродинамической сепарации, дистилляции и электролиза.

Использование способа газовой диффузии основано на различии скоростей движения газов с разной массой (рисунок 2).

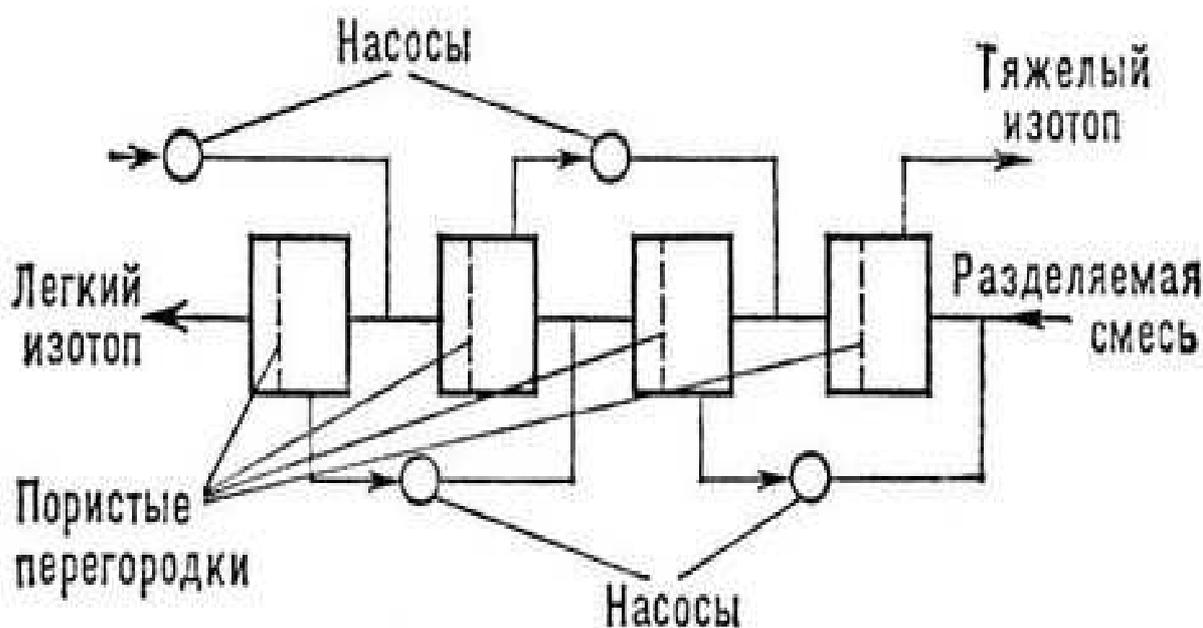


Рисунок 2 – Схема устройства для разделения изотопов методом газовой диффузии

Однако способ газовой диффузии приемлем только для смесей газов и не нашел широкого применения.

Наиболее востребованным способом оказался способ изотопного разделения воды на ректификационных колоннах (рисунок 3). В результате непрерывного массообмена между молекулами жидкой и паровой водяной фазы, жидкая фаза по высоте колонны обогащается более высококипящим компонентом, а паровая фаза – более низкокипящим дейтерием и другими тяжелыми изотопами – тритием (Т) и кислородом (^{18}O).

Способ разделения изотопов воды на ректификационных колоннах энергозатратный и требует использования крупногабаритного оборудования. С использованием такого способа в Санкт-Петербурге выпускается «легкая» вода под маркой «Лангвей», с отбором в колонне фракции воды, кипящей точно при $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12]. Более тяжелая вода кипит при температуре $+101,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Полученная по такой технологии «легкая» вода фактически представляет собой дистиллированную воду, без привычных минералов.

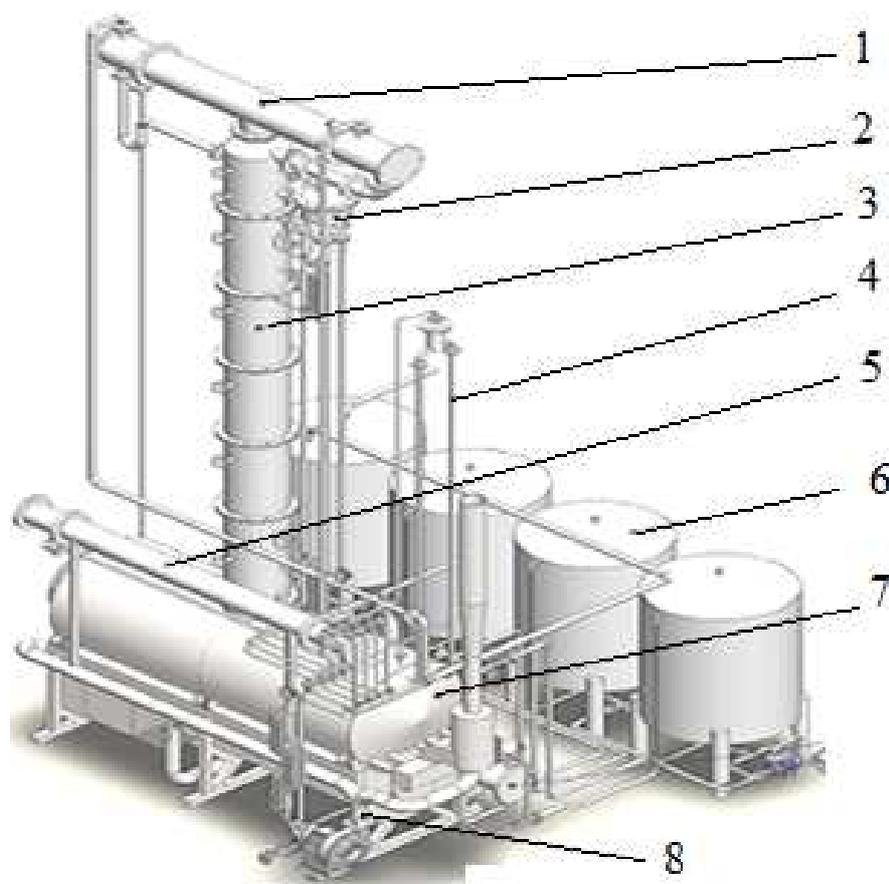


Рисунок 3 – Схема ректификационной колонны для получения легкой воды:

- 1 – конденсатор, 2 – делитель, 3 – колонна, 4 – система трубопровода,
 5 – холодильник дистиллята, 6 – сборник,
 7 – холодильник для остатка воды, 8 – система продувки

Исследования и результаты

Сотрудники Кубанского государственного университета, под руководством профессора Барышева М.Г, усовершенствовали способ получения «легкой» воды электролизом [13] (рисунок 4). Процесс получения легкой воды на установке КубГУ автоматизирован. Себестоимость готового продукта практически в 2 раза ниже по сравнению с ректификационным способом. Для оценки содержания дейтерия и тяжелого кислорода в воде используется спектрометр ЯМР марки JNM ECA 400, 400 МГц.

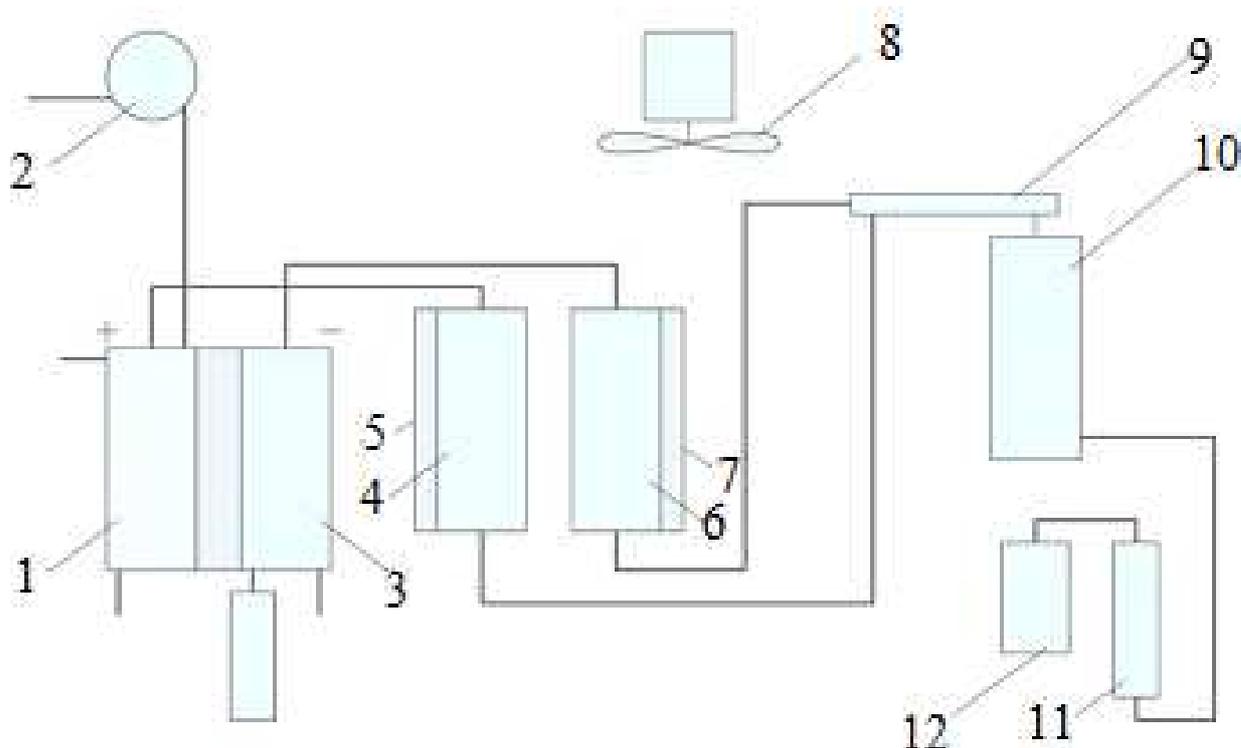


Рисунок 4 – Структурная схема установки получения легкой воды электролизом:

- 1 – анод, 2-конденсат, 3 – катод, 4 – осушитель, 5, 7 – мембраны,
8 – вентилятор, 9 – каталитическая горелка,
10 – конденсатор, 11, 12 – сборники легкой воды

Варнавский И.Н. и др. разработали способ и устройство для получения воды с низким содержанием дейтерия за счет замораживания водяного пара и обработки талой воды УФ- и ИК-облучением [11].

Очищенный конденсат атмосферной влаги или дистиллят поступает в анодную камеру электролизера с твердым ионообменным электролитом, где осуществляют процесс электролиза при температуре 60–80 °С. Образующиеся в результате электролиза обедненные дейтерием кислород и водород с парами воды подают в осушитель кислорода и в реактор изотопного обмена, внешние боковые стенки которых образованы из ионообменных мембран.

На рисунке 5 приведена схема такой установки.

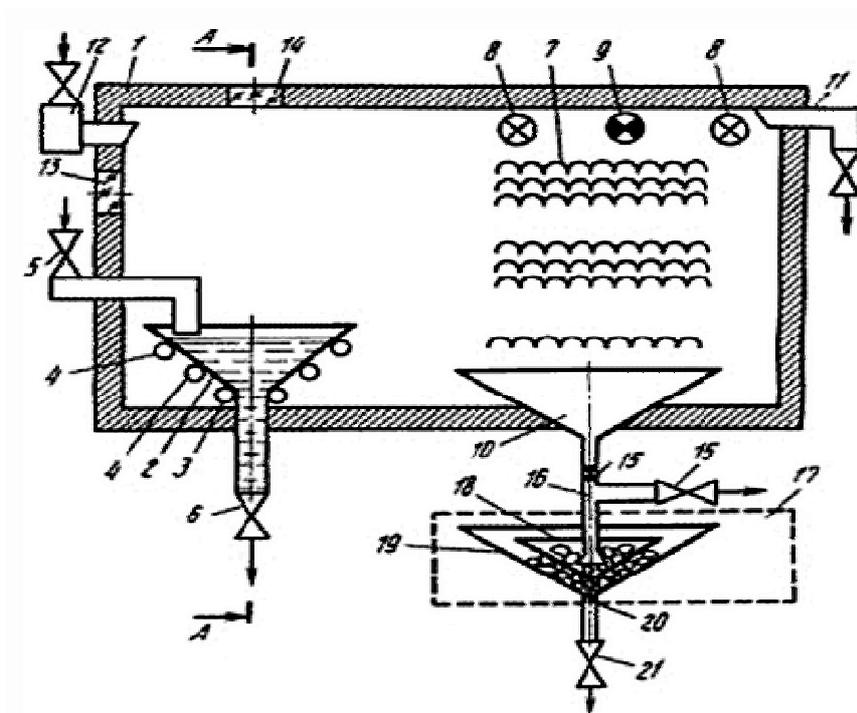


Рисунок 4 – Установка для получения легкой воды способом замораживания паров воды:

- 1 – корпус; 2 – испаритель; 3 – нагреватель; 4 – охладитель;
 5, 6, 15, 21 – вентили; 7 – устройство для конденсации и замораживания
 водяного пара; 8, 9 – источники УФ и ИК-излучения; 10 – емкость для та-
 лой воды; 11 – вакуумнасос; 12 – устройство для подачи воздуха или газа;
 13, 14 – смотровые стекла; 16 – патрубок; 17 – блок формирования струк-
 туры и свойств талой воды; 18 – емкость; 19 – внешняя емкость с минера-
 лами; 20 – адсорбционный фильтр

Особенностью установки является размещение, наряду с морозильной камерой УФ и ИК-излучателей.

В КубГТУ разработано устройство и способ получения воды с пониженным содержанием дейтерия (рисунок 5).



Рисунок 5 – Структурная схема получения легкой воды

В качестве объекта исследования использовали питьевую воду, параметры которой соответствовали требованиям ГОСТ Р 51232 –2003. Содержание дейтерия в воде составляло 135 мг/дм^3 . Для изменения структуры воды ее обрабатывали электромагнитным полем низкой частоты. Затем удаляли часть тяжелой воды добавлением в раствор гранул твердого диоксида углерода, а незамерзшую часть воды (рассола) откачивали.

Заключение

Выполненное исследование позволяет получать воду с пониженным содержанием дейтерия при использовании эффекта разности температур замерзания тяжелой и легкой воды. Разработана установка для получения пищевой протиевой воды в лабораторных условиях, позволяющая очищать водопроводную воду от содержания дейтерия, трития, солей и вредных примесей.

От существующих, ранее разработанных, данный способ отличается использованием гранулированного твердого диоксида углерода и обработки воды электромагнитным излучением. Наша работа позволяет создать жизнеспособную технологию разделения воды с различным изотопным составом. Полученная по усовершенствованной технологии вода с пониженным содержанием дейтерия безусловно имеет широкие перспективы применения в производстве напитков и целого ряда других пищевых продуктов.

Литература

1. Бисикало, А.Л. Количественная спектроскопия ЯМР ^2H , ^{13}C и ^{17}O в изучении изотопного состава воды и ее структурных особенностей в растворах: автореферат дис. ... канд. химич. наук / А.Л. Бисикало – Иркутск, 2012. – 24 с.
2. Pope, E.C. Isotope composition and volume of Earth's early oceans / E.C. Pope, D.K. Bird, M. T. Rosing // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2012. – № 12. – P. 43–71.
3. Гуров, Ю.Б. Спектроскопия сверхтяжелых изотопов водорода / Ю.Б. Гуров, Б.А. Чернышев – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 60 с.
4. Барышев, М.Г. ЯМР и ЭПР исследование влияния воды с пониженным содержанием дейтерия на показатели прооксидантно-антиоксидантной системы у лабораторных животных / М.Г. Барышев, С.С. Джимаков, С.Н. Болотин и др. // *Экологический вестник научных центров ЧЭС*. – 2011. – № 3. – С.16–20.
5. Мартынов, А.К. Оценка биологической активности воды с пониженным содержанием дейтерия / А.К. Мартынов, И.В. Артемкина, А.А. Тимаков, и др. // *Новые биотехнологические и телемедицинские технологии XXI века: материалы конференции*. – Петрозаводск, 2003. – С. 57.
6. Жданов, В. М. Тайны разделения изотопов / В.М. Жданов – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 224 с.
7. Изотопы: свойства, получение, применение / под ред. Баранова В.Ю. – М.: ИздАТ, 2000. – 703 с.
8. Lis, G. High-Precision Laser Spectroscopy D/H and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ Measurements of Microliter Natural Water Samples / G. Lis, L.I. Wassenaar, M.J. Hendry // *Analytical Chemistry*. – 2008. – 80(1). – P. 16–22.
9. Пономарева, А.Л. Изучение биологических эффектов воды с помощью методов биотестирования: автореферат дис. ... кандидата биологических наук / А.Л. Пономарева. – Иркутск, 2012. – 20 с.
10. Somlyai, G. The biological effect of deuterium depletion / G. Somlyai – Budapest, Akademiai Kiado, 2002. – P. 18–42.
11. Варнавский, И.Н. Новая технология и установка для получения очищенной биологически активной целебной питьевой воды: дисс. в виде научного доклада докт. техн. наук. / И.Н. Варнавский. – М.: 2000. – 99 с.
12. Легкая вода «Лангвей 60», V Всероссийский форум «Здоровье нации – основа процветания России», <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2736503>

13. Пат. 2438765 Российская Федерация, МПК В01D 59/40 (2006.01). Способ получения биологически активной питьевой воды с пониженным содержанием дейтерия / Фролов В.Ю., Барышев М.Г., Болотин С.Н., Джимаков С.С.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный университет – № 2010121324/05; заявл. 25.05.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.

References

1. Bisikalo, A.L. Kolichestvennaja spektroskopija JaMR 2N, 13S i 17O v izuchenii izotopnogo sostava vody i ee strukturnyh osobennostej v rastvorah: avtoreferat dis. ... kand. himich. nauk / A.L. Bisikalo – Irkutsk, 2012. – 24 s.
2. Pope, E.C. Isotope composition and volume of Earth's early oceans / E.C. Pope, D.K. Bird, M. T. Rosing // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2012. – № 12. – P. 43–71.
3. Gurov, Ju.B. Spektroskopija sverhtjazhelyh izotopov vodoroda / Ju.B. Gurov, B.A. Chernyshev – M.: NIJaU MIFI, 2010. – 60 s.
4. Baryshev, M.G. JaMR i JePR issledovanie vlijanija vody s ponizhennym soderzhaniem dejterija na pokazateli prooksidantno-antioksidantnoj sistemy u laboratornyh zhivotnyh / M.G. Baryshev, S.S. Dzhimak, S.N. Bolotin i dr. // Jekologicheskij vestnik nauchnyh centrov ChJeS. – 2011. – № 3. – S.16–20.
5. Martynov, A.K. Ocenka biologicheskoy aktivnosti vody s ponizhennym soderzhaniem dejterija / A.K. Martynov, I.V. Artemkina, A.A. Timakov, i dr. // Novye biokiberneticheskie i telemedicinskie tehnologii XXI veka: materialy konferencii. – Petrozavodsk, 2003. – S. 57.
6. Zhdanov, V. M. Tajny razdelenija izotopov / V.M. Zhdanov – M.: NIJaU MIFI, 2011. – 224 s.
7. Izotopy: svoystva, poluchenie, primenenie / pod red. Baranova V.Ju. – M.: Izdat, 2000. – 703 s.
8. Lis, G. High-Precision Laser Spectroscopy D/H and 18O/16O Measurements of Micro-liter Natural Water Samples / G. Lis, L.I. Wassenaar, M.J. Hendry // Analytical Chemistry. – 2008. – 80(1). – P. 16–22.
9. Ponomareva, A.L. Izuchenie biologicheskikh jeffektov vody s pomoshh'ju metodov biotestirovanija: avtoreferat dis. ... kandidata biologicheskikh nauk / A.L. Ponomareva. – Irkutsk, 2012. – 20 s.
10. Somlyai, G. The biological effect of deuterium depletion / G. Somlyai – Budapest, Akademiai Kiado, 2002. – P. 18–42.
11. Varnavskij, I.N. Novaja tehnologija i ustanovka dlja poluchenija ochishhennoj biologicheski aktivnoj celebnoj pit'evoy vody: diss. v vide nauchnogo doklada dokt. tehn. nauk. / I.N. Varnavskij. – M.: 2000. – 99 s.
12. Legkaja voda «Langvej 60», V Vserossijskij forum «Zdorov'e nacii – osnova procvetanja Rossii», <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2736503>
13. Пат. 2438765 Российская Федерация, МПК В01D 59/40 (2006.01). Способ получения биологически активной питьевой воды с пониженным содержанием дейтерия / Фролов В.Ю., Барышев М.Г., Болотин С.Н., Джимаков С.С.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный университет – № 2010121324/05; заявл. 25.05.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.