

Наука — виробництву

УДК 622.267+622.324.5

DOI: 10.31471/1993-9973-2023-3(88)-61-67

ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИЙ ЕФЕКТ ЮТКІНА ТА ЕЛЕКТРОІСКРОВІ РОЗРЯДИ В РІДИНАХ

О. Р. Кондрат, Т. В. Шумілін

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.+38 (0342) 727141,
e-mail: rengr@nung.edu.ua, shumilintaras@gmail.com

Електроіскрові розряди в рідинах є предметом численних досліджень, оскільки вони є джерелом потужних хвильових імпульсів, які можуть бути використані в різних технологічних процесах. Одним з перших дослідників цього явища був Л.О. Юткін, який обґрунтував та дослідив електрогідролічний ефект (ЕГЕ). Цей ефект дозволяє трансформувати електричну енергію в механічну енергію потужних ударних хвиль, що відкриває широкі можливості для підвищення ефективності різноманітних технологій. Метою дослідження є аналіз історії вивчення електроіскрових розрядів в рідинах, внеску Л.О. Юткіна в розвиток теорії та практичного застосування ЕГЕ, а також висвітлення переваг хвильових обробок, заснованих на цьому ефекті. У ході дослідження були проаналізовані наукові праці та експериментальні дані, отримані при вивченні електроіскрових розрядів у рідинах та при використанні електрогідролічного ефекту. Були розглянуті теоретичні основи цих явищ, а також практичні застосування ЕГЕ в різних галузях промисловості. Електрогідролічний ефект (ЕГЕ), відкритий Л.О. Юткіним, є унікальним явищем, яке дозволяє перетворювати електричну енергію в механічну енергію потужних ударних хвиль. Це досягається шляхом створення електричного розряду в рідині, що призводить до формування плазмового каналу та подальшого виникнення ударної хвилі. Основною перевагою хвильових обробок, заснованих на ЕГЕ, є можливість вводу великої кількості енергії в середовище, що дозволяє підвищити ефективність численних технологічних процесів. Електрогідролічний ефект Юткіна залишається невичерпним джерелом для створення прогресивних технологій, які широко застосовуються в багатьох галузях промисловості.

Ключові слова: дослідження, імпульс, розряд, рідина, тиск, технологічний процес, ефект Юткіна, технологія.

Electrospark discharges in liquids are the subject of numerous studies, as they are a source of powerful wave pulses that can be used in various technological processes. One of the first researchers of this phenomenon was L.O. Yutkin, who substantiated and investigated the electrohydraulic effect (EHE). This effect allows to transform electrical energy into mechanical energy of powerful shock waves, which opens up great opportunities for increasing the efficiency of various technologies. The purpose of the study is to analyze the history of the study of electric spark discharges in liquids, the contribution of L.O. Yutkin to the development of the theory and practical application of the EHE, and to highlight the advantages of wave treatments based on this effect. In the course of the study, scientific papers and experimental data obtained in the study of electrospark discharges in liquids and the electrohydraulic effect were analyzed. The theoretical foundations of these phenomena were considered, as well as practical applications of EHE in various industries. The electrohydraulic effect (EHE), discovered by L.O. Yutkin, is a unique phenomenon that allows converting electrical energy into mechanical energy of powerful shock waves. This is achieved by generating an electric discharge in a liquid, which leads to the formation of a plasma channel and the subsequent occurrence of a shock wave. The main advantage of wave treatments based on EHE is the ability to introduce large amounts of energy into the medium, which allows to increase the efficiency of numerous technological processes. The electrohydraulic Yutkin effect remains an inexhaustible source for the creation of advanced technologies that are already widely used in many industries.

Keywords: research, impulse, discharge, liquid, pressure, technological process, Yutkin's effect, technology.

Вступ

Відкриття електрогідрравлічного ефекту (ЕГЕ) стало революційним проривом у галузі технологічних процесів, який викликав жваві суперечки та дискусії серед науковців та інженерів. Попри початкову недовіру та скепсис багатьох фахівців, даний ефект продемонстрував свій величезний потенціал і став основою для безлічі прогресивних технологій, які на сьогоднішній день широко застосовуються в різних промислових галузях по всьому світу. Першовідкривачем і винахідником цього унікального явища був видатний радянський вчений Л.О. Юткін, роль якого у дослідженні та впровадженні ЕГЕ в промисловості важко переоцінити.

Електрогідрравлічний ефект з перших днів його відкриття був і залишається постійним джерелом суперечок та дебатів у наукових колах, при тому що на його основі діють, використовуються та впроваджуються безліч прогресивних технологічних процесів, які вже зараз широко застосовуються в багатьох промислових галузях по всьому світу. Першим дослідником та винахідником даного ефекту був Л.О. Юткін. На сьогодні даний ефект, як і його винахідник, є забутим і невідомим для широкого загалу, що є прикрим фактом, враховуючи його значний внесок у розвиток сучасних технологій.

Постать Л.О. Юткіна є знаковою, базовою для розуміння принципів роботи ЕГЕ, і його ґрунтовну працю в дослідженні та впровадженні цього ефекту в промисловості важко переоцінити. Про масштаби його внеску також свідчать близько 200 патентів на винаходи, отриманих ним, та успішне промислове впровадження ЕГЕ у багатьох галузях, серед яких обробка матеріалів, видобуток корисних копалин, нафтогазова промисловість та інші. Ефективність застосування ЕГЕ в тій чи іншій галузі залежить, у першу чергу, від ретельного обґрунтування доцільності та проведення ґрунтовних лабораторних досліджень для визначення оптимальних параметрів та режимів роботи. Саме завдяки глибокому розумінню теоретичних основ та практичних експериментів Юткіна вдалося знайти ефективні способи використання ЕГЕ в різноманітних виробничих процесах.

Роботи з дослідження та впровадження ЕГЕ необхідно проводити більш ретельно, фіксувати та аналізувати всі результати, оскільки цей ефект має багато невивчених аспектів і містить у собі значний потенціал для подальшого вдосконалення та розробки нових технологічних рішень. Незважаючи на досягнуті успіхи,

продовження наукових пошуків у цьому напрямку може призвести до появи нових революційних методів обробки матеріалів, видобутку ресурсів та інших застосувань, які зможуть підвищити ефективність виробництва та зменшити його шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Матеріали та методи досліджень

У роботі використано загальнонаукові методи досліджень як теоретичні, так і емпіричні. Здійснено порівняльний аналіз технологій та способів створення та застосування електрогідрравлічного ефекту, розроблених Л.О. Юткіним. Методологія досліджень полягала в опрацюванні вже відомих наукових результатів та патентних матеріалів, оцінці сфер застосування ЕГЕ. Проведено детальний аналіз основних конструкцій розроблених технічних моделей, які були наведені в патентах, встановлені параметри, що впливають на ефективність застосування, та опрацьовані основні переваги використання електрогідрравлічного ефекту.

Емпірична частина дослідження базувалася на ретельному вивченні та систематизації експериментальних даних, отриманих Л.О. Юткіним під час численних лабораторних випробувань ЕГЕ у різних середовищах. Були проаналізовані результати досліджень впливу ЕГЕ на рідини різної в'язкості, суспензії, тверді матеріали різної міцності та структури. Особлива увага приділялася вивченню технологічних режимів та параметрів, що забезпечують максимальну ефективність процесів руйнування, диспергування, активації поверхні тощо.

Теоретичні методи включали аналіз фізичних принципів виникнення та поширення електрогідрравлічних імпульсів, моделювання процесів взаємодії цих імпульсів з різними середовищами. Були розглянуті механізми перетворення електричної енергії в механічну під час електричного розряду в рідині та передачі енергії імпульсу на оброблюваний матеріал.

Завдяки поєднанню теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень вдалося встановити оптимальні режими роботи електрогідрравлічних установок для різноманітних застосувань, таких як обробка гірських порід, диспергування матеріалів, очищення поверхонь та інші. Результати цих досліджень сприяли підвищенню ефективності та розширенню сфер впровадження електрогідрравлічного ефекту в промисловості.

Огляд літератури

Одними з перших дослідників імпульсного розряду в рідинах були дослідники Т. Лейн (1767), і Дж. Прістлі (1769), Т. Сведберг (1905) і Ф. Фрюнгель (1948) встановили, що електричний пробій рідин, так само як і повітря (блискавка), носить характер іскри, що сприймається у вигляді вузького каналу, що яскраво світиться. Лейн та Прістлі відмітили той факт, що розряд у рідині може мати руйнівний характер. На можливість створення кумулятивних струменів під дією тисків, які утворюються при електричному розряді в рідині, також вказували в 1944 р. Покровський Г.І. та Станюкович К.М. Імпульсні розряди у воді знайшли широке застосування як джерело потужного звуку у процесах гідроакустичних та гідродинамічних досліджень (Bug. Ships J., 1962).

Ф. Фрюнгель вперше в 1948 році намагався визначити коефіцієнт корисної дії електричного розряду у воді. Проте від Лейна і до Фрюнгеля науці було відомо тільки явище електричного розряду в рідині як таке.

В наш час найбільший вклад в дослідження електророзрядних технологій на основі імпульсного розряду та фіксування даних досліджень шляхом патентування здійснив Лев Олександрович Юткін (1955).



Рисунок 1 – Винахідник ЕГЕ – Лев Олександрович Юткін

Лев Олександрович Юткін є винахідником явища трансформації електричної енергії в механічну, який вперше сформулював і позначив новий спосіб трансформації електроенергії як електрогідравлічний ефект (ЕГЕ) (Юткін Л.А., 1955), (Юткін Л.А., 1986), (Юткін Л.А., 1959). Суть цього ефекту полягає в тому, що при проходженні електророзряду високої напруги через рідину у відкритій або закритій посудині, деякий об'єм цієї рідини, що знаходиться в міжелектродному просторі, миттєво закипає,

внаслідок чого в посудині утворюється газорідинна суміш. При розширенні газу, що утворився, виникають високі і надвисокі надлишкові гідравлічні тиски, здатні здійснювати корисну механічну роботу (якщо в закритій посудині встановлений рухливий поршень, то можна отримати його практично миттєве переміщення – робочий хід). Л.О. Юткін є автором близько 200 патентів з використання ЕГЕ у різних галузях промисловості (Л.А.Юткін, 1950), (Л.А.Юткін, 1957), (Л.А.Юткін, 1959), (Л.А.Юткін, 1964), (Л.А.Юткін, 1981), (Л.А.Юткін, 1983). Починаючи з 1938 року, Л.Юткін досліджував явища, які проходять у зоні високовольтного розряду в рідкому середовищі.

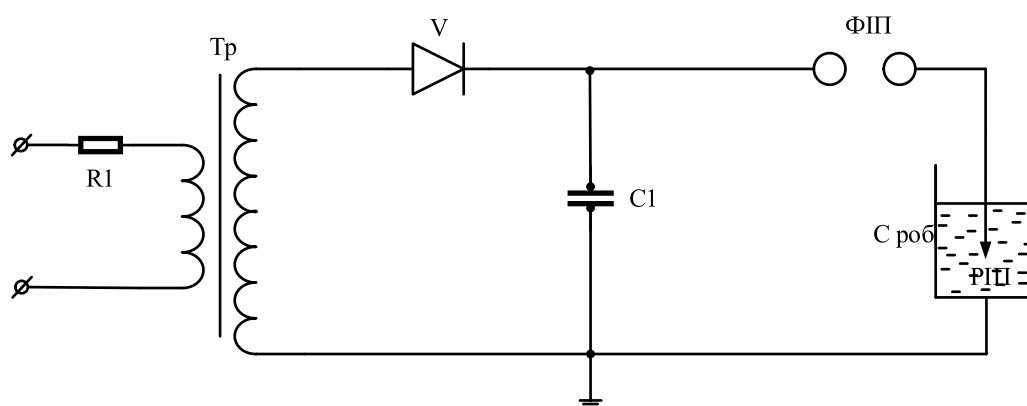
Результати та обговорення

Л. О. Юткіним було встановлено, що в основі ЕГЕ лежить перетворення електричної енергії в механічну. Цей процес супроводжується різким підвищенням тиску, виникненням електромагнітних полів і появою різного роду випромінювань: ультразвукового, світлового, теплового, ультрафіолетового і рентгенівського. Усе це сприяло перетворенню в речовому складі як оброблюваних твердих матеріалів, так і рідин, в яких здійснюється ЕГЕ, зачіпаючи як хімічні, так і фізичні їх властивості. Усі ці зміни були зафіксовані авторами в численних експериментах і знайшли своє практичне застосування в багатьох впроваджених промислових установках.

Сучасні дослідження також вказують на те, що електророзряд в рідинах може супроводжуватися інтенсивними випромінюваннями різного роду.

У 1950 р. починається основний етап наукової і винахідницької діяльності Л. О. Юткіна. З 15 квітня 1950 р. – дати пріоритету заявки на винахід "Спосіб створення високих і надвисоких тисків" (Л.А.Юткін, 1950) – визначається і пріоритет відкриття ЕГЕ, який часто називають тепер "ефектом Юткіна", і починається відлік розвитку нового напрямку в науці і техніці – електрогідравліки.

Принципова електрична схема ЕГЕ зображена на рисунку 1. Напруга з джерела живлення подається на високовольтний трансформатор (Тр), де підвищується, і, проходячи через діод випрямляч (V), подається на високовольтний конденсатор (С1), в якому здійснюється накопичення енергії, після чого електрична енергія, пройшовши сформований повітряний проміжок (ФП), подається, розряджається в емність зі встановленими електродами. Таким



R1 – зарядний опір; Tr – трансформатор; V – випрямляч; ФП – формуючий іскровий проміжок; Cроб – робоча ємність; C1 – конденсатор; РП – робочий та іскровий проміжок в рідині

Рисунок 2 – Принципова електрична схема ЕГЕ

чином, для створення електрогідрравлічних ударів (рис. 2) була запропонована схема, що включає джерело живлення з конденсатором як накопичувачем електричної енергії. Напруга на конденсаторі підвищується до значення, при якому відбувається пробій повітря формуючого проміжку, і уся енергія, накопичена в конденсаторі, миттєво поступає на робочий проміжок в рідині, де і виділяється у вигляді короткого електричного імпульсу великої потужності. Далі процес при заданій ємності і напрузі повторюється з частотою, що залежить від потужності живлячого трансформатора.

ЕГЕ використовується в інших галузях промисловості завдяки його універсальності. Вже багато років електрогідрравлічний ефект успішно застосовується в різних галузях промисловості. Спочатку він використовувався для деформування металів. Zagoryuko V.A. (2019) підкреслював, що однією з переваг високоенергетичних способів обробки металів є можливість штампування важкодеформованих металів та сплавів. Sirenko V. та Manchenko O. (2020) обґрунтували, що використання електричної енергії, яка є високопотенційним та екологічно чистим видом енергії, сприяє впровадженню технологічних процесів із високою інтенсивністю та мінімальними викидами. У своїх роботах Markaev N. та інші (2023) досліджували дію електрогідрравлічного ефекту на водне середовище та розглядали можливі варіанти електричних схем. Turdiboyev A. та інші (2023) описали застосування електрогідрравлічного ефекту для дезактивації стічної води та збільшення вмісту поживних речовин у воді. Вони наголосили, що електрогідрравлічний ефект характеризується низьким споживанням енергії, малим часом обробки, простотою обладнання

та екологічністю. Sabrejos J. та інші (2020) вивчали технологію і технічні засоби електрогідрравлічної дії на воду. Golubeva T. (2018) представила розроблене авторами експериментальне лабораторне обладнання, яке дозволяє застосовувати імпульсний електричний розряд з використанням електрогідрравлічного ефекту. Це обладнання може бути використане для очищення стічних вод теплових електростанцій, нафтопереробних заводів та інших забруднюючих промислових підприємств.

Отже, наведені вище приклади говорять про промислове використання електрогідрравлічного ефекту у різних галузях промисловості.

У нафтовій промисловості використання ЕГЕ для підготовки та інтенсифікації видобутку нафти практично не проводилося при тому, що з 1950 р. Л. О. Юткіним були подані сотні заявок на винаходи, отримано авторські свідоцтва на винаходи понад 200 електрогідрравлічних способів і пристроїв, застосовуваних у найрізноманітніших галузях техніки (Л.А.Юткін, 1957), (Л.А.Юткін, 1959), (Л.А.Юткін, 1983).

У 50-60-х рр. Л.О. Юткін постійно виступав з лекціями про своє відкриття і переконував багатьох, що за допомогою ЕГЕ можна розколювати, бурити і дробити тверді гірські породи, штампувати метали, ефективно обробляти багато інших матеріалів.

Протягом чверті століття Л.О. Юткін послідовно очолював ряд авторських наукових лабораторій, що займалися дослідженнями відкритого ним ЕГЕ. Спочатку це були маленькі заводські лабораторії. А в 1955 р. в політехнічному інституті йому вперше дали авторську лабораторію.

У 1959 р. рішенням Ради міністрів СРСР була організована спеціалізована Міжгалузєва

лабораторія ЕГЕ. Зусиллями Л.О. Юткіна був побудований спеціальний корпус міжгалузевої лабораторії ЕГЕ (МЛЕГЕ), сформований ряд відділів, почалися широкі дослідження і розробка ЕГ-технологій та ЕГ-обладнання.

Після цього залишився величезний творчий доробок: тисячі креслень, рукописів, оформлених заявок на нові винаходи. Роботу над творчою спадщиною Л.О. Юткіна продовжила його дружина Л.І. Гольцова. Завдяки їй в 1986р. побачила світ найбільш повна монографія праць Л.О. Юткіна "Електрогідролічний ефект і його застосування в промисловості". А в 1987 р. була опублікована книга Л.І. Гольцовой "ЕГЕ - нове в сільському господарстві".

У ряді статей, опублікованих Л.І. Гольцовой в 80-ті і 90-ті роки, було описано останні, ще не освоєні напрацювання Л.О. Юткіна, пов'язані з розробкою необмежених запасів чорноморського сірководню та гідратів, дорожнім будівництвом, новими біотехнологіями тощо.

Висновки

Автор відкриття електрогідролічного ефекту Лев Олександрович Юткін був неординарною постаттю, практиком, винахідником та науковцем. Як науковець, Юткін відзначався надзвичайною наполегливістю та цілеспрямованістю. Після відкриття ЕГЕ він активно патентував нові способи його застосування, отримавши понад 200 авторських свідоцтв з 1950 по 1982 рр. Юткін наполегливо домагався широкого впровадження ЕГЕ в промисловості, очолюючи низку авторських наукових лабораторій. У 1959 р. за його ініціативою була створена спеціалізована Міжгалузева лабораторія ЕГЕ. Сфера наукових інтересів Юткіна була надзвичайно широкою – від деформації металів до буріння гірських порід, обробки різноманітних матеріалів, сільського господарства та біотехнологій. Він запропонував численні методи та пристрої на основі ЕГЕ для різних галузей техніки. Науковий доробок Юткіна був високо оцінений - він став лауреатом Сталінської премії, заслуженим діячем науки і техніки РРФСР, нагороджений орденами і медалями. Після смерті вченого його дружина Л.І. Гольцова продовжила роботу над збереженням і популяризацією його спадщини. Л.О. Юткін увійшов в історію як видатний дослідник і винахідник, який присвятив життя розвитку і впровадженню свого революційного відкриття – електрогідролічного ефекту в різних сферах діяльності людини.

Електрогідролічний ефект (ЕГЕ), відкритий Л.О. Юткіним, спочатку використовувався для деформування металів, але згодом знайшов

широке застосування в різних галузях промисловості завдяки своїй універсальності. Дослідники підкреслюють переваги ЕГЕ, такі як низьке енергоспоживання, швидка обробка, проста обладнання та екологічність. ЕГЕ успішно застосовувався для обробки металів, водних середовищ (очищення стічних вод, збагачення поживними речовинами), розробки електричних схем. Однак, в нафтовій промисловості використання ЕГЕ для підготовки та інтенсифікації видобутку нафти практично не проводилося, незважаючи на численні винаходи та розробки Л.О. Юткіна.

ЕГЕ сьогодні має широке застосування при обробці металів (штампуванні, розвальцьовуванні, різанні, очищенні), дробленні гірських порід, незалежно від їх твердості, в отриманні різних колоїдів, у вібраційній техніці, в гірській справі (бурінні свердловин, підриванні монолітів, прокладанні шурфів, шахт, в гео- і гідролокації, сейсмозв'язці, в безшахтній видобутку корисних копалин), і навіть в медицині.

Література

1. Lane T. Description of an electrometer invented by mr. Lane with an account of some experiments made by him with it. *Philosophical Transactions*. London, 1767. Vol. LVII. P. 451-460.
2. Priestly J. Experiments on the Lateral force of electrical explosions, *Philosophical Transactions*. London, 1769. Vol. LIX. P. 57-62.
3. Frungel F. Zummechanischen Wirkungsgrad von Flüssigkeitsfunken, *Optic*, Hamburg, Band 3. 1948. No 1/2. P. 124-127.
4. Покровский Г.И., Станюкович К.П. *Изв. АН СССР. Серия физ.* 1944. No. 8. P.214.
5. Bur. Ships J. 1962. 3, 4.
6. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. М.; Л.: Машгиз, 1955. 52 с.
7. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, ленингр. отд., 1986, 253 с.
8. Электрогидравлический эффект. URL: www.sites.google.com/site/yutkin1911/glavnaa
9. Юткин Л.А. Электрогидравлическое дробление. Ч. 1. Л.: ЛДНТП, 1959. 36 с.
10. А. с. № 105011 (СССР). Способ получения высоких и сверхвысоких давлений / Л.А.Юткин, Л.И.Гольцова. Заявл. 15.04.50, № 416898, Опубл. в БИ., 1957. № 41.
11. А. с. № 118436 (СССР). Электрогидравлический бур для бурения скважин / Л.А.Юткин, Л.И.Гольцова. Заявл. 12.11.57, № 586039/22; Опубл. в БИ., 1959. № 5.

12. А. с. 121053 (СССР). Способ поверхностного воздействия на материалы / Л.А. Юткин, Л.И.Гольцова. Заявл. 22.03.51, № 605989/25; Оpubл. в Б.И. 1964, №18.
13. А. с. 129945 (СССР). Способ получения высоких и сверхвысоких давлений и устройство для его осуществления / Л.А. Юткин, Л.И. Гольцова. Заявл. 29.12.52, № 605995/25; Оpubл. в Б. И., 1963, №20.
14. А. с. 196632 (СССР). Способ очистки и обеззараживания жидкостей, преимущественно питьевых и сточных вод / Л.А. Юткин, Л.И. Гольцова. Заявл. 02.01.58, № 589269/28-13; Оpubл. в Б. И., 1983, № 18.
15. А. с. 225799 (СССР). Устройство для очистки и обеззараживания жидкостей, преимущественно питьевых и сточных вод / Л.А. Юткин, Л.И. Гольцова. Заявл. 02.01.58, № 589269/28-13; Оpubл. в Б. И., 1983, № 18.
16. А. с. № 110688 (СССР). Способ выделения германия из угля в жидкой среде / Л.А.Юткин, Ф.Я.Сапрыкин и др. Заявл. 07.05.57, № 572368; Оpubл. в БИ, 1983, № 18.
17. А. с. № 120113 (СССР). Устройство для разрезания материала посредством электрогидравлических ударов / Л.А.Юткин, Ю.В.Журавекий и др. Заявл. 15.05.57, № 573048; Оpubл. в БИ., 1959, № 10.
18. А. с. № 107557 (СССР). Гидравлический насос / Л.А.Юткин, В.Берсенев. Заявл. 12.12.56, № 562424; Оpubл. в БИ. 1957, № 7.
19. А.с. № 260304, (СССР). Устройство для получения удобренной почвы непосредственно в поле / Л.А.Юткин, А.Н.Мельникова. Заявл. 17.02.60, № 655378/30-15; Оpubл. в.БИ. 1983, № 1.
20. А. с. № 478472 (СССР). Устройство для распыления жидкости / Л.А.Юткин, Л.И.Гольцова. Заявл. 16.01.67, № 1126268/30-15; Оpubл. в БИ. 1983. № 9.
21. А. с. № 310483 (СССР). Индуктор для магнитно-импульсной обработки / Л.А.Юткин, Л.И.Гольцова. Заявл. 20.03.67, № 41141020/25-27; Оpubл. в БИ. 1983, № 18.
22. А. с. № 402608 (СССР). Способ создания подпочвенных трубопроводов / Л.А.Юткин, Л.И.Гольцова. Заявл. 19.08.68, № 1269003/30-15; Оpubл. в Б.И. 1983, № 4.
23. А. с. № 894049 (СССР). Дренажная труба / Л.А.Юткин, Е.И.Филиппова и др. Заявл. 26.12.78, № 2742330/30-15; Оpubл. в БИ, 1981, № 48.
24. Svedberg T. Berichte, *Pilosophical Transactions*, London, 1905. Vol. LXX. P. 38.
25. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд. М.: МФТИ, 1997. 320 с.
26. Маргулис М.А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях). М.: Высшая школа, 1984. 272 с.
27. Zagoruyko VA Electrohydraulic effect as a method of deformation of metals. *Materials of the XVth International Youth Forum "Youth and Agricultural Machinery in the XXI Century"* (April 4-5, 2019). URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/34561>
28. Sirenko V., Manchenko O. Electrohydraulic effect in electropasmolysis. *II All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference in memory of V.V. Ovcharov "Current state and prospects for the development of electrical systems"* (10-26 November, 2020) <http://repo.snau.edu.ua/bitstream/> (2024, January, 10).
29. Nuriddin Markaev, Islom Abdiraxmonov, Ikrom Davletov. Energy characteristics of electro-technological processing of grape cuttings. *E3S Web of Conferences* 434(10):01031. 2023. doi:10.1051/e3sconf/202343401031
30. Turdiboyev A., Aytbaev N., Mamutov M., Tursunov A., Toshev T., Kurbonov N. Study on application of electrohydraulic effect for disinfection and increase of water nutrient content for plants. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1142 (2023) 012027. 2023 doi:10.1088/1755-1315/1142/1/012027
31. Jorge Vinna Sabrejos Researches of Technology Electrohydraulic Effect: Impact on Water. 2020. The Antenor Orrego Private University, Peru doi: [10.4018/978-1-5225-9420-8.ch019](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9420-8.ch019)
32. Tatiana Golubeva. Environmental Phenomena. *Application of Electrohydraulic Effect for Wastewater Treatment 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*. 2018. doi: [10.1109/eeeic.2018.8494436](https://doi.org/10.1109/eeeic.2018.8494436)

References

- Lane T. Description of an electrometer invented by mr. Lane with an account of some experiments made by him with it. *Pilosophical Transactions*. London, 1767. Vol. LVII. P. 451-460.
- Priestly J. Experiments on the Lateral force of electrical explosions, *Pilosophical Transactions*. London, 1769. Vol. LIX. P. 57-62.
- Frunge F. Zummechanischen Wirkungsgrad von Flüssigkeitsfunken, *Optic*, Hamburg, Band 3. 1948. No 1/2. P. 124-127.
- Pokrovskiy G.I., Stanyukovich K.P. *Izv. AN SSSR. Seriya fiz.* 1944. No. 8. P. 214. [in Russian]

5. Bur. Ships J. 1962. 3, 4.
6. Yutkin L.A. Elektrogidravlicheskiy effekt. M.; L.: Mashgiz, 1955. 52 p. [in Russian]
7. Yutkin L.A. Elektrogidravlicheskiy effekt i ego primeneniye v promyshlennosti. L.: Mashinostroeniye, leningr. otd., 1986. 253 p. [in Russian]
8. Elektrogidravlicheskiy effekt. URL: www.sites.google.com/site/yutkin1911/glavnaa [in Russian]
9. Yutkin L.A. Elektrogidravlicheskoie drobeniye. L.: LDNTP, ch. 1. 1959. 36 p. [in Russian]
10. A. s. No 105011 (SSSR). Sposob polucheniya vyisokih i sverhvyisokih davleniy / L.A.Yutkin, L.I.Goltsova., Zayavl. 15.04.50, No 416898, Opubl. v BI., 1957. No 41. [in Russian]
11. A. s. No 118436 (SSSR). Elektrogidravlicheskiy bur dlya bureniya skvazhin / L.A.Yutkin, L.I.Goltsova..Zayavl. 12.11.57, No 586039/22; Opubl. v BI., 1959. No 5. [in Russian]
12. A. s. 121053 (SSSR). Sposob poverhnostnogo vozdeystviya na materialy / L.A. Yutkin, L.I.Goltsova.. Zayavl. 22.03.51, No 605989/25; Opubl. v B.I. 1964, No 18. [in Russian]
13. A. s. 129945 (SSSR). Sposob polucheniya vyisokih i sverhvyisokih davleniy i ustroystvo dlya ego osuschestvleniya / L.A. Yutkin, L.I. Goltsova. Zayavl. 29.12.52, No 605995/25; Opubl. v B. I., 1963, No 20. [in Russian]
14. A. s. 196632 (SSSR). Sposob ochistki i obezrazhivaniya zhidkostey, preimuschestvenno pitevyih i stochnyih vod / L.A. Yutkin, L.I. Goltsova. Zayavl. 02.01.58, No 589269/28-13; Opubl. v B. I., 1983, No 18. [in Russian]
15. A. s. 225799 (SSSR). Ustroystvo dlya ochistki i obezrazhivaniya zhidkostey, preimuschestvenno pitevyih i stochnyih vod / L.A. Yutkin, L.I. Goltsova. Zayavl. 02.01.58, No 589269/28-13; Opubl. v B. I., 1983, No 18. [in Russian]
16. A. s. No 110688 (SSSR). Sposob vydele-niya germaniya iz uglya v zhidkoy srede / L.A.Yutkin, F.Ya.Sapryikin i dr. Zayavl. 07.05.57, No 572368; Opubl. v BI, 1983, No 18. [in Russian]
17. A. s. No 120113 (SSSR). Ustroystvo dlya razrezaniya materiala posredstvom elektrogidravlicheskih udarov / L.A.Yutkin, Yu.V.Zhuravekiy i dr. Zayavl. 15.05.57, No 573048; Opubl. v BI., 1959, No 10. [in Russian]
18. A. s. No 107557 (SSSR). Gidravlicheskiy nasos / L.A.Yutkin, V.Bersenev. Zayavl. 12.12.56, No 562424; Opubl. v BI. 1957, No 7. [in Russian]
19. A. s. No 260304, (SSSR). Ustroystvo dlya polucheniya udobrennoy pochvyi neposredstvenno v pole / L.A.Yutkin, A.N.Melnikova.Zayavl. 17.02.60, No 655378/30-15; Opubl. v.BI. 1983, No 1. [in Russian]
20. A. s. No 478472 (SSSR). Ustroystvo dlya raspyleniya zhidkosti / L.A.Yutkin, L.I.Goltsova.. Zayavl. 16.01.67, No 1126268/30-15; Opubl. v BI. 1983. No 9. [in Russian]
21. A. s. No 310483 (SSSR). Induktor dlya magnitno-impulsnoy obrabotki / L.A.Yutkin, L.I.Goltsova. Zayavl. 20.03.67, No 41141020/25-27; Opubl. v BI. 1983, No 18. [in Russian]
22. A. s. No 402608 (SSSR). Sposob sozdaniya podpochvennyih truboprovodov / L.A.Yutkin, L.I.Goltsova. Zayavl. 19.08.68, No 1269003/30-15; Opubl. v B.I. 1983, No 4. [in Russian]
23. A. s. No 894049 (SSSR). Drenazhnaya truba / L.A.Yutkin, E.I.Filippova i dr. Zayavl. 26.12.78, No 2742330/30-15; Opubl. v BI, 1981, No 48. [in Russian]
24. Svedberg T. Berichte, *Pilosophical Transactions*, London, 1905. Vol. LXX. P. 38. [in Russian]
25. Bazelyan E.M., Rayzer Yu.P. Iskrovoy razryad. M.: MFTI, 1997. 320 p. [in Russian]
26. Margulis M.A. Osnovy zvukohimii (himicheskie reaktsii v akusticheskikh polyah). M.: Vysshaya shkola, 1984. 272 p. [in Russian]
27. Zagoruyko VA Electrohydraulic effect as a method of deformation of metals. *Materials of the XVth International Youth Forum "Youth and Agricultural Machinery in the XXI Century"* (April 4-5, 2019). URI; <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/34561>.
28. Sirenko V., Manchenko O. Electrohydraulic effect in electropulsmolysis. *II All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference in memory of V.V. Ovcharov "Current state and prospects for the development of electrical systems"* (10-26 November, 2020) <http://repo.snau.edu.ua/bitstream/> (2024, January, 10).
29. Nuriddin Markaev, Islom Abdiraxmonov, Ikrom Davletov. Energy characteristics of electro-technological processing of grape cuttings. *E3S Web of Conferences* 434(10):01031. 2023. doi:[10.1051/e3sconf/202343401031](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343401031)
30. Turdiboyev A., Aytbaev N., Mamutov M., Tursunov A., Toshev T., Kurbonov N. Study on application of electrohydraulic effect for disinfection and increase of water nutrient content for plants. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1142 (2023) 012027. 2023 doi:[10.1088/1755-1315/1142/1/012027](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1142/1/012027)
31. Jorge Vinna Sabrejos Researches of Technology Electrohydraulic Effect: Impact on Water. 2020. The Antenor Orrego Private University, Peru doi: [10.4018/978-1-5225-9420-8.ch019](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9420-8.ch019)
32. Tatiana Golubeva. Environmental Phenomena. *Application of Electrohydraulic Effect for Wastewater Treatment 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*. 2018. doi: [10.1109/eeeic.2018.8494436](https://doi.org/10.1109/eeeic.2018.8494436)