

Вісник Дніпропетровського університету. Серія хімія  
Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series Chemistry

p-ISSN 2306-871X, e-ISSN 2313-4984  
journal homepage: <http://chemistry.dnu.dp.ua>



UDC 378.4(477.63)(092)+54(477.63)(092)

## OBTAINING FOR THE FIRST TIME IN USSR HEAVY WATER SAMPLES OF A. I. BRODSKII'S LABORATORY IN THE COUNTRY

Valerij S. Kovalenko, Viktor F. Vargalyuk, Nadiia V. Stets\*

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, 72, Gagarin Ave., Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine*

*Received 01 July 2014; revised 01 May 2015; accepted 11 May 2015; available online 07 October 2015*

### Abstract

This article is devoted to the significant event for national science – obtaining of initial portions of heavy (deuterium) water. The receiving of heavy water by multiple-stage electrolysis was carried out by the group of Dnipropetrovsk scientists under the supervision of professor A. I. Brodskii in summer 1934. The article dwells upon the prerequisites of discovery of heavy-hydrogen water, it shows the role of academician A. I. Brodskii in the organization and provision of scientific supervision of investigations. The authors adduce features of the experimental method used by the Dnipropetrovsk scientists (the multiple-stage electrolysis) and also peculiarities of methods of control over the process of water enrichment by the heavy Hydrogen isotope (interferometric, differential and picnometric). The article tells about history of creation of experimental and semi-industrial equipment for obtaining heavy water. It accentuates the importance of Brodskii group's success for the further development of research in the area of isotope chemistry and nuclear physics and also his role in solving of nuclear problem.

*Key words:* academician A. I. Brodskii; obtaining of heavy water; Hydrogen; Deuterium; isotopes; electrolysis.

## ОДЕРЖАННЯ ПЕРШИХ У СРСР ЗРАЗКІВ ВАЖКОЇ ВОДИ В ЛАБОРАТОРІЇ О. І. БРОДСЬКОГО

Валерій С. Коваленко, Віктор Ф. Варгалюк, Надія В. Стець\*

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна*

### Анотація

Статтю присвячено знаменній події у вітчизняній науці – одержання перших порцій важкої (дейтерієвої) води шляхом багатоступеневого електролізу групою дніпропетровських учених під загальним керівництвом професора О. І. Бродського (1934). Розглянуто передумови відкриття важкогідрогенової води, показано роль О. І. Бродського в організації і забезпеченні наукового керівництва дослідними роботами. З'ясовано особливості експериментального методу (багатоступеневого електролізу), який застосували дніпропетровські науковці, та методів контролю за збагаченням води важким ізотопом Гідрогену (інтерферометричного, диференціального пікнометричного). Описано історію створення експериментальної та напівпромислової установок для отримання дейтерієвої води. Визначено роль успіху групи Бродського для подальшого розвитку наукових досліджень у галузі хімії ізотопів та ядерної фізики, а також у вирішенні атомної проблеми.

*Ключові слова:* академік О.І.Бродський; отримання важкої води; Гідроген; Дейтерій; ізотопи; електроліз.

\*Corresponding author: Tel.: +380567768253; fax: +380563749841; e-mail address: [nvstets@i.ua](mailto:nvstets@i.ua)

© 2015 Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

doi: 10.15421/081510

## ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРВЫХ В СССР ОБРАЗЦОВ ТЯЖЕЛОЙ ВОДЫ В ЛАБОРАТОРИИ А. И. БРОДСКОГО

Валерий С. Коваленко, Виктор Ф. Варгалюк, Надежда В. Стец\*

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, просп. Гагарина, 72, Днепропетровск, 49010, Украина

### Аннотация

Статья посвящена знаменательному событию в отечественной науке – получение первых порций тяжелой (дейтериевой) воды группой днепропетровских ученых под общим руководством академика А. И. Бродского (1934). Рассмотрены предпосылки открытия тяжелой воды, показана роль А. И. Бродского в организации и обеспечении научного руководства исследовательскими работами. Выявлены особенности экспериментального метода (многоступенчатого электролиза), примененного днепропетровскими учеными, и методов контроля за обогащением воды тяжелым изотопом водорода (интерферометрического, дифференциального пикнометрического). Описана история создания экспериментальной и полупромышленной установок для получения дейтериевой воды. Определено значение успеха группы Бродского для дальнейшего развития научных исследований в области химии изотопов и ядерной физики, а также в решении атомной проблемы.

*Ключевые слова:* академик А. И. Бродский; получение тяжелой воды; водород; дейтерий; изотопы; электролиз.

### Вступ

У 2014 р. наукова громадськість відзначала 80-річчя події, що належить до найвидатніших перемог української науки і техніки – одержання перших порцій важкої води. Це неординарне відкриття влітку 1934 р. здійснив колектив молодих дніпропетровських учених під керівництвом О. І. Бродського. Тридцятидев'ятирічний професор О. І. Бродський на той час був уже добре відомим фізико-хіміком, одним із найвизначніших спеціалістів у галузі електрохімії розчинів. Пізніше він близько 30 років очолював провідний науковий заклад української Академії наук – Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського, написав фундаментальні праці з хімії изотопів, про будову та реакційну здатність хімічних сполук. Також учений був главою великої наукової школи, академіком АН УРСР і членом-кореспондентом АН СРСР, отримав звання Героя Соціалістичної Праці. Однак широкому загалу О. І. Бродський відомий насамперед як першоздобувач вітчизняної важкої води [1]. Цей непересічний успіх науковця та його учнів став одним із символів багатой на наукові й трудові звитяги епохи ентузіастів – 30-х рр. минулого століття. Свого часу подію широко висвітлювали в місцевій і центральній пресі [2–5]. Проте сьогодні подробиці цих досягнень молодим науковцям практично невідомі. Не можна сказати, що про них зовсім забули. Про отримання важкої води час від часу згадують, та, крім окремих випадків [6], переважно в загальних рисах [7].

Ми на основі окремих спогадів і ряду архівних джерел (головний масив документів довоєнних років у архівах Дніпропетровська, на жаль, не зберігся) спробували відтворити

деякі важливі деталі досягнення наших земляків.

### Передумови: відкриття і виділення важкого ізотопу Гідрогену

На початку 30-х рр. ХХ ст. завдяки зусиллям ряду фізиків [8] були відкриті ізотопи багатьох елементів. Постало завдання розділення ізотопів одного елемента, відокремлення кожного з них у «чистому» вигляді. Таке завдання виявилось дуже складним, оскільки фізичні та хімічні властивості ізотопів були майже тотожні [8; 9], а розділення суміші можливе лише тоді, коли властивості її складових частин відрізняються. Учені сподівались, що розділення можна здійснити, взявши найлегший із елементів – Гідроген: маси його ізотопів повинні були б суттєво відрізнятися. Проте ізотопи Гідрогену тривалий час знайти не вдавалося.

Лише в 1932 р. американський фізик Г. Юрі звернув увагу на те, що атомна маса Гідрогену на 0.02% більша за ту, яку очікували. Юрі висловив припущення, що звичайний Гідроген разом із відомими атомами з атомною масою, що дорівнює 1, містить невелику домішку важкого ізотопу Гідрогену з атомною масою 2. Ученому вдалося дещо сконцентрувати важчий ізотоп шляхом повільного випарювання рідкого водню і довести його наявність спектральним методом [6]. Так було відкрито важкий ізотоп Гідрогену, який назвали Дейтерієм.

Пізніше той же Г. Юрі та Є. Уошборн помітили, що вода, взята з промислового електролізера, мала дещо більшу густину порівняно зі звичайною. Вони пояснили цю аномалію підвищеним вмістом молекул, що містять Дейтерій. Таким чином науковці

дійшли висновку, що в ході тривалого електролізу води можна досягти часткового розділення ізотопів Гідрогену [6]. Цією ідеєю скористалися американські фізико-хіміки Г. Льюїс та Р. Макдональд. У 1933 р. вони піддали тривалому електролізу близько 10 л залишку води зі старого промислового електролізера і отримали невелику порцію води ( $\approx 0.3$  г), у якій майже весь Гідроген знаходився у формі важкого ізотопу [6; 10]. Одержану рідину назвали важкою водою.

### Отримання перших порцій важкої води в лабораторії О. І. Бродського

Усього через кілька місяців після успіху американських учених перші зразки важкої (дейтерієвої) води було добуто і в Радянському Союзі.

На початку 1934 р., переглядаючи свіжу наукову періодику, О. І. Бродський натрапив у англомовному журналі хімічної фізики на статтю Г. Льюїса та Р. Макдональда. Повідомлення американських учених про одержання перших порцій важкої води одразу привернуло увагу Олександра Ілліча, адже він теж розмірковував над можливістю отримання цієї поки що загадкової речовини та вивчення її властивостей. Своім задумом щодо одержання важкої води на батьківщині він поділився із провідними фізико-хіміками країни – М. М. Семеновим та О. Н. Фрумкіним, які не тільки підтримали українського вченого, а й пообіцяли вирішити всі питання фінансування новітньої для вітчизняної науки роботи [11].

Для досягнення поставленої мети в Інституті фізичної хімії (ІФХ) АН УРСР, що знаходився тоді в Дніпропетровську, було створену першу в СРСР лабораторію стабільних ізотопів [12; 13], яку очолив професор О. І. Бродський. Під його керівництвом і здійснено перші досліди з одержання важкої води. Роботи цього напрямку виконували також на експериментальній базі Дніпропетровського хіміко-технологічного інституту (ДХТІ) [6; 14].

За спогадами безпосереднього учасника подій доцента О. І. Черникова [15] та свідченнями дніпропетровського письменника-краєзнавця І. М. Шаповала [11], роботи з добування важкої води проводили в підвалі хімічного корпусу Гірничого інституту на розі вулиць Шевченка і Кірова (зараз вулиця Олесь Гончара). Ймовірно, це приміщення належало тоді ІФХ чи ДХТІ або його орендував один із

цих закладів.

Навколо О. І. Бродського об'єднався порівняно невеликий, але дружний колектив молодих учених-ентузіастів: науковий співробітник ІФХ В. О. Александрович, асистенти інституту М. М. Слущька та Є. М. Пузенкін, асистент ДХТІ М. К. Шелудько й технік цього інституту А. А. Афанасьєв [14]. Пізніше до групи долучилися Ж. М. Шершевер, О. К. Скарре, М. Г. Дікова, Н. С. Філіпова, Л. В. Корчагін, Н. П. Скриннікова, Є. І. Донцова, Н. П. Радченко, Б. Л. Смоленська, Г. П. Міклухін, М. І. Дедусенко, І. А. Маколкін, В. Л. Писаржевський, А. М. Занько, О. І. Черников, Н. П. Писаржевська, М. А. Піонтковська [12; 14] та ін. Як згадував один із членів цієї групи, «...в колективі постійно панував дух піднесеності, небуденності поставлених завдань. В деякі періоди робота велася цілодобово» [15].

Значну допомогу групі науковців у вирішенні технічних питань надавала дирекція ДХТІ на чолі з Б. Т. Білокопитовим [3].

Завдання, поставлене перед групою О. І. Бродського, виявилось складним, оскільки воду, збагачену Дейтерієм, як уже зазначалось, дуже важко виділити зі звичайної: в одному літрі звичайної води міститься 0.00016 г важкої і її відокремлення потребує складних процесів фракціонування і витрати величезної кількості енергії [16].

Методика концентрування важкої води (тривалий багатостадійний електроліз), яку застосували дніпропетровські вчені, в принципі була подібна до методики Г. Льюїса та Р. Макдональда [10], але «відрізнялась деякими суттєвими деталями, що спрощували процес» (тут і далі переклад наш. – Авт.) [17]. Оскільки в Радянському Союзі на той час не було заводських установок для добування водню електролізом води, група О. І. Бродського змушена була користуватись не збагаченим внаслідок електролізу електролітом, а «звичайною водопровідною водою ріки Дніпро» [6; 17], що ускладнювало роботу. Вміст важкої води в ході електролізу визначали інтерферометричним методом, заснованим на вимірюванні показників заломлення рідин залежно від їх складу (він виявився значно точнішим і швидшим за денсиметричний, який звичайно застосовували до цього [2]), та диференціальним пікнометричним, який О. І. Бродський розробив раніше [18]. Застосування цих методів дозволило постійно контролювати всі стадії попередніх дослідів (а пізніше – і виробництва) і значною мірою сприяло прискоренню роботи [2].

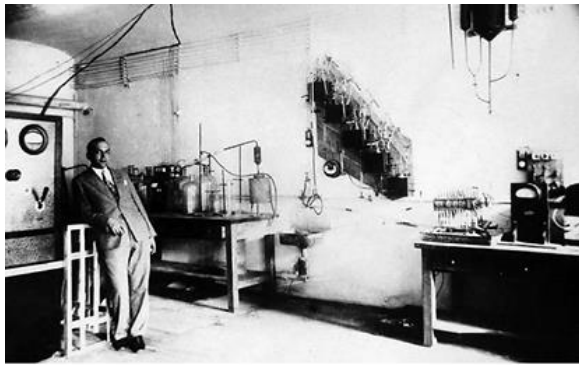


Fig. 1. A. I. Brodskii near the installation for obtaining heavy water (1936)

Рис. 1. О. І. Бродський біля установки для одержання важкої води (1936)

Уже через два місяці після початку робіт із добування важкої води [6], у червні 1934 р. вдалося довести концентрацію важкої води ( $D_2O$ ) в електроліті до 6.3% [17]. Однак зібраної порції виявилось занадто мало для подальшого концентрування. Тому попередні досліди було завершено. Стало зрозуміло, що для отримання концентрованої дейтерієвої води потрібно проводити роботи в значно ширших масштабах. Для цього необхідно мати насамперед потужні джерела електроенергії, яких у ІФХ та ДХТІ бракувало.

Олександр Ілліч вирішив звернутися по допомогу до обласного комітету партії. Після його розмови з першим секретарем обкому КП(б)У М. М. Хатаєвичем було дано дозвіл на проведення подальших робіт на Дніпропетровській міській електростанції (вона знаходилася у центрі міста на вул. Ленінградській [11]). Незабаром розпочався монтаж дослідної установки, що складалася із 220 скляних «циліндричних електролізерів оригінальної конструкції В. О. Александровича» [5] об'ємом по  $300\text{ см}^3$  кожен, зібраних у чотири агрегати в ящиках із зовнішнім охолодженням проточною водою [6; 17].

Перший цикл електролізу група науковців здійснила за півтора місяця. Із 33 л вихідного електроліту вони отримали  $0.2\text{ см}^3$  95%-ї  $D_2O$  [6; 17]. Так було добуто перші в Радянському Союзі порції важкої дейтерієвої води. Наймовірніше, зразки, одержані в лабораторії О. І. Бродського, були перші не лише в СРСР, а і в Європі. Повідомлялося про отримання 0.43%-ї дейтерієвої води на заводі в Рюкані (Норвегія) в серпні 1934 р. [19; 20]. Інформація про більш ранні досягнення в Європі в цій сфері невідома. За результатами виконаних робіт у найавторитетнішому науковому журналі країни «Доклады Академии наук» було опубліковано статтю О. І. Бродського, написану разом із В. О. Александровичем,

М. М. Слущкою та М. К. Шелудько: «Концентрирование тяжелой воды» [17]. Це перша публікація результатів досліджень із добування важкої води в СРСР [6]. (Вражає оперативність друку статті – вона з'явилася у восьмому – дев'ятому випуску журналу за той же 1934 р., через кілька місяців після її написання та подання в редакцію академіком Л. В. Писаржевським).

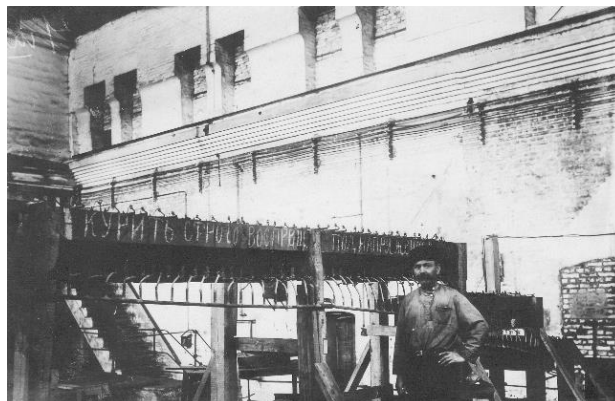
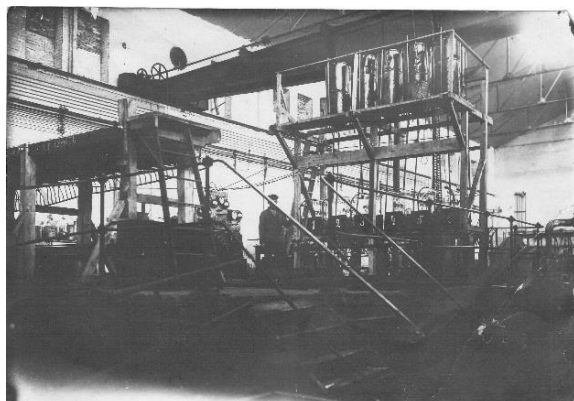
У статті автори зазначали, що із застосуванням їх методики можливе «одержання невеликих кількостей важкої води – близько 3–4 г щомісячно» [17].

Незабаром продуктивність установки «було збільшено до 15 г важкої води за місяць у результаті переробки близько 1 тонни звичайної води» [2]. Результати досліджень О. І. Бродського та його співробітників лягли в основу проектування першої в країні установки для добування важкої води, яку пізніше використовували для її первинного концентрування.

Процес електролізу мав 5 стадій, кінцеві продукти кожної з них містили: 0.1; 0.8; 6; 30 і 97–100% важкої води. Перші дві, найбільш громіздкі та енергозатратні, проводили у великих електролізерах на місцевій електростанції, а три інші – в лабораторії ДХТІ [2].

## Визнання

Досягнення групи дніпропетровських хіміків на чолі з О. І. Бродським набули широкого розголосу і визнання громадськості всієї країни. У статті «Видатна перемога радянської науки» ленінградської «Вечірньої червоної газети» в ті дні писали: «Практичний секрет одержання «важкої води» розкритий сьогодні радянською наукою повністю. Заслуги цього відкриття належать Дніпропетровському інституту фізичної хімії, у якому під керівництвом професора О. І. Бродського... вперше в Союзі одержано



**The semi-industrial assembly for obtaining heavy water was mounted at Dnepropetrovsk electric power station (1934)**

**Напівпромислова установка для одержання важкої води, змонтована на Дніпропетровській електростанції (1934).**

«важку воду» в чистому вигляді. У розпорядженні інституту є вже 44 г цієї води. За ефективністю установка Дніпропетровського інституту переважає зарубіжні. Могутнє джерело енергії – Дніпрогес – забезпечує безперерйне добування будь-яких кількостей «важкої води». Нова галузь науки – фізика і хімія ізотопів – має відтепер міцну реальну базу» [4].

Обком КП(б)У та облрада винесли у серпні 1935 р. спільну постанову «Про успішне завершення професором Бродським та його бригадою першого етапу робіт з одержання важкої води». У ній повідомлялось, зокрема, про виділення 10 тис. карбованців для преміювання бригади [3]. «Професор Бродський визнаний ударником науки і його портрет запропоновано вивісити у вітрині ударників промисловості, сільського господарства і транспорту» [3; 18]. За розроблення способу добування важкої води О. І. Бродського у 1936 р. премією відзначив також комітет з хімізації СРСР [3; 6].

Пізніше під керівництвом О. І. Бродського співробітники лабораторії стабільних ізотопів здійснили цикл досліджень із хімії ізотопів, перших у нашій країні [21], у 1937 р. одержали концентрат води, збагачений важким природним ізотопом Оксигену-18 (О. К. Скарре, В. О. Александрович) [22]. Після війни (1949) вдалося сконцентрувати важкий ізотоп Нітрогену-15 (Б. О. Геллер, С. Г. Демиденко).

Оцінюючи значення відкриття важкої води, О. І. Бродський у лекції, підготованої для радіотрансляції, писав: «Багато визначних учених вважають це відкриття одним із найважливіших досягнень науки ХХ століття. Інтерес до важкої води не був питанням тимчасової моди, як дехто думав. Жодна галузь хімії ніколи не розроблялась із такою

швидкістю й інтенсивністю. Найвідоміші світові науковці залишили свої колишні теми і повністю зайнялись вивченням питань, пов'язаних із важкою водою. Відкриття важкої води завершило низку видатних завоювань хімії останнього часу і поклато початок широкому засвоєнню нової найважливішої галузі хімії, якій належить майбутнє. Ця галузь, яку слід назвати хімією ізотопів, безумовно, дуже скоро принесе важливі результати і для техніки» [23].

Одразу ж після одержання перших зразків дейтерієвої води до лабораторії О. І. Бродського почали надходити численні листи від науковців країни з проханням надати їм для проведення досліджень хоча б невелику кількість цього продукту. Особливо часто такі прохання надходили від фізиків Ленінграда, Москви, Харкова. Це було пов'язано з тим, що ядра Дейтерію виявилися досить зручним «снарядом», яким фізики-експериментатори «бомбардували» ядра атомів інших елементів. Використовували важку воду також як ізотопний індикатор.

Ще в передвоєнні роки з'явилась нова, невідома до цього, але надзвичайно важлива сфера застосування ізотопів – ядерна енергетика [24]. Результати досліджень розділення ізотопів, зокрема концентрування дейтерієвої води, розпочаті в нашій країні О. І. Бродським та його співробітниками, відіграли важливу роль у вирішенні атомної проблеми та розвитку ядерної енергетики.

Сьогодні неможливо уявити розвинену промислову техніку без використання ізотопів. Тому масштаби робіт із розділення ізотопів, зокрема виробництва важкої води, постійно зростають [24]. У сучасних промислових ядерних реакторах кількість важкої води, яка служить уповільнювачем

нейтронів, досягає 50–70 т, а виробництво важкої води в деяких країнах становить сотні і навіть тисячі тонн за рік (Канада) [19]. Важку воду використовують також як розчинник у ЯМР-спектроскопії, як перспективний компонент палива термоядерних реакторів тощо.

У післявоєнні роки важку воду та важкі ізотопи Гідрогену й Оксигену використовували для вивчення реакцій ізотопного обміну, розподілу ізотопів у природних водах, дослідження механізму хімічних реакцій та залежності реакційної здатності сполук від їх будови. Такі дослідження в Україні виконували насамперед у лабораторії ізотопів Інституту фізичної хімії АН УРСР під керівництвом О. І. Бродського та в менших масштабах на кафедрі фізичної хімії Дніпропетровського університету під керівництвом О. К. Скарре.

Зазначимо насамкінець, що життя і діяльність головного натхненника та організатора робіт із концентрування важкої води в Радянському Союзі академіка О. І. Бродського були тісно пов'язані з хімічним факультетом Дніпропетровського університету [25]. У початковий період існування університету Олександр Ілліч кілька років навчався на хімічному відділенні цього навчального закладу, перейшовши до нього із Гірничого інституту. Свою педагогічну діяльність учений розпочав на кафедрі біохімії Катеринославського інституту народної освіти (КІНО), який на початку 20-х рр. ХХ ст. було реорганізовано університет. Згодом працював доцентом, а після захисту в 1926 р. докторської дисертації – професором кафедри фізичної хімії КІНО, читав курси фізичної хімії та будови атома. У другій половині 20-х рр. завідував цією кафедрою [25]. Більшість найближчих учнів О. І. Бродського (О. С. Афанасьєв, Ж. М. Шершевер, В. А. Ройтер, М. В. Поляков, Б. Я. Даїн, І. Є. Неймарк та ін.) були випускниками хімічного факультету університету. Не поривав учений зв'язків з Дніпропетровським університетом і в післявоєнні роки [26], коли Інститут фізичної хімії, який він очолював, перебував уже в Києві.

### Бібліографічні посилання

- [1] Гордієнко Л. Першовідкривач важкої води (до 110-річчя з дня народження академіка Олександра Бродського) / Л. Гордієнко // Українознавство-2005: Календар-щорічник. – К., 2004. – С. 191–196.
- [2] Бродский А. И. Получение тяжелой воды в СССР / А. И. Бродский // Техника. – 1936. – 6 июня // Арх. ІФХ НАН України. – Ф. 2, оп. 2.
- [3] Завершен первый этап работы // Звезда. – 1934. – 26 июля // Арх. ІФХ НАН України. – Ф. 2, ст. 2.
- [4] Менделеев И. Д. Крупная победа советской науки. Получение тяжелой воды // Веч. крас. газ. – 1935. – 14 дек. // Музей історії ІФХ НАН України. – Ф. 2, ст. 2.
- [5] Получение тяжелой воды в СССР // Наука и техника. – 1936. – N 9; Наука и жизнь. – 1967. – N 11. – С. 76–77.
- [6] Волков В. А. Получение А. И. Бродским первых лабораторных количеств отечественной тяжелой воды (к 50-летию начала производства тяжелой воды в СССР) / В. А. Волков, Д. Н. Трифонов // Вопр. истории естествознания и техники. – 1984. – N 1. – С. 75–78.
- [7] Бурмистр М. В. Легкая судьба «тяжелой воды» / М. В. Бурмистр // Днепр. правда. – 1999. – 7 сент.
- [8] Астон Ф. Масс-спектры и изотопы / Ф. Астон. – М.: Издательство, 1948. – 298 с.
- [9] Бродский А. И. Химия изотопов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 596 с.
- [10] Lewis G. Concentration of H<sub>2</sub> isotope / G. Lewis, R. Macdonald // J. Chem. Phys. – 1933. – V.1. – P.341.
- [11] Шаповал І. М. Біля джерел важкої води / І. М. Шаповал // Придніпровські джерела. Оповіді про вчених. – К., 1982. – С. 226–231.
- [12] Бродский А. И. 20 лет Института физической химии им. Л. В. Писаржевского Академии наук УССР / А. И. Бродский // 20 лет Института физической химии им. Л. В. Писаржевского. – К., 1950. – 183 с.
- [13] Развитие физической химии в Академии наук УССР / отв. ред. К. Б. Яцимирский. – К.: Наук. думка, 1977. – 206 с.
- [14] Украинский государственный химико-технологический университет: история 1930–2000. – Д., 2000. – 124 с.
- [15] Черников О. На штурм высоты «Таємниця» / О. Черников // Прапор юності. – 1976. – 21 трав.
- [16] Гольдшмидт Б. Атомная проблема / Б. Гольдшмидт. – М.: Атомиздат, 1964. – 179 с.
- [17] Концентрирование тяжелой воды / А. И. Бродский, В. А. Александрович, М. М. Слуцкая, М. К. Шелудько // Докл. АН СССР. – 1934. – Т. 3, N 8/9. – С. 615–619.
- [18] Походенко В. Д. Александр Ильич Бродский / В. Д. Походенко. – К.: Наук. думка, 1988. – 68 с.
- [19] Андреев Б. М. Тяжелые изотопы водорода в ядерной технике / Б. М. Андреев, Я. Д. Зальванский, С. Г. Кательников. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 454 с.
- [20] Темкин, М. И. Нелегкая вода [Электронный ресурс] // Copyright by Foxit Software Company, 2004–2007. – Режим доступа: temkin-76.ucoz.ru/VITA/nelegkaj.
- [21] Бродский А. И. Избранные труды: в 2 т. – К.: Наук. думка, 1974. – Т. 1. – 335 с.; Т. 2. – 519 с.
- [22] Бродский А. И. Фракционирование изотопов кислорода перегонкой воды / А. И. Бродский, В. А. Александрович, О. К. Скарре // Журн. физ. хим. – 1937. – Т. 10, №3. – С. 538–539.
- [23] Бродский А. И. Получение тяжелой воды. Текст радиолекции / А. И. Бродский // Музей історії ІФХ. – Ф. 2, оп. 2.
- [24] Петросьянц А. М. Ядерная энергетика и мирное применение атомной энергии / А. М. Петросьянц

- // Развитие физики в СССР. – М., 1967. – Кн. 2. – С. 300–326.
- [25] Коваленко, В. С. Історія хімічного факультету Дніпропетровського національного університету (наукові напрями, події, люди) / В. С. Коваленко, Ф. О. Чмиленко, В. Ф. Варгалюк. – Д.: Вид-во ДНУ, 2011. – 192 с.
- [26] Матеріали про зв'язки Інституту фізичної хімії з вищими навчальними закладами (1951-1962 рр.) / Ін-т архівознавства Нац. б-ки України ім. В. І. Вернадського. – Ф. 7, оп. 3., спр. 9. – 33 арк.
- ## References
- [1] Gordienko, L. (2004). [Discoverer of heavy water (to 110th anniversary of academician Alexandr Brodskii's birth)]. In Ukrainian history and culture-2005: calendar-yearbook (pp. 191–196). – Kiev, Ukraine: Ukr. vidavn. spilka (in Ukrainian).
- [2] Brodskii, A. I. (1936). [The receiving of heavy water in USSR]. *Tehnika – Technology*, 6 June. *Arhiv IFH NAN Ukrayin – Archives of Physical Chemistry Institute of Academy of Sciences of Ukraine*, f.2, desc.2 (in Russian).
- [3] [The first stage of work is over]. (1934). *Zvezda – Star*, 26 July; *Archives of Physical Chemistry Institute of Academy of Sciences of Ukraine*, f. 2, desc. 2 (in Russian).
- [4] Mendeleev, I. D. (1935). [Huge victory of Soviet science. Receiving of heavy water ]. *Vechernyaya krasnaya gazeta – Evening red newspaper* – 14 Dec. *Museum of History of Physical Chemistry Institute*, f. 2, st. 2 (in Russian).
- [5] [The obtaining of heavy water in USSR]. (1936). *Nauka i tehnika. – Science & Technology*, (9); (1967). *Nauka i zhizn – Science & life*, (11), 76 (in Russian).
- [6] Volkov, V. A., & Trifonov, D. N. (1984). [Receiving of the first laboratory amounts of native heavy water by A. I. Brodskii (to 50<sup>th</sup> anniversary of the beginning of production of heavy water in USSR)]. In Questions of history of natural science and technology, (1), 75–78 (in Russian).
- [7] Burmistr, M. V. (1999). [Easy destiny of «heavy water»]. Dnipropetrovsk, Ukraine: *Dnepr. pravda – Dnopr. truth*, 7 Sept. (in Russian).
- [8] Aston, F. (1948). [*Mass-spectrums and isotopes*]. Moscow, USSR: Izdatinlit (in Russian).
- [9] Brodskii, A. I. (1957). [*Chemistry of isotopes*]. Moscow, USSR: Izdatel. AN SSSR (in Russian).
- [10] Lewis, G., & Macdonald, R. (1933). Concentration of H<sub>2</sub> isotope. *J. Chem. Phys.*, 1, 341.
- [11] Shapoval, I. M. (1982) [Near sources of heavy water]. In Sources of Pridniprovya. Tells about scientists. Kiev, USSR: Radyan. pismen. (in Ukrainian).
- [12] Brodskii, A. I. (1950). [20th anniversary of L. V. Piszarzhenskii's Physical Chemistry Institute of Academy of Sciences of Ukraine]. In 20th years of L. V. Piszarzhenskii's Physical Chemistry Institute, Kiev, USSR (in Russian).
- [13] Yatsimirskiy, K. B. (Ed.). (1977). [Development of physical chemistry in Academy of Science of Ukrainian SSR]. Kiev, USSR: Nauk. dumka (in Russian).
- [14] [Ukrainian State University of Chemistry and Technology. The History 1930–2000]. (2000). Dnipropetrovsk, Ukraine (in Russian).
- [15] Chernikov, O. (1976). [Storming the heath of «Mystery»]. *Prapor yunosti – The banner of youth*, 21 May (in Ukrainian).
- [16] Goldshmidt, B. (1964). [*Nuclear problem*]. Moscow, USSR: Atomizdat (in Russian).
- [17] Brodskii, A. I., Aleksandrovich, V. A., Slutskaya, M. M., & Sheludko, M. K. (1934). [The concentrating of heavy water]. *Reports of Academy of Sciences of USSR*, 3(8/9), 615–619 (in Russian).
- [18] Pohodenko, V. D. (1988). [*Alexandr I. Brodskii*]. Kiev, Ukraine: Nauk. dumka (in Russian).
- [19] Andreev, B. M., Zal'vanskyj, Ja. D., & Katal'nykov, S. H. (1987). [*The heavy isotopes of Hydrogen in the nuclear technology*]. Moscow, USSR: Enerhoatomyzdat (in Russian).
- [20] Temkin, M. I. Not easy water. Copyright by Foxit Software Company, 2004–2007. – Retrieved from <http://temkin-76.ucoz.ru/> (in Russian).
- [21] Brodskii, A. I. (1974). [*Selected works (Vols. 1–2)*] – Kiev, USSR: Nauk. dumka (in Russian).
- [22] Brodskii, A. I., Aleksandrovich, V. A., & Skarre, O. K. (1937). [The fractionating of Oxygen's isotopes by distillation of water]. *J. Phys. Chem.*, 10(3), 538–539 (in Russian).
- [23] Brodskii, A. I. (1936). [The obtaining of heavy water. Text of radio-lecture]. *Museum of history of Physical Chemistry Institute*, f. 2, desc. 2 (in Russian).
- [24] Petrosyants, A. M. (1967). [Nuclear energetics and peaceful use of nuclear energy]. In Development of physics in USSR, vol. 2, (pp. 300–326). Moscow, USSR: Nauka (in Russian).
- [25] Kovalenko, V. S., Chmilenko, F. O., Vargalyuk, V. F. (2011). [*The history of Chemical Faculty of Dnipropetrovsk National University (scientific directions, events and people)*]. Dnipropetrovsk, Ukraine: Vid-vo DNU (in Ukrainian).
- [26] [Materials about connections of Physical Chemistry Institute with higher education institutions (1951–1962 years)]. Archive Studies Institute of V. I. Vernadskii's Ukrainian National Library, f. 7, desc. 3, case 9 (in Ukrainian).