

DEUTSCHE internationale Zeitschrift
für zeitgenössische Wissenschaft

**Nº4
2021
VOL.1**



DEUTSCHE internationale Zeitschrift
für zeitgenössische Wissenschaft



ISSN (Print) 2701-8369
ISSN (Online) 2701-8377

**Deutsche internationale Zeitschrift für
zeitgenössische Wissenschaft**

...
Nº4 2021
VOL. 1

Deutsche internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft ist eine internationale Fachzeitschrift in deutscher, englischer und russischer Sprache.

Periodizität: 24 Ausgaben pro Jahr
Format - A4
Alle Artikel werden überprüft.
Freier Zugang zur elektronischen Version des Journals

**German International Journal of Modern
Science**

...
Nº4 2021
VOL. 1

German International Journal of Modern Science is an international, German/English/Russian/Ukrainian language, peer-reviewed journal.

Periodicity: 24 issues per year
Format - A4
All articles are reviewed.
Free access to the electronic version of journal.

- Edmund Holst (Salzburg) AT
- Michaela Meissner (Köln) DE
- Klara Amsel (Liège) BE
- Briana French (Cambridge) GB
- Joleen Parsons (Manchester) GB
- Dragomir Koev (Sofia) BG
- Stanislav Štěpánek (Praha) CZ
- Valeriya Kornilova (Kyiv) UA
- Dmitriy Aksenov (Lviv) UA
- Valentin Bragin (Moscow) RU
- Mirosław Bednarski (Warsaw) PL
- Daniela Villa (Florence) IT
- Mattia Molteni (Rome) IT
- Sylwia Krzemińska (Ljubljana) SI
- Käte Kraus (Vienna) AT
- Eleonora Lehmann (Berlin) DE
- Alexander Dressler (Marseille) FR
- Zdzisław Małecki (Warsaw) PL
- Adrián Borbély (Budapest) HU

- Edmund Holst (Salzburg) AT
- Michaela Meissner (Köln) DE
- Klara Amsel (Liège) BE
- Briana French (Cambridge) GB
- Joleen Parsons (Manchester) GB
- Dragomir Koev (Sofia) BG
- Stanislav Štěpánek (Praha) CZ
- Valeriya Kornilova (Kyiv) UA
- Dmitriy Aksenov (Lviv) UA
- Valentin Bragin (Moscow) RU
- Mirosław Bednarski (Warsaw) PL
- Daniela Villa (Florence) IT
- Mattia Molteni (Rome) IT
- Sylwia Krzemińska (Ljubljana) SI
- Käte Kraus (Vienna) AT
- Eleonora Lehmann (Berlin) DE
- Alexander Dressler (Marseille) FR
- Zdzisław Małecki (Warsaw) PL
- Adrián Borbély (Budapest) HU

Artmedia24

Anschrift: Industriestraße 8, 74589 Satteldorf Deutschland.

E-mail: info@dizzw.com
WWW: www.dizzw.com

Chefredakteur: Reinhardt Roth

Druck: Einzelfirma Artmedia24, Industriestraße 8, 74589 Satteldorf Deutschland

Die Hersteller der Zeitschrift sind nicht verantwortlich für die in der Zeitschrift veröffentlichten Materialien.

Die Autoren sind für die Richtigkeit der im Artikel enthaltenen Informationen verantwortlich. Die Meinung der Hersteller spielt möglicherweise nicht die Ansichten des Autoren wieder.

Bei Nachdruck ist ein Verweis auf der Zeitschrift erforderlich. Materialien werden in der Ausgabe des Autoren veröffentlicht.

Artmedia24

Address: Industriestrasse 8, 74589 Satteldorf Germany.

E-mail: info@dizzw.com
WWW: www.dizzw.com

Editor in chief: Reinhardt Roth

Printing: Artmedia24, Industriestrasse 8, 74589 Satteldorf Germany.

Editorial board of journal is not responsible for the materials published there.

Authors are responsible for the accuracy of articles contained information.

Opinion of editorial board may not coincide with the opinion of authors published materials.

In case of materials reprinting - link to journal is required.

Materials are publishing in native author's edition.

Edition: № 4/2020 (January) – 4st

Passed in press in January 2021

Printed in January, 2021

Printing: Artmedia24, Industriestrasse 8,
74589 Satteldorf, Germany.



© Artmedia24

© Deutsche internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft / German International Journal of Modern Science

CONTENT

ARCHITECTURE

<i>Romanenko S., Andrievska Y.</i>	
TECHNICAL INSPECTION OF HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION	4

EARTH SCIENCES

<i>Grunt T.</i>	
NEW MIDDLE-LATE DEVONIAN PLICATHYRIDINAE (ATHYRIDIDA, BRACHIOPODA) FROM WESTERN GERMANY AND EAST-EUROPEAN PLATFORM (RUSSIA)	8

MEDICAL SCIENCES

<i>Sokolov V.M., Bondar O.V., Bilotserkivskyi I.V., Yanieva D.G.</i>	
A MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO THE TREATMENT OF PARAGANGLIOMAS OF THE NECK ..	22
<i>Kostyev F.I., Sokolov V.N., Bondar O.V., Chystiakov R.S.</i>	
COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH NON-MUSCLE-INVASIVE BLADDER CANCER DURING ADJUVANT INTRAVESICAL TREATMENT	32

PHYSICAL SCIENCES

<i>Antonov A.A.</i>	
RELATIVISTIC FORMULAS OF THE EXISTING VERSION OF THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY ARE INCORRECT, THEY ARE INCORRECT EXPLAINED AND INCORRECT CONCLUSIONS ARE DRAWN FROM THEM	38
<i>Kozlov V.N.</i>	
UNCONVENTIONAL SOURCES OF RENEWABLE ENERGY (SURVEY PAPER)	47
<i>Yurov V., Salkeeva A., Kusenova A.</i>	
SIZE EFFECT IN THE LUMINESCENCE OF CRYSTALLOPHOSPHORUS	56

TECHNICAL SCIENCES

<i>Ismailov B., Ismailov K.</i>	
COMPARATIVE ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS OF ANAEROBIC FERMENTATION OF BIOMASS	60
<i>Khodakovskiy A., Kovalchuk A., Golets V., Pirogovska T.</i>	
USE OF MULTIAGENT SYSTEMS IN CONTROL OF ELECTROMAGNETIC FIELD LEVELS IN THE CONDITIONS OF VARIABLE ENERGY LOADING IN PRODUCTION FACILITIES	63
<i>Rastegaev E.</i>	
FEATURES OF ENSURING THE MANUFACTURABILITY OF THE PRODUCT DESIGN FOR SERIES PRODUCTION IN THE CONDITIONS OF CONCURRENT ENGINEERING	67

VETERINARY SCIENCES

<i>Parilovsky O.I., Yatsenko I.V., Bogatyreva A.M.</i>	
FORENSIC VETERINARY CHARACTERISTICS OF SIGNS OF DAMAGE TO THE HEALTH OF MEDIUM-SEVERE ANIMALS	70

ARCHITECTURE

TECHNICAL INSPECTION OF HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION

Romanenko S.

*Senior lecturer at the Department of Construction
Kherson State Agrarian and Economic University*

Kherson, Ukraine

Andrievska Y.

assistant

Kherson State Agrarian and Economic University

Kherson, Ukraine

DOI: [10.24412/2701-8377-2021-4-1-4-7](https://doi.org/10.24412/2701-8377-2021-4-1-4-7)

ТЕХНІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ГІДРОТЕХНІЧНОЇ СПОРУДИ

Романенко С.М.,

старший викладач кафедри будівництва

Херсонський державний аграрно-економічний університет

м. Херсон, Україна

Андрієвська Я.П.

асистент

Херсонський державний аграрно-економічний університет

м. Херсон, Україна

Abstract

The technical condition of a building or structure is a set of properties of the structures of a building or structure that change during operation, which is characterized at a certain point in time by the values of indicators and qualitative characteristics.

When assessing the technical condition of the structure, the technical tasks are solved: formulation of the purpose of the assessment of the technical condition - restoration of normal operational properties of the structure; visual and instrumental inspection of structural elements; geodetic and engineering-geological surveys; assessment of the technical condition of structures, structural elements and structures in general; development of project documentation for reinforcement or reconstruction.

This article presents the results of a visual inspection of the hydraulic structure to determine the condition, the actual bearing capacity and identify the impact of defects on the further operation of the structure as a whole.

The results of the survey were used in the development of working documentation for the reconstruction of the hydraulic structure.

Аннотация

Технічний стан будівлі чи споруди – це сукупність властивостей конструкцій будівлі чи споруди, що змінюються при експлуатації, яка характеризується в певний момент часу значеннями показників і якісними ознаками.

При оцінці технічного стану споруди вирішуються технічні задачі: формулювання мети оцінки технічного стану – відновлення нормальних експлуатаційних властивостей споруди; візуальне і інструментальне обстеження конструктивних елементів; геодезичні і інженерно-геологічні вишукування; оцінка технічного стану конструкцій, конструктивних елементів і споруди в цілому; розробка проектної документації підсилення або реконструкції.

В цій статті наведені результати проведеного візуального обстеження гідротехнічної споруди для з'ясування стану, реальної несучої здатності і виявлення впливу дефектів на подальшу роботу всієї споруди в цілому.

Результати проведеного обстеження використовувалися при розробці робочої документації реконструкції гідротехнічної споруди.

Keywords: earthen dam, structure integrity, gate, dam, technical inspection

Ключові слова: земляна гребля, цілісність споруди, затвор, дамба, технічний огляд.

Для вирішення поставлених задач було здійснено візуальне технічне обстеження гідротехнічної споруди озера Солонець в с. Олександровка Білозерського району Херсонської області проводяться з метою визначення її фактичного техніч-

ного стану та надання у разі необхідності рекомендацій щодо усунення виявлених недоліків (дефектів, пошкоджень) для подальшої безпечної експлуатації. [1, 2, 3]. Розглянута можливість виникнення

аварії на споруді внаслідок реалізації одного або декількох наступних аварійних ситуацій, що відповідають настанню граничних станів [4, с. 405].

Клас наслідку (відповідальності) гребель з грунтових матеріалів встановлюють відповідно до таблиці 1 з врахуванням вимог ДБН В.1.2- 14 [5] та ДБН В.2.4-3 [6]. Клас наслідків (відповідальності) об'єкту складає СС2 – середні наслідки.

Гідротехнічна споруда площею 0,8613 га, що обстежуються, розташована між озером Солонець та ставком на території Олександрівської сільської ради Білозерського району Херсонської області. Загальна площа ставка – 52,3 га, об'єм води при НПГ не визначений за відсутності водогосподарського паспорта.

Основними конструктивними елементами гідротехнічної споруди, які підлягають обстеженню, являються: тіло греблі та дамба; кріплення верхнього та нижнього укосів.

Земляна гребля це споруда, що побудована для створення штучної водойми шляхом ділення водотоку на верхній та нижній б'єфи та зосередження води у верхньому б'єфі.

Насипна гребля має трапецієподібний поперечний переріз з ламаним профілем напірного і низового укосів. Для захисту укосів насипної греблі від руйнування були застосовані — бетонні або залізобетонні плити, біологічне укріплення.

Верхня частина насипу греблі - ґрунтована. Гребля, тіло якої на 50% і більше складається з глинистих ґрунтів.

Відсутній захист укосів насипної гребні від руйнування бетонними або залізобетонними плитами.

У нижньому б'єфі відмічається значне зростання очерету.

Верховий укос зазнає значної абразії, унаслідок чого втрачена лінійність укосу і він набув обривчастої форми.

Виявлено наявність осідань і тріщин ґрунту.

У місцях примикання бетонних елементів до ґрунтових частин споруди спостерігаються промоїни та часткове просідання.

Під час технічного обстеження були оглянуті основні несучі конструкції гідротехнічної споруди (дамби) з зовні.



Рис. 1. Загальний вигляд гідротехнічної споруди

Конструкції гідротехнічної споруди (дамби) виконані з монолітного та збірного залізобетону.

Основними дефектами і пошкодженнями бетонних і залізобетонних конструкцій, які свідчать про зниження міцності бетону є: наднормативні тріщини; оголення, досягнення границі текучості та розриви арматури, порушення її зчеплення з бетоном; корозійне пошкодження бетону та арматури; вимивання цементного каменю з тіла конструкції, висоли на поверхні бетонних конструкцій; недостатній захисний шар бетону; зменшення площин обпирання конструкцій; корозійне зношення сталевих конструкцій.

Наявність на бетоні наростів карбонату кальцію типово для корозії вилуговування. Корозія вилуговування відбувається при просочуванні (фільтрації) природної води через товщу бетону, при цьому з бетону вимивається вільний гідроксид кальцію, що утворюється при частковому розчиненні і гідролізі основних компонентів цементного каменю. Відсутність гідроксиду кальцію говорить про значний вік висолів, а велика кількість висолів свідчить про великі обсяги води, що пройшли через бетон.



Рис 2. Похила тріщина з наднормативним розкриттям. Бетонні конструкції мають біоушкодження

В процесі багаторічного замочування омивають водами бетонні конструкції споруди сильно кородовані. У процесі корозії компоненти цементного каменю розчинялися і вимивалися з бетону. Вимирання складових бетону істотно позначилось на міцності бетонних конструкцій.

При обстеженні встановлено також такі дефекти та відхилення:

- відхилення від первісного рівня якості, форми, фактичних розмірів елементів та конструкцій, яке виникло під час експлуатації або аварії;

- вертикальні та горизонтальні переміщення в тілі земляної споруди, які виникають внаслідок ущільнення ґрунту споруди під дією ваги споруди, замочуванню ґрунту.

Однією з причин утворення ушкоджень бетонних і залізобетонних кріплень є неякісне ущільнення швів, що в підсумку призводить до виносу ґрунту з-під плит і їх подальшого руйнування, втрати місцевої стійкості кріплень.

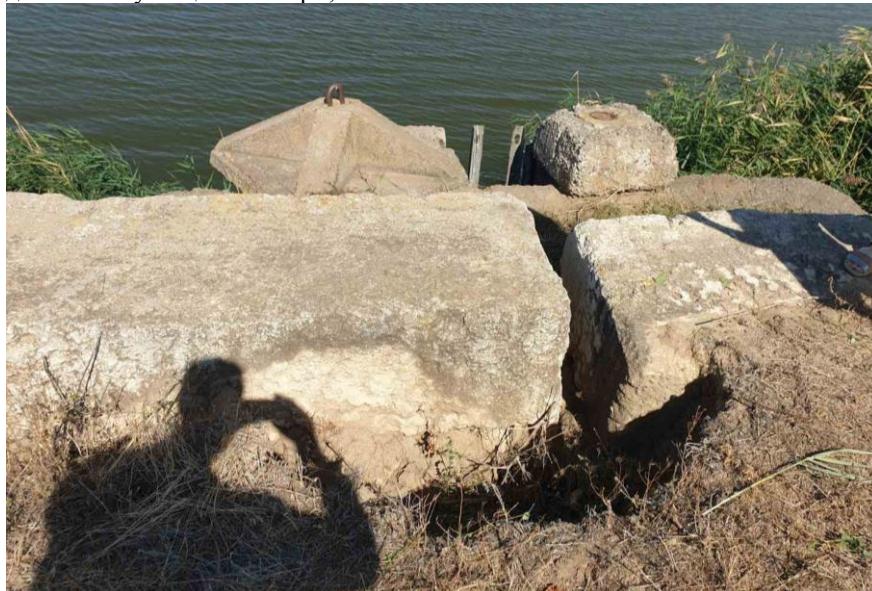


Рис. 4. Відхилення бетонної конструкції від проектного положення в горизонтальному напрямку

Виявлено порушення цілісності споруди, утримання у не належному технічному стані затвора (засувки).



Рис. 3 Конструкція дерев'яного затвору. Сильна корозійна агресивність металевих конструкцій затвору

На основі аналізу результатів технічного обстеження будівельних конструкцій гідротехнічної споруди, яка розташована між озером Солонець та ставком на території Олександрівської сільської ради Білозерського району Херсонської області, встановлено, що на час обстеження технічний стан несучих будівельних конструкцій може класифіковатися як стан 3. Стан може класифіковатися як не придатний до нормальної експлуатації або категорія технічного стану – 3 [1, с. 6].

Висновки. На підставі візуального обстеження встановлено, що при відхиленні від нормальних умов експлуатації можливі наслідки надзвичайних ситуацій - селевий потік при зруйнуванні греблі, скид в поверхневі води озера, та їх вплив на оточуюче середовище.

Для забезпечення нормальної експлуатації споруди потрібно розробити спеціальні заходи по усуненню дефектів та пошкоджень або виконати реконструкцію об'єкту.

References

1. DSTU-N B B.1.2-18: 2016. Guidelines for inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition. [Valid from 2017-04-01]. View. ofits. Kyiv: DP "UkrNDNTs", 2017. 32 p.
2. Order № 252 [1995.12.21]. (1995). On approval of the Methodology of inspection and certification of hydraulic structures of hydraulic extraction and storage of industrial waste. Kyiv: State Construction Committee of Ukraine.
3. Barashikov A. Ya., Malishev OM Assessment of the technical condition of construction and engineering structures: Textbook. way. for students. higher education lock - K :: Основа, 2008. - 320 c. ISBN: 978-966-699-399-4
4. Shuminsky VD Features DBN B.2.4-20: 2015 "Dams of soil materials. Basic provisions" / VD Shuminsky, MM Khlapuk, VA Ti-tarenko, Ya. I. Dombrovsky, DA Dmitriev // Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. - 2015. - Vip. 58. - P. 403-411. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodaba_2015_58_65.
5. DBN B. 1.2-14-2018. General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures. [Valid from 2019-01-01]. View. ofits. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2018. 29 p.
6. DBN B.2.4-3: 2010. Waterworks. Substantive provisions. [Valid from 2011-01-01]. View. ofits. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010

EARTH SCIENCES

NEW MIDDLE-LATE DEVONIAN PLICATHYRIDINAE (ATHYRIDIDA, BRACHIOPODA) FROM WESTERN GERMANY AND EAST-EUROPEAN PLATFORM (RUSSIA)

Grunt T.

Dr. of Biology

Autonomous Noncommercial Organization:

Laboratory-Studio "Live Earth" Moscow, Russia

DOI: [10.24412/2701-8377-2021-4-1-8-21](https://doi.org/10.24412/2701-8377-2021-4-1-8-21)

Abstract

Two new genera: *Tumidinathyris* from the Middle Devonian of the Eifel Hills (Germany) and *Anathyroides* from the Late Devonian of the West and East-European basins established. *Intanathyris orlovi* gen. et sp. nov. originates from the Late Devonian (Famennian Stage) of the Subpolar Urals. Classification of Superfamily Athyridoidea and distribution of Subfamily Plicathyridinae in the Middle–Late Devonian deposits of Germany and East-European Platform discussed.

Keywords: Brachiopoda, Athyridida, Middle Devonian, Eifelian Stage, Germany, Eifel Hills, Late Devonian, East-European Platform, Frasnian Stage, Famennian Stage.

Introduction. This study keeps on the investigation of brachiopods from the Subfamily Plicathyrididinae (Athyrididae, Athyridida) of the Eifel Hills and environs of Aachen in Germany as well as in the Middle–Late Devonian of the East-European Platform. In the Middle Devonian (Givetian Stage) of the Eifel Hills Plicathyrididinae has been ascertained now for the first time and presented by a new genus *Tumidinathyris*. In the Late Devonian (Frasnian Stage) it is presented by a single new genus *Anathyroides*. In the Middle Devonian (Eifelian Stage) of the East-European Platform only solitary specimens of *?Anathyroides* Grunt, gen. nov. reported from the Timan Mountain-ridge. In the Late Devonian of the East European Platform and its framework Plicathyrididinae are more diverse. *Anathyroides helmerseni* (Buch, 1840) wide-spread within the Middle Frasnian deposits of the Main Devonian Field and Central Devonian Field. Six more species could be provisionally attributed to *Anathyroides* basing their markedly distinguishing external characteristics. *Intanathyris* Grunt, gen. nov. established in the Famennian Stage of the Tschernyschew Ridge (Subpolar Urals).

Geological Setting. The Middle Devonian sequence of the Eifel Hills is subdivided into several formations, subformations and members, which are separated by both lithological and faunal criteria. The reference profile is the so called "Type Eifelian Profile" within the Hillesheim Syncline investigated precisely by W. Struve [1], who was the leading expert in the Devonian sections and faunas of the Eifel region. In 2008 Struve and his co-authors [2] presented a detailed review of the stratigraphy of this territory. Detailed Main limestone synclines within the "Limestone synclinorium" examined in [3].

Athyrididae are distributed nearly throughout the complete Middle Devonian of Eifel Hills (Fig. 1) from the Lauch Fm. to the Kerpen Fm. Their maximum is found in the Eifelian (Lauch, Nohn, Ahrdorf, and Junkerberg Fms.). The distribution of the main taxa was considered by Alvarez and co-authors [4, text-fig. 6]. Between these, a single new genus *Tumidinathyris* and *T. tumida* (Kayser, 1871) regarded here as its type species attributed to subfamily Plicathyridinae Alvarez, 1990 occurs only in the Early Givetian of the Soetenish Syncline (Eifel Hills).



Figure 1. Position of the Eifel Hills and Aachen in the territory of Germany.

Middle–Late Devonian biostratigraphy and palaeontology well known from the initial works of D.V. Nalivkin [5, 6], A.I. Ljaschenko [7, 8, 9, 10] and many more authors. In present publication used a palaeogeographic chart of Devonian basin of the East-European Platform (Fig. 2) elaborated by P.V. Fokin [11, 12].

Material and methods. The studied fossils (in total more than 100 specimens) are deposited mainly in the Museum of Natural History in Berlin (MB.B.) and in the Research Institution Senckenberg (Museum of Natural History) in Frankfurt am Main (SMF). Several specimens from the Eifel Hills with precisely determined modern stratigraphical data were donated by amateur collectors: the late Volker Ebbighausen, and the

late Gerd Trost. Some minor material on *Anathyroides calestiennensis* (Mottequin et al., 2016) provided by P. Sartanaer comes from the Late Devonian of the environs of Aachen.

Collection of *Anathyroides helmerseni* (Buch, 1840) provided by E. Sokiran from All-Russian Research Geological Institute, St.-Petersburg (VSEGEI) originates from the type locality of the Frasnian Stage of the north-western part of the East-European Platform). *Intanathyris orlovi* Grunt, gen. et sp. nov. collected by the author in 1985 originates from the Famennian of Subpolar Urals in Russia (Fig. 2).

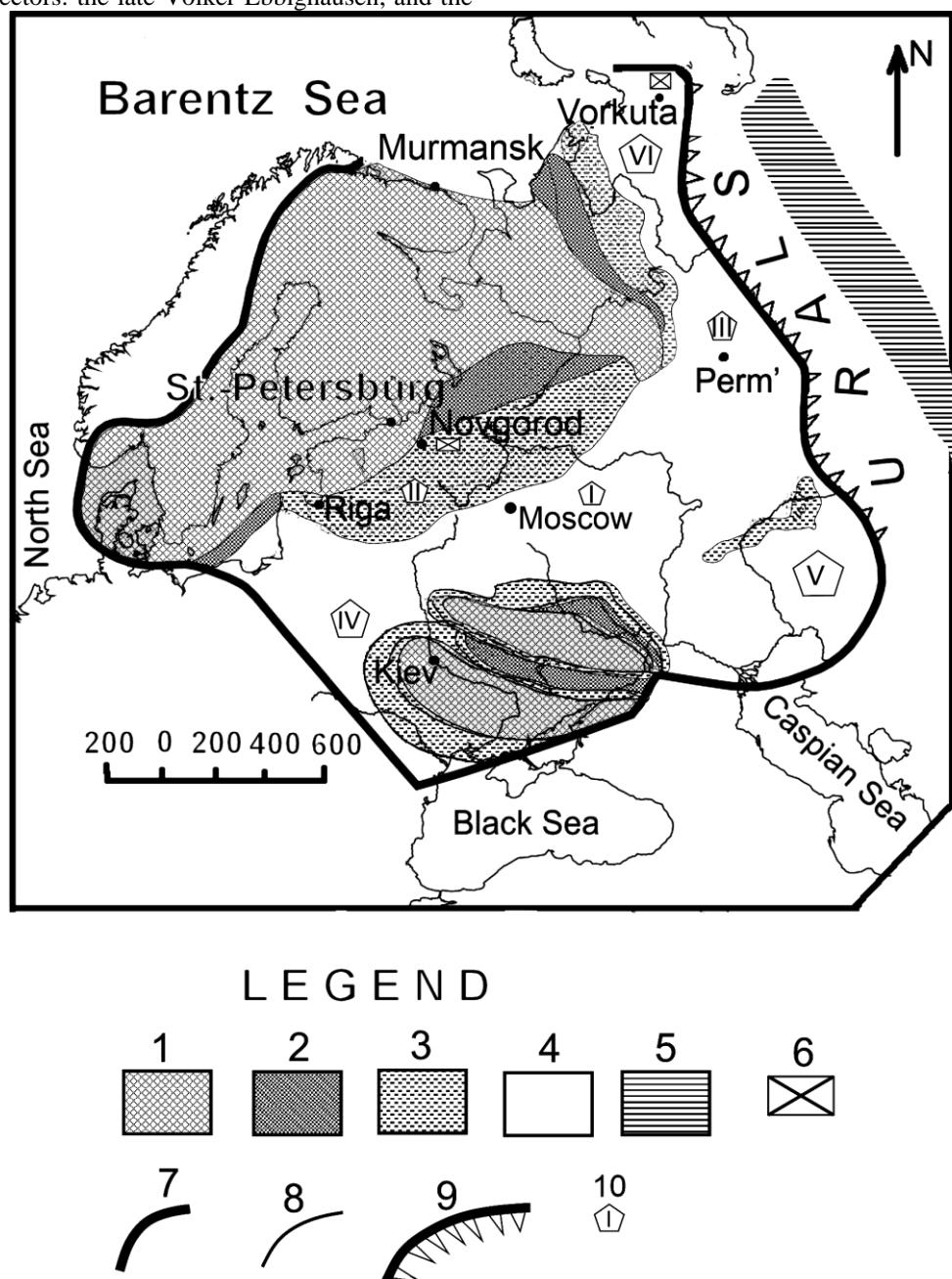


Figure 2. Late Devonian palaeogeography of the East-European Platform [11, modified]. Legend: Main Devonian basins: I—Moscow Syneclyse; II—Cysbaltic Syneclyse (Main Devonian Field); III—Volga-Uralian Region; IV—Lvov Depression; V—Pripyat-Dnepr-Donets Rift System; VI—Ciscaspian Depression; VII—Timan-Pechora Region. Sediments: 1—continental, mainly clastic; 2—off-shore marine and deltaic clastic and mainly clastic; 3—shallow marine and lagoonal, with significant clastic component; 4—marine, mainly carbonates, and lagoonal evaporates; 5—eroded land; 6—localities of athyridids; 7—boundaries of the Platform; 8—continental slope; 9—oceanic crust; 10—numbers, showing position of the main Devonian basins. .

The available, often type collections allowed first intensive studies of the internal shell structures for several species and genera which were mainly diagnosed in the past using only external features. Investigation of the interior structures was done by conventional methods: preparation of specimens using steel needles, examination with Nikon SMZ-JOA binocular microscope, preparation of serial acetate peels, scanning of acquired replicas with Epson Perfection 2400 Photo scanner (depth resolution about 1cm). Illustrations of shell interiors used the Jack Paint Shop Pro 8 program (<http://www.jack.com>). All specimens figured in present publication with prefix MB.B. are housed in the Berlin Museum of Natural History.

Classification of the Order Athyridida Dagys, 1974 with special reference to the Superfamily Athyridoidea Davidson, 1881.

A.S. Dagys [13] for the first time substantiated an order rank for athyridids regarded for a long time as a group of obscure systematic position. The authorship of the order for a long time was injustice wrong attributed to A. Boucot et al. [14]; [for details see: 3]. Dagys [13] included in this order two suborders: Athyrididina Boucot, Johnson et Staton, 1964 and Retziidina Boucot, Johnson et Staton, 1964. Following Dagys athyridids were accepted as a separate order subdivided in two suborders (Athyrididina and Retziidina) by all following authors [for example see: 15, 16, 17]. Later suborder Koninckinidina Harper, 1993 was also attributed to the order Athyridida [18] and then by Alvarez et al. [19]. Radical revision of the order Athyridida by Alvarez et al. [19] and then by Alvarez and Rong [20] was done based only on a mechanic cladistic analysis of 37 external and internal characters of athyridids. Phylogenetic trends were completely ignored. In particular the attribution of Koninckinidina to the order Athyridida is extremely doubtful. In present publication subdivision of Athyridida accepted into two suborders. Suborder Athyrididina involves non-punctate shells, smooth or covered by concentric lamellae, sometimes imbricated or spinose. Radial ornament in Athyrididina not observed. Suborder Retziidina characterized by "rhynchonelliform" plicate or ribbed sculpture and punctate or non-punctate structure of the wall. It divided into two superfamilies: Retzioidea Waagen, 1883, includes punctate shells; Athyrisonoidea Grabau, 1931, characterized by non-punctate shell. Athyrisonoidea subdivided into two families: Athyrisinidae Grabau, 1931 and Retziellidae Rzhonsnitskaya, 1974. Dorsal valve of Retziellidae characterized by disjunct hinge plate composed of a pair exterior hinge plates and median septum forming septalium similar to septalium of Meristelloidea. Family Athyrisinidae characterized by conjunct hinge plate.

Origin of suborder Retziidina (and the order Athyridida in general) is likely connected with the silicification of soft spiral supports by a small group of rhynchonellids characterized by radial external sculpture, non-punctate wall and well developed septalium formed by linking of exterior hinge plates and middle septum within the dorsal valve. The development of Retziidina originated in two directions: Athyrisonoidea maintained non-punctate wall of the shell, while Retzioidae gathered a punctate structure.

The representatives of the suborder Athyrididina completely lost radial sculpture in the process of histor-

ical development. Superfamily Meristelloidea characterized by a smooth shell and the presence of septalium, the same as septalium characteristic for Retzielloidea in dorsal valve. Genus *Triathyris* Boucot, Johnson, Staton, 1965 was selected as a type genus for established in [19] monotypic subfamily Triathyridinae Alvarez et al., 1998, which in turn became a type for the family Triathyrididae Alvarez et al., 1998. Genus *Septathyris* Boucot, Johnson, Staton, 1964 was selected by the same authors as a type genus for monotypic subfamily Septathyridinae Alvarez et al., 1998 within the family Triathyrididae Alvarez et al., 1998 of superfamily Meristelloidea Waagen, 1883. Before now these two genera (*Triathyris* and *Septathyris*) according to [19] characterized by a presence of septalium in dorsal valve, were attributed to subfamily Plicathyridinae.

Historically, the subsequent superfamily Athyridoidea was formed by fetalisation of meristelloid septalium and formation on its basis of conjunct hinge plate. This conclusion is confirmed by the presence of distinct meristelloid septalium observed at the earliest ontogenetic stages in many genera of athyridoids. Sporadic appearance of thin radial striae both in the outer surface and in the inner layers of the shell in several genera of superfamily Athyridoidea, also indicates that the ancestrals for this group were likely to be "rhynchonellloid" forms. Thus, the development of the order most likely evolved in two directions: on the one hand, by preserving "rhynchonellloid" shell in representatives of Retziidina and its loss in Athyrididina [17].

Contrary to present classification, in the variant proposed in [20] Retziellidae are considered to be a separate superfamily within suborder Athyrididina. Athyrisinidae attributed to the family Athyrididae in the rank of subfamily. In the frames of this classification "rhynchonelliform" representatives of Athyridida must belong to three different groups, which demonstrate independent generation of radial sculpture several times along the development of the order. However, it does not confirm the main trends of evolution of articulate brachiopods.

Suborder Athyrididina according to the classification accepted in this publication includes three superfamilies: Meristelloidea Waagen, 1883; Athyridoidea Davidson, 1881 and Nucleospiroidea Davidson, 1881. The representatives of Meristelloidea characterized by smooth shell and disjunct hinge plates united with median septum forming septalium within brachial valve. Superfamily Athyridoidea characterized by a smooth shell or existence of external concentric sculpture consisting of growth lines or lamellae, sometimes projecting anteriorly as flat solid spines. Hinge plate solid, conjunct, visceral foramen open, sometimes infilled. Dorsal median septum usually short or average, not merged with the hinge plate. Occasionally inner hinge plate may be supported by a dorsal median septum.

Athyridoidea differs from Meristelloidea by the absence of septalium in brachial valve; from Nucleospiroidea—by very diverse sculpture and otherwise type of hinge plate in dorsal valve.

The classification of superfamily Athyridoidea according to [21], includes three families: Hyattididae Sheehan, 1977, Athyrididae Davidson, 1881 and Diplospirellidae Schuchert, 1894. Attribution of monotypic family Hyattididae to Athyridoidea in [21] contradicts to the new investigations of P. Copper and J. Jin [22]. Starting from the classical monograph of D. Hall and

D. Clark [23] all the other researchers [24, 16, 17] and many others attribute genus *Hyattidina* Schuchert, 1913 to the family Meristellidae. Likewise, Copper and Jin [22] consider *Hyattidinae* to be a junior synonym of *Hindellinae* Schuchert, 1894. Therefore, in present classification *Hyattidinae* definitely attributed to the family Meristellidae of superfamily Meristelloidea.

Family Athyrididae according to the system proposed in «Treatise on invertebrate paleontology.....» [21] includes 11 subfamilies (Didymothyridinae, Athyridinae, Cleiothyridininae, Lochengiinae, Athyrisininae, Spirigerellinae, Comelicaniinae, Pradoiinae, Plicathyridinae, Helenathyridinae) combining more than 70 genera, namely around a half of all known genera and more than 2/3 of all known species nowadays included in the order Athyridida. Evidently that in this variant family Athyrididae includes morphologically heterogeneous genera never related historically.

Contrary to the classification elaborated in [20] the present classification of superfamily Athyridoidea subdivided into 5 families: Athyrididae Davidson, 1881; Didymothyrididae Modzalevskaja, 1979; Lochengiidae Ching and Yang, 1977; Comelicaniidae Merla, 1934 and Diplospirellidae Schuchert, 1894. Subfamily Athyrisininae Grabau, 1931 in present classification considered in the rank of family within superfamily Retzielloidea of suborder Retziidina. Alvarez and Rong [20] erroneously declared *Flexathyris* Grunt, 1980 to be a junior subjective synonym of *Lochengia* Yoh, 1929, and therefore the *Flexathyridinae* Grunt, 1984 to be a synonym of *Lochengiinae* Ching and Yang, 1977. In this publication *Flexathyridinae* classified as Athyrididae quite unrelated to exotic Chinese family Lochengiidae. The validity of both the subfamily *Flexathyridinae* and the family *Lochengiidae* discussed in details in [3]. Both *Alvarezites* Struve, 1992 and *Bruntonites* Struve, 1992, which are quite similar to each other in the aspect of external and internal structures, surely are connected in phylogenetic aspect with the Lower Carboniferous (Viséan) genus *Flexathyris* Grunt, 1980—in terms of smooth posterior shell surface, similar outline, and internal structures and definitely belong to *Flexathyridinae*. Subfamily Didymothyrididae in present publication considered in family rank. Comelicaniinae and Compositinae, attributed in [20] to Athyrididae, in present publication united within family Comelicaniidae.

Systematic palaeontology

Order Athyridida Dagsy, 1974

Suborder Athyrididina Boucot, Johnson et Staton, 1964

Superfamily Athyridoidea Davidson, 1881

Family Athyrididae Davidson, 1881

Diagnosis. Shell of various dimensions and outline; median sulcus in ventral and fold in dorsal valves present; additional radial folds in lateral slopes sometimes overseen. Concentric sculpture developed in a varying degree. Hinge plate subquadrate or subtriangular in outline. Visceral foramen present, sometimes infilled. Hinge process poor developed or absent.

Included subfamilies. Six subfamilies: Athyridinae Davidson, 1881; *Flexathyridinae* Grunt, 1984; *Plicathyridinae* Alvarez, 1990; *Cleiothyridininae* Alvarez, Rong et Boucot. 1998; *Helenathyridinae* Dagsy, 1974; *Pradoiinae* Garcia-Alkalde, 1986.

Comparison. From the rest families differs by well developed concentric sculpture.

Occurrence. Lower Devonian–Late Permian, cosmopolitan.

Subfamily Plicathyridinae Alvarez, 1990

Diagnosis. Shell of medium to large size, moderately to strongly biconvex; ventral interarea moderate to extensive, almost straight, equal to or slightly shorter than maximum width; folding mixed; anterior margin emarginated. External sculpture consists of numerous concentric, fine imbricate lamellae projecting outwards. Ventral dental plates thin subparallel or converging dorsally slightly concave. Dorsal hinge plate rather wide, concave and commonly with the median part projecting in anteriorly-ventral direction; outer hinge plates reduced; hinge process moderately developed or absent.

Comparison. From the rest subfamilies of the family Athyrididae differs by its peculiar “spiriferoid” outline of the shell and well developed ventral interarea.

Remarks. F. Alvarez [25] erected a new subfamily Plicathyridinae comprising *Plicathyris* Khalfin, 1946; *Anathyris* Peetz, 1901 and a new genus *Hexarhytis* within family Athyrididae. M.A. Rzhonsnitskaya and T.L. Modzalevskaya [26] established three groups of species within genus *Anathyris*: “*An. phalaena*”, “*An. helmerseni*” and “*An. tschernyschewi*” considered as phylogenetic lineages. Alvarez et al. [19] following [26] additionally attributed genus *Anathyrella* Khalfin, 1960 to subfamily Plicathyridinae.

Included genera. *Anathyris* Peetz, 1901; *Anathyrella* Khalfin, 1960; *Plicathyris* Khalfin, 1946; *Sulcathyris* Durkoop, 1970; *Hexathyris* Alvarez, 1990; *Anathyroides* Grunt, gen. nov.; *Tumidinathyris* Grunt, gen. nov. and *Intanathyris* Grunt, gen. nov.

Occurrence. Lower Devonian (Lochkovian Stage)–Late Devonian (Famennian Stage) predominately from Eurasia.

Genus *Anathyroides* Grunt, gen. nov.

Etymology: by external similarity to *Anathyris* Peetz, 1901.

Type species: *Terebratula Helmersenii* Buch, 1840; Late Devonian, Frasnian Stage; East-European Platform, Novgorod Region, Russia.

Diagnosis. Shell small to medium size, subtrapezoidal to fusiform in outline, equally or ventribiconvex; hinge line slightly incurved. Maximum width confined to the posterior part of the shell. Interarea low long poor developed. Distinctive sulcus present in both ventral and dorsal valves. Sculpture represented by thin, regular, dense concentric growth lamellae. Valves thickened. Ventral dental plates thin divergent, well differentiated. Dorsal hinge plate thin quadrangular in outline. Hinge process not pronounced. Visceral foramen occupies the apex of dorsal valve and hinge plate. Number of wrotes in spiralia reaches 10–12.

Other species. Besides type species several species coming from Middle–Late Devonian of the East-European Platform and its framework could be provisionally attributed to this genus basing their markedly distinguishing external characteristics despite the internal details of these species are still unknown. Namely they are: ?*Anathyroides angustus* (Nefedova, 1955) from the Eifelian sediments of South Timan; ?*Anathyroides monzevi* (Nalivkin, 1941); ?*Anathyroides svinordensis* (Nalivkin, 1941); and ?*Anathyroides petinensis* (Ljaschenko, 1959) from the Frasnian Stage of East-European Platform. *Anathyroides calestiennensis* (Mottequin et al., 2016) occurring in the Late Devonian

of Dinant Sinclinorium in the borderland territories of North France, South Belgium and West Germany definitely belongs to a new genus.

Comparison. Markedly differs from *Anathyris* Peetz, 1901 in other external outline, incurved hinge line, indistinctive low interarea and vast foramen. Internally it differs by thin hinge plate and absence of cardinal process. From *Intanathyris* Grunt, gen. nov.,

Anathyroides differs by well developed sulcus in ventral and dorsal valves, vast foramen, regular dense distinctive concentric lamellae and absence of external radial sculpture. From *Tumidinathyris* Grunt, gen. nov. *Anathyroides* differs in transverse outline of the shell, fine concentric sculpture and the absence of median septum merging with hinge plate within dorsal valve.

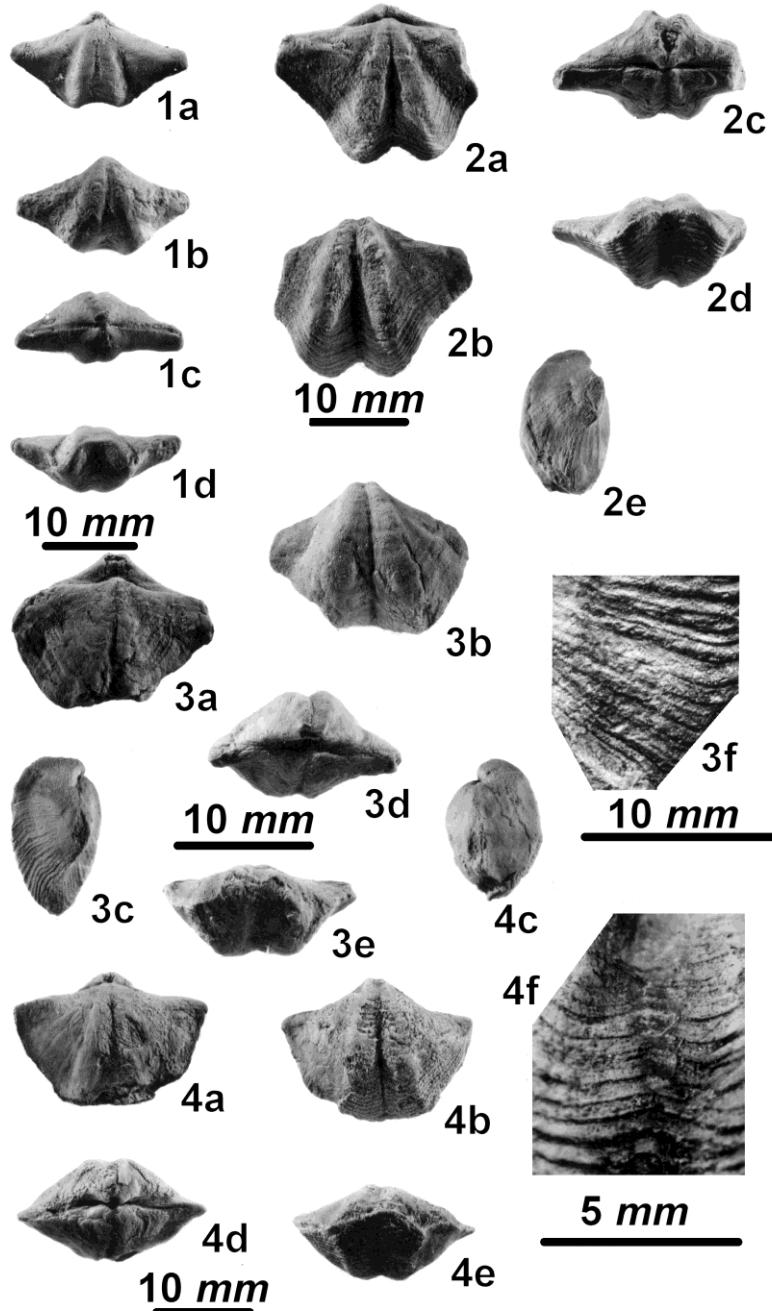


Figure. 3.

1. *Anathyrodes helmerseni* (Buch, 1840): lectotype MB.B.197.1, complete shell, in dorsal, ventral, posterior and anterior views. Russia, East-European Platform, Novgorod Region, near Ilmen Lake, environs of the village Buregi; Late Devonian, middle part of the Frasnian Stage, Buregi Layers (coll. G. Helmersen).
- 2–4. *Anathyrodes calestiennensis* (Mottequin et al., 2016): 2–sp. MB.B. 1789, complete shell in dorsal, ventral, posterior, anterior and lateral views; 3–sp. MB.B.1791, 3a–3f complete shell in dorsal, ventral, lateral, anterior and posterior views; 3g—exterior sculpture; 4–sp. MB.B.1790, 4a–4d complete shell in dorsal, ventral, anterior and posterior views; 4e – exterior sculpture; Germany, Stolberg near Aachen, Veidre; Late Devonian, Lower Frasnian, Grenzchiefer Formation (coll. P. Sartanaer).

Remarks. Until recently, information regarded the internal structure of the type species of *Anathyris (Spিrifera) phalaena* Phillips, 1841, basing the type material from the Eifelian of Great Britain absent. A detailed description of the type species, including its internal structures, given in [25] basing the abundant material originating from the lower Devonian of the Cantabrian Mountains (Spain). Rzhonsnitskaya and Modzalevskaya [26] for the first time pointed out differences between typical *Anathyris (An. phalaena)* and two other groups of species (close to *An. helmerseni* and *An. tschernyschewi*) regarded as separate phylogenetic lineages, essentially different from the “*Anathyris phalaena*” group. “*An. helmerseni*” group in present publication considered as a separate new genus *Anathyroides*.

Occurrence. Middle Devonian (rare)—Late Devonian (usually) of East-European Platform and its north-

ern framing. One species originates from the Late Devonian of southern Belgium, northern France (Dinant Synclinorium), Western Germany.

Anathyroides helmerseni (Buch, 1840)

Figs. 3.1; 4

Terbratula Helmerseni sp. n.—[27, S. 59]

Anathyris helmerseni—[15, p. 59 (see synonymy), Pl. I, figs. 1–7]

Lectotype—MB.B.197.1, complete slightly destroyed shell; housed in Berlin Museum of Natural History (Germany); East-European Platform, Novgorod Region, near Lake Ilmen, environs of the village Buregi (Russia); Late Devonian, Frasnian Stage (middle part), Semilukian Horizon, Buregi Layers; (coll. G. Helmersen). Selected by D. Weyer, figured in [15, p. 59, Pl. I, fig. 7].

Material. 15 complete shells from the type locality (coll. E. Sokiran, VSEGEI)..

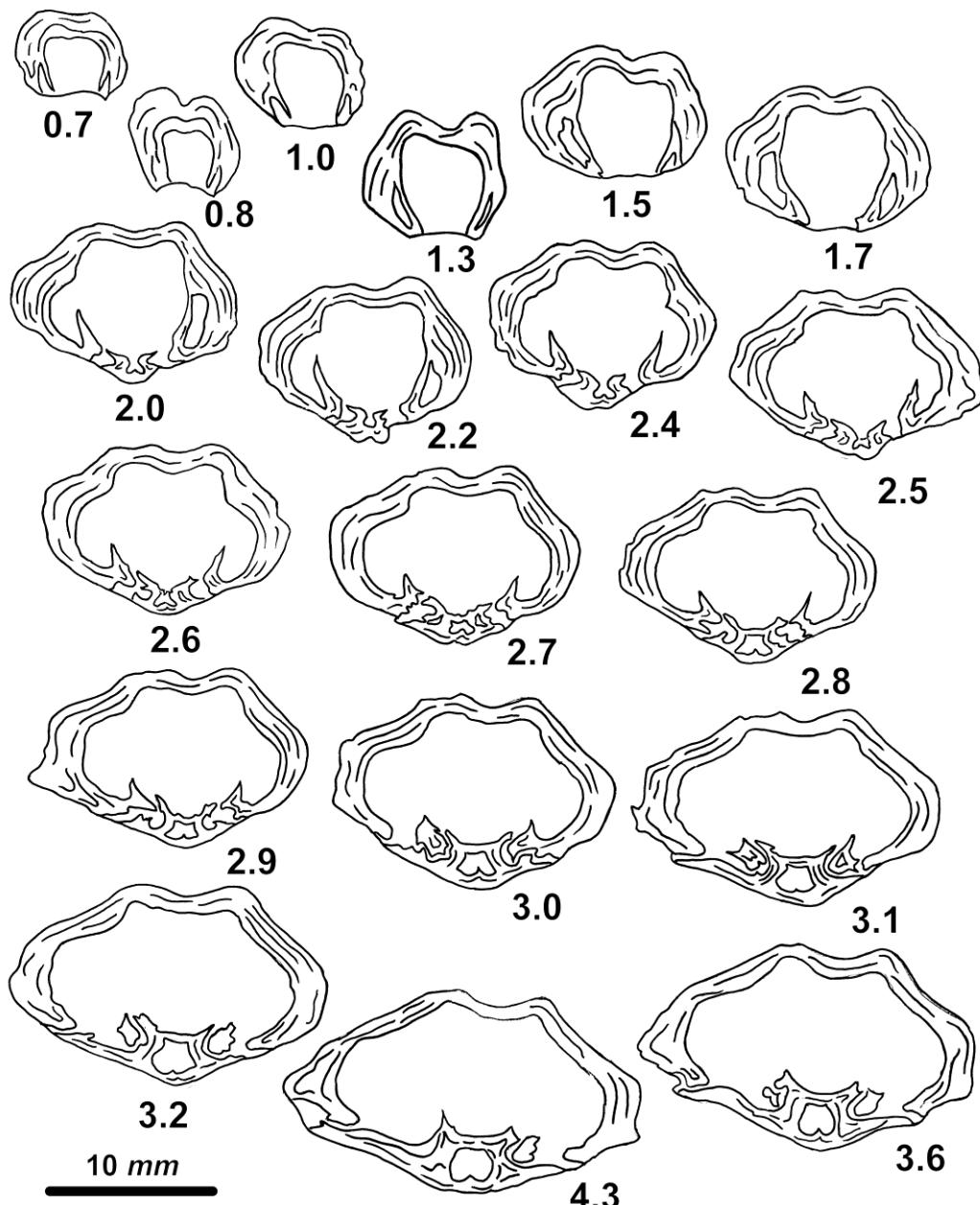


Figure 4. *Anathyroides helmerseni* (Buch, 1840): sp. MB.B.1788 (total length 11.3 mm); transverse serial sections showing the structure of cardinalium; Russia, East-European Platform, Novgorod Region, near Ilmen Lake, environs of the village Buregi; Late Devonian, middle part of the Frasnian Stage, Buregi Layers (coll. E. Sokiran).

Description. Shell of small size (up to 16.2 mm long, up to 28.8 mm wide and 11.2 mm thick), fusiform to alar-trapezoidal in outline, moderately and equally biconvex; maximum width confined to the hinge line; the width considerably exceeding its length (W/D up to 1.84). Shell sharply constricting towards the front margin. Maximum thickness confined to its posterior part. Hinge line long, slightly incurved; ears acuminate. Lateral commissures straight; front commissure parasulate. Ventral valve subpentagonal in outline, evenly bent in lateral profile, rounded in transverse profile. Sulcus

distinct, triangular, originating at the umbo and expanding sharply towards the front margin; it flanked by two symmetrical well defined rounded folds, starting from the umbo and expanding towards the front margin. The beak is slightly incurved over the interarea. Apical angle 115–127°. Foramen vast, rounded. Dorsal valve fusiform in outline, flattened. The beak not defined. In the middle part of the valve two distinct folds, half-round in cross-section, beginning near umbo and widening towards the front margin and divided by a distinct sulcus, turning into a narrow tongue. Sculpture consists of numerous regularly spaced concentric fine lamellae, covering the entire shell, but especially numerous and dense in the front region (Fig. 3.1) Valves thickened. Ventral dental plates short, thin slightly concave in median part and converge dorsally. They developed at about 0.7 mm from ventral umbo and separate a wide pedicle cavity of sub-rectangular section, from a pair of smaller lateral apical cavities of subtriangular section (Fig. 4). They extend up to 4 mm from the apex and occupy half the height of the ventral cavity in the articulation plane. In that plane teeth are big, subtriangular to rectangular. In the corresponding position the dorsal valve has rather deep dental sockets, bordered laterally by prominent inner socket ridges and lower outer socket ridges. Within dorsal valve the hinge plate thin rectangular, concave. Hinge process not pronounced. Visceral foramen occupies the apex of the dorsal valve and hinge plate. In its slopes there are two

symmetrically located pits, apparently serving for a more certain articulation of the valves. Visceral foramen sometimes overgrown, and additional pits are absent. Median ridge low poor developed (Fig. 4).

Comparison. The present species differs from *An. calestiennensis* (Mottequin et al., 2016) definitely attributed to *Anathyroides* by its smaller dimensions, subtrapezoidal in outline and acuminate cardinal extremities. *An. helmerseni* (Buch, 1840) externally most allied to a group of Frasnian species from the East-European platform. It differs from ?*An. svinordensis* (Nalivkin, 1941) by a more distinctive sulcus and lateral folds of the ventral valve, as well as by more pronounced folding of front margin; from ?*An. monzevi* (Nalivkin, 1941) it distinguished by larger size of the shell; from ?*An. petinensis* (Ljaschenko, 1959) is differs by smaller dimensions of the shell, its smaller transverse extension and rare growth lamellae.

Remarks. The study of specimens identified by a number of researchers as *An. helmerseni* (Buch) from the Upper Devonian of the Kuznetsk Depression gives evidence, that the latter characterized by another type of internal structure [26]. Among them the presence of the cardinal process, which is absent in the type specimens of this species from the East-European Platform, more massive short dental plates and somewhat other position of visceral foramen [15, fig. 19]. The observed differences correspond to the generic level.

Occurrence. Late Devonian of the East-European Platform (Russia): Frasnian Stage, Buregi Layers (usually), Svinordski Layers (rare) of the Main Devonian Field and Central Devonian Field.

Anathyrodes calestiennensis (Mottequin et al., 2016)

Figs. 3.2–4; 5a, b

Anathyris calestiennensis sp. n.—[28, p. 383 (see synonymy), figs. 4, 5, 6 (1–10)]

Holotype—IRScNBa13023, complete shell well preserved; figured in [28, fig. 4.1–5]; Late Devonian of northern France (Dinant Synclinorium). Housed in the Royal Institute of Natural History (Brussels, Belgium).

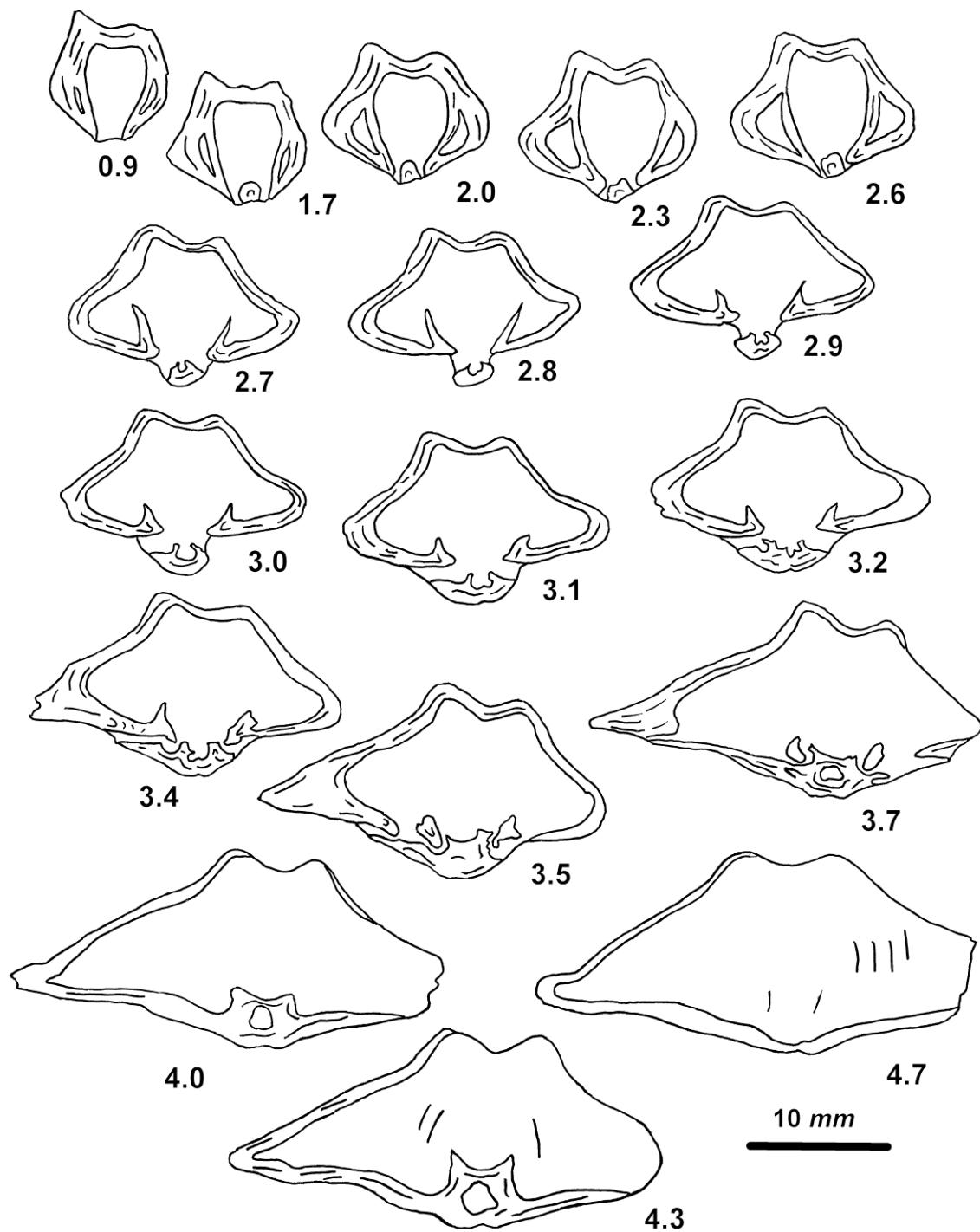


Figure 5a. *Anathyroides calestiennensis* (Mottequin et al., 2016): sp. MB.B.1789 (total length 16,9 mm; thickness 9,0); transverse serial sections showing the structure of cardinalium; Germany, Stolberg near Aachen, Veidre; Late Devonian, Lower Frasnian, Grenzchiefer Formation (coll. P. Sartanaer).

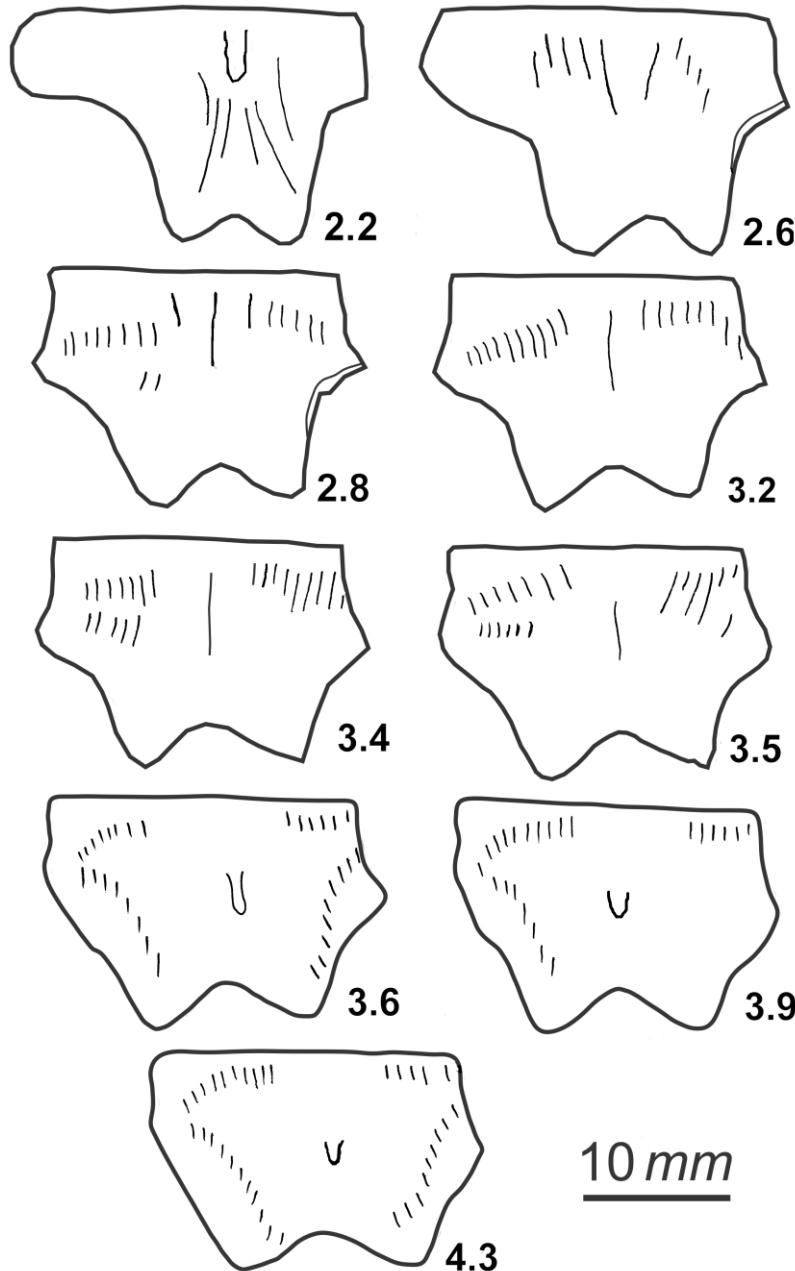


Figure 5b. Anathyroides calestiennensis (Mottequin et al., 2016): sp. MB.B.1789 (total length 16,9 mm; thickness 9,0); b—serial longitudinal sections; numbers indicate the distance (in mm) from the top convexity of the brachial valve; Germany, Stolberg near Aachen, Veidre; Late Devonian, Lower Frasnian, Grenzchiefer Formation (coll. P. Sartanaer).

Material. 5 complete specimens from Stolberg near Aachen; Veidre, Germany; Late Devonian, Lower Frasnian, Grenzchiefer Formation (coll. P. Sartanaer).

Description. [see 28, p. 383].

Comparison. See *An. helmerseni* (Buch, 1840).

Occurrence. Southern Belgium, northern France (Dinant Synclinorium) and western Germany; Late Devonian, Frasnian Stage.

Под *Tumidinathyris* Grunt, gen. nov.

Etymology: after the name of the species “*tumida*” suggested by Kayser [29].

Type species. *Athyris concentrica* var. *tumida* Kayser, 1871; Germany, Rhenish Massif, Eifel Hills, Soetenish Syncline, “Scheidberg” (probably the abandoned “Schulz Quarry”); Middle Devonian, Early

Givetian (probably the Scheid Member of the Cuerten Formation).

Diagnosis. Shell of medium size, subpentagonal in outline, strongly and equally biconvex. Sulcus and fold well developed. Front commissure strongly parasutate. Sculpture represented by several coarse concentric wrinkles. Up to 4–5 thin concentric growth lamellae disposed between wrinkles. Shell thick. Ventral dental plates short convergent dorsally. Dorsal hinge plate massive sub-rectangular, supported by high well developed median septum. Hinge process well developed bilobate, low. Spiralia consists of more than 15 whorls.

Comparison. Differs from *Anathyroides* Grunt, gen. nov. in isometric subpentagonal outline, coarse concentric sculpture, thick valves, short dental plates

within ventral valve and high median septum merging with hinge plate within dorsal valve.

Remarks. Internal structures of “*Athyris*” *tumida* were investigated in details by Alvarez et al. [4]. The species was attributed to *Athyris* (?n. sg. aff. *Alvarezites*) *tumida* Kayser, 1871. However it differs essentially from the internal structures of *Alvarezites wolfsarti* (Struve, 1992) by the other type of dental plates within ventral valve and presence of high dorsal septum merged with the inner hinge plate within dorsal valve. Evidently species under discussion could not be attributed to *Athyris* or *Alvarezites* [for details see: 3, figs.

4, 8, 9]. Thus, it is possible to agree with the opinion expressed in [4]. The authors assumed the possibility to attribute this species to the taxon of supraspecific rank. However, the possibility of its attribution to a new subgenus of *Athyris* excluded even when compared the external structure of the species under consideration with typical representatives of *Athyris*. From the latter it differs essentially by strongly swollen shell, distinct sulcus and fold, and some other concentric sculpture. Basing these characteristics, it certainly must be attributed to subfamily Plicathyridinae Alvarez, 1990.

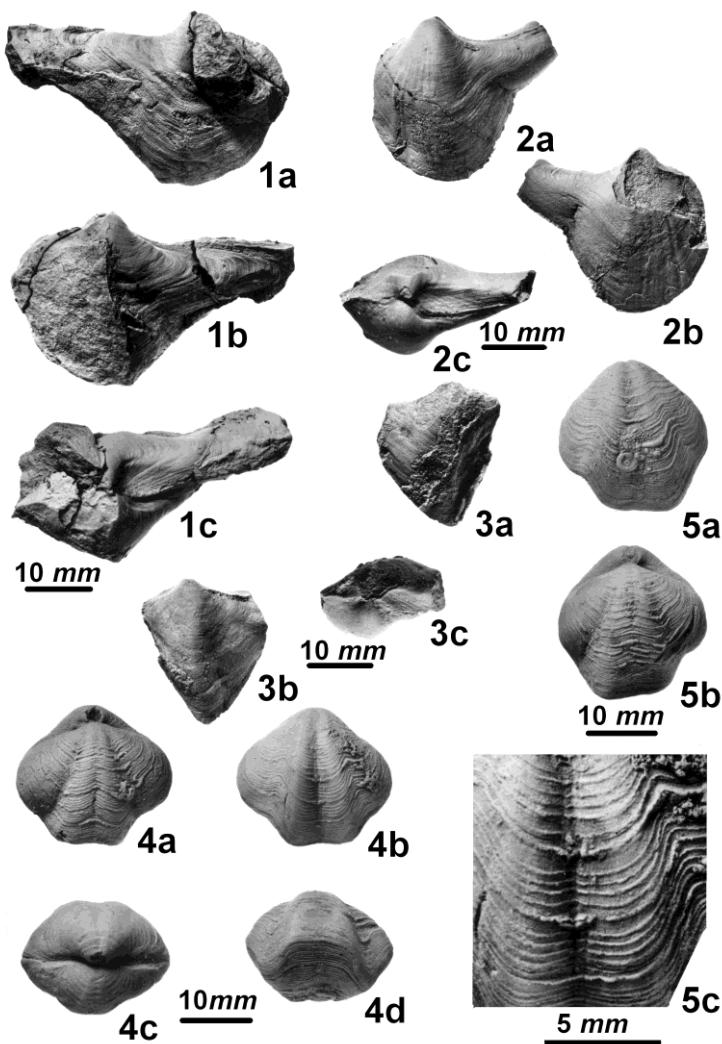


Figure 6.

1–3. *Intanathyris orlovi* Grunt, gen. et sp. nov.: 1—holotype MB.B.1461, complete shell with partly destroyed left part of hinge area in ventral, dorsal and posterior views; 2—sp. MB.B.1491, complete shell partly destroyed in dorsal, ventral and posterior views; 3—sp. MB.B.1536, complete shell partly destroyed, in dorsal, ventral and posterior views. Russia, East European Platform, Tschernyshew Ridge, river Sharju, middle stream, left bank, 2.5 km below “Lower Gates”; Late Devonian, Frasnian Stage, Lebedyanian Layers, *Lebedyanus marginifera* Zone. 4–5. *Tumidinathyris tumida* (Kayser, 1871): 4—sp. MB.B.1597; complete shell in ventral and dorsal views; 4c—exterior sculpture (coll. Köller 1913). 5—sp. MB.B.1579, complete shell in dorsal, ventral, posterior and anterior views. Germany, Eifel Hills, loc. Soetenish, Pielstein, Scheid limestone quarry, (Soetenish Syncline), Scheid Member, Cuerten Fm. (type locality); Middle Devonian, Givetian Stage (coll. V. Ebbighausen, sp. No. VE 2^3/2).

Other species. Besides the type species, ?*Tumidinathyris pentagonalis* (Kayser, 1871) from the Junkerberg Formation of Eifel Hills provisory could be assigned to a new genus although the internal structures of the discussed species not studied.

Occurrence. Germany, Rhenish Massif; Middle Devonian, Early Givetian

Tumidinathyris tumida (Kayser, 1871)

Figs. 6.4–5; 7

Athyris concentrica var. *tumida* sp. n.—[29, p. 549].

Athyris (*Alvarezites*) *tumida*—[4, Pl. 2, figs. 7–9; Pl. 3, figs. 11–12].

Athyris (Alvarezites) tumida—[30, S. 84, Taf. 22, fig. 14]

Neotype: complete shell, SMF 54822; Germany, Rheinish Massif, Soetenish Syncline, “Scheidberg” (probably from the abandoned “Schulz Quarry”); Middle Devonian, Early Givetian (probably, the Scheid Member of the Cuerten Formation). Selected in [4, Pl. 8, fig. 44].

Material. 7 complete shells from the type locality (coll. S. Koeller, 1913 and V. Ebbighausen). Description. Shell of medium size, subpentagonal in outline, sub equally biconvex in lateral profile; hinge line short sharp arched, widest at shell midlength. Lateral commissures abruptly incurved. Front commissure parasulate. Ventral valve subpentagonal in outline, umbo thick, blunt, perforated by vast round foramen. Apical angle about 115 degrees. Sulcus originates near the beak, shallow, rapidly widening and deepening anteriorly; broad front tongue, occupying about one-third of

shell width. Dorsal valve rounded pentagonal in outline; maximum convexity at midlength. Umbo low thick, rounded. Fold low wide triangular bounded by a pair of distinct troughs in the anterior third of the valve. A narrow median groove observed in the anterior third of the fold (Figs. 16.4–5). Sculpture consists of several very coarse concentric wrinkles. Up to 4–5 thin growth lamellae disposed between wrinkles (Fig. 16 4c).

Ventral dental plates short, divergent extend anteriorly up to 4 mm from ventral umbo, low-grade arched reaching a half of ventral walls. Pedicle cavity broad. Lateral apical cavities almost completely filled by secondary shelly material. Teeth large, sub-ovate. Dorsal hinge plate thick, sub-rectangular. Hinge process bilobate, moderately developed, stout, deeply projecting into delthyrial cavity of ventral valve; visceral foramen small. Dorsal median septum high, merged with the inner hinge plate. Number of wroles in spiralia reaches fifteen (Fig. 7).

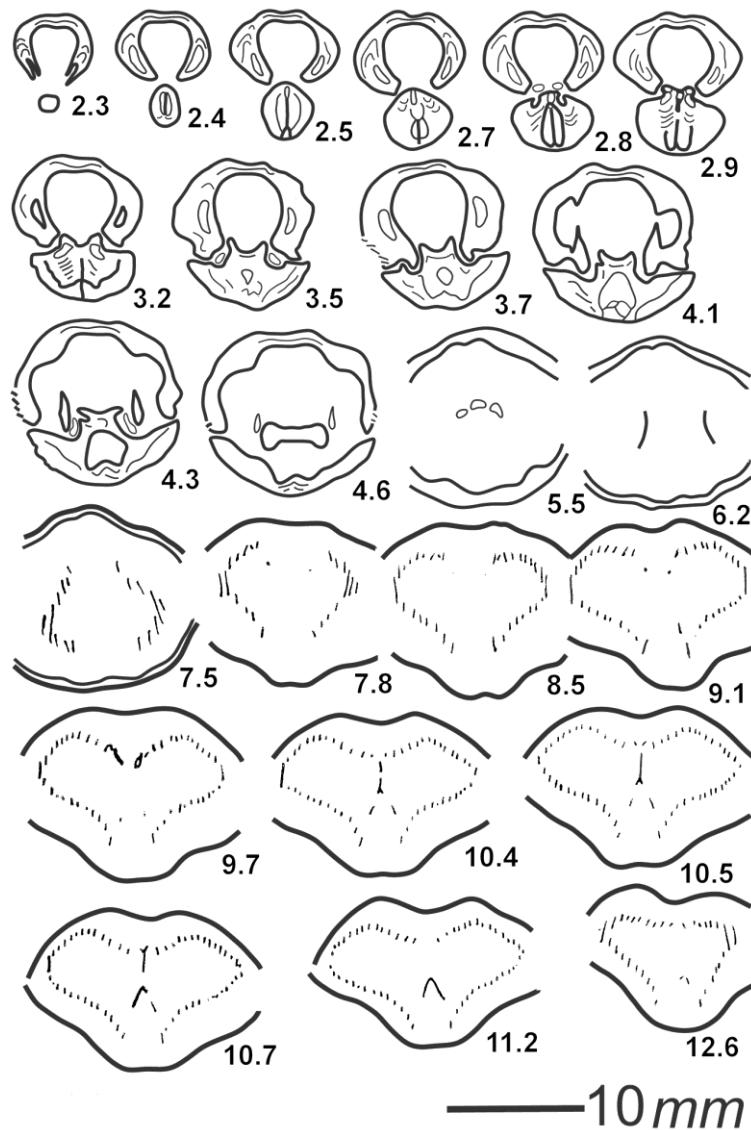


Figure 7. *Tumidinathyris tumida* (Kayser, 1871): sp. SFM 50016; transverse serial sections showing the structure of cardinalium; Germany, Eifel Hills; loc. Scheidberg, (Soetenish Syncline); Middle Devonian, Givetian Stage (most likely, lower part, presumably Cuerten Formation, Scheid Member (after 4, fig. 13, modified).

Remarks. The internal structure for *Athyris tumida* were studied in [4, text-fig. 13]; it differs strongly from that of *Alarezites wolfsarti* (Struve, 1992) by the presence of a high median ridge merged with inner hinge

plate within dorsal valve overseen in the earlier ontogenetic stages, and the presence of well developed bilobate cardinal process. It was determined by Alvarez et al. (1996) as: *Athyris* (?n. sg. aff. *Alvarezites*) *tumida*

Kayser, 1871. Evidently that this species does not belong either to *Alvarezites* or *Athyris* [3, p. 626, figs. 3, 5, for discussion]. *Athyris tumida* regarded here as a type species for a new genus belonging to the subfamily Plicathyridinae Alvarez, 1990.

Occurrence. Germany, Rhenish Massif, Soetenish Syncline, "Scheidberg" (probably from the abandoned "Schulz Quarry"); Middle Devonian, Early Givetian (probably, the Scheid Member of the Cuerten Formation).

Род *Intanathyris* Grunt, gen. nov.

Etymology: from the town of Inta in the north of the Republic Komi (north of the East-European Platform, Russia).

Type species: *Intanathyris orlovi* Grunt, sp. nov. Russia, Polar Urals, north of East-European Platform, Tschernyschew Ridge, river Sharju, middle stream, left bank, 2.5 km below "Lower Gates"; Late Devonian, Famennian Stage, Lebedyanian Layers, *Palmatolepis marginifera* Zone.

Diagnosis. Shell of large size for the subfamily, transverse winged, sub-triangular in outline, moderately and equally biconvex. Front commissure sharply sulcate. Ventral valve transverse flattened, sulcus not prominent. Beak low, sharpened, pierced by small, round foramen. Dorsal valve transverse semi-circular

in outline. Fold sharp not limited by lateral depressions. The apexes of both valves are approximately of the same height, slightly protruding beyond the hinge line. Sculpture represented by poor expressed, thin indistinctive concentric growth lamellae. An additional slight radial striation and a more distinct radial ribbing present in the anterior part of the shell. Valves thin. Ventral dental plates and teeth not observed. Hinge plate within dorsal valve thin rectangular. At its lateral margins low trigonal appendixes not reaching the articulation plane available.

Remarks. The present new genus markedly differs from all known genera belonging to Plicathyridinae by the absence of sinus in flattened ventral valve, acute-angular transverse profile of dorsal valve and presence of distinctive external radial sculpture in the frontal part of the shell and another type of inner structures. Internally it distinguished by the very weakly developed cardinal structures in articulation plane.

Other species. Type species.

Occurrence. Subpolar Urals; Late Devonian, Famennian Stage.

Intanathyris orlovi Grunt, sp. nov.

Figs. 6. 1–3; 8

Etymology: in memory of paleontologist Aleksandr Orlov.

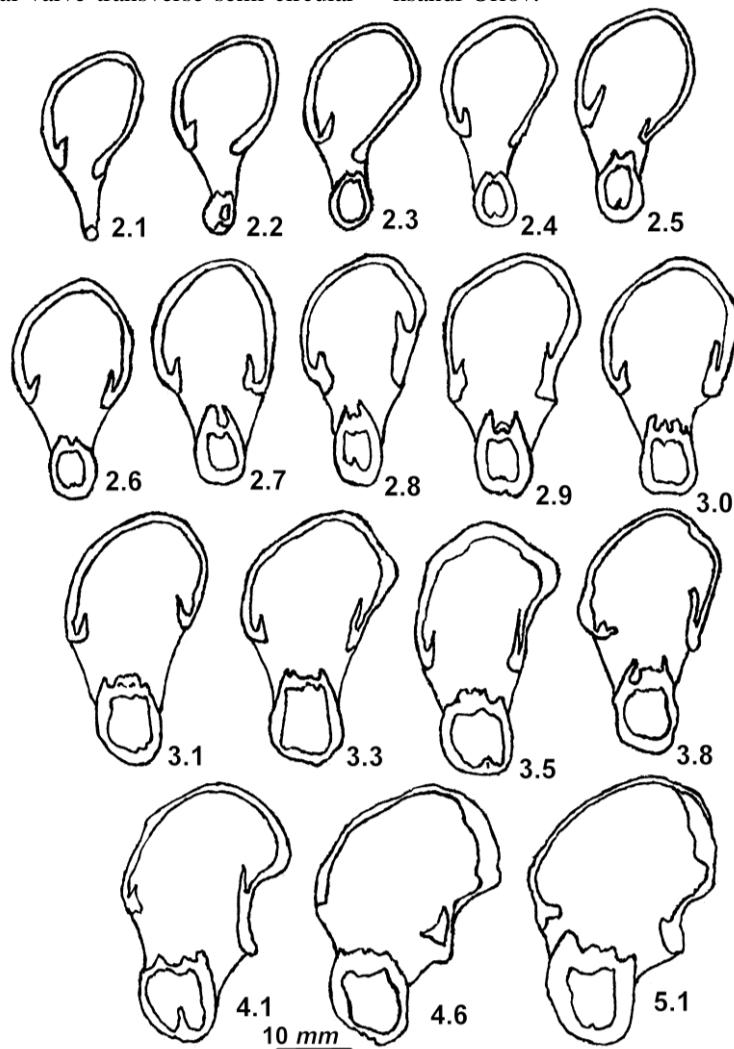


Figure 8. *Intanathyris orlovi* Grunt, gen. et sp. nov.: sp. MB.B.1787 (total length 26,8 mm); transverse serial sections showing the structure of cardinalium; Russia, East-European Platform, Tschernyschew Ridge, river Sharju, middle stream, left bank, 2,5 km below "Lower Gates"; Late Devonian, Frasnian Stage, Lebedyanian Layers, *Palmatolepis marginifera* Zone.

Holotype: MB.B.1461, complete shell with partly destroyed left apical region; Russia, Subpolar Urals, Tschernyschew Ridge, river Sharju, middle stream, left bank, 2,5 km below "Lower Gates"; Late Devonian, Famennian Stage, Lebedyanian Layers, *Palmatolepis marginifera* Zone. Housed in Berlin Museum of Natural History, Germany (Fig.6.1).

Material. Four partly destroyed and strongly recrystallized specimens.

Description. Shell of large size (up to 26.5 mm long, up to 65 mm wide and up to 19.5 mm thick), moderately biconvex, approximately equally biconvex, transversely subtriangular in outline. Maximum width confined to the straightened hinge line. The lateral commissures slightly depressed; front commissure sharply sulcate. Ventral valve transverse-trigonal in outline, inflated or slightly convex. Sulcus not developed. Tongue narrow triangular. Umbo low, sharpened. Beak pierced by very small circular foramen. Umbonal shoulders are not pronounced. Interarea triangular low. Its length is approximately half the length of the hinge line. Apical angle 78 degrees. Dorsal valve transverse subtriangular in outline, roof-shaped in transverse profile. Sharp fold not limited by lateral depressions. Beak low, sharpened. The apexes of both valves are approximately of the same height, slightly protruding beyond the hinge line. Sculpture poor expressed, concentric growth lamellae very thin dense. On the surface of the shell, there is an additional slight radial striation and a more distinct radial ribbing well observed in the anterior part of the ventral valve. Beak low, sharpened (Fig. 6.1–3). Valves thin. Ventral dental plates and teeth not observed. Only short poorly developed delthyrial keels noticed at 2.1–3.3 mm from the apex of ventral valve. Hinge plate within dorsal valve thin quadrangular. At its lateral margins low trigonal appendixes present. Those do not reach the articulation plane. In the middle part of hinge plate low swelling of quadrangular outline disposed (Fig. 8).

Remarks. Actually this species characterized by the nearly absent cardinal structures in the plane of articulation of the shell. Apparently this morphological habitude could be interpreted as a nearly complete reduction of cardinal structures at the finalizing stage of development of the group contemporized with the end of the Devonian period.

Occurrence. Russia, Subpolar Urals, Tschernyschew Ridge, river Sharju, middle stream, left bank, 2,5 km below "Lower Gates"; Late Devonian, Famennian Stage, Lebedyanian Layers, *Palmatolepis marginifera* Zone.

Conclusion. From the Eifel Hills subfamily Plicathyridinae Alvarez, 1990 reported by two new genera: *Tumidinathyris* and *Anathyroides*. *Tumidinathyris tumida* (Kayser, 1871) known from the Cuerten Formation (lower part) of Scheid Member (Givetian Stage, Middle Devonian). In the Late Devonian of Germany Plicathyridinae are very rare. Only one species *Anathyroides calestiensis* (Mottequin et al., 2016) known from the Frasnian of the Rhenish Massif, Belgium and France.

In the Middle Devonian of the East-European Platform and its framework solitary specimens of *?Anathyroides angustatus* Nefedova, 1955 reported from the Eifelian Stage (Soiva Horizon) of Timan [31]. A supposedly new species of this genus from the Late Givetian (Chib'usskaja Formation) of the same region also pointed in this publication.

In the Late Devonian of the East European Platform and its framework Plicathyridinae are more diverse. In the middle part of Frasnian Stage *Anathyroides helmerseni* (Buch, 1840) widespread within the deposits of the Main Devonian Field, Central Devonian Field, Saratov Region and South Timan. Six more species could be provisionally attributed to *Anathyroides* basing their markedly distinguishing external characteristics despite the internal details of these species are not yet studied. Namely they are: *?An. monzevi* (Nalivkin, 1941) and *?An. svinordensis* (Nalivkin, 1941) from the Middle Frasnian of the Main Devonian Field; *?An. petinensis* (Ljaschenko, 1959) from the Semilukski Horizon of the Central Devonian field; *?An. tarchanensis* (Ljaschenko, 1964) of the Volga-Uralian Region; *?An. timanicus* (Ljaschenko, 1959) and *An. solnzevi* (Ljaschenko, 1973) from the Middle Frasnian of South Timan. *Intanathyris orlovi* Grunt, gen. et sp. nov. originates from the Famennian Stage (Lebedyanian Layers, *Palmatolepis marginifera* Zone) of the Tschernyschew Ridge (Subpolar Urals).

Acknowledgements. I greatly thank the staff of the Berlin Museum for putting the materials in my disposal. I thank D. Weyer, M. Aberhan, D. Korn and the late E. Pietrzeniuk for constant help and kind assistance. I thank the Administration of the Senckenberg Museum and his late director W. Zieger for the financial support. I am indebted to the late Prof. W. Struve, who showed me his Middle Devonian athyridid collections; the discussions with him were very helpful. I am grateful to the late Dr. Sartanaer, G. Trost, the late V. Ebbighausen and E. Sokiran, who provided me their Devonian athyridids. I also thank the late V.T Antonova (Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences) for performing of photographs and A. Zegallo (Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences) for the help in compiling computer illustrations.

References

1. Struve W. The Eifelian within the Devonian frame, history, boundaries, definitions // Courier Forschungsinstitut Senckenberg. 1982. Vol. 55. P. 401–432.
2. Struve W., Basse M., Weddige K. Prädevon, Ober-Emsium und Mitteldevon der Eifeler Kalkmulden-Zone. In: Stratigraphie von Deutschland. VIII. Devon (Wedde, K., ed.). Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (Hannover). 2008. Vol. 52, S. 297–374.
3. Grunt T.A. and Weyer D. New data on some Middle Devonian Athyridida from the Rhenish Massif, Germany // Paleoword. 2016, Vol. 25, Iss. 4, P 616–631.
4. Alvarez F., Brunton C.H.C., Struve W. On *Athyris* (Brachiopoda) and its type species '*Terebratula*'

- concentrica* von Buch // Senckenbergiana lethaea. 1996. Vol. 76, Iss. 1–2. P. 65–105.
5. Nalivkin, D.V. Brachiopods from the Main Devonian Field. In: Fauna of the Main Devonian Field. Ch. 1. 1941. M.: Publisher Acad. of Sci. of USSR. P. 138–226 [published in Russian].
 6. Nalivkin D.V. Brachiopods. In: Atlas of Fossil Leading Forms in USSR. Devonian System. Vol. 3. 1947. M.: Gosgeolizdat. P. 63–131 [published in Russian].
 7. Ljaschenko A.I. Atlas of brachiopods and stratigraphy of the Devonian sediments from the Central Regions of the Russian Platform. 1959. M.: Gostoptexizdat. 460 p. [published in Russian].
 8. Ljaschenko A.I. New species of the Devonian brachiopods from the Russian Platform and western slope of the Urals. In: Paleozoic fauna of the Volga-Uralian oil-gas Province. 1964. Transactions of VNIGRI, Iss. XLIII. M.: Nedra. P. 3–57. [published in Russian].
 9. Ljaschenko A.I. New species of the Lower Frasnian brachiopods from the southern Timan. In: Paleozoic Fauna and Stratigraphy of the Russian Platform. 1969. Transactions of VNIGNI, Iss. 93. M.: Nedra. P. 49–58 [published in Russian].
 10. Ljaschenko A.I. Brachiopods and Stratigraphy of the Lower Frasnian deposits from the south Timan and Volga-Uralian oil-gas Province. 1973. Transactions of VNIGNI, Iss. 134. M.: Nedra. 278 p. [published in Russian].
 11. Fokin P.V. and Nikishin A.M. Paleotectonic of the Devonian–Early Carboniferous Phase of Development. In: 400 million years of geological history of the East-European southern part. 2005. M.: Geokart, GEOS. P. 5–38 [published in Russian].
 12. Fokin P.V. and Nikishin A.M. Devonian of the East-European Platform. Uploaded at: <https://docplayer.ru/59259070-Devon-vostochno-europeyskoy-platformy-p-a-fokin.pdf>. Accepted in October, 2018.
 13. Dagys A.S. Triassic brachiopods (morphology, classification, phylogeny, stratigraphical significance and biogeography). Transactions of the Institute of Geology and Geophysics, Academy of Sciences of the USSR, Siberian Branch. 1974. Vol. 214. 387 p. [published in Russian].
 14. Boucot A.J., Johnson J.G., Staton R.D. On some atrypoid, retzioid and athyridoid Brachiopoda // Journal of Paleontology. 1964. Vol. 38, No. 5. P. 805–822.
 15. Grunt T.A. Athyridida of the Russian Platform. Transactions of Paleontological Institute. Academy of Science, USSR. 1980. Vol. 182. Moscow. 164 p. [published in Russian].
 16. Grunt, T.A. System brachiopods of the Order Athyridida. Transactions of Paleontological Institute. Academy of Science, USSR. 1986. Vol. 215 Moscow. 215 p. [published in Russian].
 17. Grunt, T.A. The Order Athyridida (Evolutional Morphology and Historical Development).
 - Transactions of Paleontological Institute. Academy of Science, USSR. 1989. Vol. 238. Moscow. 139 p. [published in Russian with English abstract].
 18. Dagys, A.S. On the classification of the Order Athyridida Brachiopoda // Proc. of the Third International Brachiopod Congress. 1996. Canada: Rotterdam/Brookfield. P. 89–90.
 19. Alvarez F., Rong Jia-yu, Boucot A.J. The classification of athyridid brachiopods // Journal of Paleontology. 1998. Vol. 72, No. 5. P. 827–855.
 20. Alvarez F., Rong Jia-yu. Athyridida. In: Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt. H Brachiopoda (revised), Vol. 4. 2002. The Geological Society of America: The University of Lawrence (Kansas). P. 1475–1614.
 21. Treatise on Invertebrate Paleontology. Pt. H: Brachiopoda revised. 2002. Vol. 4. Rhynchonelliformea. The Geological Society of America: The University of Lawrence, (Kansas). P. 921–1675.
 22. Copper P. and Jin J. Early athyridae brachiopod evolution through the Ordovician–Silurian mass extinction and recovery, Anticosti Island, eastern Canada // Journal of Paleontology. 2017. Vol. 91, No. 6. P. 1123–1147.
 23. Hall J. and Clark J.M. An introduction to the study of the Genera of Palaeozoic Brachiopoda // 1893–1894. New York Geol. Surv. Bull. Vol. 8, Pt. 1. P. 1–367; Pt. II. P. 761–943.
 24. Sheehan P.M. Late Ordovician and earliest Silurian Meristellid brachiopods in Scandinavia // Journal of Paleontology. 1977. Vol. 51, No. 1. P. 23–43.
 25. Alvarez F. Devonian athyrid brachiopods from the Cantabrian Zone (NW Spain). 1990. Biostratigraphie du Paleozoique. Vol. 11. Lyon. 311 p.
 26. Rzhonsnitskaya M.A. and Modzalevskaya T.L. Evolution of Devonian Plicathyridinae Brachiopods, Northern Eurasia. Brachiopods. // Proc. of the Third International Brachiopod Congress. 1996. Canada: Rotterdam/Brookfield. P. 233–238.
 27. Buch, L. Beitrage zur Bestimmung der Gebirgsformation in Russland // Arch. Mineral. Geogn. Bergbau. Huettenk. 1840. Bd. 15, No. 1. S. 3–128.
 28. Mottequin B., Brice D., Marion J et al. Plicathyridinae brachiopods (Athyridida) from the Frasnian (Late Devonian) of Western Europe and Middle East // Geobios. 2016. Vol. 49. P. 381–393.
 29. Kayser, E. Die Brachiopoden des Mittel- und Ober Devon der Eifel // Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft. 1871. Vol. 23, No. 3. Berlin. S. 491–647.
 30. Jungheim H.J. Eifel-Brachiopoden. 2000. Germany, 2000. Korb: Goldschnecke–Verlag., 126 p.
 31. Nefedova M.I. Devonian Brachiopods from the Troizko-Pecherski and Pecherski regions In: Devonian Brachiopods of the Volga-Uralian Region. 1955. Transactions of VNIGRI. New. Ser., Iss. 88. L.: Gostoptexizdat. P. 419–455 [published in Russian].

MEDICAL SCIENCES

A MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO THE TREATMENT OF PARAGANGLIOMAS OF THE NECK

Sokolov V.M.,

*MD, Doctor of Sci (Med), Professor, Head of the Department of radiation diagnostic, therapy and oncology
Odessa National Medical University
2 Valihovskiy Ln., 65082, Odessa, Ukraine*

Bondar OV.,

*MD, Doctor of Sci (Med), Associate Professor of the Department of radiation diagnostic,
therapy and oncology, Head of oncology course
Odessa National Medical University
2 Valihovskiy Ln., 65082, Odessa, Ukraine*

Bilotserkivskyi IV.,

*MD, PhD(Med), Assistant Professor of the Department of radiation diagnostic,
therapy and oncology
Odessa National Medical University
2 Valihovskiy Ln., 65082, Odessa, Ukraine*

Yanieva D.G.

Internship doctor

*Centre of Reconstructive and Restorative Medicine «The Univercity clinic»
8 Tinysta Str., 65009, Odessa, Ukraine
DOI: 10.24412/2701-8377-2021-4-1-22-31*

МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ ПАРАГАНГЛИОМ ШЕИ

Соколов В.Н.,

*Доктор медицинских наук, профессор,
заведующий кафедры лучевой диагностики, терапии и онкологии
Одесский национальный медицинский университет
Валиховский пер. 2, 65082, Одесса, Украина*

Бондарь А.В.,

*Доктор медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики, терапии и онкологии, зав. циклом
онкологии*

*Одесский национальный медицинский университет
Валиховский пер.2, 65082, Одесса, Украина*

Белоцерковский И.В.,

*Кандидат медицинских наук, ассистент кафедры лучевой диагностики,
терапии и онкологии*

*Одесский национальный медицинский университет
Валиховский пер.2,65082,Одесса,Украина*

Янева Д.Г.

Врач-интерн

*Центр реконструктивной и восстановительной медицины
(Университетская клиника)*

*Одесского национального медицинского университета
Ул.Тенистая,8, 65009, Одесса, Украина*

Abstract

This article provides an overview of the literature on the topic «paragangliomas of the neck» and clinical cases. References was introduced to historical sources in which the term «paraganglioma» was first mentioned and the productive symptoms and classification of paragangliomas was described. Presented clinical cases demonstrate the effectiveness of various methods of diagnostic and treatment of paragangliomas of the neck. Considering the difficulties in removing the paragangliomas of the neck due to their anatomical location and analyzing clinical cases can come to the conclusions that competent use of modern methods of radiological diagnostics, preoperative planning of the intervention volume, controlled hemostasis during the operation allow avoiding severe intra- and postoperative complications.

Аннотация

В данной статье представлен обзор литературы по теме «параганглиомы шеи», а так же клинические случаи. Были внесены отсылки на исторические источники, в которых впервые упоминался термин «пара-

гангиома», а так же была описана продуктивная симптоматика и классификация параганглиом. Представленные клинические случаи демонстрируют эффективность различных методов диагностики и лечения параганглиом шеи. Учитывая сложности в удалении параганглиом шеи в связи с их анатомическим расположением и проанализировав клинические случаи, можно прийти к выводу, что грамотное использование возможностей современных методов лучевой диагностики, предоперационное планирование объема вмешательства, контролируемый гемостаз во время операции позволяют избежать тяжелых интра- и послеоперационных осложнений.

Keywords: paraganglioma, vagal, carotid, radiation diagnostic, subtraction angiography, sub-adventitious removal, embolization.

Ключевые слова: параганглиома, вагальная, каротидная, лучевая диагностика, субадвентициальное удаление, эмболизация.

Параганглиома - опухоль, исходящая из клеток параганглиев, органов эндокринной системы, производящих главным образом катехоламины и одновременно являющихся добавочными органами нервной системы, осуществляющими хеморецепторную функцию. Термин «параганглиома» используют в основном по отношению к опухолям из нехромаффинных параганглиев, залегающих в области бифуркации сонных артерий, луковицы внутренней яремной вены, дуги аорты и легочного ствола, а также нодозного ганглия блуждающего нерва.[1] Опухоли из каротидных гломусов в ли-

ратуре принято называть каротидными хемодектомами. Термин «хемодектома», предложенный в R. M. Mulligan (1950)[2], отражает гистогенетическую связь их с компонентами хеморецепторной системы. Хемодектома каротидного тельца, составляющая 18 % всех встречающихся внеорганных опухолей шеи, развивается из каротидного гломуса. Он располагается в виде овального узелка в сосудистом влагалище бифуркации сонной артерии и имеет диаметр приблизительно 5 мм. Гломус содержит островки хеморецепторных клеток, которые окружены сетью сосудистых синусоидов (рис. 1).

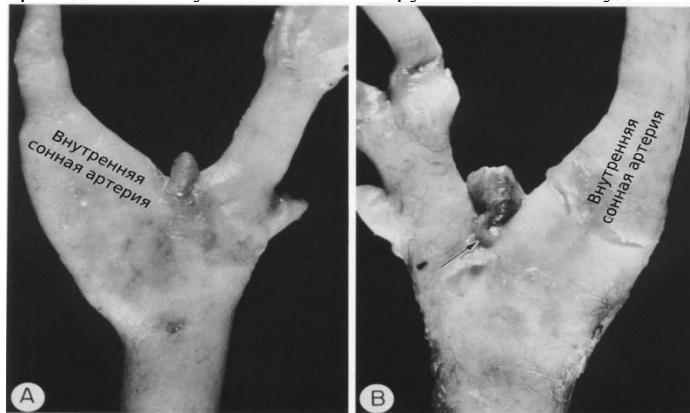


Рис.1. Развитие параганглиомы из каротидного тельца (Glenner GG, Grimley PM. *Atlas of tumor pathology*, 1974)[3]

Каротидная железа впервые была описана Albert von Haler (1743) в труде «De nervorum in arterias imperlo», в котором он назвал ее *ganglion exiguum*. Neubauer (1772) описал каротидную железу в статье «*Descriptio anatomica nervorum cardiacorum*» и назвал ее *ganglion minutum*.

Гистологическое изучение этой железы было осуществлено позднее Andersch (1786). Он обнаружил железу между сонными артериями, в каротидном синусе, богатом нервыми волокнами и ганглиозными клетками и назвал ее *ganglion intercaroticum*. Luschka (1862) на основании своих гистологических исследований, установивших железистый характер каротидного тела и интимную связь его с шейной частью симпатического нерва, отнес ее к системе надпочечников и назвал *glandula intercarotica*.

В начале века параганглиомы часто ошибочно принимались за другие опухоли головы и шеи, в это же время предпринимались попытки внести ясность в их определение и классификацию.

Marchand в 1891 году сообщил о первой параганглиоме каротидного тела. С тех пор использовались многочисленные термины, чтобы описать эти опухоли. Основываясь на работе Glenner и P.M. Grimley (1974), в настоящее время принят и широко используется в современной медицинской литературе термин «параганглиома».

Reigner (1880) предпринял попытку удаления каротидной параганглиомы. Первое успешное хирургическое удаление этого образования было сделано Marchand в 1891 г. (Zbaren P, Lehmann W., 1985)[4].

В области головы и шеи параганглиомы развиваются в четырех первичных очагах: каротидное тельце, яремное отверстие, вдоль блуждающего нерва и в области среднего уха. Реже встречаются локализации - турецкое седло, шишковидная железа, кавернозный синус, гортань, орбита, щитовидная железа, носоглотка, нижняя челюсть, мягкое небо (рис. 2).[5]

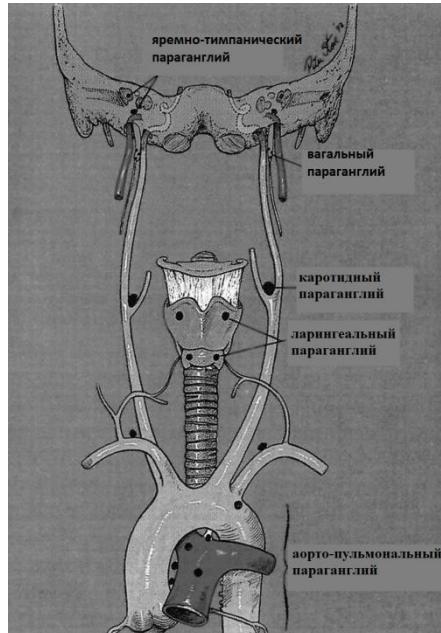


Рис.2. Основная локализация параганглия

Парагангиомы составляют 0,6 % всех опухолей головы и шеи и 0,03 % всех опухолей. Приблизительно 80 % всех парагангиом являются каротидными прагангиомами или глюмусными югуллярными опухолями.[6]

Классическим клиническим проявлением каротидной парагангиомы является эластичное объёмное образование на боковой поверхности шеи, при отсутствии других симптомов. Образование смещаемо в горизонтальном направлении, пульсирует. Другие симптомы включают осиплость, стрidor, смещение языка в сторону, головокружение.[7].

Вагальная парагангиома проявляется как медленнорастущее, безболезненное объёмное образование на боковой поверхности шеи, обычно расположенное позади угла нижней челюсти (83 % случаев). Парафарингеальное объёмное образование и образование на боковой поверхности шеи могут обнаруживаться одновременно (46 % случаев). Менее часто – в 16 % случаев - вагальная парагангиома проявляется как солитарное пафарингеальное образование с медиальным смещением претонзиллярных структур. Нарушения со стороны блуждающего нерва отмечаются на поздних стадиях развития болезни, поскольку его волокна обычно распластываются. Вовлечение в процесс других нижних черепно-мозговых нервов (подъязычного, добавочного и языковоглоточного), в виде пареза, имеет место на поздних стадиях болезни, обычно через 2 года после появления первых симптомов с частотой 20 - 50 %. Синдром Горнера (птоз, миоз, ангиороз и энофтальм) со сдавливанием шейных симпатических нервов происходит у 25 % больных. В редких случаях, как отдельный симптом, отмечается паралич голосовой складки.

Смертность среди больных с каротидными парагангиомами составляет 9 %. Частота местных рецидивов и локальной инвазии составляет 17 % для вагальных парагангиом и около 10 % - для каротидных .

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ПАРАГАНГЛИОМ

Фактически всем пациентам с парагангиомами головы и шеи проводится тот или иной метод послойной визуализации, компьютерная томография (КТ) или магнитно-резонансная томография (МРТ). Как КТ, так и МРТ одинаково хорошо выявляют эти резко васкуляризованные, мягкотканые объёмные образования на сканах с контрастным усилением. Выбор метода исследования, или необходимость в другом методе, зависит от наличия конкретной аппаратуры в соответствующем учреждении и от предпочтений лечащих врачей и рентгенологов.[8]

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ

Типичной КТ-картины каротидных парагангиом является четко очерченное, мягкотканное, объемное образование в пределах каротидного пространства в средней трети шеи. Выраженная гиперваскулярная структура опухоли вызывает гомогенное и интенсивное усиление после внутривенного введения контрастного вещества. Расширение бифуркации общей сонной артерии - типичный признак каротидной парагангиомы. Редкие проявления включают гетерогенность усиления из-за фокальных тромбозов или кровоизлияний в больших опухолях и распространение вверх в верхнюю треть шеи, обнаруживаемое в 8 % случаев каротидных парагангиом [9](рис.3).

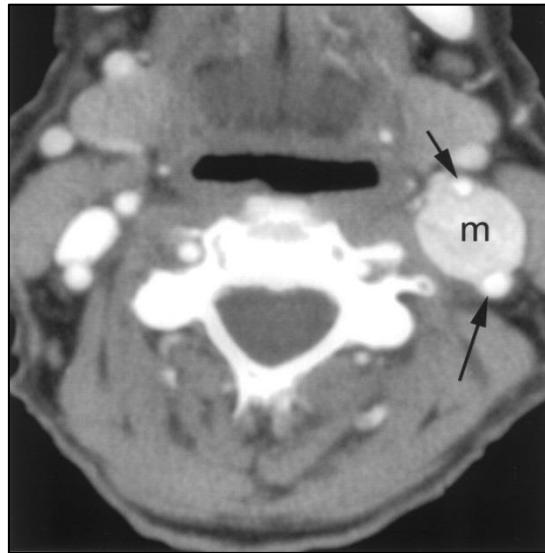


Рис.3. КТ-симптоматика каротидной параганглиомы

Изображение вагальной параганглиомы на КТ-сканах выглядит похожим на изображение каротидной параганглиомы с некоторыми особенностями. Эти опухоли смещают и внутреннюю, и наружную

сонные артерии переднемедиально, отодвигая эти сосуды от внутренней яремной вены. Кроме того, распространение в верхнюю треть шеи отмечается у двух третей вагальных параганглиом (рис.4).



Рис. 4. КТ-симптоматика вагальной параганглиомы

Цифровая субтракционная ангиография является самым надёжным предоперационным методом визуализации для оценки инвазии внутренней сонной артерии, что характеризуется ее сужением и неровностью контуров. Несмотря на то, что КТ и МРТ предпочтительны, они не всегда диагностически точны. В то же время, цифровая субтракционная ангиография демонстрирует сосудистое снабжение (питающие артерии и коллатеральный кровоток) параганглиом, взаимоотношение опухоли с ВСА и ВЯВ, проходимость ВЯВ, которая часто тромбирована при больших параганглиомах). Ангиография

также очень эффективна для определения опухолей малых размеров .

Каротидные параганглиомы типично раздвигают внутреннюю и наружную сонные артерии (рис. 5). Наиболее частым питающим сосудом для любых параганглиом головы и шеи является восходящая глоточная артерия (через мышечно-спинальную артерию) и восходящая шейная артерия. При прогрессирующем росте опухоли могут быть задействованы и другие источники кровоснабжения из лицевой, язычной, щитовидной, задней ушной, затылочной и глубоких шейных артерий . [10]



Рис.5 Ангиограмма каротидной параганглиомы.

Вагальные параганглиомы обычно располагаются в верхней трети шеи, сразу же над бифуркацией общей сонной артерии(рис.6). Чаще всего признаки сходны с присущими каротидной параганглиоме, за исключением того, что и внутренняя, и

наружная сонные артерии смещены в переднемедиальном направлении. Эти опухоли обычно кровоснабжаются из восходящей глоточной и затылочной артерий. Реже в кровоснабжении участвуют язычина, лицевая и глубокие шейные артерии .

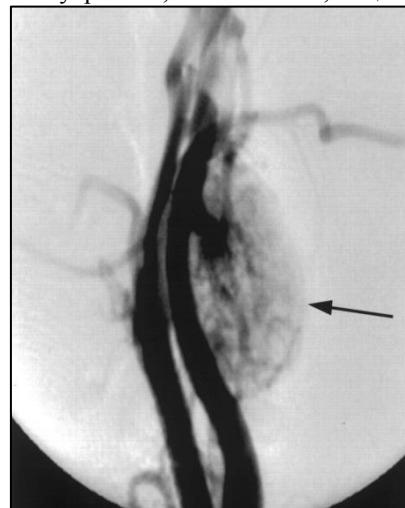


Рис.6 Ангиограмма вагальной параганглиомы.

ЛЕЧЕНИЕ

При лечении больных с параганглиомами шеи применяются все известные в онкологии методы: лучевой, хирургический, лекарственный и их комбинации. Выбор метода зависит от характера опухоли, ее локализации, степени распространенности процесса и общего состояния больного .

К середине XX века лучевая терапия была самым первым методом, который стали применять для лечения параганглиом. В настоящее время хирургический метод является методом выбора в большинстве клиник и вытесняет лучевую терапию. Несмотря на то, что большинство шейных параганглиом считаются радиорезистентными, пациентам с неоперабельной опухолью, остаточной опухолью после операции, а также пациентам, которые отказываются от хирургического лечения, лучевая терапия может проводиться как паллиативное лечение.[11]

Основным методом лечения является хирургический. Операционный доступ к параганглиомам шеи осуществляется в верхней трети шеи и вмешательство производится в зоне сонного треугольника – анатомической зоне со сложным строением, знание анатомии которой является необходимым условием грамотной и безопасной хирургической техники.[12]

Всесторонняя классификация каротидных параганглиом, которая объединяет ангиографическую картину, хирургический подход и возможный по-слеоперационный исход, в настоящее время широко используется в лечении каротидных параганглиом (табл. 1). Визуализация с помощью КТ и (или) МРТ необходима для определения оптимальной хирургической тактики лечения каротидных и вагальных параганглиом.

Таблица 1

Классификация параганглиом

Стадия опухоли	Степень вовлечения сонных артерий	Вид операции	Сложность резекции
1	Локализованная с минимальной спаянностью с сонными артериями	Субадвентициальный подход	Умеренная
2	Частично охватывает сонные артерии	Резекция НСА	Сложная
3	Охватывает сонные артерии	Резекция с трансплантацией ВСА	Хирургически сложная с высоким риском операционных осложнений

Субадвентициальное удаление опухоли

Выполняется в тех случаях, когда опухоль не распространяется глубже адвентициального слоя сонных артерий. Чаще всего это бывает при небольших опухолях 1,5-2,0 см, которые не распространяются дальше разветвки общей сонной артерии.

Оптимальной является ситуация, когда удается выделить и взять на турникеты внутреннюю и наружную сонные артерии выше верхнего полюса опухоли. Следует помнить, что выполнять манипуляции со стенкой сонных артерий нужно крайне деликатно, так как, даже не повредив стенку артерии при удалении опухоли, можно получить грозные послеоперационные осложнения в виде тромбоза внутренней сонной артерии из-за отрыва атеросклеротической бляшки или размозжения артерии инструментами. По ходу выделения опухоли возникает необходимость в перевязке одной или нескольких ветвей наружной сонной артерии. По возможности нужно попытаться сохранить подъязычный и языкоглоточный нервы. [13]

Удаление параганглиомы с резекцией наружной сонной артерии

Необходимость резекции НСА возникает в тех случаях, когда опухоль седловидно или муфтообразно охватывает ее ствол, прорастая не только адвенциальный, но и мышечный слой, т.е. когда отделение опухоли без повреждения стенки наружной сонной артерии невозможно.

Подобная ситуация диагностируется в основном интраоперационно, поскольку современные методы лучевой диагностики не позволяют послойно визуализировать стенку артерии. Если удается выделить стенку НСА на протяжении 0,5-1,0 см от бифуркации, то становится возможным ее лигирование.

Если невозможно лигирование НСА, то проводится наложение сосудистых зажимов на общую и внутреннюю сонные артерии, после чего выполняется резекция НСА от места бифуркации с наложением сосудистого шва на область дефекта. Опухоль удаляется одним блоком вместе с ветвями НСА, которые дистальнее лигируются.

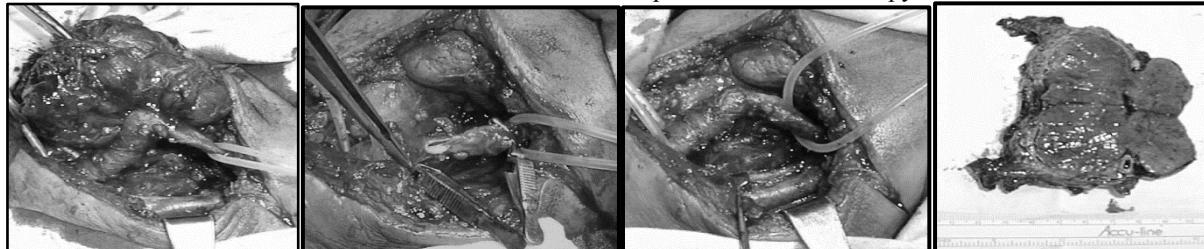


Рис.7-10 Этапы операции и макропрепарат (поражение НСА).

Описание данного наблюдения.

Пациент Ч. Клинический диагноз: хемодектома шеи слева. Опухоль на шее слева отмечал около 15 лет. Не лечился. В областной больнице по месту жительства . была предпринята неудачная попытка удаления опухоли. Status localis при поступлении: на шее слева от сосцевидного отростка до средней трети шеи, в области бифуркации общей сонной артерии определяется эластичное, ограниченно-смещающее образование около 10 см в диаметре. В центре его, на коже - послеоперационный рубец длиной 3 см. ЛОР-органы без патологии. Данные каротидной ангиограммы определяется резковыраженная гиперваскулярная опухоль с основным компонентом, расположенным в области

каротидной разветвки. Опухоль оттесняет внутреннюю сонную артерию назад и наружную сонную артерию вперед. Гиперваскулярная ткань распространяется вокруг ствола наружной сонной артерии. Кровоснабжение осуществляется из нескольких ветвей НСА – восходящей глоточной, лицевой и верхней щитовидной артерий. Заключение: каротидная параганглиома слева с вовлечением наружной сонной артерии. Проведено удаление каротидной параганглиомы шеи слева с резекцией бифуркации общей сонной артерии .Макропрепарат : опухоль вишневого цвета размером 8 x 9 см, прорастает наружную сонную артерию. Морфологическое заключение: зрелая параганглиома. Заживление первичным натяжением.

Удаление параганглиомы с трансплантацией внутренней сонной артерии

Это наиболее сложная и редко встречающаяся ситуация - 1-5%. Однако к ней нужно быть всегда готовым, что требует хороших ангиохирургических навыков у оперирующего хирурга, либо включение в состав операционной бригады сосудистого хирурга с опытом работы на брахиоцефальных артериях. Проблема трансплантации ВСА возникает в тех случаях, когда опухоль полностью или ни две трети охватывает ствол ВСА, прорастая ее мышечную стенку, и при выделении образования неизбежно происходит разрыв стенки сосуда. Успешно осуществить протезирование ВСА возможно при наличии ее свободного от опухоли участка на расстоянии 1,5-2,0 см от основания черепа. В качестве протеза с одинаковым успехом можно использовать аутовену (чаще всего - большая подкожная вена бедра) или синтетический протез.

Приводим клиническое наблюдение.

Пациентка П. Клинический диагноз: параганглиома шеи слева. Считала себя больной около 3 лет, когда впервые обратила внимание на появившееся в мягких тканях шеи слева образование; отмечала его медленный рост. Status localis при поступлении: регионарные лимфатические узлы без патологических изменений. В верхней трети шеи слева пальпируется ограниченно-смещаемое образование около 4 см в диаметре. Данные каротидной ангиографии (рис. 11): выше бифуркации ОСА определяется шаровидная, с чётким контуром, резко гиперваскулярная опухоль, муфтообразно охватывающая НСА и на три четверти - ОСА с незначительной девиацией названных артерий в переднезаднем направлении. Опухоль кровоснабжается из нескольких ветвей НСА. Заключение: каротидная параганглиома слева с вовлечением наружной и внутренней сонных артерий.



Рис. 11. Ангиограмма пациентки П.

Проведено удаление опухоли шеи слева с резекцией бифуркации общей сонной артерии, наружной сонной артерии, участка внутренней сонной артерии и пластикой дефекта ВСА участком большой подкожной вены с правого бедра.

Время пережатия общей сонной артерии до восстановления кровотока составило 40 мин. Для усиления ретроградного кровотока во внутренней сонной артерии во время ее пережатия проводилось искусственное повышение системного артериального давления (АД) до уровня систолического АД -

не ниже 180 мм рт ст. С целью профилактики тромбоза ВСА выше места пережатия было введено 5000 ед. гепарина. Послеоперационный период протекал гладко, без признаков ишемии головного мозга. Заживание первичным натяжением. Макропрепарат: опухоль вишневого цвета размером 3 x 4 см, прорастает внутреннюю и наружную сонную артерию. Морфологическое заключение: параганглиома, аденоидоподобный вариант.

Ультразвуковое исследование зоны операции через 1 месяц показало, что аутовенозный анастомоз функционировал (рис. 12).

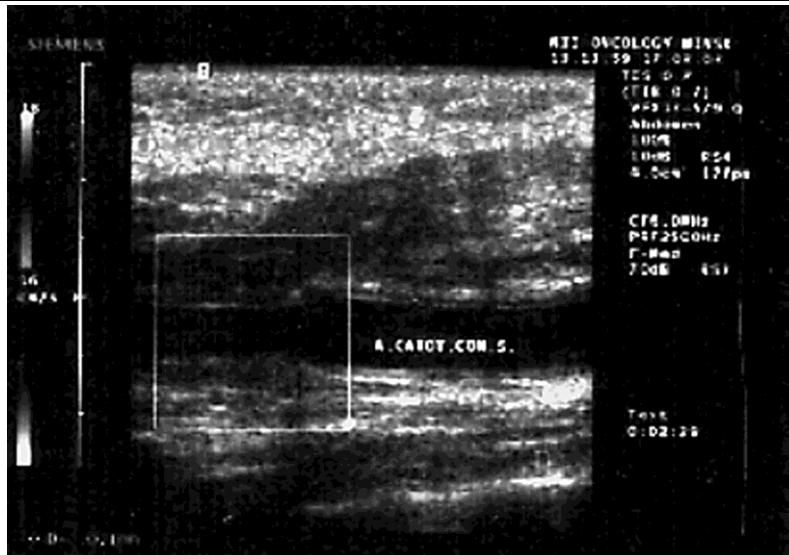


Рис 12. УЗИ пациентки П. через 1 месяц после операции (автовенозный трансплантат функционирует)

Возможные осложнения, связанные с удалением каротидных параганглиом, включают повреждения черепно-мозговых нервов (18-44 % случаев), интраоперационную летальность (1-29 %) и интраоперационный инсульт (до 1 %). Осложнения, связанные с удалением вагальных параганглиом, включают парез черепно-мозговых нервов (67 % случаев)[14], чаще всего блуждающего нерва (X пара). Другие осложнения, связанные с удалением всех больших параганглиом основания черепа, включают ликворею (11 % случаев), аспирацию (5 %) и повреждение внутренней сонной артерии (1 %). Реконструкция ВСА показана, когда больные не выдерживают пробу Матаса, что встречается приблизительно у 5 – 20 % с поражением ВСА.

Предоперационная эмболизация

Предоперационная эмболизация считается полезным дополнительным методом при планировании хирургического удаления параганглиом [15]. Уменьшение васкуляризации опухоли и её размеров с последующим снижением интраоперационной кровопотери является основной целью процедуры. Общепринято, что опухоль размером более 3 см идеально подходит для эмболизации .

Для того чтобы полностью эмболизировать параганглиому, должны быть окклюзированы все питающие сосуды. Большинство артерий может быть эмболизировано с использованием частиц поливинилалкоголя размером от 140 до 250 мкм. Альтернативные эмболизационные материалы включают изобутил- 2 цианакрилат, смешанный с липиодолом, жидкие эмболизационные материалы (букрилат и силикон), и абсорбируемые эмболизационные материалы (частицы гемостатической губки). При однокомпонентных опухолях вся опухоль может

быть успешно эмболизирована через один питающий сосуд с использованием жидкого эмболизационного материала в оптимальном состоянии.

Успешной считается эмболизация, в результате которой происходит уменьшение опухоли. Доля успешных эмболизаций составляет 80 %. Рекомендуемый период между эмболизацией и операцией - 1-4 дня, в течение которых уменьшается локальный отек, вызванный эмболизацией , но не более 2 недель во избежание восстановления просвета питающего сосуда.[16]

Приводим клиническое наблюдение

Пациент Л. Клинический диагноз: вагальная параганглиома справа. Болен в течение 1,5 лет, когда отметил появление образования на шее. Status localis при поступлении: на боковой поверхности шеи справа на границе верхней трети и средней трети под кивательной мышцей пальпируется плотное образование до 4,5 см в диаметре, ограничено смещаемое, пульсирующее. проведена каротидная ангиография . При правосторонней каротидной ангиографии (рис. 13) определяется резко гиперваскулярная опухоль, расположенная выше бифуркации общей сонной артерии, смещающая внутреннюю и наружную сонные артерии вперед и медиально. Питающий сосуд единственный – восходящая глоточная артерия. Вышеназванная артерия катетеризирована катетером калибром 5F с формой концевого изгиба Headhunter 1. Выполнена суперселективная артериография. В питающий сосуд введено 100 мг частиц поливинилалкоголя размером 200 - 300 мкм. Контрольная ангиография после эмболизации подтвердила полную деваскуляризацию опухоли (рис. 14).

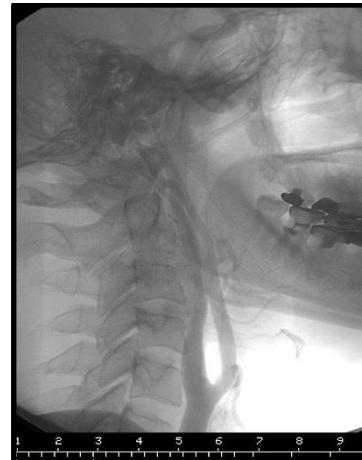
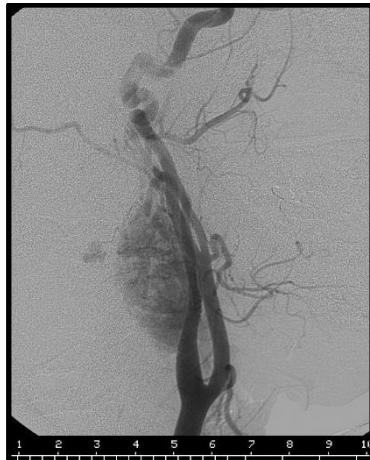


Рис.13-14. Каротидная ангиограмма пациента Л. до эмболизации и после эмболизации гранулами поливинилалкоголя.

Проведено удаление опухоли шеи справа с пересечением блуждающего нерва справа. Заживление первичным натяжением. Морфологическое заключение: солидная параганглиома. Status localis при выписке: регионарные лимфатические узлы не определяются. Послеоперационный рубец на шее справа без особенностей. Правая половина гортани неподвижна, голосовая щель для дыхания достаточна.

Параганглиомы – редкие заболевания области головы и шеи, составляющие только 0,6 % всех опухолей этой зоны. Они обычно обнаруживаются в трёх локализациях: каротидное тельце в бифуркации общей сонной артерии (опухоль каротидного тельца), в яремном отверстии (гломусная югулярная опухоль, вагальная параганглиома), и в среднем ухе (гломусная тимпаническая опухоль). Эти чётко очерченные объёмные образования обычно не вызывают серьёзных клинических проявлений, не-плотные, медленнорастущие. В связи с особенностями локализации наиболее частым симптомом является парез черепно-мозговых нервов, особенно для опухолей, растущих вблизи основания черепа. Большинство параганглиом доброкачественные. Несмотря на это, параганглиомы шеи представляют сложную проблему для лечения из-за локализации в области прохождения сонных артерий. Это связано с тем, что при оперативном лечении, которое является основным методом, в той или иной степени всегда приходится проводить хирургические манипуляции с этими артериями. Тщательное обследование с обязательным выполнением методов послойного сканирования с болюсным контрастированием позволяет точно оценить распространённость опухоли и спланировать объём хирургического вмешательства, в том числе - пластические операции на сосудах. Каротидная ангиография и предоперационная эмболизация ветвей наружной сонной артерии, кровоснабжающих опухоль, позволяют более точно определить источники кровоснабжения и уменьшить кровоток в опухоли, что облегчает её выделение во время операции и позволяет проводить более щадящие вмешательства без перевязки сонных артерий. Грамотное использование возможностей современных методов лучевой

диагностики, предоперационное планирование объёма вмешательства, контролируемый гемостаз во время операции позволяют избежать тяжёлых интра- и послеоперационных осложнений, таких как кровотечение и инсульт. Прогноз прямо связан с локализацией опухоли: лучшие результаты у больных с каротидными параганглиомами.

Финансирование

Исследование и процесс публикации обзора финансируется частным лицом.

Конфликт интересов

В данном обзоре потенциальных конфликтов интереса нет.

Согласие на публикацию

Все авторы дали согласие на публикацию.

Информация об участии авторов

В.Н.Соколов- анализ полученных данных
А.В.Бондарь- концепция и дизайн исследования

И.В.Белоцерковский - сбор и обработка материалов

Д.Г.Янева - написание текста

Литература

1. Kashtanova NYu, Pyatková P. Paragangliomas of the Head and Neck: Epidemiology, Radiologic Diagnosis, Treatment. Medical Visualization, 2017 Apr; (2):16-27.(In Russ.) doi:10.24835/1607-0763-2017-2-16-27
2. Mulligan RM. Chemodectoma in the dog. Am J Pathol, 1950; 26:680-681.
3. Glenner GG, Grimley PM. Tumors of the extra-adrenal paraganglion system (including chemoreceptors). In: Fimringen HI, eds. Atlas of tumor pathology. Ser 2, fasc 9. Washington, DC: Armed Forces Institute of Pathology, 1974; 1-90.
4. Zbaren P, Lehmann W. Carotid body paraganglioma with metastases. Laryngoscope 1985; 95:450-454
5. Hamersley ER, Barrows A, Perez A, Schroeder A, Castle JT. Malignant Vagal Paraganglioma. Head Neck Pathol, 2016 Feb; 10 (2): 201-205.
doi:10.1007/s12105-015-0621-5.

6. Williams MD, Tischler AS. Update from the 4th Edition of the World Health Organization Classification of Head and Neck Tumours: Paragangliomas. *Head Neck Pathol.*, 2017 Feb; 11 (1): 88-95. doi: 10.1007/s12105-017-0786-1.
7. Mediouni A, Ammari S, Wassef M, Gimenez Roqueplo AP, Laredo JD, Duet M, et all. Malignant head/neck paragangliomas. Comparative study. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head Neck Dis.*, 2014 Jun; 131(3): 159-166. doi:10.1016/j.anrol.2013.05.003.
8. Szymanska A, Szymanski M, Czekajska-Chehab E, Gołębek W, Szczerbo-Trojanowska M. Diagnosis and management of multiple paragangliomas of the head and neck. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.*, 2015 Jun; 272 (8): 1991-1999. doi:10.1007/s00405-014-3126-z.
9. Rumyantsev PO, Yazykova DR, Slashchuk KY, Degtyarev MV, Yasyuchenna VS, Serzhenko SS, et all. Personalized diagnostics of chromaffin tumors (pheochromocytoma, paraganglioma) in oncoendocrinology. *Endocrine Surgery*, 2018Aug;12(1):19-39. (In Russ.) doi: 10.14341/serg9731
10. Davila VJ, Chang JM, Stone WM, Fowl RJ, Bower TC, Hinni ML, et all. Current surgical management of carotid body tumors. *J. Vasc. Surg.* 2016 Dec; 64 (6): 1703-1710. doi:10.1016/j.jvs.2016.05.076.
11. Lam AK. Update on Adrenal Tumours in 2017 World Health Organization (WHO) of Endocrine Tumours. *Endocr Pathol.* 2017May;28(3):213-227. doi: 10.1007/s12022-017-9484-5.
12. Devuyst L, Defreyne L, Praet M, Geukens S, Dhooge I. Treatment of glomus tympanicum tumors by preoperative embolization and total surgical resection. *Am. J. Otolaryngol.* 2016Sep; 37 (6): 544-551. doi: 10.1016/j.amjoto.2016.08.011.
13. Subedi N, Prestwich R, Chowdhury F, Patel C, Scarsbrook A. Neuroendocrine tumours of the head and neck: anatomical, functional and molecular imaging and contemporary management. *Cancer Imaging*. 2013Oct; 13 (3): 407-422. doi:10.1102/1470-7330.2013.0034.
14. Ma Y, Huang D, Liu L, Xiang M, Oghagbon EK, Zhai S. Surgical treatment of carotid body tumour: a report of 39 cases and a new classification of carotid body tumour: our experience. *Clin. Otolaryngol.* 2014; 39 (4): 254-257. doi: 10.1111/coa.12267.
15. Gad A, Sayed A, Elwan H, Fouad FM, Kamal N, Khairy H, et all. Carotid Body Tumors: A Review of 25 Years Experience in Diagnosis and Management of 56 Tumors. *Annals of Vascular Diseases*. 2014;7(3):292-299. doi: 10.3400/avd.oa.13-00116
16. Bercin S, Muderris T, Sevil E, Gul F, Kilicarslan A, Kiris M. Efficiency of preoperative embolization of carotid body tumor. *Auris Nasus Larynx*. 2015; 42 (3): 226-230. doi: 10.1016/j.anl.2014.10.013.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH NON-MUSCLE-INVASIVE BLADDER CANCER DURING ADJUVANT INTRAVESICAL TREATMENT

Kostyev F.I.,

MD, DSci (Med), Professor, Head of Department of urology and nephrology, Odessa National Medical University, 2 Valihovskiy Ln., 65082, Odessa, Ukraine

Sokolov V.N.,

MD, DSci (Med), Professor, Head of the Department of radiation diagnostic, therapy and oncology, Odessa National Medical University, 2 Valihovskiy Ln., 65082, Odessa, Ukraine

Bondar O.V.,

MD, DSci (Med), Associate Professor, Head of oncology course, Odessa National Medical University, 2 Valihovskiy Ln., 65082, Odessa, Ukraine

Chystiakov R.S.

Assistant Professor of the Department of radiation diagnostic, therapy and oncology, Odessa National Medical University, 2 Valihovskiy Ln., 65082, Odessa, Ukraine.

DOI: [10.24412/2701-8377-2021-4-1-32-37](https://doi.org/10.24412/2701-8377-2021-4-1-32-37)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ МЫШЕЧНО-НЕИНВАЗИВНЫМ РАКОМ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ, ПОЛУЧАЮЩИХ АДЬЮВАНТУЮ ВНУТРИПУЗЫРНУЮ ТЕРАПИЮ

Костев Ф.И.,

Заслуженный деятель науки и техники Украины, доктор медицинских наук, профессор, зав.кафедрой урологии и нефрологии, Одесский национальный медицинский университет, Валиховский переулок, 2, Одесса 65000, Украина.

Соколов В.Н.,

Заслуженный деятель науки и техники Украины, доктор медицинских наук, профессор, зав.кафедрой лучевой диагностики, терапии и онкологии, Одесский национальный медицинский университет, Валиховский переулок, 2, Одесса 65000, Украина.

Бондарь А.В.,

доктор медицинских наук, доцент, заведующий курсом онкологии, Одесский национальный медицинский университет, Валиховский переулок, 2, Одесса 65000, Украина.

<http://orcid.org/0000-0001-8746-1878>

Чистяков Р.С.

ассистент кафедры лучевой диагностики, терапии и онкологии, Одесский национальный медицинский университет, Валиховский переулок, 2, Одесса 65000, Украина.

Abstract

Objective. To compare the indicators of quality of life in patients with high-risk non-muscle invasive bladder cancer during adjuvant intravesical hyperthermic chemotherapy and BCG vaccine therapy.

Materials and methods. Depending on the type of treatment, patients were divided into 2 groups. The 1st group included patients who received adjuvant therapy with BCG vaccine (BCG therapy group; n = 44), the 2nd group - patients (HIVEC therapy group; n = 41), who underwent intravesical chemotherapy using a device for local hyperthermia Combat BRS HIVEC.

Results. According to the EORTC QLQ-30 questionnaire, results were obtained that confirm the better quality of life of patients in the HIVEC therapy group, especially in terms of physical condition, level of social adaptation of patients, and indicators of intoxication. According to the FACT-BL questionnaire, the best results were obtained in the group of HIVEC therapy in terms of social and functional well-being, quality of urination and according to the scale "BladderCancer".

Conclusions. A higher quality of life was found among patients receiving intravesical hyperthermic chemotherapy. The lower standard of living in patients with BCG therapy is associated with a large number of side effects and, accordingly, with a higher level of toxicity of BCG therapy.

Аннотация

Цель. Сравнить показатели качества жизни пациентов с мышечно-неинвазивным раком мочевого пузыря высокого риска при проведении адьювантной внутрипузырной гипертермической химиотерапии и терапии вакциной БЦЖ.

Материалы и методы. В зависимости от вида лечения, пациенты были разделены на 2 группы. В первую группу вошли пациенты, которым адьювантная терапия проводилась с помощью вакцины БЦЖ (группа БЦЖ терапии n = 44), во вторую группу - пациенты (группа HIVEC терапии n = 41), которым внутрипузырная химиотерапия проводилась с помощью аппарата для локальной гипертермии Combat BRS HIVEC.

Результаты. После анализа данных, полученных при опросе пациентов с помощью анкеты EORTC QLQ-30, были получены результаты, подтверждающие лучший уровень качества жизни у пациентов получавших гипертермическую химиотерапию, особенно по физическому состоянию, по уровню социальной адаптации пациентов, по показателям интоксикации. По данным анализа анкеты FACT-BL у пациентов группы HIVEC терапии были получены лучшие результаты по показателям социального и функционального благополучия, качества мочеиспускания и по данным шкалы «Рак мочевогопузыря».

Выводы. Более высокий уровень качества жизни был выявлен у пациентов, получавших курс внутрипузырной гипертермической химиотерапии. Более низкий уровень жизни у пациентов группы БЦЖ терапии связан с большим числом побочных эффектов и, соответственно, с более высоким уровнем токсичности БЦЖ терапии.

Keywords: Non-muscle-invasive bladder cancer, intravesical hyperthermic chemotherapy, BCG therapy.

Ключевые слова: Мышечно-неинвазивный рак мочевогопузыря, внутрипузырная гипертермическая химиотерапия, БЦЖ терапия.

Актуальность: Согласно клиническим рекомендациям Европейской ассоциации урологов 2020 стандартным методом адьюvantного лечения пациентов мышечно-неинвазивным раком мочевого пузыря (МНРМП) средней и высокой групп риска согласно классификации EORTC, является внутрипузырная иммунотерапия вакциной БЦЖ [1]. Достаточно большое количество исследований показали превосходство БЦЖ над проведением внутрипузырной химиотерапии (ВПХТ), в частности данные пятиметаанализов подтвердили, что применение БЦЖ после трансуретральной резекции мочевого пузыря (ТУР) превосходит только ТУР или ТУР + внутрипузырную химиотерапию для предотвращения рецидива МНРМП (уровень доказательности 1а) [2, 3, 4].

Так, Р. U. Malmström с коллегами в метаанализе 9 рандомизированных клинических исследований, включавшем в себя 2820 пациентов, сравнивали эффективность БЦЖ-терапии и внутрипузырной химиотерапии Митомицином-С. В исследованиях, в которых пациенты получали терапию вакциной БЦЖ в основном и поддерживающем режимах, было продемонстрировано снижение риска рецидивов на 32% по сравнению с Митомицином-С [5]. Однако, большее количество побочных эффектов лечения и проявление токсичности вакцины БЦЖ по сравнению с ВПХТ (уровень доказательности 1а), сохраняют актуальность метода ВПХТ и заставляют искать пути повышения его онкологической эффективности [6].

Одной из таких методик, повышающей проницаемость стенки мочевого пузыря для химиопрепаратов, является проведение внутрипузырной химиотерапии с помощью локальной гипертермии, которая достигается за счет постоянного аппаратурного нагрева водного раствора Митомицина-С до 43-44 градусов Цельсия (Hyperthermic intra vesical chemotherapy - HIVEC) [7,8,9].

Цель: сравнительная оценка качества жизни пациентов мышечно-неинвазивным раком мочевого пузыря высокого риска при проведении адьюvantной внутрипузырной гипертермической химиотерапии и терапии вакциной БЦЖ.

Материалы и методы: В обследование вошли 85 пациентов МНРМП высокого риска, которые получали амбулаторном режиме адьюvantную внутрипузырную терапию на базе Университетской клиники ОНМедУ в период с 2013 по 2019 г.

Все исследования проводились в соответствии с Конвенцией Совета Европы «О защите прав человека и человеческого достоинства в связи с использованием достижений биологии и медицины (ETS №164)» от 04.04.1997 г., и Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (2008) (протокол №117А заседания Комиссии по биоэтике Одесского национального медицинского университета от 12.05.2017 р.). Перед включением пациентов в протокол исследования были получены их личные письменные добровольные согласия на участие в исследовании и приняты все меры для обеспечения анонимности пациентов.

В зависимости от вида лечения, пациенты были поделены на 2 группы. В 1-ю группу (сравнения) вошли пациенты, которым адьюvantная терапия после ТУР проводилась с помощью вакцины БЦЖ (группа BCG терапии; n = 44), во 2-ю группу (исследуемую) — пациенты (группа HIVEC терапии; n = 41), которым внутрипузырная химиотерапия проводилась помощью аппарата для локальной гипертермии Combat BRS HIVEC.

Протокол лечения пациентов группы БЦЖ включал в себя инстилляции раствора вакцины БЦЖ, температура которого 20-21°C, один раз в неделю в пустой мочевой пузырь одноразовым уретральным катетером. Пациент должен был выдерживать время экспозиции 1 час до акта мочеиспускания. Основной курс лечения составлял 6 недельных процедур.

Протокол лечения пациентов 2ой группы составлял шестидневный курс инстилляций Митомицина – С в дозе 40 мг. с постоянной температурой 43-44 °C на протяжении 60 минут один раз в неделю с помощью системы CombatBRS HIVEC.

Характеристика исследуемых групп представлена в табл. 1. Сравнительный анализ исследуемых параметров в группе сравнения проводили по методике «Хи-квадрат».

Таблица 1

Характеристика групп сравнения согласно стратификации EORTC.

Параметр	Группа BCG n(%)	Группа HIVEC n(%)	P value
Пол			
Мужской	36 (81,8)	8 (18,2)	0,48
Женский	31 (75,6)	10 (24,4)	
Возраст	$66,39 \pm 10,99$ (95%ДИ:63,18-69,45)	$67,15 \pm 11,38$ (95%ДИ:63,61-70,66)	0,75
Первичные	37 (84)	27 (66)	0,051
Рецидивные	7 (16)	14 (34)	
Ta	4 (9,1)	3 (7,3)	0,76
T1	40 (91)	38 (92,7)	
Кол-во опухолей			
Одна	21 (47,7)	23 (56)	0,44
2-7	23 (52,3)	18 (44)	
Диаметр опухолей			
<3	22(50)	20 (48,6)	0,91
≥ 3	22 (50)	21 (51,2)	
CIS	10 (22,7)	8 (19,5)	0,72
G1	4 (9)	2 (5)	
G2	24 (54,5)	17 (41,5)	0,26
G3	16 (36,4)	22 (53,7)	

Максимальное количество сопутствующих патологий со стороны различных органов и систем было отмеченено 1-й группе — 256 %; во 2-й группе — 291 % (в связи с наличием у 1 пациента нескольких сопутствующих заболеваний общая сумма составила более 100 %). В основном преобладали патологии со стороны сердечно-сосудистой системы (в 1-й группе — 173 % соответственно, во 2-й группе — 168%). Среднее количество циклов лечения в группе BCG терапии составило $5,02 \pm 1,4$ (95%ДИ: 5,59-5,93), в группе HIVEC терапии $5,78 \pm 0,57$ (95%ДИ: 5,24-5,88)($p=0,041$).

Исследование качества жизни больных проводилось при помощи 2 опросников, наиболее полно отвечающих требованиям оценки качества жизни онкологических больных. Первый — современная версия опросника Европейской организации по изучению лечения рака EORTC QLQ-30 (v. 3) (QualityofLifeQuestionnaire-Core 30 ofEuropeanOrganisationforResearchandTreatmentCancer), официально утвержденная Группой изучения качества жизни EORTC и разрешенная для применения в научных исследованиях [10,11].

Второй опросник — FACT-G (FunctionalAssessmentofCancerTherapy-General) с модулем BL(шкала функциональной оценки лечения РМП; версия 4). Опросник имеет дополнительные вопросы попроблемам мочевыделения и удержания мочи, функции кишечника, сексуальной функции [12,13,14].

Все 85 больных, участвующих в исследовании, отвечали на вопросы обеих анкет перед каждым циклом введения лекарственного вещества. Анализ полученных данных проводили с помощью стандартных методов статистической обработки данных с использованием программного обеспечения SPSS v. 26 с установленными пакетами обработки опросников QLQ и FACT-BL. Статистическую обработку полученных результатов проводили методами непараметрической статистики, с использованием U-критерия Манна-Уитни и теста Вилкоксона. Также полученные данные представлены в виде медианы, 95% доверительный интервал которой оценивался с использованием моделей случайных и фиксированных эффектов.

Результаты и обсуждения:**Опросник EORTC QLQ-30**

Согласно проведенному исследованию по качеству жизни пациентов с мышечно-нейнвазивным РМП высокого риска, получающих адьюваннтную внутрипузырную терапию, по опроснику EORTC QLQ-30 получены результаты, подтверждающие выше уровень общего качества жизни пациентов при проведении внутрипузырной гипертермической химиотерапии Митомицином-С, особенно по физическому состоянию, по адаптации пациентов в обществе (ролевая и социальные шкалы), по показателям интоксикации — симптомам усталости, тошноты/рвоты, болевого синдрома, потери аппетита, диареи, а также в отношении денежных затрат (табл. 2).

Таблица 2

Шкала опросника*	Группа BCG n(%)		Группа HIVEC n(%)	P value
	Мода	Медиана шкал, %		
Физическая функция (ФФ)	100 80 (95%ДИ: 73 – 87)	100 87 (95%ДИ: 80 – 93)	,001	
Ролевая функция (РФ)	83 67 (95%ДИ: 50 – 83)	83 83 (95%ДИ: 83 – 92)	,000	
Когнитивная функция (КФ)	100 83 (95%ДИ: 67 – 100)	100 83 (95%ДИ: 83 – 100)	,086	
Эмоциональная функция (ЭФ)	92 92 (95%ДИ: 75 – 92)	92 92 (95%ДИ: 83 – 92)	,549	
Социальная функция (СФ)	83 67 (95%ДИ: 67 – 83)	83 83 (95%ДИ: 80 – 83)	,000	
Шкалы симптоматики **				
Усталость	44 44 (95%ДИ: 44 – 44)	33 33 (95%ДИ: 22 – 33)	,000	
Тошнота/рвота	17 33 (95%ДИ: 83 – 85)	0 0 (95%ДИ: 0 – 0)	,000	
Боль	17 33 (95%ДИ: 83 – 100)	0 0 (95%ДИ: 0 – 17)	,000	
Диспноэ	0 33 (95%ДИ: 0 – 33)	0 0 (95%ДИ: 0 – 33)	,338	
Бессонница	0 0 (95%ДИ: 0 – 0)	0 0 (95%ДИ: 0 – 0)	,182	
Потеря аппетита	33 33 (95%ДИ: 33 – 33)	0 0 (95%ДИ: 0 – 33)	,000	
Запор	0 0 (95%ДИ: 0 – 0)	0 0 (95%ДИ: 0 – 33)	,459	
Диарея	33 33 (95%ДИ: 33 – 33)	0 0 (95%ДИ: 0 – 0)	,000	
Финансы	67 67 (95%ДИ: 67 – 83)	33 33 (95%ДИ: 22 – 33)	,000	
Общее качество жизни	67 67 (95%ДИ: 80 – 83)	83 67 (95%ДИ: 50 – 83)	,009	

* Высокие баллы по основным шкалам отражают более высокие показатели качества жизни.

** Высокие баллы по шкалам симптоматики отражают более низкие показатели.

При сравнении медианных показателей по физической и ролевой шкалам данные пациентов по группе BCG терапии хуже группы HIVEC терапии, при детальном разборе параметров, несмотря на

одинаковые моды баллов ответов по школе ролевая функция, медианы ответов статистически различаются (рис. 1,2).

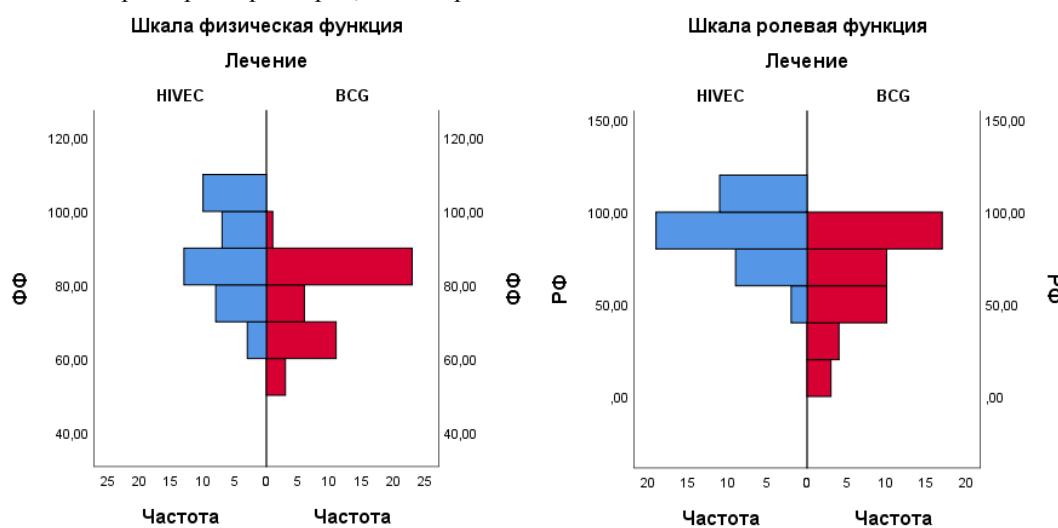


Рис. 1

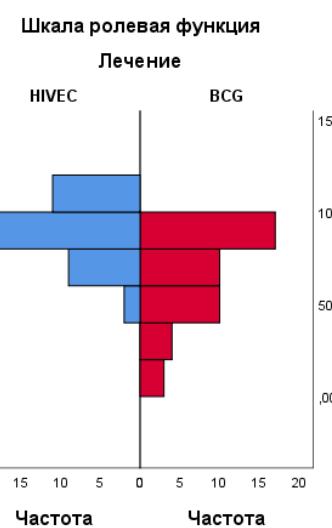


Рис. 2

По эмоциональной шкале медианы наблюдения равны в обеих группах, но детальная оценка всех отклонений показала, что во 2-й группе имеются пациенты с менее выраженными отклонениями в эмоциональной сфере (рис. 3). При оценке общей шкалы «Качество жизни» показатели по медиане в 2 группах равны, но данная шкала не является интегральной, поэтому при интерпретации данных

необходимо оценивать дополнительные параметры этой шкалы, а также учитывать показатели, полученные по всем шкалам опросника.

Таким образом, у пациентов, получавших внутрипузырную гипертермическую химиотерапию, отмечен более высокий уровень качества жизни по сравнению с данными пациентов группы BCG терапии (см. рис. 4).

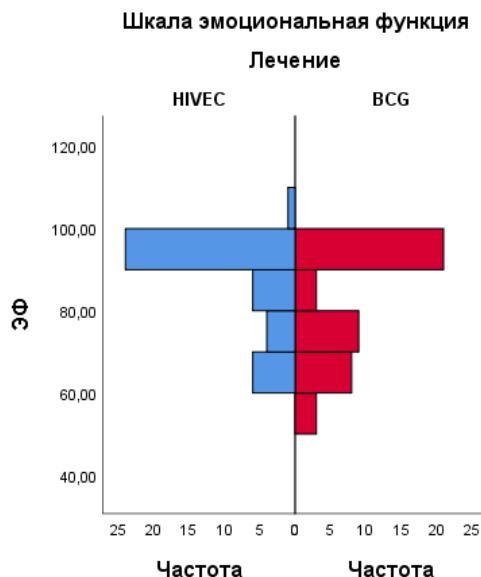


Рис. 3

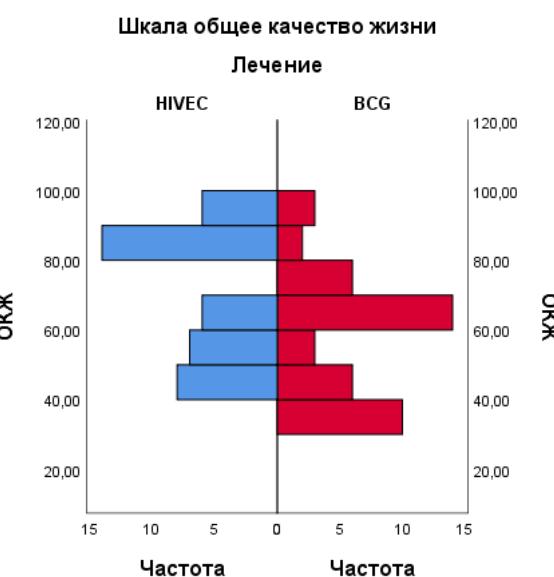


Рис. 4

По симптоматической шкалам «Усталость», «Тошнота», «Боль» и «Потеря аппетита» разброс показателей в худшую сторону выше среди пациентов 1-й группы, что говорит о более выраженных симптомах интоксикации у пациентов, получавших внутрипузырную BCG терапию. По познавательной шкале, по симптомам одышки, нарушения сна, запора не выявлено статистически значимых отличий среди пациентов 2 групп.

Опросник FACT-BL

По данным анализа состояния пациентов с применением анкеты FACT-BL был подтвержден лучший уровень качества жизни у пациентов, получавших внутрипузырную гипертермическую химиотерапию в адьювантом режиме, особенно по

показателям социального и функционального благополучия (вопросы касались работы по дому), а также по качеству мочеиспускания и по данным специальной подшкалы, разработанной для пациентов с диагнозом рак мочевого пузыря (табл. 4).

При сравнительном анализе параметров физического состояния, функционирования желудочно-кишечного тракта (по симптомам диареи, снижения массы тела) медианы во 1-й и 2-й группах равны, но при детальной оценке шкал максимальные отклонения в сторону худших показателей выявлены среди пациентов группы BCG терапии.

По шкале эмоционального благополучия не выявлено статистически значимых различий между группами.

Таблица 4.

Шкала опросника	Группа BCG n	Группа HIVEC n	P value
	Медиана шкал, баллы		
Физическое состояние (ФС)	23 21 (95%ДІ: 22 – 28)	27 26 (95%ДІ: 24 – 28)	,001
Социальное состояние (СС)	22 21 (95%ДІ: 17 – 24)	28 24 (95%ДІ: 19 – 28)	,011
Эмоциональное состояние (ЭС)	22 20 (95%ДІ: 18 – 24)	21 20 (95%ДІ: 18 – 24)	,486
Функциональное состояние (ФФ)	17 16 (95%ДІ: 11 – 22)	19 18 (95%ДІ: 15 – 27)	,549
Подшкалы FACT-BL			
«Мочеиспускание»	7 6 (95%ДІ: 5 – 10)	9 9 (95%ДІ: 8 – 12)	,009
«Снижение массы тела»	3 5 (95%ДІ: 3 – 6)	4 6 (95%ДІ: 4 – 8)	,338
«Рак мочевого пузыря»	30 27 (95%ДІ: 28 – 32)	36 34 (95%ДІ: 30 – 40)	,026
«Общий индекс FACT-BL»	102 96 (95%ДІ: 91–116)	127 123 (95%ДІ: 111–129)	,005

Выводы

- По данным опросников EORTC QLQ-30, FACT-BL более высокий уровень качества жизни выявлен среди пациентов 2-й группы (получавших курс внутривыпурной адьювантной терапии в режиме гипертермической химиотерапии). Более низкий уровень жизни подтвержден у пациентов, получавших курс адьювантной терапии с помощью вакцины BCG (1-я группа), что связано с большим числом побочных эффектов, соответственно, с более высоким уровнем токсичности BCG терапии.
- Возможность перенести полный лечебный цикл адьювантной терапии без потери качества жизни является одним из критериев эффективности лечения больных. При выборе метода адьювантной терапии при мышечно-нейнвазивном РМП следует руководствоваться не только онкологической эффективностью, но и переносимостью лекарственной схемы, особенно у возрастных пациентов с сопутствующей патологией.

References

- Babjuk M, Burger M, Comperat EM, Gontero P, Mostafid AH, Palou J, et al. European Association of Urology Guidelines on Non-muscle-invasive Bladder Cancer (TaT1 and Carcinoma in situ) - 2019 update. EurUrol, 2019 Nov; 76(5): 639-57. doi: 10.1016/j.eururo.2019.08.016
- Shelley MD, Kynaston H, Court J, Wilt TJ, Coles B, Burgon K, et al. A systematic review of intravesical bacillus Calmette-Guerin plus transurethral resection vs transurethral resection alone in Ta and T1 bladder cancer. BJU Int, 2001 Dec; 88(3): 209-16. doi: 10.1046/j.1464-410x.2001.02306.x.
- Han RF, Pan JG. Can intravesical bacillus Calmette-Guerin reduce recurrence in patients with superficial bladder cancer? A meta-analysis of randomized trials. Urology, 2006 Jun; 67(6): 1216-23. doi: 10.1016/j.urology.2005.12.014
- Shelley MD, Wilt TJ, Court J, Coles B, Kynaston H, Mason MD. Intravesical bacillus Calmette-Guerin is superior to mitomycin C in reducing tumour recurrence in high-risk superficial bladder cancer: a meta-analysis of randomized trials. BJU Int, 2004 Feb; 93(4): 485-90. doi: 10.1111/j.1464-410x.2003.04655.x
- Malmstrom PU, Sylvester RJ, Crawford DE, Friedrich M, Krege S, Rintala E, et al. An individual patient data meta-analysis of the long-term outcome of randomised studies comparing intravesical mitomycin C versus bacillus Calmette-Guerin for nonmuscle-invasive bladder cancer. EurUrol, 2009 Apr; 56(2): 247-56. doi: 10.1016/j.eururo.2009.04.038
- Bohle A, Jocham D, Bock PR. Intravesical bacillus Calmette-Guerin versus mitomycin C for superficial bladder cancer: a formal meta-analysis of comparative studies on recurrence and toxicity. J Urol, 2003 Jan; 169(1): 90-5. doi: 10.1097/01.ju.0000039680.90768.b3
- Tan WP, Chang A, Broussell SC, Grimberg DC, Fantony JJ, Longo TA, et al. Safety and efficacy of intravesical chemotherapy and hyperthermia in the bladder: results of a porcine study. International Journal of Hyperthermia, 2020 Jul; 37(1): 854-60. doi: 10.1080/02656736.2020.1780328
- Bello AP, Villacampa F, Goizueta JD, Tios E, Rimington P, Castillo J, et al. Chemohyperthermia with Mitomycin C and COMBAT System a new alternative to БЦЖ in high-risk non-muscle invasive bladder cancer? The Journal of Urology, 2018 Apr; 199(4S): e1119. doi: 10.1016/j.juro.2018.02.2757
- Jong J, Hendriksen K, Rosier M, Boormans J, Mostafid H. Hyperthermic intravesical chemotherapy for БЦЖ-unresponsive non-muscle invasive bladder cancer. The Journal of Urology, 2018 Apr; 199(4S): e1234-e1235. doi: 10.1016/j.juro.2018.02.3007
- Aaronson NK, Ahmedzai S, Bergman B, Bullinger M, Cull A, Duez NJ, et al. The European Organisation for Research and Treatment of Cancer QLQ-C30: A quality of life instrument for use in international clinical trials in oncology. J Nat Cancer Inst, 1993 Mar; 85(5): 365-75. doi: 10.1093/jnci/85.5.365
- Fayers P, Aaronson N, Bjordal K, Sullivan M. EORTC QLQ-C30 scoring manual. EORTC Study Group on Quality of Life, Brussels, 1995. P. 50.
- Coast J, Peters TJ, Richards SH, Gunnell DJ. Use of the EuroQOL among elderly acute care patients. Qual Life Res, 1998 Jan; 7(1): 1-10. doi: 10.1023/a:1008857203434
- Frei E. 3rd. Randomized clinical trials and other approaches in clinical research. Cancer, 1994 Nov; 74 (9 suppl): 2610-3. doi: 10.1002/1097-0142(19941101)74:9+<2610::aid-cncr2820741804>3.0.co;2-c
- Simons JP, Aaronson NK, Vansteenkiste JF, Velde GP, Muller MJ, et al. Effects of medroxyprogesterone acetate on appetite, weight, and quality of life in advanced-stage non-hormone-sensitive cancer: a placebo-controlled multicenter study. J Clin Oncol, 1996 Apr; 14(4): 1077-84. doi: 10.1200/JCO.1996.14.4.1077

PHYSICAL SCIENCES

RELATIVISTIC FORMULAS OF THE EXISTING VERSION OF THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY ARE INCORRECT, THEY ARE INCORRECT EXPLAINED AND INCORRECT CONCLUSIONS ARE DRAWN FROM THEM

Antonov A.A.

Ph.D, HonDSc, HonDL, H.ProfSci, ResProf,

Independent Researcher,

Kiev, Ukraine

DOI: [10.24412/2701-8377-2021-4-1-38-47](https://doi.org/10.24412/2701-8377-2021-4-1-38-47)

Abstract

The article shows that the relativistic formulas of the existing generally acknowledged version of the special theory of relativity (STR) are incorrect; they have been incorrectly explained by using the incorrect principle of light speed non-exceedance and entailed wrong conclusions consisting in existence of only our visible universe and physical non-existence of concrete imaginary numbers. Therefore, the existing version of the STR is incorrect and it was not created in the 20th century. Moreover, it could not be created at that time, since the experimental data required for this were obtained only in the 21st century.

Therefore, an alternative version of SRT, free from the indicated disadvantages, is presented. It is based on:

- experiments carried out in the 21st century that prove the general scientific principle of physical reality of imaginary numbers refuting the principle of light speed non-exceedance;
- data obtained by the WMAP and Planck spacecraft, which allow us to determine the metrics and structure of the space in which our hidden Multiverse exists;
- proposal for astronomical observations in anomalous zones, which will allow, by registering constellations in their starry sky, to experimentally prove the existence of invisible universes..

The alternative version of the STR has made it possible to explain the phenomenon of dark matter and dark energy, as well as the existence of antimatter that does not annihilate with matter and tachyons that do not violate the principle of causality.

Keywords: imaginary numbers; special theory of relativity; dark matter; dark energy; dark space; Multiverse; Hyperverse; invisible universes; anomalous zones.

1. Introduction

Creation of the special theory of relativity (STR)

[1] - [3] was the most outstanding scientific achievement of 20th-century physics. The STR has been represented in all university and even school physics textbooks. Ironically, the existing physics of real numbers can't explain the main result of the theory, its relativistic formulas. At hyperlight speeds, when $v > c$, the formulas

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \quad (1)$$

$$\Delta t = \Delta t_0 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2} \quad (2)$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2} \quad (3)$$

where m_0 is the rest mass of a physical body;

m is the relativistic mass of a moving physical body;

Δt_0 is the rest time of a physical body;

Δt is the relativistic time of a moving physical body;

l_0 is the rest longitudinal length of a physical body;

l is the relativistic longitudinal length of a moving physical body;

v is the velocity of a moving physical body;

c is the speed of light

actually lead to the results that are measured by imaginary numbers discovered 500 years ago, but unexplained until very recently. And no one can explain what is, for example, $2i$ kilograms, $3i$ seconds, $5i$ meters (where $i = \sqrt{-1}$ is the imaginary unit) in our space of real numbers.

However, the creators of the STR couldn't actually admit that they didn't know how to explain the relativistic formulas of their theory, since the theory would no longer be necessary. Therefore, the principle of light speed non-exceedance turned out to be in demand in the STR. Moreover, the principle has been proved in the STR neither theoretically nor experimentally. Thus, it has been just a postulate, i.e. unproven assumption. As shown below, it turned out to be wrong.

Besides, the formulas (1) - (3) were misexplained with the use of the incorrect principle of light speed non-exceedance. This led to wrong conclusions about the absence of any physical content in imaginary numbers and the uniqueness of our visible universe.

In 1958 Pavel Alekseevich Cherenkov, Igor Evgenievich Tamm and Ilya Mikhailovich Frank received the Nobel Prize for the discovery and interpretation of

Cherenkov radiation [4], emitted when charged particles move through a transparent medium at a speed greater than the speed of light in that medium. Apparently, the discovery refuted the principle of light speed non-exceedance in its original formulation. However, the situation was saved by correcting the formulation of the principle of light speed non-exceedance. It was clarified that the principle implied movement of a physical body only in a vacuum.

This, of course, raised doubts about the truth of the principle of light speed non-exceedance. There were also natural doubts about its infallibility, despite the almost triumphant recognition of the STR. Even Albert Einstein wrote: "*There is no single idea, which I would be sure that it will stand the test of time*". Over time the doubts only strengthened due to failure to explain many fundamental astrophysical problems, such as the phenomenon of dark matter and dark energy, the existence of antimatter and tachyons, etc., using the STR. And the development of the STR ceased.

Therefore, there emerged a necessity of an experiment that would dispel doubts and either confirm or refute the principle of light speed non-exceedance and the physical reality of concrete¹ imaginary numbers. The highly publicized OPERA experiment that was meant to detect superluminal neutrinos seemed to be the right one. On September 23, 2011, the OPERA collaboration published a sensational report [5] on registration of such neutrinos and refutation of the STR. However, on March 15, 2012, the ICARUS collaboration published a no less sensational report [6] on refutation of the OPERA experiment. That has even created illusion of irrefutability of the STR.

2. The principle of physical reality of imaginary numbers

As evidenced by facts, creation of such illusion was likely to be the true goal of the OPERA and ICARUS experiments. Thus, results of alternative experimental studies of processes in linear electric circuits [7] - [12] that indisputably proved physical reality of imaginary numbers were actually published in 2008-2010, i.e., prior to publication of OPERA experiment results. And since "*mathematics is an experimental science*" as according to Oliver Heaviside, the language of mathematics is the common language of all exact sciences. Therefore, the principle of physical reality of imaginary numbers is both general scientific and physical. Besides, the experimental studies that have proved the principle of physical reality of imaginary numbers are simple and can be repeated and verified in any radio engineering laboratory. Consequently, they are quite reliable and convincing, unlike the unsuccessful OPERA experiment. They even made the OPERA experiment unnecessary. The OPERA and ICARUS collaborations have not commented on either these or subsequent radio engineering experimental studies [13] -

[23]. Nevertheless, these studies have never been refuted.

Publications [11] - [26] covered even three different experimental proofs in favour of the principle of physical reality of imaginary numbers:

- A proof resulting from the study of oscillatory resonant processes [11] - [10], [12], [14], [15], [16], [23]. It implied that there would be neither television, nor radiolocation, nor GPS trackers, nor mobile phones, nor many other things without which modern life would be unthinkable, if the STR assertion that imaginary numbers weren't physically real were true;

- A proof resulting from the study of oscillatory transient processes [12], [13], [15], [16], [23] in linear electric circuits. It implied that church bells and pianos would not sound, there would be no tsunami, and even children's swing wouldn't sway after being pushed by parents, if the STR assertion that imaginary numbers weren't physically real were true;

- A proof resulting from the use of Ohm's law in the interpretation of Steinmetz [17] - [23]. It implied that the principle of light speed non-exceedance could be refuted even before creation of the STR.

How much dogmatic the modern higher physical education is, that people who received it turned out to be incapable of understanding all this, in particular, the world created by nature and engineers, the world they live in and the word that refutes dogmas they have learned, at every turn, whenever they turn on the TV or start talking on a cell phone, whenever they hear music or a bell ring, whenever they see a child on swing or use a GPS tracker in their car to get to work quicker. And one can't but wonder how people with such an education can be able to think so creatively as to understand the structure of distant universes and processes taking place therein, if they do not understand things that surround them, even things taught at another college or at another faculty of their college.

3. Relativistic formulas of the existing version of the STR are incorrect

That is why it has not been understood so far that the relativistic formulas (1) - (3) of the existing version of the STR are actually incorrect. But since the principle of physical reality of imaginary numbers proved in radio engineering is generally scientific, it is obligatory for use in physics as well. Therefore, both branches on the graphs of relativistic formulas (see Fig. 1 a, b, c), on the interval $0 \leq v < c$ and on the interval $c \leq v < \infty$, must be explained. If the graphs of the relativistic formulas (1) - (3) do not correspond to the laws of nature and therefore are inexplicable on the interval $c \leq v < \infty$, then the formulas are incorrect. "Tertium non datur (Lat.)", i.e. there is no in-between.

¹ I.e. provided with references to units used to measure parameters of corresponding physical objects and processes

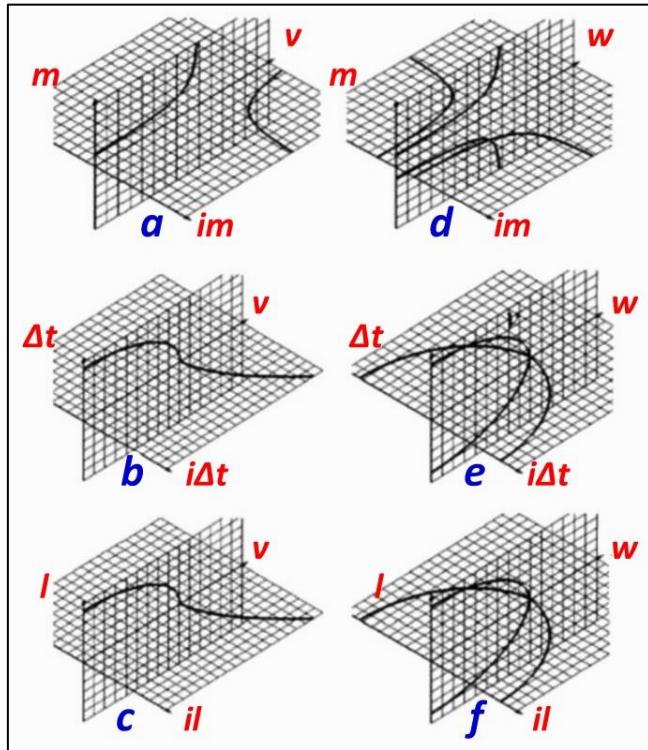


Fig. 1. Graphs of functions (1) - (3) corresponding to the existing version of the STR, and (7) - (9) corresponding to its alternative version

4. Refutation of the principle of light speed non-exceedance

Since the graphs of relativistic formulas (1) - (3) corresponding to the interval $c \leq v < \infty$ might be physically real despite their inexplicability, the principle of light speed non-exceedance is also incorrect. There can be no other conclusion. Experiments inevitably refute postulates. Although in all other respects the existing version of the STR is mathematically flawless, it collapses like a house of cards without the principle of light speed non-exceedance.

And this is precisely the reason for persistent disregard of all the mentioned experimental proofs of the principle of physical reality of imaginary numbers. On the one hand, they can't be refuted, and, on the other hand, corporate interests do not allow acknowledging them, as it would mean declaring the STR version described in textbooks incorrect. Then it would require creation of an alternative version of the STR.

5. Relativistic formulas of the alternative version of STR

What kind of version could be alternative? Answers to this question can be widely different. And, perhaps, the only thing that is beyond doubt in this new theory is that it should stipulate existence of our visible universe. Since something physically real must correspond to the interval $c \leq v < \infty$, it is logical to assume that our universe is one of many similar universes. Therefore, graphs of relativistic formulas for unknown worlds corresponding to the interval $c \leq v < \infty$ should

bear a resemblance to the graphs shown in Fig. 1 a, b, c. For example, as in Fig. 1 d, e, f, for which relativistic formulas take the following form

$$m = \frac{m_0 i^q}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c} - q)^2}} = \frac{m_0 i^q}{\sqrt{1 - (\frac{w}{c})^2}} \quad (4)$$

$$\Delta t = \Delta t_0 i^q \sqrt{1 - (\frac{v}{c} - q)^2} = \Delta t_0 i^q \sqrt{1 - (\frac{w}{c})^2} \quad (5)$$

$$l = l_0 i^q \sqrt{1 - (\frac{v}{c} - q)^2} = l_0 i^q \sqrt{1 - (\frac{w}{c})^2} \quad (6)$$

where $q = \lfloor \frac{v}{c} \rfloor$ is the 'floor' function of argument $\frac{v}{c}$;

$w = v - qc$ is the local velocity for each universe, which can take values only in the range $0 \leq w < c$;

v is the velocity measured from our universe.

The parameter q in these formulas is the fourth spatial dimension², whose integer values correspond to the coordinates of different parallel³ universes. Herewith, the quantity $q = 0$ corresponds to our visible universe, since it is on the interval $0 \leq v < c$ on the graphs 1 d, e, f, and the quantity $q = 1$ corresponds to the adjacent invisible universe⁴, since it is on the interval $c \leq v < 2c$ on the same graphs and, thus, beyond

² Therefore, each universe in such a hidden Multiverse has two adjacent universes in the dimension q

³ Since they do not intersect despite their infinity

⁴ Consequently, the physics of imaginary numbers is the physics of an invisible world, whereas the physics of real

numbers is the physics of a visible world. However, an invisible world exists; for example, in the form of the next room with all its contents, invisible from the room we are in at the moment

the event horizon. Let's, therefore, call it a tachyon universe by the name of eponymous faster-than-light particles. By a similar argument our universe should be referred to as tardyon universe. Subsequently, the quantity $q = 2$ corresponds to a tardyon antiverse invisible on the interval $2c \leq v < 3c$, since $i^2 = -I$ for it. The quantity $q = 3$ corresponds to a tachyon antiverse invisible on the interval $3c \leq v < 4c$, since $i^3 = -i$ for it. The quantity $q = 4$ corresponds to another tardyon universe⁵ invisible on the interval $4c \leq v < 5c$, since $i^4 = I$ for it. The quantity $q = 5$ corresponds to another tachyon universe invisible on the interval $5c \leq v < 6c$, since $i^5 = i$ for it, etc. Thus, the relativistic formulas (4) - (6) of the alternative STR imply that there exists a Multiverse consisting of mutually invisible parallel universes (and, therefore, referred to as hidden), rather than a Monoverse, as claimed by the existing version of the STR.

Moreover, invisible parallel universes have actually no fixed location in the hidden Multiverse. They slowly drift, touch each other and even slightly penetrate into each other, generating a sort of transitional zones, usually called portals or star gates [24] - [27].

6. Use of data obtained by the WMAP and Planck spacecraft

Although the WMAP and Planck spacecraft were launched for the purpose that was not related to the issues discussed in the article, valuable data obtained by them allowed determining the metric of the space we live in and clarifying the structure of the hidden Multiverse. Therefore, we recall that according to WMAP data [28] total mass/energy of the entire universe (actually the hidden Multiverse) consists of 4.6% of ordinary (baryonic) matter, 22.4% of dark matter and 73.0% of dark energy. And according to more recent Planck data [29], total mass/energy of the entire universe (actually, again, the hidden Multiverse) consists of 4.9% of ordinary (baryonic) matter, 26.8% of dark matter and 68.3% of dark energy.

However, it is still unclear what dark matter discovered by Jan Hendrik Oort [30] and Fritz Zwicky [31] in 1932-33, as well as dark energy discovered by Saul Perlmutter [32], Brian Schmidt [33] and Adam Riess [34] (who were awarded the Nobel Prize for their discoveries) in 1998-1999 are.

The phenomenon of dark matter and dark energy has been called as such for its incomprehensibility [35] - [38]. It is unclear why dark matter and dark energy are completely invisible in all ranges of electromagnetic oscillations and registered only by their gravitational manifestations. It is even more unclear why neither molecules, nor atoms, nor even subatomic particles have been found in dark matter and dark energy, although their total mass/energy is about twenty times greater than the mass/energy of our visible universe. And this completely does not comply with modern concepts of physical chemistry about the essence of matter. Many other things are as well incomprehensible.

Therefore, explanation of the phenomenon of dark matter and dark energy is the most important issue in physics. In this regard, Nobel laureate Professor Adam Riess believes: "*Humanity is on the verge of a new physics of the Universe. Whether we want it or not, we will have to accept it*".

Nobel laureate Professor Albert Einstein explained the reasons for incomprehensibility of this phenomenon very clearly: "*Insanity: doing the same thing over and over again and expecting different results*". Sir Isaac Newton was of the same opinion: "*No great discovery was ever made without a bold guess*".

In fact, when seeking an explanation for the phenomenon of dark matter and dark energy, only one of all the possible solutions to this problem has been considered so far; and it should certainly correspond to the existing version of the STR, which states that we live in the Monoverse.

If one makes a bold assumption and tries to solve this problem differently, for example, using the hypothesis of the hidden Multiverse, the solution would be surprisingly simple and clear [39] - [47]:

- dark matter and dark energy are invisible because they are generated by invisible universes of the hidden Multiverse, provided that dark matter is generated by invisible universes adjacent to our visible universe and dark energy is generated by other invisible universes of the hidden Multiverse more distant from our visible universe;
- neither molecules, nor atoms, nor subatomic particles can ever be detected in dark matter and dark energy, because dark matter and dark energy are just an image (gravitational, rather than optical and still less electromagnetic), a sort of a shadow, rather than a material substance.

In accordance with the Occam's razor criterion suggesting that the simplest explanation is the most correct, the above explanation of the phenomenon of dark matter and dark energy is most probably true here.

Therefore, taking into account the data obtained by the WMAP and Planck spacecraft and believing that the mass/energy of each invisible universe become almost the same as the mass/energy of our visible universe due to presence of portals and exchange of physical content with other universes through them, we can conclude that:

- the entire hidden Multiverse consists of $100\%/4.6\% = 21.8$ invisible parallel universes according to the WMAP data and $100\%/4.9\% = 20.4$ invisible parallel universes according to the Planck data, i.e. the hidden Multiverse contains approximately 20...22 invisible parallel universes;
- dark matter is generated by $22.4\%/4.6\% = 4.9$ invisible parallel universes according to the WMAP data and by $26.8\%/4.9\% = 5.5$ invisible parallel universes according to the Planck data, i.e. approximately 5...6 invisible parallel universes;
- dark energy is generated by $73.0\%/4.6\% = 15.9$ invisible parallel universes according to the WMAP data and by $68.3\%/4.9\% = 13.9$ invisible parallel universes

⁵ It is shown below that our Multiverse contains more than twenty mutually invisible parallel universes

according to the Planck data, i.e. approximately **14...16** invisible parallel universes.

And it was naturally impossible to guess such results by any postulates. Therefore, the Nobel laureate Steven Weinberg spoke very clearly about postulate-based theories: "Scientific theories cannot be created by purely mathematical reasoning."

7. Relativistic formulas of the alternative version of the STR (continued)

$$m = \frac{m_0(i_1)^{q-q_0}(i_2)^{r-r_0}(i_3)^{s-s_0}}{\sqrt{1 - [\frac{v}{c} - (q + r + s - q_0 - r_0 - s_0)]^2}} = \frac{m_0(i_1)^{q-q_0}(i_2)^{r-r_0}(i_3)^{s-s_0}}{\sqrt{1 - (\frac{w}{c})^2}} \quad (7)$$

$$\Delta t = \Delta t_0(i_1)^{q-q_0}(i_2)^{r-r_0}(i_3)^{s-s_0} \sqrt{1 - [\frac{v}{c} - (q + r + s - q_0 - r_0 - s_0)]^2} = \Delta t_0(i_1)^{q-q_0}(i_2)^{r-r_0}(i_3)^{s-s_0} \sqrt{1 - (\frac{w}{c})^2} \quad (8)$$

$$l = l_0(i_1)^q(i_2)^r(i_3)^s \sqrt{1 - [\frac{v}{c} - (q + r + s - q_0 - r_0 - s_0)]^2} = l_0(i_1)^q(i_2)^r(i_3)^s \sqrt{1 - (\frac{w}{c})^2} \quad (9)$$

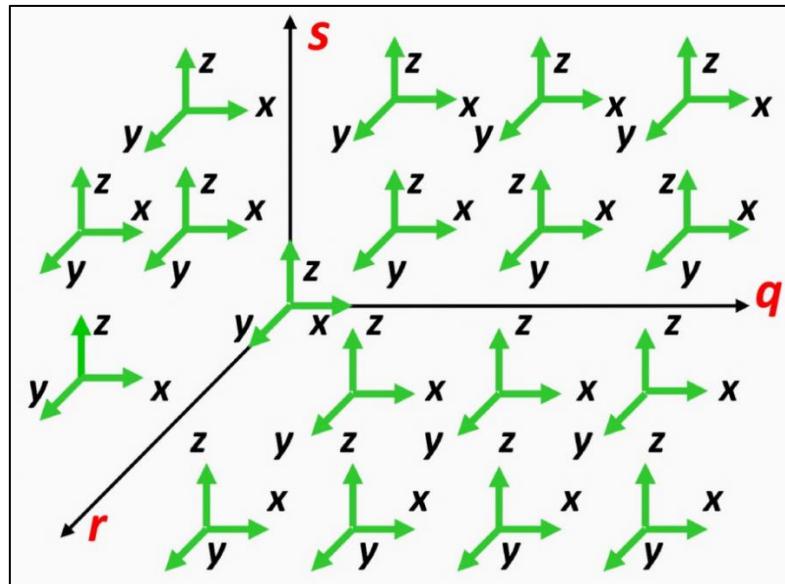


Fig. 2. Six-dimensional space of the hidden Multiverse

where q, r, s are the extra dimensions;

q_0, r_0, s_0 are the coordinates of our visible universe in the hidden Multiverse;

v is the velocity measured relative to our visible tardyon universe;

c is the speed of light;

$w = v - (q + r + s - q_0 - r_0 - s_0)c$ is the local velocity of the universe corresponding to the coordinates q, r, s , that can take values only in the range $0 \leq w \leq c$;

However, the results do not correspond to the relativistic formulas (4) - (6), since according to the WMAP and Planck data, our tardyon universe has five-six adjacent universes, rather than two. Consequently, the hidden Multiverse has actually three extra dimensions, rather than one.

Therefore, relativistic formulas of the STR (4) - (6) should be once more corrected as follows

$$i_1^2 = i_2^2 = i_3^2 = 1 \quad (10)$$

$$i_1 i_2 i_3 = i_2 i_3 i_1 = i_3 i_1 i_2 = -1 \quad (11)$$

$$i_1 i_3 i_2 = i_2 i_1 i_3 = i_3 i_2 i_1 = 1 \quad (12)$$

Consequently, metric of space (see Fig. 2) of the hidden Multiverse [49] is determined by the formula $f_{q,r,s}(x, y, z) + i_1 q + i_2 r + i_3 s$, where

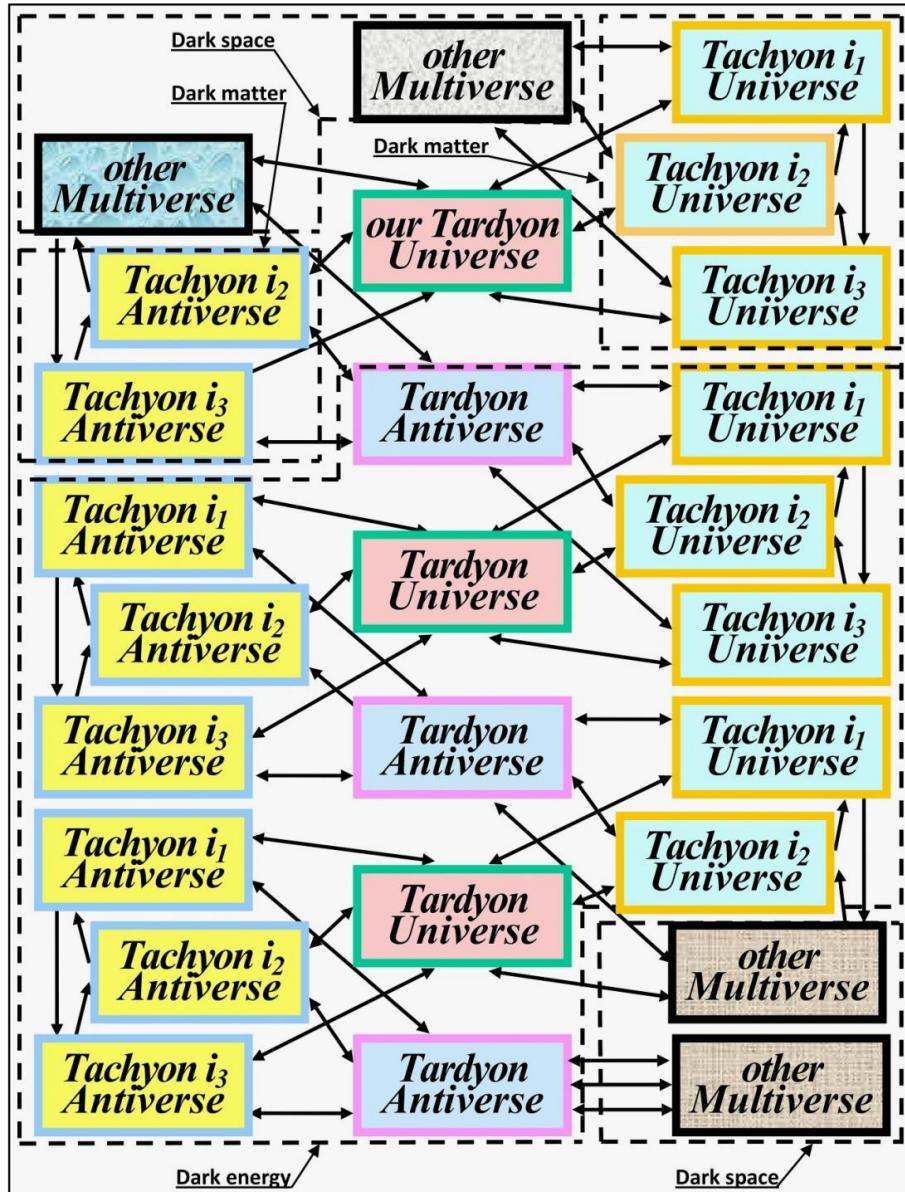


Fig. 3. An example of the quaternion structure of the hidden Multiverse

Fig. 3 shows an example of the structure of the hidden Multiverse corresponding to the results of mathematical processing of data obtained by the WMAP and Planck spacecraft and containing twenty-two parallel universes. As can be seen, the structure is screw. In this structure, tardyon universes and antiverses alternate with tachyon universes and antiverses i_1, i_2, i_3 .

According to the formula (7) they are interconnected by numerous bidirectional portals shown by single bidirectional arrows. According to the formulas (8) and (9) tachyon universes and antiverses are interconnected by unidirectional portals shown by single unidirectional arrows. Thus, invisible tachyon universes and antiverses adjacent to our tardyon universe evoke the phenomenon of dark matter, whereas other invisible universes of the hidden Multiverse evoke the phenomenon of dark energy. Besides, some universes of our hidden Multiverse are connected through their portals to invisible universes located outside the hidden Multiverse and evoking the phenomenon of dark space [50] - [52].

8. How to see invisible universes

Thus, the alternative version of the STR has come in useful in solving the problem of explaining the phenomenon of dark matter and dark energy.

It turns out to be no less useful in solving the problem of existence of antimatter that does not annihilate with matter [53]. In the hidden Multiverse, matter and antimatter are in tardyon and tachyon universes and antiverses, respectively, and do not annihilate because they are alternate with each other (see Fig. 3), i.e. are in different dimensions. That is why the problem could not be solved within the idea of Monoverse corresponding to the existing version of the STR. The problem of existence of tachyons, not violating the principle of causality, in the hidden Multiverse is solved by the fact that tachyons are located in tachyon, rather than in tardyon universes and antiverses, i.e. in different dimensions. Therefore, it can be assumed that the alternative version of the STR would be useful in solving other astrophysical problems.

Nevertheless, the alternative version of the STR could be considered complete, only when experimental evidence of existence of invisible universes of the hidden Multiverse is received. And it turns out to be possible [54] - [56]. This requires the same thing we do at home, for example, after hearing a strange noise in the invisible room next to us. We should approach the door of the room and look inside to see what is going there. In the same way, we should look inside the adjacent invisible universe through a portal to see its constellations in the starry sky. However, this is not easy. Firstly, nobody has invited us there and so it is not clear how we'll be met. Secondly, the transition through the portal can

be quite long and you can get lost in it, since the portals are, presumably, invisible labyrinths. And thirdly, it just does not need to be done. The fact is that constellations in the starry sky of different universes by which they can be confidently identified are extremely different. And the starry sky map would change gradually, but distinctly during transition through portals. Therefore, even with slight penetration into the portals, constellations would change so much that they could probably be registered. *Such registered changes in constellation configuration would be the most indisputable experimental evidence of existence of universes that are invisible outside the portals.*



Fig. 4. Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine

And some portals for such a shallow and, therefore, safe penetration into them are available and they are described in the literature [57]. Moreover, in some anomalous zones, which are the entrances to the portals, there are even observatories. As, for example, the Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, located 12 km from the center of its capital Kiev.

Such an experimental evidence of existence of invisible universes would be much more sensational than the similar experiment conducted by Sir Arthur Stanley Eddington [58] in 1919 or the discovery of America by Columbus.

9. About relativistic physics

However, despite the fact that Albert Einstein failed to complete creation of the STR and, as shown in this article, the created STR version turned out to be incorrect, we can't overestimate his merits in creating the alternative version of the STR. The alternative version of the STR would not have probably been created soon, if the existing, albeit erroneous, but universally recognized version of the STR had not been created, published in textbooks, and so successfully promoted. Albert Einstein failed to create a correct version of the STR, just because he was ahead of his time. Experimental data required for creating a correct version of the STR was not yet known in the 20th century:

- no experimental evidence of physical reality of concrete imaginary numbers was obtained (for 400 years before Albert Einstein);

- the spacecraft WMAP and Planck did not receive data that made it possible to determine the metrics and structure of space in the hidden Multiverse;
- no one knew how astronomical observations in the anomalous zones could experimentally prove existence of mutually invisible universes of the hidden Multiverse.

He had to guess all this by postulates. However, the postulate of light speed non-exceedance turned out to be erroneous. Therefore, all the relativistic formulas of the STR turned out to be incorrect.

What is much more important is that the principle of relativity proposed by Albert Einstein in the STR laid the foundation for creation of a physics of the future, the relativistic physics, where, unlike in classical physics, some physical quantities can depend on others. In the STR, this is velocity dependence. Other similar dependencies will inevitably be revealed in the future. Moreover, not only quantitative, but also qualitative⁶ changes can correspond to the dependencies. While in the existing version of the STR, all relativistic dependencies are only quantitative, in the alternative version

⁶ For example, when water is being heated to 99 °C its temperature is rising; however, when water reaches 100 °C it turns into steam

of the STR qualitative change (transition to another dimension) is added, when a moving body reaches the speed of light.

10. Conclusion

Thus, the version of the STR created in the 20th century turned out to be just a draft of the theory. And this is quite natural, since it takes a lot of time, specifically, more than human life, to create such an outstanding and very serious theory. Therefore, Albert Einstein and his contemporaries tried to anticipate, ahead of their time, experimental data that weren't available in 20th-century science by postulates. However, they did not guess all the postulates. Very important and necessary for explaining the relativistic formulas obtained was the principle of the physical reality of imaginary numbers, which has not yet been discovered at that time. And this prevented the physics of real numbers existing until very recently from becoming the physics of complex and hypercomplex numbers, which would allow completing the STR.

Nevertheless, the STR version created in the 20th century laid foundation for a new physics, the relativistic physics, in which, unlike in the classical physics that existed before the 20th century, some physical quantities may, under certain conditions, depend on other physical quantities. And the dependencies can be guessed by no postulates. Therefore, experimental studies are the most important thing in physics. They alone allow obtaining reliable knowledge. Postulates are useful only in trying to guess the most promising trends of experimental studies.

Acknowledgement

The author is grateful for participation in the discussion of the paper to Olga Ilyinichna Antonova, whose criticism and valuable comments contributed to improvement of the article.

Conflicts of Interest

The author declares no conflict interest regarding the publication of this paper.

References

1. Einstein, A. (1920) Relativity: The Special and General Theory. H. Holt and company, NY.
2. Bohm, D. (2006) The Special Theory of Relativity. Routledge.
3. Hawking, S.W., Penrose, R. (2010) The Nature of Space and Time. Princeton University Press.
4. Čerenkov, P. A (1937) Visible Radiation Produced by Electrons Moving in a Medium with Velocities Exceeding that of Light. Physical Review. 52(4), 378-379. doi:<https://doi.org/10.1103/PhysRev.52.378>
5. Adam T., Agafonova N., Aleksandrov A. et al. (2012) Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam. arxiv:1109.4897v4 [hep-ex].
6. Antonello M., Baibussinov B., Boffelli F. et al. (2012) Precision measurement of the neutrino velocity with the ICARUS detector in the CNGS beam. arXiv:1208.2629v2 [hep-ex].
7. Antonov A. A. (2008) Physical Reality of Resonance on Complex Frequencies. European Journal of Scientific Research. 21(4). 627-641.
8. Antonov A. A. (2009) Resonance on Real and Complex Frequencies. European Journal of Scientific Research. 28(2). 193-204.
9. Antonov A. A. (2010) Oscillation processes as a tool of physics cognition. American Journal of Scientific and Industrial Research. 1(2). 342-349. doi:10.5251/ajsir.2010.1.2.342.349
10. Antonov A. A. (2010) New Interpretation of Resonance. International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology. 1(2). 1-12.
11. Antonov A. A. (2010) Solution of algebraic quadratic equations taking into account transitional processes in oscillation systems. General Mathematics Notes. 1(2). 11-16. http://doi.org/10.17686/sced_rusnauka_2010-887
12. Antonov A. A. (2013) Unpredictable discoveries. Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Deutchland.
13. Antonov A. A. (2013) Physical Reality of Complex Numbers. International Journal of Management, IT and Engineering. 3(4) 219 – 230. http://doi.org/10.17686/sced_rusnauka_2013-898
14. Antonov A. A. (2014) Correction of the special theory of relativity: physical reality and nature of imaginary and complex numbers. American Journal of Scientific and Industrial Research. 5(2). 40-52. doi:10.5251/ajsir.2014.5.2.40.52
15. Antonov A.A. (2015) The principle of the physical reality of imaginary and complex numbers in modern cosmology: the nature of dark matter and dark energy. Journal of Russian physical and chemical society. 87(1). 328-355. In Russian.
16. Antonov A. A. (2015) Physical reality of complex numbers is proved by research of resonance. General Mathematics Notes. 31(2). 34-53. http://www.emis.de/journals/GMN/yahoo_site_admin/assets/docs/4_GMN-9212-V31N2.1293701.pdf
17. Antonov A. A. (2015) Adjustment of the special theory of relativity according to the Ohm's law. American Journal of Electrical and Electronics Engineering. 3(5). 124-129. doi: 10.12691/ajeee-3-5-3
18. Antonov A. A. (2015) Ohm's law explains astrophysical phenomenon of dark matter and dark energy. Global Journal of Physics 2(2). 145-149. http://gpcpublishing.com/index.php?journal=gjp&page=article&op=view&path%5B%5D=294&path%5B%5D=df_14
19. Antonov A. A. (2016). Ohm's Law is the general law of exact sciences. PONTE. 72(7) 131-142. doi: 10.21506/j.ponte.2016.7/9
20. Antonov A. A. (2016) Ohm's law refutes current version of the special theory of relativity. Journal of Modern Physics. 7. 2299-2313. <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2016.716198>
21. Antonov A. A. (2016) Ohm's Law explains phenomenon of dark matter and dark energy. International Review of Physics. 10(2). 31-35 <https://www.praiseworthyprize.org/jsm/index.php?journal=irephy&page=article&op=view&path%5B%5D=18615>

22. Antonov A. A. (2016) Physical Reality and Nature of Imaginary, Complex and Hypercomplex Numbers. General Mathematics Notes. 35(2). 40-63.
http://www.geman.in/yahoo_site_admin/assets/docs/4_GMN-10932-V35N2.31895146.pdf
23. Antonov A.A. (2017) The physical reality and essence of imaginary numbers. Norwegian Journal of development of the International Science. 6. 50-63.
<http://www.njd-iscience.com>
24. Antonov A. A. (2015) Where to look for alien civilisations. Cosmology. Commentaries: Stephen Hawking's Aliens. The Search for Intelligent Extra terrestrial Life. Project Breakthrough Liste. <http://cosmology.com/Aliens1.html>
25. Antonov A. A. (13 January 2016) How Portals of the Invisible Multiverse Operate. Science PG Frontiers. Research blog.
<http://www.sciencepublishing-group.com/news/sciencepgfrontiersinfo?articleid=147>
26. Antonov, A. A. (2016) Star Gate of the Hidden Multiverse, Philosophy and Cosmology, 6, 11-27. In Russian. <http://ispcjournal.org/journals/2016-16/antonov16.pdf>
27. Antonov A. A. (2016) What Physical World do We Live in? Journal of Modern Physics, 7(14), 1933-1943 <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2016.714170>
28. Hinshaw, G., Larson, D., Komatsu, E. et al. (2013) Nine Year Wilkinson Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Cosmological Parameter Results. arXiv: 1213.5226 [astro-ph.CO].
29. Adam, R., Ade, P.A.R., Aghanim, N. et al. (2015) Plank 2015 results. 1. Overview of products and scientific results. arXiv:1502.01582v2 [astro-ph.CO].
30. Oort J.H. (1932) The force exerted by the stellar system in the direction perpendicular to the galactic plane and some related problems. Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands. 6. 249-287. <http://absabs.harvard.edu/abs/1932BAN.....6.249O>
31. Zwicky F. (1933) Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln. Helvetica Physica Acta. 6. 110-127. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1933AcHPh...6..110Z>
32. Perlmutter, S. (2012) Nobel Lecture: Measuring the acceleration of the cosmic expansion using supernovae. Reviews of Modern Physics. 84(3). 1127-1149.
doi: 10.1103/RevModPhys.84.1127
33. Schmidt B.P. (2012) Nobel Lecture: Accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae. Reviews of Modern Physics. 84(3). 1151-1163.
doi: 10.1103/RevModPhys.84.1151
34. Riess A.G. (2012) Nobel Lecture: My Path to the Accelerating Universe. Reviews of Modern Physics. 84(3).1165-1175. doi: 10.1103/RevModPhys.84.1165
35. Pilar Ruiz-Lapuente. Ed. (2010) Dark Energy: Observational and Theoretical Approaches. Cambridge university press. Cambridge, UK
36. Amendola L, Tsujikawa S. (2010) Dark Energy: Theory and Observations. Cambridge university press. Cambridge, UK
37. Bertone G. Ed. (2013) Particle Dark Matter: Observations, Models and Searches. Cambridge university press. Cambridge, UK
38. Sanders R.H. (2014) The dark matter problem: a historical perspective. Cambridge university press. Cambridge, UK
39. Antonov A. A. (2015) Principles and structure of the real Multiverse: explanation of dark matter and dark energy phenomena. American Journal of Modern Physics. 4(1). 1-9. doi: 10.11648/j.ajmp.20150401.11
40. Antonov A. A. (2015) Hidden Multiverse: explanation of dark matter and dark energy phenomena. International Journal of Physics, 3(2), 84-87. doi:10.12691/ijp-3-2-6
41. Antonov A. A. (2015) Hidden Multiverse: explanation of dark matter and dark energy phenomena. Cosmology, 19, 40-61. <http://cosmology.com/AntonovMultiverse.pdf>
42. Antonov A. A. (2015) The astrophysical phenomenon of dark matter and dark energy proves the existence of the hidden Multiverse. American Journal of Modern Physics. 4(4). 180-188. doi: 10.11648/j.jamp.20150404.14
43. Antonov A. A. (2015) Why dark matter and dark energy are invisible? Optics. 4(6), 43-47. doi: 10.11648/j.optics.20150406.12
44. Antonov A. A. (2016) Explaining the Phenomenon of Dark Matter and Dark Energy by Existence of the Hidden Multiverse. Frontiers of Astronomy, Astrophysics and Cosmology. 2(1) 1-9. doi: 10.12691/faac-2-1-1
45. Antonov A. A. (2016) Hypothesis of the Hidden Multiverse: Explains Dark Matter and Dark Energy. Journal of Modern Physics, 7(10), 1228-1246.
doi: 10.4236/jmp.2016.710111
46. Antonov A. A. (2016) Dark matter, dark energy and antimatter are located in the hidden Multiverse. PONTE. 72(9) 288-300. doi: 10.21506/j.ponte.2016.9.22
47. Antonov A. A. (2017) Nature of dark matter and dark energy. Journal of Modern Physics. 8(4) 567-582. doi: 10.4236/jmp.2017.84038
48. Kantor I. L., Solodovnikov A. S. (1989) Hypercomplex numbers, Springer. Verlag, Berlin.
49. Antonov A. A. (2015) Quaternion structure of the hidden Multiverse: explanation of dark matter and dark energy. Global Journal of Science Frontier Research A: Physics and Space Science. 15(8). 8-15.
https://globaljournals.org/GJSFR_Volume15/2-Quaternion-Structure-of-the-Hidden.pdf
50. Antonov A. A. (2018). Discovery of Dark Space. Journal of Modern Physics, 9(1), 14-34. <https://doi.org/10.4236/jmp.2018.91002>
51. Antonov A. A. (2018). Physical Reality and Essence of Imaginary Numbers in Astrophysics: Dark Matter, Dark Energy, Dark Space, Natural Science. 10(1), 11-30.
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
52. Antonov, A.A. (2019) Explanation of dark matter, dark energy and dark space: discovery of invisible universes. Journal of Modern Physics, 10(8), 1006-1028.
<https://doi.org/10.4236/jmp.2019.108067>

53. Antonov A. A. (2016) Dark matter, dark energy and antimatter are located in the hidden Multiverse. PONTE. 72(9) 288-300. doi: 10.21506/j.ponte.2016.9.22
54. Antonov A. A. (2019). The special theory of relativity in the 20-th century was not and could not be created. Journal of Russian physical-chemical society. 91(1) 57-94. In Russian. <http://rusphysics.ru/files/Antonov.91-1.pdf>
55. Antonov A. A. (2020). Comparative Analysis of Existing and Alternative Version of the Special Theory of Relativity. Journal of Modern Physics. 11(2) 324-342. doi:10.4236/jmp.2020.112020
56. Antonov A. A. (2020) How to See Invisible Universes. Journal of Modern Physics, 11, 593-607. <https://doi.org/10.4236/jmp.2020.11503>
57. Chernobrov V.A. (2000) Encyclopaedia of Mysterious Places of the Earth. Veche Publishing, Bucharest. In Russian.
58. Dyson, F. W.; Eddington, A. S.; Davidson, C. (1920). A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field, from Observations Made at the Total Eclipse of May 29, 1919. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 220, 291–333. doi:10.1098/rsta.1920.0009.

UNCONVENTIONAL SOURCES OF RENEWABLE ENERGY (SURVEY PAPER)

Kozlov V.N.

Doctor of Technical Sciences

Independent Scholar

St. Petersburg, Russia

DOI: [10.24412/2701-8377-2021-4-1-47-55](https://doi.org/10.24412/2701-8377-2021-4-1-47-55)

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)

Козлов В.Н.

Доктор технических наук

Независимый специалист

Санкт-Петербург, Россия

Abstract

The article examines the water resource as an unconventional source of electric energy. Water as a dipole liquid consists mainly of H₂O molecules, one mole of which contains approximately 10⁴ C/mole of electricity. The development of water electricity began with the Kelvin water-drop electrostatic generator (1867). Currently, many laboratories and research centers around the world are working on devices for generating electric current from water droplets using the balloelectric and triboelectric effects. The power produced by such generators is insignificant, however it is sufficient for home and street lighting, recharging of wearable electronics. Applying balloelectric and triboelectric effects to easily available water resources will lead to the creation of autonomous electric generators to replace the currently used hydrocarbon, nuclear ones, etc.

Аннотация

В статье рассматривается водный ресурс как нетрадиционный источник электрической энергии. Вода как дипольная жидкость, состоит преимущественно из молекул H₂O, 1 моль которых содержит приблизительно 10⁴ Кл/моль электричества. Освоение электричества воды началось с капельницы Кельвина (1867 года). В настоящее время многие лаборатории мира разрабатывают генераторы для получения электрического тока из капель воды, используя balloэлектрический и трибоэлектрический эффект. Получаемые мощности таких генераторов незначительные, но достаточные для домашнего и уличного освещения, подзарядки носимой электроники. Применение balloэлектрического и трибоэлектрического эффектов к легко доступным водным ресурсам позволит привести к созданию автономных электрических генераторов взамен используемых в настоящее время углеводородных, ядерных и др.

Keywords: Renewable sources of energy, water structure, balloelectric and triboelectric effects, electric current generators.

Ключевые слова: Возобновляемые источники энергии, структура воды, balloэлектрический и трибоэлектрический эффекты, генераторы электрического тока.

Введение

Растущий в мировой экономике спрос на электрическую энергию обуславливает необходимость поиска новых энергоносителей и создания новых технологий получения и передачи электричества. Это связано с тем, что существующая структура энергетического комплекса не является совершен-

ной для развивающейся электрификации всех видов транспорта и декарбонизации мировой энергетики. Необходимость ограниченного применения традиционной энергетики с использованием углеводородного топлива и ядерной энергетики возникла в связи с загрязнением окружающей среды, потеплением климата, исчерпаемостью невозоб-

новляемых источников энергии и ряда других факторов. Развитие энергетики на основе возобновляемых и нетрадиционных источников энергетики может привести к существенному изменению в традиционной энергетике, основанной на использовании углеводородного топлива, ядерной и термоядерной энергетики, ограничению выбросов CO₂.

Ядерная энергетика («мирный атом») после Чернобыля и Фукусимы представляется весьма опасной как в эксплуатационном отношении, так и в содержании отходов производства, которые представляют угрозу для человека и окружающей среды в течение многих столетий. Немаловажными факторами являются также истощение углеводородных ресурсов, изменение климата, вызванное антропогенным потеплением, неравномерное распределение водных ресурсов, увеличение народонаселения и ряд других факторов [1].

В настоящее время наряду с традиционными источниками энергетики ведутся поиски и используются возобновляемые источники энергии (ВИЭ) [2,3 и др.]. К ним относятся гелиоэнергетика, круговорот воды в природе, энергия океана, ветра и глубинных слоев земли, растительный и животный мир, вращение Земли [4] и другие природные явления и процессы. Ресурсы ВИЭ, обвязанные своим происхождением солнечной энергетике, на ближайшие 5 млрд. лет, пока Солнце не превратится в белый карлик [5], являются неисчерпаемыми. При рассмотрении возможных источников ВИЭ необходимо рассматривать потенциальную энергию водных ресурсов, в избытке находящихся на Земле, а также обнаруженных на Луне, Марсе и др. планетах[6,7,8]. В приполярных районах Луны при температуре ниже 110К лунный грунт содержит воду на площади 18600 км² в районе южного полюса Луны и 14750км² в окрестностях северного полюса[6].

Воду можно рассматривать и как традиционный источник энергии (ГЭС и др.) и как НВИЭ, т.е. нетрадиционный возобновляемый источник энергии (баллоэлектрический эффект, электростатические генераторы, МГД и др.). ВИЭ рассматривается экспертами как привлекательный с точки зрения рентабельности сектор. Специалисты международного агентства по ВИЭ IRENA считают, что через несколько лет стоимость энергии, генерируемой ВИЭ, будет в разы ниже, чем традиционной[9].

Водные ресурсы Земли занимают большую часть ее поверхности (~71%). Вода в настоящее время - практически обязательный компонент всех технологических процессов в жизнедеятельности человека. Со временем Д. Уатта (1871г.) человечество использует механическую энергию воды и водяного пара, получаемого путем нагревания воды, для генерации электрического тока. Одновременно являясь носителем механической энергии вода является носителем электричества, так как молекула воды (H₂O) состоит из положительно (H⁺) и отрицательно (OH⁻) одинаково заряженных частей, являясь в целом нейтральной. В статье приводится описание структуры воды и рассматривается возможность ее использования для генерации электрического тока.

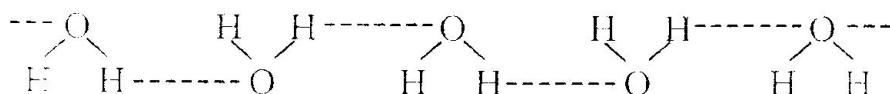
Структура воды и льда

В связи с предложением об использовании воды как рабочего тела для получения электрической энергии целесообразно провести анализ исследований, касающихся особенностей состояния и структуры воды. На основании такого анализа могут быть определены основные положения о воде как дипольной жидкости, которые могут быть использованы для генерации электрического тока. В природе вода находится в трех фазовых состояниях: водяной пар, жидккая вода и твердое состояние (льд). Лёд может находиться в нескольких кристаллических состояниях, известных в настоящее время, в зависимости от температуры и давления [10].

Молекула воды обладает максимальной энергией связи и наибольшим потенциалом ионизации среди других молекул. Распределение электронной плотности заряда по молекуле H₂O анизотропно. На атомах H⁺ сосредоточены заряды q~ +0,3e и заряд q~ - 0,3e на радикале OH⁻, где e ~ - 1,6·10⁻¹⁹Кл заряд электрона. Один моль воды (~ 0,012кг) содержит положительный и отрицательный заряды:

$$q \sim q_e \cdot Na \sim 1,6 \cdot 10^{-19} * 6,022 \cdot 10^{23} \text{ Кл/моль} \sim 10^4 \text{ Кл/моль}, \text{ где } Na - \text{ постоянная Авогадро. (1)}$$

На молекулярном уровне вода представляет собой совокупность случайным образом расположенных водородных связей. В жидкой воде, как известно [11,12 и др.], водородная связь образуется между атомами водорода одной молекулы воды и атомом кислорода другой молекулы воды согласно схеме (рис. 1.):



Rис. 1 Водородная связь воды [11]

Водородная связь – это коллективное взаимодействие молекул, играющее основную роль в динамических и структурных свойствах воды. Водородная связь объясняется тем, что электрон атома водорода слабо связан с протоном и легко смещается к электроотрицательному атому кислорода. Исследованиями также установлено, что атом водорода, ковалентно связанный с атомом кислорода,

может вступать в связь еще с другим атомом такого же элемента. Такая особенность атома водорода обусловлена тем, что, отдавая свой электрон на образование связи с атомом кислорода, он остается в виде ядра очень малого размера, почти лишенного электронной оболочки. Поэтому он не испытывает отталкивания от электронной оболочки другого атома, а наоборот, притягивается и может вступать

с ней во взаимодействие. В результате создаются условия для сближения атомов О...О [13,с.81]. В связи с этим в работе [14] отмечается, что вода как жидкость с точки зрения химии не может быть представлена единственным набором одинаковых молекул H_2O , а представляет собой водный раствор. Модель водного раствора является неравновесной системой и ее свойства могут меняться со временем. Предложенная модель воды предполагает образование нанокластеров, в которых молекулы H_2O и H_2O_2 объединены посредством водородных связей. Вода – это сложная система различных молекул, ионов и ассоциатов. В результатах изучения морфологии поверхности воды, приведенных в работе [11], были зафиксированы надмолекулярные структурные образования в виде фибрилл, дендритов, ламелей, сферолитов. Это указывает на наличие шероховатости поверхности воды.

Теоретические расчёты показывают, что величина энергии водородной связи в воде составляет приблизительно 10-50 кДж/моль. В пересчёте на одну молекулу (каждая связь относится к двум молекулам) это будет около 0,1 эВ/молекула. В порядке сопоставления, ионная связь составляет 8-10

эВ/молекула (10^2 кДж/моль), ковалентная - 5 - 10 эВ/молекула, сила Ван-дер-Ваальса равна примерно 10^{-2} эВ/молекула($0,1-1$ кДж/моль). При переходе воды в пар расходуется энергия 0,39 эВ/молекула, а при плавлении льда - 0,06 эВ/молекула. Если считать, что переход воды в пар требует разрыва всех водородных связей, а переход льда в воду – только малой части их, то это будет всего $0,06/0,39 \sim 15\%$. Следовательно, в воде сохраняются $\sim 85\%$ водородных связей льда. Вместе с тем даже в газообразном состоянии некоторое число молекул воды сохраняет водородные связи. Полностью водородные связи будут разорваны лишь в водяном паре при $T = 600^\circ C$ [12].

Размеры и форма молекул воды зависят от состояния вращательного, колебательного и электронного возбуждения. Основная структурная единица воды состоит из пластин различного размера, имеющих как положительные заряды (H^+), так и отрицательные (OH^-). За счет диполей вода адсорбирует и ионы, и электроны. Подобно полимерам, вода имеет аморфную и/или кристаллическую структуру (рис.2).

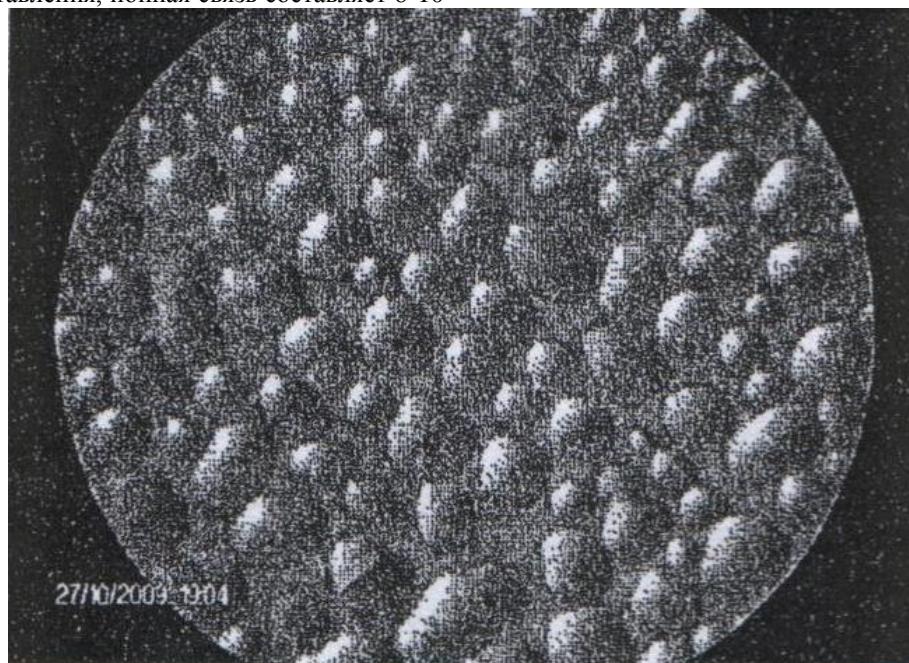


Рис.2. Аморфный тип структуры воды [11].

Любая молекула может быстро сменить окружающие её соседние молекулы. Тепловое движение молекул воды характеризуется периодом колебаний молекулы относительно положения равновесия, равного 10^{-13} с и временем «соседней жизни», составляющим для чистой воды 10^{-11} с, для льда это время значительно больше – 10^{-5} с. В воде часть водородных связей оказывается разорванной. При своём перемещении по объёму молекула воды может быть окружена 4-5 и даже 6 молекулами. В среднем же молекула воды имеет 4,4 соседей – координационное число молекул воды равно 4,4. Центры масс соприкасающихся молекул находятся на расстоянии 2,94 Å, для льда – 2,76 Å. Концентрация молекул воды –

$3,34 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$, льда $-3,1 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$, масса молекулы воды – $2,99 \cdot 10^{-23}$ г.

Если допустить, что молекула воды представляет собой «твёрдый шарик» радиусом 1,4 Å, то площадь, занимаемая одной молекулой, будет равна $6,15 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$, на 1 см² площади вплотную разместились бы $1,63 \cdot 10^{15}$ молекул. На самом же деле молекулы при «плотной упаковке» занимают только 0,53 часть площади и 0,38 часть объёма общей массы воды. На рис.3 показана капля воды под микроскопом, отчетливо видны кластеры молекул воды и пустоты между ними, атом кислорода расположен между двумя атомами водорода[15].

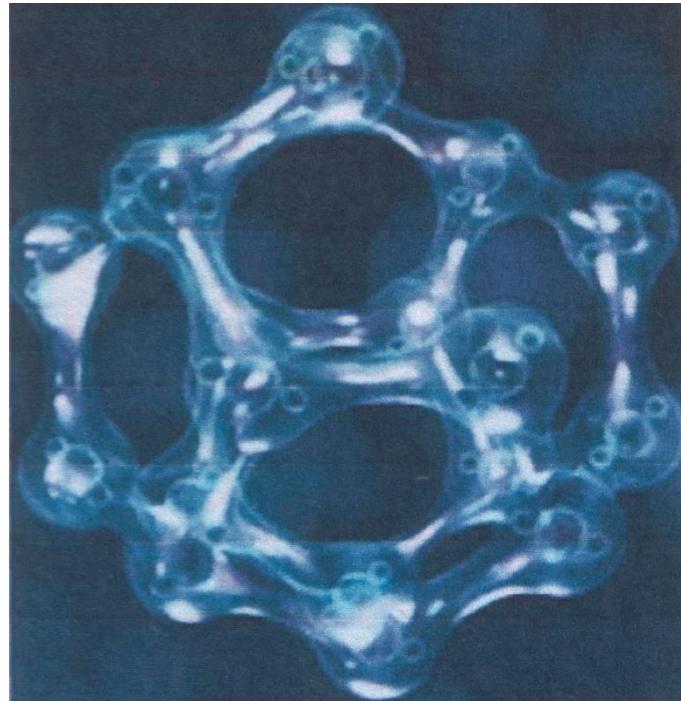


Рисунок 3. Капля воды под микроскопом [15].

Распределение электрического заряда в молекуле воды описывается мультипольными моментами (формула 2[16]). Если $\rho(\mathbf{r})$ - плотность заряда с координатами \mathbf{r} , то компоненты дипольного (μ_α), квадрупольного ($Q_{\alpha\beta}$) и октупольного ($\Omega_{\alpha\beta\gamma}$) моментов определяются соответственно как $\mu_\alpha = \int r_\alpha \rho(\mathbf{r}) d\mathbf{r}$; $Q_{\alpha\beta} = \int r_\alpha r_\beta \rho(\mathbf{r}) d\mathbf{r}$; $\mathbf{r} (x,y,z)$; $r_1=x$; $r_2=y$; $r_3=z$. (2)

Экспериментально определяется только дипольный момент для водяного пара, который есть произведение длины диполя 1 на заряд его полюса e : $\mu_\alpha = le$. Порядок величины $\mu_\alpha 10^{-29}$, так как отрицательный заряд электрона равен $1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл (элементарный электрический заряд), а длина диполя – величина того же порядка, что и диаметр молекулы. Для воды $\mu_\alpha = 6,13 \cdot 10^{-29}$ Кл·м. Остальные компоненты мультипольных моментов рассчитываются методами квантовой механики в декартовой системе координат[17].

Наличие дипольного момента у воды показывает, что молекула воды не обладает центром симметрии, а его величина зависит от состояния воды. Дипольный момент изменяется при возбуждении молекулы в связи с изменением его геометрии. Колебания электронной плотности в пределах каждого атома вызывают колебания электрического (дипольного) момента в воде, что сказывается на появлении притяжения между твердыми и газовыми частицами со знаком (+) и газами со знаком (-) с противоположными по знаку зарядами молекулы воды. Поэтому, за счет диполей вода адсорбирует и положительно и отрицательно заряженные частицы, являясь при этом универсальной поглощающей системой.

Электропроводность химически чистой воды обусловлена частичной диссоциацией молекул воды на ионы H^+ и OH^- . Диссоциация воды составляет 10^{-7} гмоль/л. Основное значение для электропроводности воды и льда имеют перемещения

ионов H^+ (протонные перескоки). Электропроводность (S) химически чистой воды при $18^\circ C$ равна $3,8 \cdot 10^{-8}$ ом $^{-1}$ см $^{-1}$, а электропроводность морской воды около $5 \cdot 10^{-2}$ ом $^{-1}$ см $^{-1}$. Существенную характеристику свойств вещества дает относительная диэлектрическая проницаемость. У воды она имеет величину в пределах 78-81, у льда 3,26; у водяного пара 1,0075.

Результаты измерений коэффициентов диффузии агрегатных состояний воды показали, что за диффузию молекул во льду ответственен механизм, при котором молекулы водорода движутся как целая молекула или как радикал OH^- . Эта группа обладает большой подвижностью и является носителем заряда и отрицательной энергии активации этого процесса. Это свидетельствует о том, что во льду имеет место механизм движения водных ионов (протонные перескоки) [12,18].

Двойной электрический слой

Избирательные свойства поверхности воды связаны с двойным электрическим слоем (ДЭС) на границе вода-атмосфера или –металл, или –диэлектрик и др. компоненты. ДЭС на границе вода-атмосфера образуется в результате несимметричности молекулы воды, состоящей из двух разнородных атомов. В результате этого, в поверхностном слое жидкости существует слой ориентированных полярных молекул воды, причем молекулы H_2O на поверхности воды ориентированы отрицательными полюсами наружу, а положительными внутрь. Согласно теории Я. И. Френкеля [19], избирательная адсорбция ионов поверхностью воды объясняется более легким проникновением отрицательных ионов через двойной электрический слой, чем положительных. Это обусловлено тем, что под влиянием электрического поля ориентированных диполей (рис.3) положительные полюсы у молекул воды в капле направлены в сторону пустот. Отрицательно заряженные ионы, попадающие на водную

поверхность, начинают двигаться внутрь капли, а положительные ионы остаются на поверхности и могут испаряться также, как и нейтральные молекулы воды.

В результате различия энергетических затрат на преодоление поверхностного слоя ионами противоположных зарядов по обе стороны от водной поверхности происходит формирование областей с электрическим зарядом противоположного знака, и равного значения, то есть на поверхности возникает ДЭС. Современная теория строения ДЭС, предложенная Штерном, обобщает две существовавшие ранее теории Гельмгольца-Перрена и Гуи-Чепмена [20]. Согласно этой теории в жидкости располагается ряд ионов одного знака, а в прилегающем воздухе или, например, металле часть ионов противоположного знака (противоионов), которые расположены в слое толщиной d АДС (слой Гельмгольца), а другая часть противоионов образует диффузионный слой (слой Гуи), в котором концентрация ионов изменяется по экспоненциальному закону по мере удаления от поверхности воды. Потенциал в адсорбционном слое убывает линейно, а в диффузионном слое по экспоненциальному закону. За толщину диффузионного слоя принимают расстояние, на котором потенциал убывает в $e(2.718\dots)$ раз.

При уменьшении температуры хаотическое движение ионов замедляется, и толщина диффузионного слоя уменьшается вплоть до толщины адсорбционного слоя. Поверхностью воды захватываются только ионы, у которых кинетическая энергия больше значения потенциального барьера A . На границах такого ДЭС скачок потенциала равен - 0.26 В, а толщина слоя равна $5 \cdot 10^{-9}$ м. Из-за наличия избирательных свойств водной поверхности при одинаковой проводимости положительных и отрицательных ионов, поверхность воды будет заряжаться отрицательно.

Применительно к каплям, Н.С. Шишким было показано, что только в случае, когда проводимость положительных ионов примерно в два раза превышает проводимость отрицательных ионов, заряд водной поверхности становится равным нулю [21]. Н.С.Шишким феноменологически учел избирательные свойства поверхности капель для диффузионного режима электризации. Вместе с тем, обнаруживается тенденция к увеличению расхождений между теорией и экспериментом по мере уменьшения размера частиц.

Заметим, что в целом проблема определения выражений для ДЭС связана с описанием трехмерных случайных блужданий ионов в среде со случайными источниками ионов (акты ионизации) и случайными стоками (аэрозольные частицы, тяжелые ионы, капли и т. п.). Построить такую теоретическую схему чрезвычайно сложно, так что обычно ограничиваются решением более простых задач. В них использованы следующие предположения:

- электризующие частицы не взаимодействуют между собой;
- процесс формирования тока ионов на частицу стационарен;
- имеются только однозарядные ионы.

Применимость первого предположения подтверждена многочисленными оценками. Согласно Н. А. Фуксу [22], время перестройки поля концентрации атмосферных ионов (при изменении заряда электризующейся частицы) меньше среднего времени между актами захвата частицей ионов, то есть справедливо второе предположение.

Влияние двойного электрического слоя на заряженные частицы нейтрализуется при избыточном отрицательном заряде воды, который создает электрическое поле, равное по модулю и противоположное по направлению электрическому полю двойного слоя. В равновесном состоянии скачок потенциала в ДЭС на поверхности капли компенсируется электрическим полем отрицательного заряда капли:

$$\varphi = Q/4\pi r\varepsilon_0, \quad (3)$$

где φ - скачок потенциала в ДЭС; ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, r - радиус капли (м).

Отсюда, значение равновесного заряда Q капли равно (Кл):

$$Q = 4\pi r\varepsilon_0\varphi \quad (4)$$

На ионы действует электростатическая сила, F :

$$F = Qq/4\pi r^2\varepsilon_0, \quad (5)$$

При этом напряженность электрического поля равна:

$$E = Q/4\pi r^2\varepsilon_0, \quad (6)$$

а потенциальная энергия (W) положительно заряженного иона:

$$W = Qq/4\pi r\varepsilon_0 \quad (7)$$

В соответствии с законом Больцмана, распределение ионов в поле вокруг капли будет описываться формулой:

$$N_{\pm}(r) = N_{\pm}(\infty)\exp(-Qq_{\pm}/4\pi r\varepsilon_0 kT), \quad (8)$$

где $N_{\pm}(r)$ – концентрация ионов у поверхности капли; $N_{\pm}(\infty)$ - концентрация ионов на удалении от капли.

На основании приведенных выражений можно получить скорость изменения электрического заряда капли [21]:

$$dQ/dt = q_{+}\pi r^2 V_{+} N_{+}(\infty) \exp(-Qq_{+}/4\pi r\varepsilon_0 kT) \exp(-A/kT) + q_{-}\pi r^2 V_{-} N_{-}(\infty) \exp(-Qq_{-}/4\pi r\varepsilon_0 kT), \quad (9)$$

где V_{\pm} - средняя тепловая скорость движения ионов.

Выражение для равновесного заряда капли $q_{+} = q$ может быть получено при $dQ/dt = 0$:

$$Q = 2\pi r\varepsilon_0 kT / q_{+} \{ \ln(V_{+} N_{+}(\infty) / V_{-} N_{-}(\infty)) - A/kT \} \quad (10)$$

По формуле (10) теоретически определяются предельные заряды капель: максимальный положительный заряд $Q^+_{\max}(r) = 4\pi r^2 \epsilon_0 \cdot 10^{-10} \text{Кл}$ и максимальный отрицательный $Q^-_{\max} = 4\pi r^2 \epsilon_0 10^{-9} \text{Кл}$. Если величина Q превосходит максимальный заряд капли, то энергия электростатического поля заряда капли будет больше ее поверхностной энергии. В этом случае происходит дробление капли из-за близости одноименных зарядов

При поглощении ионов и электронов, было показано, что при данной напряженности электрического поля и при данном размере частицы существует максимально возможный заряд этой частицы. Для капель различных размеров возможные значения предельных зарядов и пределы Рэлея приведены в табл.1.

Таблица 1.

Предельное число элементарных зарядов (e) на капле воды [23].

Предел	Диаметр частиц, мкм		
	0,01	1,0	100
Ионный	$3,47 \cdot 10^2$	$3,47 \cdot 10^6$	$3,47 \cdot 10^{10}$
Электронный	$1,72 \cdot 10$	$1,72 \cdot 10^5$	$1,72 \cdot 10^9$
Предел Рэлея	$4,45 \cdot 10$	$4,45 \cdot 10^4$	$4,45 \cdot 10^7$

Максимальное количество ионов и электронов для капли диаметром 100 мкм составляет $3,47 \cdot 10^{10}$ и $1,72 \cdot 10^9$ соответственно. Для сравнения, на дождевой капле диаметром 10 мм в грозу находится около $4 \cdot 10^8$ элементарных зарядов, что составляет 1% предельного заряда[26]. У испаряющихся капель предел Рэлея понижается с уменьшением размера капли. Поэтому, у капель, которые могут испаряться, диаметр будет уменьшаться пока не составит 0,01 мкм. Происходит это в силу того, что на поглощение каплей ионов (электронов) накладывается дополнительное ограничение, получившее название «предел Рэлея» [23], по имени ученого, открывшего этот эффект в 1882г. [24]. Это позволило объяснить образование осадков из теплых облаков и раскрыть механизм разделения положительных и отрицательных зарядов в облаке [25]. Известно, что заряженная капля будет испаряться до тех пор, пока внешняя сила электрического поля на поверхности капли не превысит внутреннюю силу ее поверхностного натяжения. Тогда, из-за близости зарядов одного знака капля разлетится на части, образуя несколько более мелких капель.

Баллоэлектрический эффект

Впервые электризация жидкости при дроблении была замечена у водопадов Швейцарии в 1786 году [18]. С 1913 года явление получило название баллоэлектрического эффекта. Наиболее значительный эффект электризации воздуха наблюдается у самых больших водопадов мира – у водопада Игуасу на границе Бразилии и Аргентины и у водопада Виктория на реке Замбези в Африке[18]. У водопада Виктория за счет дробления воды возникает электрическое поле напряженностью до 25 кВ/м. С удалением от водосброса это поле уменьшается, и на расстоянии около 1,6 км по горизонтали и 0,5 км по вертикали электрическое поле водопада переходит в нормальное электрическое поле земной поверхности. При дроблении пресной воды в воздухе переходит отрицательный заряд. В результате чего, в воздухе у водопадов количество отрицательных ионов превышает количество положительных.

У небольшого водопада Учан-Су в Крыму отношение отрицательных ионов к количеству положительных равно 6,2, а у водопада Ак-Су в Средней

Азии оно составляет около 4. У берегов морей воздух вместо отрицательного заряда приобретает положительный вследствие того, что здесь происходит разбрзывание не чистой, а соленой воды. На поверхности морей и океанов разбрзывание воды происходит при скорости ветра более 10 м/сек, когда на волнах появляются гребешки пены. Отношение положительных зарядов к отрицательным в воздухе над морем при бурном море достигает 2,04; при зыби оно близко к 1,48 [18].

Наибольшая электризация воздуха наблюдается при разбрзывании чистой воды. С увеличением концентрации примесей, электризация уменьшается и далее меняет знак (в естественных условиях, например, у берегов морей и над морской поверхностью). Выход электричества различен при разбрзывании капель разной величины. Для капли диаметром 4,4 мм при скорости падения 6,8 м/с высвобождается заряд $0,89 \cdot 10^{-12} \text{ К/см}^3$, в то время, как для капли диаметром 0,4 мм при скорости падения 4м/сек отдача заряда составляет 10^{-12} К/см^3 . При наибольшей интенсивности разбрзывания наблюдается выход заряда порядка 10^{-10} Кл на каплю.

Баллоэлектрический эффект наблюдается только у дипольных жидкостей. Основной причиной эффекта является наличие на поверхности жидкости слоя ориентированных диполей, которые создают двойной электрический слой внутри жидкости. Электрическое поле диполей простирается на некоторую глубину внутрь жидкости и концентрирует вблизи ее границ свободные заряды [12].

Так как при разбрзывании жидкостей образуются пузыри, в тонкой пленке которых заряд поверхности жидкости уже не будет скомпенсирован зарядом внутренних слоев, в воздухе вместе с мельчайшими частицами жидкости уходит и избыточный заряд тонкой пленки пузырей. При адсорбции поверхностью жидкости свободных зарядов из ее внутренних слоев происходит уменьшение эффективной величины электрического поля внутреннего двойного электрического слоя, и затем изменение его знака. Этим объясняется изменение знака электризации при дроблении дипольных жидкостей с

добавлением к ним примесей [18]. Теория электризации при разбрзгивании капель разрабатывалась Дж. Мейсоном и др. исследователями [26].

Генерация электрической энергии трибоэлектрическим эффектом

Трибоэлектричество [13, с.768] - это еще один источник возобновляемой энергии. Первые способы получения электрических зарядов и электростатических полей (трибоэлектричество (Т.)) заключались в трении разнородных материалов (смолы, стекла, меха и др.). При трении двух одинаковых тел положительный заряд получает более плотное из них. Металлы при трении о диэлектрик электризуются как отрицательно, так и положительно. При контакте металла с диэлектриком Т. возникает за счет перехода электронов из металла в диэлектрик. Т. жидкостей связано с появлением ДЭС на границах жидкость – твердое тело. Электризация двух жидких диэлектриков осуществляется по правилу Коэна, т.е. жидкость с большей электрической постоянной заряжается положительно, с меньшей отрицательно [13, с.768]. Считается, что Т. приводит к нежелательному накоплению электричества в диэлектриках. В бытовых условиях Т. проявляется в статических зарядах, которые не принимают во внимание. В связи с незначительным количеством электричества с ним предпочтитаю не связываться, а получать энергию от предсказуемых и надежных индукционных генераторов, вращаемых силой пара, воды, ветра или других ВИЭ.

Напряжения и заряды при первых случаях получения Т. были крайне малы. В дальнейшем для получения высоких напряжений были созданы электростатические генераторы с вращающимися дисками, на основе электростатического наведения (индуктирования). Такими устройствами являлись электростатические генераторы высокого напряжения. Наиболее известным из них является созданный в 1931г. американским физиком Р. Ван де Графом генератор, названный его именем [27].

В последние годы в связи с быстрыми темпами развития электроники усилились попытки найти способы производства электричества, используя малые энергетические ресурсы. В результате этих усилий раскрылись потенциальные возможности использования трибоэлектрического эффекта в автономной выработке электроэнергии в небольших количествах, достаточных для носимой электроники. В настоящее время существует большое количество моделей генераторов [27,28,29,30 и др.], в том числе наногенераторов на основе трибоэлектрического эффекта. При контактной электризации (трение, сгибание, спрессовывание) двух материалов (электродов) из ряда Фарадея [13, с.768] даже при ходьбе или прикосновении происходит генерация положительных и отрицательных зарядов. При подключение между двумя этими электродами электрической нагрузки будет создаваться небольшое количество переменного тока, достаточное для подзарядки носимой электроники. Энергия, получаемая этим способом незначительна, но имеет многочисленные преимущества во многих аспектах

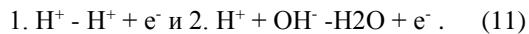
жизнедеятельности человека при отсутствии стационарных источников электропитания [31].

Корейские инженеры разработали трибоэлектрический генератор с флаттер-приводом, то есть прибор, позволяющий получать электричество из вибрации. Вибрации создаются с помощью гибких флагов из проводящей ткани, прикрепленной одним концом к жесткой пластине. Разница потенциалов создается между контактирующими плоскостями в результате колебаний флага на ветру. На жесткой поверхности формируется избыток электронов, а на другой – недостаток. Разность потенциалов на поверхностях компенсируется за счет внешней цепи, а поверхности, соприкасаясь друг с другом начинают новый период трения, т.е. получения электричества[32]. При скорости ветра в 15м/с корейский генератор вырабатывает 200В, при силе тока 50 миллиампер и частоте 158 герц. Средняя мощность такого генератора составляет ~ 0,86 милливатт. Подобные источники энергии могут использоваться для уличного освещения в районах с устойчивым ветром или горной местности.

Механизм образования электрического тока в диэлектриках

Из десяти главных проблем человечества в следующие 50 лет и далее на первом месте стоит электроэнергия и вода [2]. Освоение источников недорогой, бесперебойно поступающей энергии позволяет иметь в достатке чистую воду. Обладая запасами воды и энергии можно решать и другие проблемы народонаселения и питания, а также освоения космического пространства. Наиболее успешным развитием энергетики на первом этапе может быть сочетание ВИЭ с природным газом и освоение нетрадиционной энергетики (НВИЭ).

На возможность использования проводящих ток жидкостей- диэлектриков, движущихся в магнитном поле, для генерации электрических токов указал в 1831г. М. Фарадей [13, с.379]. Однако, использование воды как диэлектрика для индукции электрического тока оказалось безуспешным, согласно его опытам [33]. Тем не менее М. Фарадей, Д.К. Максвелл [34] и др. сделали величайшие открытия для человечества, которые явились основой для проведения дальнейших исследований и открытий. В жидкостях другие условия распространения электрического тока в отличии от металлов, так как он взаимодействует с молекулами воды. Считается, что в диэлектриках отсутствуют заряды, что не относится к дипольным жидкостям. Поэтому целью исследований для получения электрического тока из воды является создание таких условий, при которых элементы молекулы воды могли бы начать свое движение и возник процесс образования электрического тока. В работе [35] экспериментально показано образование в водной среде гидратированных электронов при тепловом электромагнитном воздействии в температурном диапазоне от 10⁰С до 80⁰С и влияние на этот процесс дейтерированной воды (D₂O). В результате разрыва связи в молекуле воды происходит образование H⁺ и OH⁻ радикалов. Радикал H⁺ приводит к образованию гидратированного электрона двумя способами:



Ситуация кардинальным образом меняется, если процесс сопровождается внешними воздействиями на воду, такими как индукция магнитного поля или турбулентное перемешивание при вибрационном воздействии.

Для генерации электрического тока из воды сделаны лишь первые шаги. Попытки использовать баллоэлектрический эффект предпринимались практически с момента его открытия. Наиболее значимым был генератор электростатического напряжения, изобретенный У. Томсоном (lord Кельвин) в 1867г., известный под его именем - это капельница Кельвина [36]. Капельница обеспечивает получение напряжения порядка 10 кВ. Устройство представляет собой пару металлических банок, каждая из которых связана с металлическим кольцом – индуктором, подвешенным над другой банкой. Через индукторы из верхнего сосуда в банки вытекают струйки воды, которые разделяются на капли перед индуктором. Установка не требует стартовой зарядки банок. В результате электростатической индукции металлические кольца наводят в банках с водой противоположные заряды. Установка остается работоспособной, пока банки не заполняются водой. В принципе установка может работать автономно при любых скоростях водных источников, способных наполнять водой верхний сосуд и установки слива воды при заполнении банок. И хотя достигнутые результаты пока весьма скромные, исследования НВИЭ продолжаются многими учеными.

Южнокорейские исследователи с физического факультета Пусанского национального университета разработали технологию для освещения электрической энергией городской квартиры шестью светодиодными лампочками от одной капли воды [37]. Согласно этой технологии, каплю воды помещают между двумя электропроводящими металлическими пластинами. Изменяющееся расстояние между ними заряжает и разряжает специальные двухслойные электрические конденсаторы, в результате возникает электрический ток, достаточный для обеспечения работы нескольких светодиодных лампочек. По мнению южнокорейских ученых, в скором времени энергия воды будет освещать не только отдельные дома, но и целые улицы и города. Аналогичный способ выработки электричества из капли дождя разработали ученые из городского университета Гонконга. Устройство может кратковременно генерировать 140В из одной капли дождя [38].

Решение стоящих проблем по использованию возобновляемых источников электрической энергии зависит прежде всего от самого человечества. Как сказал английский ученый лорд Кельвин, проблема сводится к следующему: «можем ли мы сконструировать соответствующую механическую модель». В настоящее время, очевидно, речь идет о том, что сможем ли мы использовать предоставляемые природой возобновляемые источники энергии, в первую очередь солнечную радиацию и воду,

для автономных электрогенераторов на нашей и ближайших планетах Солнечной системы.

Выводы

1. Водные ресурсы, занимающие ~ 71% земной поверхности, являются возобновляемыми источниками энергии на ближайшие несколько миллиардов лет.

2. Рассмотрено строение воды как жидкого диэлектрика. Нейтральная молекула воды, как диполь, имеет положительные и отрицательные заряды H^+ и OH^- . Электрический заряд одного моля воды составляет ~ 10^4 Кл/моль. Однако вода, как сложная система различных молекул, ионов и ассоциатов, еще недостаточно изучена и исследована.

3. Одним из свойств воды является двойной электрический слой на границе вода-атмосфера или вода-металл, или другие компоненты. При разбрызгивании воды наблюдается баллоэлектрический эффект, создающий электрическое поле напряженностью до 25 кВ/м.

4. Структура воды позволяет получать электрический ток из капель незначительной мощности, но достаточной для подзарядки носимой электроники, в результате использования баллоэлектрического и трибоэлектрического эффектов.

5. При падении капель воды на твердую поверхность происходит электризация поверхности в результате трибоэлектрического эффекта. Разработанные устройства могут кратковременно генерировать 140-200В из одной капли дождя.

6. Увеличение мощности электрического ионного тока из воды возможно при сочетании использования двойного электрического слоя с трибоэлектрическим эффектом.

References

1. Filippov S. (2018) New Technological Revolution and Energy Requirements. Foresight and STI Governance, vol. 12, No 4, pp. 20–33. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.4.20.33p.
2. Kirillov P. L., Bogoslavskaya G. P. Energetika dlya vsekh. M.: Izdat., 2018 – 160p.
3. Antonov N.V., Evdokimov M.Yu., Shilin V.A. Renewable Energy Abroad and in the Russian Regions. Geographical Environment and Living Systems, 2020, No. 1, pp.85-98.
4. Egorov-Kuz'min A.S., Chaikina V.M. Istochnik elektricheskoi energii. Patent RF № 94042293. - MPK: N02K 57/00 (2000.01). – Publication date 27.01.2005.
5. Electronic resource. Handbook of Space Astronomy an Astrophysics. <http://ads.harvard.edu/books/hsaa/toc.html>.
6. Mitrofanov I.G., Sanin A.B., Litvak M.L. Voda v polyarnykh oblastyakh Luny// DAN, 2016, vol. 466, No.6. pp. 660-663.
7. Evdokimov R.A., Tushenko V. Yu. Distantionnoe energosnabzhenie potrebiteli na poverkhnosti Luny. Izvestiya RAN. Energetika No. 5, 2019, September-October, pp.3-19.
8. Luna – shag k tekhnologii osvoeniya solnechnoi sistemy/ Pod nauchnoi red. Legostova V.P., i Lopaty V.A./ Moscow, publ. Energiya 2011, 584p.

9. TEK Rossii. Vozobnovlyaemyi istochnik energii, No.3, March 2020, p.11.
10. Electronoc resource. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Led>. Date 28.11.2020.
11. Trushkov Yu.Yu. et al. Sravnitel'nyi analiz dannykh sovremennoi nauki o prirode vody. Collection of research papers ZAO Ventmontazh, Perm', 2010, pp. 160-174.
12. Zatsepina G.N. Fizicheskie svoistva i struktura vody. Moscow University Publishing, 1987, 166 p.
13. Fizicheskii entsiklopedicheskii slovar'. Moscow, Sov. entsiklopediya, 1983, 928p.
14. Shcherbakov I.A. Vliyanie vneshnikh vozdeistviy na svoistva vodnykh rastvorov. Proceedings if the 3rd all-Russia Conference Water Solutions Physics Fizika vodnykh rastvorov». Online. Moscow, December 14-15, 2020, p.5.
15. Emoto Masaru. Poslanie vody. Minsk, Popurri Publ. 2006, 148p.
16. Eizenberg D., Kautzman V. Struktura i svoistva vody. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1975, 279p.
17. Tomilin K.A. Fundamental'nye fizicheskie postoyannye v istoricheskem i metodologicheskem aspektakh. Moscow, Fizmatlit Publ. 2006, 368p.
18. Arabadzhi V. I. Zagadki prostoj vody. publ. Znanie, Moscow, 1973, 92p.
19. Frenkel' Ya.I. Teoriya yavlenii atmosfernogo elektrichestva, Leningrad -Moscow, GITTL, 1949, 155p.
20. Salem R.R. Teoriya dvoinogo sloya. Moscow, Fizmatlit Publ. 2003, 104p.
21. Shishkin N.S. Issledovaniya zaryazheniya kapel'. A collection of scientific papers of MGO, 1968, Issue 224, pp. 78-86.
22. Fuks N.A. Mekhanika aerozolei. Moscow, Akademizdat publ. 1955, 353p.
23. Raist P. Aerozoli. Translation from English. Moscow, Mir publ.1987, 278p.
24. Lord Rayleigh (Strutt J.W.). On the equilibrium of liquid conducting masses charged with Electricity, Philosophical Magazine, 1882, XIV, pp. 184-186.
25. Vladimir Kozlov and Nikolai Korshun. Thermal Ionization Method of Modifying the Atmospheric Processes, Journal of Earth Science And Engineering, No.4, 2014, pp. 558-571. ISSN 2159-581X.
26. Meison B. Dzh. Fizika oblakov. Translated from English, Leningrad, Gidrometeoizdat publ. 1961, 541p.
27. Elektrostaticheskie generatory – ustroistvo, printsip deistviya i primen. <https://ru.wikipedia.org/elektrostaticheskie-generatory/html>. Date 31.10.2020.
28. Electronic resource. <https://naukatehnika.com/triboelektricheskie-nanogeneratory-energiya-iz-kapli-vody.html>. Date 23.11.2020.
29. Krus Khans, Gerkhard Lutts Kristian, Dzhonson Mark Tomas. Sistema generirovaniya ili preobrazovaniya moshchnosti. Patent RU № 2719361 S2. – publication date 17.04.2020.
30. Rybnikov Yu.S. Triboelektricheskii generator dlya zashchity metallov truboprovodov. Patent na izobret. RU № 2015 134339 A. – publication date 28.03.2019.
31. Kazak A.N., Sukorkin A.A. Triboelektricheskii effekt kak tekhnologiya avtonomnoi vyrabotki elektroenergii. Proceedings of II Yalta Conference «Distantionnye obrazovatel'nye tekhnologii», Yalta, 18-22 September 2017, Arial publ., pp.223-225.
32. Electronic resource. Koreiskie uchenye nauchilis' dobyst' elektrichestvo iz vibratsii. <https://lenta.ru/news/2014/09/23/generator/> Date 20.11.2020.
33. Faraday M. Eksperimental'nye issledovaniya po elektrichestvu. Translated from English. Moscow, Akademizdat publ. 1947, pp. 114-140.
34. Maxwell J. C. Izbrannye sochineniya po teorii elektromagnitnogo polya. Translated from English Moscow, Gostekhizdat publ.1952.
35. Bruskov V.I. Obrazovanie v vodnoi srede gidrotirovannykh elektronov pri teplovom elektromagnitnom vozdeistvi. Sbornik tezisov dokladov tret'ei Vserossiiskoi konferentsii Fizika vodnykh rastvorov. Online. Moscow 14-15 December, 2020, Internet publ. p.10.
36. Electronic resource. <https://ru.Wikipedia>wiki>Kelvin Water Dropper>. date 24.12.2020.
37. Electronic resource. <https://ru.school-science/ru/3/11/3204>. Generatsiya elektrichestva iz kapel' vody. Date 25.10.2020.
38. Electronic resource. Uchenye pridumali sposob vyrabotki elektrichestva iz dozhnya. <https://ru.shazoo.ru/2020/02/12/90544>. date 25.10.2020.

SIZE EFFECT IN THE LUMINESCENCE OF CRYSTALLOPHOSPHORUS

Yurov V.,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences

Associate Professor

Karaganda University named after E.A. Buketova

Karaganda, Kazakhstan

Salkeeva A.,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences

Associate Professor

Kusenova A.

Candidate of Chemical Sciences

Associate Professor Karaganda, Kazakhstan

DOI: 10.24412/2701-8377-2021-4-1-56-59

Abstract

Size effects are inherent in all nanostructures and continue to attract the attention of not only physicists, but also biologists, physicians, and other specialties. In addition to fundamental problems, optical phenomena (including luminescence) in nanostructures are of great practical interest.

In the present work, an empirical multilevel model of the surface layer of solids is proposed, which explains all the observed size effects in nanostructures, including luminescence.

To obtain the equations, we used the method of nonequilibrium statistical thermodynamics.

The surface layer of a solid body consists of three layers - a de Broglie layer $d_0 \sim ((0.01-0.1) \text{ nm for metals})$ and layers d(I) and d(II). Size effects in a layer d(I) are determined by the entire collective of atoms in the system (collective processes). Such "semiclassical" size effects are observed only in nanoparticles and nanostructures. The layer d(II) should have many dimensional effects associated with a certain critical characteristic parameter: the mean free path of carriers in transport phenomena, the dimensions of domains/domain walls, the diameter of the Frank-Read loop for gliding dislocations, etc. When $h=d$ in the surface layer, a phase transition occurs. It is shown that the thickness of the surface layer d(I) is determined by one fundamental parameter - the molecular (atomic) volume of a solid, which is different for metals, amorphous solids, glasses, and polymers. The proposed multilevel model of nanostructured states in solids, which explains all the observed size effects in nanostructures, including luminescence.

Keywords: nanostructure, multilevel model, size effects, luminescence, small particle, surface.

Introduction

Alexander Leonidovich Chizhevsky is one of the greatest scientists of the past century. It is quite logical, for those times, and what happened to Chizhevsky later. In 1942, he was arrested and sent to the Ivdelлаг concentration camp in the Sverdlovsk region, then stayed in the Karlag and Steplag camps in Kazakhstan. The repressions did not end there, because after the expiration of the camp period in 1950, he lived in a settlement in Karaganda for four years, and when the settlement expired, he still remained in Karaganda, permission to live in Moscow was never received. He had a job there at the Oncological Dispensary, where there was a decent laboratory, and he had the opportunity to conduct scientific research. In the same place, in Karaganda, he collaborated with the scientific research institute of the coal industry. The year 1958 has come. Chizhevsky was finally rehabilitated and he returned to Moscow. The famous "Chizhevsky Chandelier" is still popular with us, which ionizes the environment and can clean the air from dust. Ionization is often accompanied by luminescence, which we will discuss in this work.

Luminescence of small particles of crystal phosphors. The significant dependence of the luminescence efficiency of phosphors and the luminous efficiency of fluorescent lamps on the size of the phosphor grains has been paid attention for a very long time. In many works

(see reviews [1, 2]), the effects of a decrease in the luminescence brightness during grinding of crystal phosphors are explained by a sharp increase in the specific surface area of the phosphor in the layer and, accordingly, an increase in the scattering of exciting light, which ultimately leads to losses. Investigating the effect of grinding of halophosphate phosphors on the efficiency of fluorescent lamps, the authors of [3] found that it leads to a significant (up to 10-15%) decrease in the luminous efficiency of lamps. In [4], on the basis of the theory of "turbid" media, it was concluded that the reason for the decrease in the luminous efficiency of fluorescent lamps is the presence of "ultra-small" particles with sizes up to 3 microns, which increase the scattering of ultraviolet radiation back into the discharge gap of the lamps. However, this model does not agree with the results of studies on X-ray luminescence (see review [5]), where the critical grain size of the phosphor is $20-40 \mu\text{m}$, from which the quantum yield of X-ray luminescence also drops sharply. Naturally, for particles of this size, X-ray scattering is negligible. Summarizing the results of the experimental data, the authors of [5] proposed an empirical dependence of the relative intensity I on the size r of the phosphor grains:

$$I = (1 - d/r)^3 \quad (1)$$

where d is the thickness of the "dead" layer. According to the authors of [5], a "dead" layer is a layer from which thermalized (hot) charge carriers emerge to

the surface. The release of charge carriers from a depth d competes with their recombination at the emission centers, which leads to the quenching of luminescence in the "dead" layer (Fig. 1). The dimensional relationship between temperature and concentration quenching of intracenter luminescence was noticed long ago and was explained by us only in [6] on the basis of the thermodynamic approach (where $Q \sim I$ and $N \sim r$) (Fig. 2). Within the framework of this approach, the following expression is obtained:

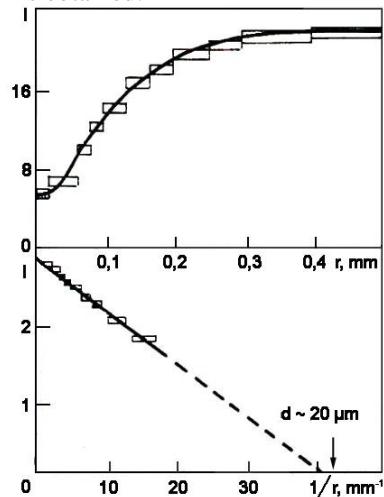


Figure 1 - Dimensional dependence of the intensity of X-ray luminescence on the grain size of the phosphor [5]

Size effects in luminescence of crystal phosphors. The end of the 19th century coincided with the beginning of the development of nanotechnology, a distinguished feature of which was the size effects when the particle size decreased below certain critical sizes. The first review of size effects in luminescence, in our opinion, was made in [7]. An analysis was carried out on the size effects during the grinding of crystals of photo-X-ray-cathode-electroluminophores. Figures 3 and 4 show examples of these effects.

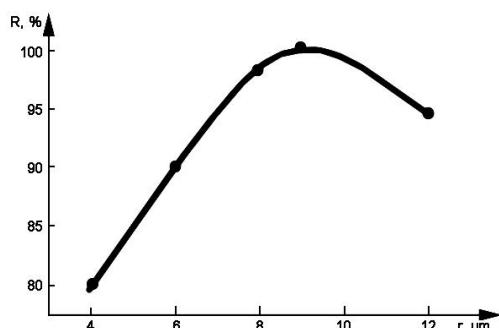


Figure 3 - Dependence of the brightness of cathodoluminescence (Zn, Cd)S - phosphor on the particle size [7]

Size effect in the optical properties of semiconductor quantum dots

Semiconductor quantum dots (QDs) are usually called elementary (quasi-zero-dimensional) crystal structures bounded in all three directions, the sizes of which are comparable to the de Broglie wavelength for an electron (λ_e) and a hole (λ_h) or (u) with their Bohr radii of the Wannier exciton Mott in this material [8-

10]. The first experimental observations of the effect of dimensional quantization in the optical properties of semiconductor nanocrystals several nanometers in size were published in the early 1980s by Russian physicists (see literature reviews in [8-10]). As an example, Fig. 5 and 6 show the size effects in QDs of CdS and Ag₂S crystals.

$I = const = \exp(-2\sigma v / rRT) \approx const(1 - d_1 / r)$, (2)

where the depth of the "dead" layer is:

$$d_1 = 2\sigma v / RT . \quad (3)$$

Here σ is the surface tension of the phosphor grain, v is its molar volume, R is the gas constant, T is the temperature. Since $(1-d/r)^3 \approx (1-3d/r)$, then equations (1) and (2) coincide up to a constant factor, and $d_1 = d/3$.

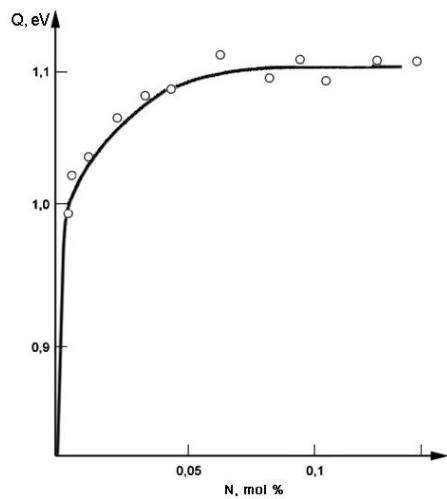


Figure 2 - Dimensional dependence of the activation energy Q on the concentration of luminescence centers for KBr-Tl [6]

It was stated that near the surface of an individual powder particle there is a layer with an increased content of biographical defects, the optical properties of which generally differ from the properties of an ideal surface. An increase in the number of these defects during powder grinding and a decrease in the average particle size leads to a decrease in the luminescence intensity and an increase in the absorption index of the material. However, the very mechanism of the size effect in the luminescence of various crystals remained unclear.

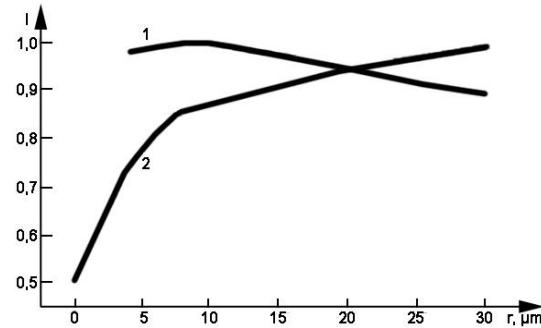
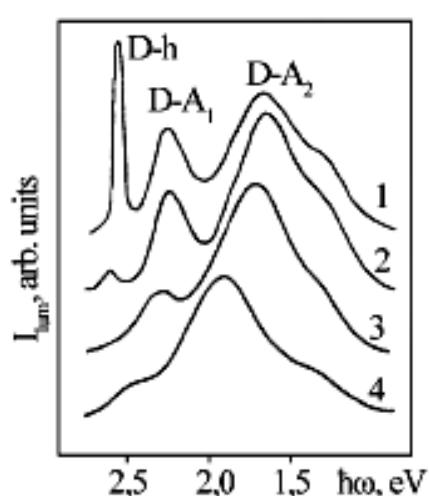


Figure 4 - Dependence of the luminescence brightness of the X-ray phosphor ZnS on the particle size [7]



(1) $R = 2.8 \text{ nm}$; (2) $R = 7.4 \text{ nm}$; (3)
 $R = 3.3 \text{ nm}$; (4) $R = 1.5 \text{ nm}$ [10]

Figure 5 - Stationary luminescence spectra of CdS nanoparticles of different sizes.

An analysis of the scientific literature [8-10] indicates a great interest in the study of size dependences and photophysical processes with the participation of localized states in semiconductor colloidal quantum dots CdS and Ag₂S. Interest in these structures is due to the possibility of their use in optoelectronic devices and biomedical applications. At the same time, the successful development of most applications using colloidal QDs is hindered by the lack of unambiguous data on

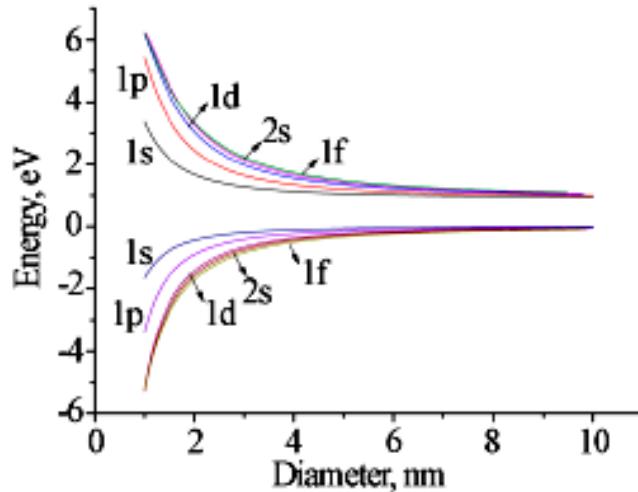


Figure 6 - Dependence of the quantum size effect in quantum dots Ag₂S [10]

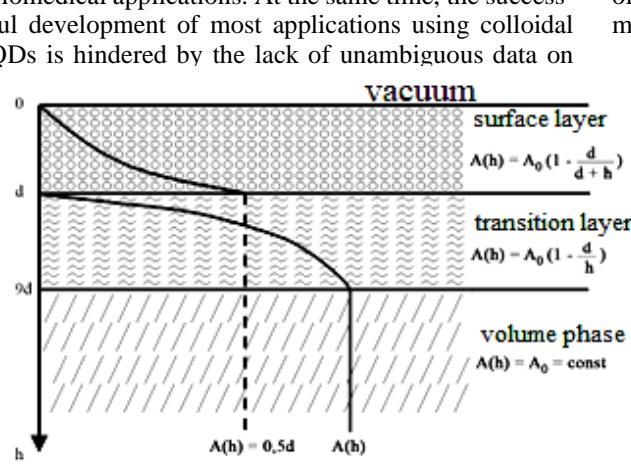


Figure 7 - Schematic representation of the surface layer

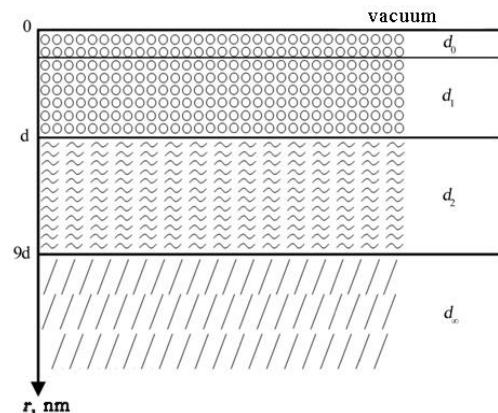
The de Broglie layer $d_0 = \lambda_{dB} = \hbar/p$ for metals ranges from 0.01 nm to 0.1 nm. Quantum dimensional effects begin in this layer. The main quantum-dimensional structures include structures with a two-dimensional electron gas - epitaxial films, MIS structures, heterostructures, etc.; structures with one-dimensional gas - quantum threads or wires; structures with a zero-dimensional gas - quantum dots, boxes, crystallites [14]. To determine the thickness of the surface layer of various compounds, we used the dimensional dependence of the physical property A(r) Layer $d(I) = d$ is described by the dependence:

$$A(r) = A_0 - (1 - d/(d + r)), \quad d_0 \leq r \leq d. \quad (4)$$

detailed studies of the size dependence in the absorption and luminescence properties of Ag₂S QDs and the role of localized states in the formation of these properties.

An empirical model of the surface of solids

In [11-13], the proposed model of the surface layer of atomically smooth crystals is generalized. This model is shown schematically in Figure 7.



d_0 - de Broglie layer; d_1 - surface layer; d_2 - transition layer; d_∞ - bulk phase layer

In the $d(I)$ layer with pure metal atoms, there is a reconstruction and relaxation associated with the rearrangement of the surface [15]. For gold, the lattice constant is $d(I) = 0.41 \text{ nm}$ and the surface is rearranged at a distance ($d(I)_{Au} = 1.2/0.41 \approx 3$) of three atomic monolayers. The size effects in the $d(I)$ layer are determined by the entire group of atoms in the system (collective processes). Such "semiclassical" size effects are observed only in nanoparticles and nanostructures [16]. Layer $d(II)$ is described by the dependence:

$$A(r) = A_0 - (1 - d/r), \quad r \gg d. \quad (5)$$

The parameter d is related to the surface tension σ by the formula:

$$d = 2\sigma v/RT. \quad (6)$$

Here σ is the surface tension of a massive sample; v is the volume of one mole; R is the gas constant; T is the temperature. In [13], it is shown that with an accuracy of 3% the following is fulfilled:

$$\sigma = 0.7 \cdot 10^{-3} T_m, \quad (7)$$

where T_m is the melting point of the solid (K). The ratio is fulfilled for all metals and for other crystalline compounds. At $T = T_m$ we get:

$$d(I) = 0.17 \cdot 10^{-9} v. \quad (8)$$

Equation (8) shows that the thickness of the surface layer $d(I)$ is determined by one fundamental parameter - the molar (atomic) volume of the element ($v = M/\rho$, M is the molar mass (g/mol), ρ is the density (g/cm³)), which periodically changes in accordance with the table D.I. Mendeleev. The $d(II)$ layer extends

approximately to the size $d(II) \approx 10d = d_\infty$, where the bulk phase begins. Dimensional properties begin from this size. By nanomaterials it is customary to mean materials, the main structural elements of which do not exceed the nanotechnological boundary of ~ 100 nm, at least in one direction [17]. A number of researchers are of the opinion that the upper limit (maximum size of elements) for nanostructures should be associated with some critical characteristic parameter: the mean free path of carriers in transport phenomena, the size of domains / domain walls, the diameter of the Frank-Read loop for sliding dislocations, etc.. This means that the layer $d(II)$ should contain many dimensional effects associated with optics, magnetism, and other physical properties according to Eq. (5). As an example, Fig. 8 shows the size dependence of the luminescence of lithium uranates [18].

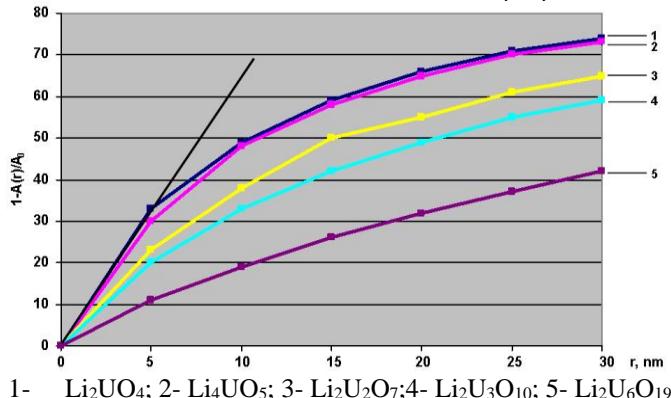


Figure 8 - Dimensional dependence of luminescence of lithium uranates

Further research prospects are as follows

Our proposed multilevel model contains:

- de Broglie layer $d_0 = \lambda_{dB} = \hbar/p$ in which quantum size effects begin;

- layer $d(I)$ defines "quasi-classical" size effects that are observed only in nanoparticles and nanostructures;

- layer $d(II)$ contains many dimensional effects associated with optics (luminescence), magnetism, and other physical properties according to equation (2).

In the near future, detailed theoretical and experimental studies of the proposed multilevel model of nanostructured states in solids are urgently needed.

References

- Alexandrov L.N., Zolotkov V.D., Mordyuk V.S. Growth and radiation defects of phosphor crystals for light sources. - Novosibirsk: Nauka, 1986. - 383 p.
- Gurvich A.M. X-ray phosphors and X-ray screens. - M: Atomizdat, 1976. - 212 p.
- Nilender R.A., Troshensky D.N. Improvement of phosphors for light sources. // Izv. Academy of Sciences of the USSR. Ser. Physics, 1961, v. 25, no. 3. - P. 435-438.
- Butler K.H., Hommer H.H. Improvement in fluorescent lamp efficiency from particle size control of phosphors. // Illum. Engen, 1960, v.55, №7, p.396-403.
- Aleksandrov A.B., Aluker E.D., Vasiliev I.A. et al. Introduction to the radiation physics of the surface of alkali halide crystals. - Riga: Zinatne, 1989. - 244 p.
- Yurov V.M., Murzakhmetov M.K., Kuketaev T.A. Concentration Effects in Temperature Quenching of Luminescence of Impurity Centers // Optics and Spectroscopy, 1989. V. 67. Issue 6. - P. 1396-1399.
- Mikhailov M.M., Vladimirov V.M., Vlasov V.A. On the dimensional effect in radiation materials science. - Tomsk: TPU. 2000. - 35 p.
- Kolesnikov I.E. Investigation of the luminescent properties of oxide nanocrystalline powders doped with europium ions. - Dissertation candidate phys.-mat. sci., St. Petersburg. 2015. - 132 p.
- Maksimchuk P.O. Formation of luminescent centers in CeO_{2-x} nanocrystals. - Dissertation candidate phys.-mat. sciences, Kharkov. 2015. - 133 p.
- Perepelitsa A.S. Optical properties of localized states in colloidal quantum dots of cadmium and silver sulfides. - Dissertation of the candidate fiz.-floor-mat. sciences, Voronezh. 2017. - 145 p.
- Yurov V.M., Guchenko S.A., Laurinas V.Ch. Surface layer thickness, surface energy and atomic volume of an element // Physicochemical aspects of studying clusters, nanostructures and nanomaterials, 2018. Iss. 10. - P. 691-699.
- Yurov V.M., Laurinas V.Ch., Guchenko S.A. The thickness of the surface layer of atomically smooth magnetic nanostructures // Nano- and microsystem technology, 2019, No. 6. - P. 347-352.
- Yurov V.M. The thickness of the surface layer of fluorides of alkaline earth metals and magnesium and fluorides of natural minerals // Nano- and Microsystem Technology, 2020, V. 22, No. 2. - P. 75-78.
- Arutyunov K.Yu. Quantum size effects in metallic nanostructures//DANVSh RAN.2015.No.3(28).-P.7-16.
- Oura K., Lifshits V.G., Saranin A.A., Zotov A.V., Katayama M. Introduction to surface physics. - M.: Science. 2006. - 490 p.
- Uvarov N.F., Boldyrev V.V. Size effects in the chemistry of heterogeneous systems // Uspekhi khimii. 2001, Vol. 70(4). - P. 307-329.
- Gusev A.I., Rempel A.A. Nanocrystalline materials. Moscow: Fizmatlit. 2001. 224 p.
- Yurov V.M. Surface properties of lithium uranates//Scientific journal"Globus", 8(41),2019.-P.26-30.

TECHNICAL SCIENCES

COMPARATIVE ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS OF ANAEROBIC FERMENTATION OF BIOMASS

Ismailov B.,

Doctor of Technical Sciences

M. Auezov South Kazakhstan University

Shymkent, Tauke Khan-5

Ismailov K.

Candidate of Technical Sciences

M. Auezov South Kazakhstan University

Shymkent, Tauke Khan-5

DOI: 10.24412/2701-8377-2021-4-1-60-62

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АНАЭРОБНОГО БРОЖЕНИЯ БИОМАССЫ

Исмаилов Б.,

доктор технических наук

Южно-Казахстанский университет

им. М.Ауезова

г.Шымкент, Тауке хана-5

Исмаилов Х.

кандидат технических наук

Южно-Казахстанский университет

им. М.Ауезова

г.Шымкент, Тауке хана-5

Abstract

The analysis of existing models of anaerobic fermentation of biomass is carried out. The possibilities of choosing the optimal process parameters for different types of biomass are considered. A systematic numerical experiment with the Kobozev model was carried out. The optimal values for the studied types of biomass were found for the main physicochemical and input parameters. At present, a great deal of experience has been accumulated on the production and use of biogas.

Аннотация

Проведен анализ существующих моделей анаэробного брожения биомассы. Рассмотрены возможности выбора оптимальных параметров процесса для разных видов биомассы. Проведен систематический численный эксперимент с моделью Кобозева. Найдены оптимальные для исследуемых видов биомасс значения основных физико-химических и входных параметров.

Keywords: biogas, model, anaerobic, Kobozev, parameters, numerical, experiment, fermentation, biomass, analysis

Ключевые слова: биогаз, модель, анаэроб, Кобозев, параметры, численное, эксперимент, брожение, биомасса, анализ.

После опубликования известной книги В. Баадера и др. опубликовано большое количество работ, давших импульс развитию науки о биотопливе. На наш взгляд, широкому распространению малых и средних по мощности биогазовых установок препятствуют следующие обстоятельства: 1. Сыре (биомасса), используемое для получения биогаза имеет множество физико-химических параметров, разные для данной местности и времени года. Поэтому, даже серийные промышленные установки не могут дать ожидаемого выхода газа. 2. Сам процесс брожения довольно медленный, для выхода на оптимизационный режим потребуются в среднем, несколько десятков дней. Это не дает возможности достаточно быстро реагировать на изменения вход-

ных параметров и выйти на оптимальный, по крайней мере, на рациональный режим. 3. Полученный на первых порах биогаз имеет высокую по сравнению, например со стоимостью твердотопливных и жидкотопливных энергоустановок. 4. Малочисленность сопоставимых теоретико-расчетных и экспериментальных данных по влиянию гидродинамических (к примеру, влияния скорости перемешивания) и тепло- массообменных характеристик на выход газа. Эффективным способом преодоления этих недостатков является математическое моделирование. При этом появляется возможность много-кратно ускорить решение задачи выбора оптимальных значений вышеизложенных параметров, причем с меньшими материальными и временными затра-

тами. Результатом такого подхода должны быть модели, алгоритмы, программы и на их основе-инженерные методики расчета полного цикла процесса, с возможностью выбора оптимальных параметров процесса для широкого набора видов обрабатываемой биомассы. Поэтому, задача создания эффективных математических моделей, достаточно точно описывающих процессы анаэробного брожения биомассы является актуальной.

В настоящее время, рассматривая брожение биомассы (например, при анаэробном режиме) как химико-био-технологический процесс, получено большое количество математических моделей. В достаточно простой постановке они приведены, к примеру, в работах [1-3]. Однако в такой постановке потребуется большое количество физико-химико-биологических параметров, численные значения которых зачастую различаются на порядок, даже для биомасс, относящихся одному и тому же типу. Естественно, что при такой постановке моделирования результаты имеют, скорее качественный характер, нежели количественный. Тем не менее, как показали численные эксперименты, они достаточно точно описывают основные закономерности процесса анаэробного брожения для самых распространенных видов биомассы-отходы животноводства (ОЖ), растительного происхождения (РП), раз-

жигенные бытовые отходы (РБО) [1-4]. Дифференциальные уравнения для выхода газа по Кобозева имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = bLX - pX \\ \frac{dL}{dt} = p(L_0 - L) - \alpha bLX, \\ \frac{dV}{dt} = \gamma bLX. \end{cases} \quad (1)$$

Начальные условия:

$$X(0) = X_0, L(0) = L_0, V(0) = V_0 = 0. \quad (2)$$

В задаче Коши (1)-(2) использованы следующие обозначения: X – концентрация бактерий, $\text{кг}/\text{м}^3$; L – концентрация питательного вещества, усвояемого бактериями, $\text{кг}/\text{м}^3$; V – выход биогаза, м^3 ; p – скорость прибавки питательных веществ в биореакторе, сут^{-1} ; b – коэффициент скорости роста бактерий, $\text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{сут})$; α – безразмерный коэффициент освоения бактериями питательного вещества; γ – коэффициент превращения питательного вещества в биогаз, $\text{м}^6/\text{кг}$. Для того чтобы, сравнить результаты моделирования по Кобозеву и двухпараметрической модели, используем найденные в работе [1] оптимальные (скорее всего, рациональные) значения основных параметров, приведенные в следующей таблице (ОЖ-отходы животноводства, РП-биомасса растительного происхождения, РБО-разжиженные бытовые отходы).

Таблица

Оптимальные значения физико-химических параметров процесса

Параметр	Виды биомассы		
	РП	ОЖ	БРО
b	0.006	0.008	0.010
α	1.885	1.390	1.085
γ	1.519	1.314	0.8806
K	0.042	0.068	0.085

Результаты численного решения задачи (1)-(2) методом Рунге-Кутта 4-порядка точности приведены на рис.1-2.

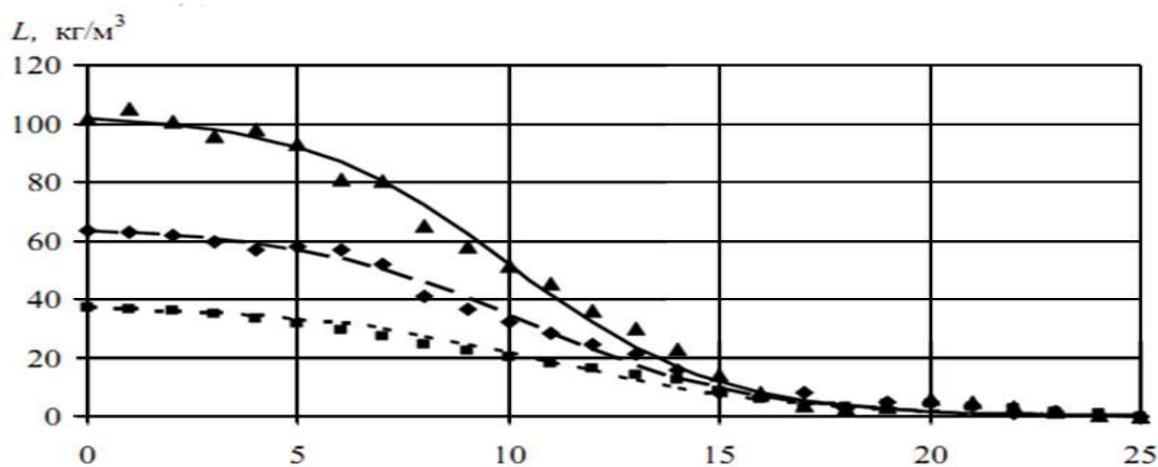


Рис.1. Динамика концентрации питательных веществ в периодическом режиме для трехвидов биомассы: 1-ОЖ, 2- РП, 3-РБО; точки-данные опытов [1-3], кривые-результаты расчета.

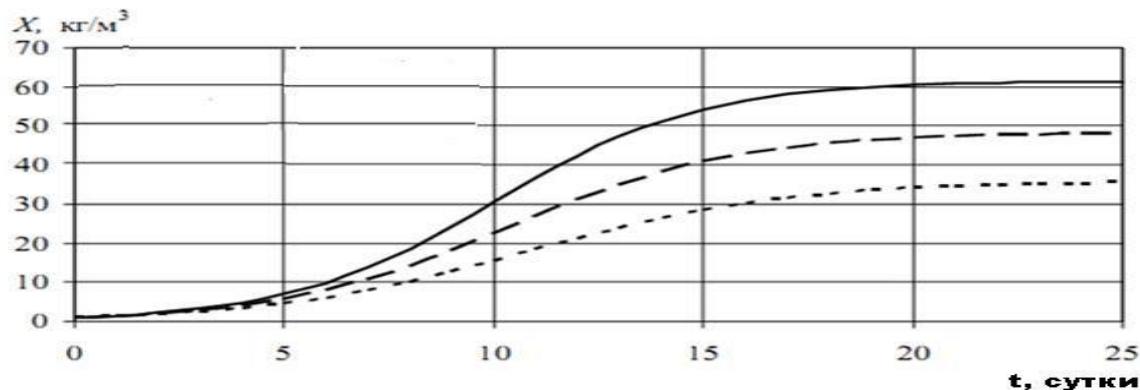


Рис. 2. Результаты расчета динамики концентрации бактерий в периодическом режиме для трех видов биомассы: 1-ОЖ, 2- РП, 3-РБО

Как видно из рисунков 1,2 концентрация питательного вещества, усвояемого бактериями, сильно снижается к 14-15 суткам. За это время концентрация бактерий увеличивается до 55%.

Список литературы

1. R.G. Vasilov. Fundamental and applied aspects of modern biotechnology. / Interregional Forum "Russian High Technologies". Cheboksary, 2017. 187 p. [Published in Russian]
2. Dvoretsky D. S., Dvoretsky S. I., Muratova E. I., Ermakov A. A. Computer modeling of biotechnological processes and systems. –Publishing of the Tambov State Technical University, 2005. - 80 p. [Published in Russian]
3. Kalyuzhnyi S. V. Batch anaerobic digestion of glucose and its mathematical modeling. I. Kinetic investigations // Biores. Technol. – 1997. Vol. 59, Issue 1. Pp. 73–80.
4. Ismailov B.R., Ismailov Kh.B. Optimization of Parameters of Anaerobic Fermentation of Biomass on The Mathematical Model of Kobozev //Technical Science and Innovation. -2020. Vol.1, Pp.70-76.

**USE OF MULTIAGENT SYSTEMS IN CONTROL OF ELECTROMAGNETIC FIELD LEVELS IN
THE CONDITIONS OF VARIABLE ENERGY LOADING IN PRODUCTION FACILITIES**

Khodakovskiy A.,

*Ph.D., Associate Professor National Technical University of Ukraine,
Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky*

Kovalchuk A.,

*Ph.D., Associate Professor National Technical University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky"*

Golets V.,

*student National Technical University of Ukraine,
Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky*

Pirogovska T.

*student National Technical University of Ukraine,
Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky*

DOI: 10.24412/2701-8377-2021-4-1-63-66

**ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ У КЕРУВАННІ РІВНЯМИ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ В УМОВАХ ЗМІННОГО ЕНЕРГОНАВАНТАЖЕННЯ У
ВИРОБНИЧИХ БУДІВЛЯХ**

Ходаковський О.

*к.т.н., доцент Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Ковальчук А.

*к.т.н., доцент Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ*

Голець В.

*студент Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Піроговська Т.

*студент Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Abstract

On the basis of the conducted experiments the possibility of development of means of control of an electromagnetic situation in industrial conditions with variable electric loading and a large number of electric consumers with invariable volt-ampere characteristics on the basis of multiagent systems is considered. A detailed review of which discusses the following areas of application of multi-agent technologies in the study of power systems and their management: - monitoring and diagnostics of equipment and system facilities; - diagnostics after emergencies that occur after systemic disturbances; - creation of distributed control systems to solve the problems of recovery of the power system after accidents, control of active distribution networks, control of micro-systems, control of ship electrical systems; - creation of new protection schemes, tolerant to disturbances and capable of self-coordination; - the use of multi-agent systems (MAC) as a platform for modeling and simulation in the study of market interactions of entities, planning the development of electrical networks, simulating different situations in the power system, as well as for integration and coordination of different models and software.

Анотація

На основі проведених дослідів розглядається можливість розроблення засобів керування електромагнітною обстановкою у виробничих умовах зі змінним енерговантаженням та великою кількістю електропропливачів з незмінними вольт-амперними характеристиками на основі мультиагентних систем. Детальний огляд яких обговорює наступні напрямки застосування мультиагентних технологій в дослідженнях ЕЕС і управлінні ними: - моніторинг та діагностика стану обладнання та об'єктів системи; - діагностика після аварійних ситуацій, що виникають після системних збурень; - створення розподілених систем управління для вирішення завдань відновлення ЕЕС після аварій, управління режимами активних розподільних мереж, управління мікро-системами, управління корабельними електричними системами; - створення нових схем захисту, толерантних до збурень і здатних до само координації; - використання мультиагентних систем (MAC) як платформи для моделювання та імітації в задачах дослідження ринкових взаємодій суб'єктів, планування розвитку електричних мереж, імітації різних ситуацій в ЕЕС, а також для інтеграції і координації різних моделей і програмних засобів.

Keywords: multiagent systems, electromagnetic fields, level control, alternating load, monitoring and diagnostics of the condition, diagnostics after emergency situations.

Ключові слова: мультиагентні системи, електромагнітні поля, керування рівнями, змінне електронавантаження, моніторинг та діагностика стану, діагностика після аварійних ситуацій.

Сучасною тенденцією розвитку технологій є підвищення кількості та різноманітності електричного та електронного обладнання, задіяного у виробничій діяльності. Особливо це стосується приміщень, у яких розташоване обладнання керування виробничими процесами. Автоматизація процесів керування у транспортній галузі – керування повітряним рухом, електротранспортом тощо перебуває у стадії модернізації, що обумовлене зміною парку повітряних суден, рухомого складу електричного транспорту. Наведене обумовлює необхідність створення для персоналу належних умов праці. На відміну від інших фізичних факторів виробничого середовища (температура, відносна вологість, швидкість спрямованого руху повітря) керування електромагнітною обстановкою є дуже складною задачею, вирішенню якої майже не приділяється уваги.

До того ж вона пов'язана з іншим електrozалежним фактором – іонізацією повітря, що є окремою науково-практичною задачею.

Особливістю сучасних виробничих приміщень є змінність електронавантаження через різний кількісний та якісний склад обладнання, задіяного у виробничі процеси для вирішення конкретних задач. При цьому переважна більшість такого обладнання має нелімітні вольт-амперні характеристики і є джерелом гармонік та інтергармонік змінного струму промислової частоти, який у свою чергу, генерує некомпенсовані магнітні поля гігієнічно значущих рівнів. Наведене потребує визначення необхідних меж керованості та розроблення прийнятного за якісними показниками економічно обґрунтованого способу автоматизованого керування електромагнітною обстановкою в умовах її складної динаміки.

Сучасні системи керування на основі створених мультиагентних систем дозволяють виконати це найпростішими методами з отриманням оптимального результату. Мета мультиагентних систем (MAC) - координація незалежних процесів. Агент представляє собою комп'ютерну сутність у вигляді програми або робота. Агента можна вважати автономним, оскільки він здатний адаптуватися при зміні свого середовища. MAC складається з набору комп'ютерних процесів, які відбуваються одночасно і існують в один і той же час, обмінюються загальними ресурсами і спілкуються один з одним. Ключовою проблемою в MAC є формалізація координації між агентами.

Огляд літературних джерел.

На сьогоднішній день практично відсутні дослідження і прикладні розробки щодо керування рівнями електромагнітних полів у виробничих умовах. У більшості доступні роботи стосуються раціоналізації (оптимізації) розміщення обладнання з точки зору електромагнітної обстановки [1] або визначення фактичного електромагнітного навантаження на середовище [2]. При цьому значна частина досліджень стосується моніторингу електромагнітної обстановки як вихідних даних для

розроблення заходів та впровадження засобів підвищення безпеки [3].

У роботах [4, 5, 10] розроблено системи автоматизованого регулювання рівнів магнітних полів.

Вони призначенні для вирішення задач електромагнітної сумісності обладнання, розміщеного у обмежених просторах. Ale такий підхід (регулювання рівня магнітного поля активними засобами) найбільш ефективний і неперспективний. Значна кількість досліджень і розробок спрямована на компенсацію реактивної потужності у електромережах з нелінійним навантаженням і джерелами гармонік та інтергармонік [6, 7]. Ці роботи стосуються мереж живлення дугових сталеплавильних печей та потужних перетворювачів частоти, спрямовані, у першу чергу, на заощадження електроенергії. В той же час, наявність електричного струму гармонік та інтергармонік промислової частоти обумовлює у наявному просторі наявність магнітного поля таких частот, яке може дати дуже великі амплітудні значення. При цьому такі поля не компенсиються, що підвищує їх внесок у електромагнітну обстановку [8]. Таким чином, гнучка система компенсації реактивної потужності та придушення гармонік може стати основою для автоматизації керування електромагнітною обстановкою виробничого середовища.

Мета роботи – розроблення засобів керування електромагнітною обстановкою у виробничих умовах зі змінним електронавантаженням та великою кількістю електроспоживачів з незмінними вольт-амперними характеристиками.

Мультиагентні технології набувають все більшого поширення в електроенергетичних системах в двох аспектах: як методичний апарат для моделювання ЕЕС при вирішенні різних завдань і як платформа для побудови систем управління різного призначення в ЕЕС. До теперішнього часу накопичений досить представницький досвід використання мультиагентного підходу стосовно до різних проблем електроенергетики. Зокрема, детальний огляд обговорює наступні напрямки застосування мультиагентних технологій в дослідженнях ЕЕС і управлінні ними: - моніторинг та діагностика стану обладнання та об'єктів системи; - діагностика післяаварійних ситуацій, що виникають після системних збурень; - створення розподілених систем управління для вирішення завдань відновлення ЕЕС після аварій, управління режимами активних розподільних мереж, управління мікро-системами, управління корабельними електричними системами; - створення нових схем захисту, толерантних до збурень і здатних до самокоординації; - використання мультиагентних систем (MAC) як платформи для моделювання та імітації в задачах дослідження ринкових взаємодій суб'єктів, планування розвитку електричних мереж, імітації різних ситуацій в ЕЕС, а також для інтеграції і координації різних моделей і програмних засобів.

В основі розподіленого мультиагентного планування лежить інший. Вирішення проблем неузгодженого і конфліктної поведінки інтелектуальних агентів. Для цього будеться план, в якому описуються всілякі дії агентів і їх взаємодії, необхідні для досягнення спільної глобальної мети. В процесі функціонування інтелектуальні агенти взаємодіють з метою внесення поправок в свої індивідуальні плани до тих пір, поки всі конфлікти не будуть усунені.

Розглядаються потенційні переваги мультиагентних технологій в наступних перспективних електроенергетичних напрямках:

- мультиагентні системи як методичний підхід для конструктування робастних, гнучких і розвиваються систем - як ЕЕС, так і систем управління ними;

- мультиагентні системи як технологія моделювання при вирішенні складних проблем і систем в електроенергетиці.

Знижити рівні електромагнітних полів у приміщеннях можна у два способи: заекранувати джерела поля спеціальними захисними матеріалами та зменшити амплітуди полів за рахунок технічних рішень. Останній спосіб єдиний придатний для джерел полів, якими є елементи системи електроживлення технічних засобів. Максимально можливе зменшення електричних струмів частот гармонік та

інтергармонік промислової частоти практично ліквідує магнітні поля цих частот. При цьому важливим є те, що на сьогоднішній день використовуються прилади контролю електромагнітних полів промислової частоти (класу П3-50), інші наднизькі та низькі частоти не контролюються через брак обладнання.

Враховуючи, зазвичай, зворотну квадратичну залежність згасання амплітуди магнітного поля з відстанню (принаймні для струмових контурів), складні автоматичні системи для придушення гармонік та інтергармонік струму (напруги) промислової частоти, принаймні для цілей електромагнітної безпеки, є надлишковими. В той же час звичайні пасивні LC-фільтри не задовольняють сучасні вимоги через мінливість гармонічного складу електроіструму (фільтри налаштовані у резонанс з найбільш поширеними гармоніками). Тому доцільно впровадити фільтр гіbridного типу, який є комбінацією пасивного фільтру та електронною силовою регулятора на базі активного фільтра малої потужності. Такий регулятор може бути блоком керування, який додатково виконує функції контролю інших критичних чинників – електроіструмів витоку та електризації поверхонь.

Як один з модулів мультиагентної системи розглянемо гіbridний фільтр для придушення гармонік промислової частоти

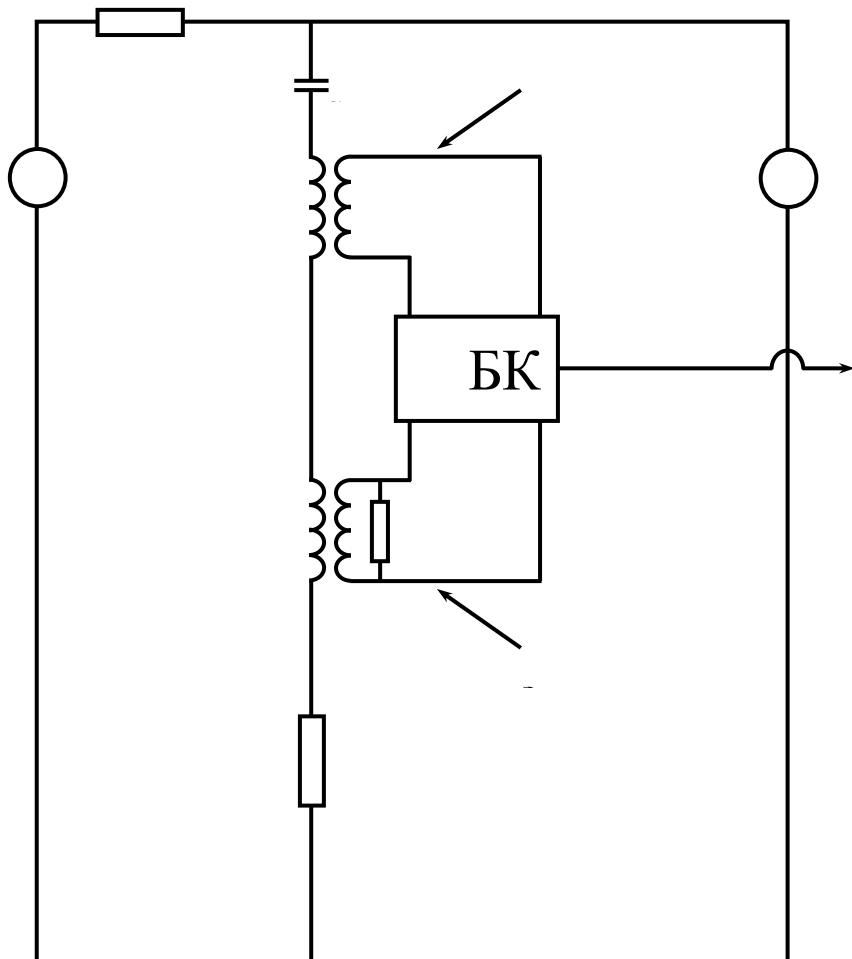


Рис. 1 – Схема гіbridного фільтра для придушення гармонік промислової частоти

На рис. 1 наведено схему гібридного фільтра для однієї фази: U_1 – джерело живлення, Z – опір кола, I_0 – джерело вищих гармонік. Фільтр включає ємність C , яка розраховується з умовою компенсації реактивної потужності нелінійного навантаження [9]. Головними вузлами є давач струмової завади (D_3), який є давачем напруги, що керується струмом, та компенсуючий трансформатор (KT). Вторинні обмотки D_3 та KT з'язані між собою підсилювачем з додатковим джерелом живлення і системою керування (блок керування BK).

У наведений схемі D_3 , KT та BK є каналом активної фільтрації у даному гібридному фільтрі. KT виконує функцію індуктивності пасивної частини й одночасно є входним опором підсилювача. Він працює як активний чотириполюсник з керуванням по напрузі, його індуктивність може змінюватися у залежності від сигналу керування.

Резонанси можна отримати на низці гармонік:

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}} \quad (1)$$

де: C – значення ємності конденсатора фільтра,

L_1 – індуктивність первинної обмотки компенсуючого трансформатора KT .

Границький вихідний струм підсилювача для однієї гармоніки:

$$I_{2rp} = \frac{I_n}{\omega_n^2 \cdot C \cdot K_M \sqrt{L_1 L_2}} \quad (2)$$

$$\text{де: } K_M = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}};$$

M – взаємна індукція обмоток KT .

Відповідно гранична напруга підсилювача для однієї гармоніки:

$$U_{2rp} = \frac{I_n}{\omega_n \cdot C \cdot K_M} \Theta \quad (3)$$

$$\text{де } \Theta = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}};$$

Параметри елементів пасивної частини фільтра розраховуються за стандартним співвідношенням.

Інформація з BK поступає у систему керування і дозволяє у автоматичному режимі відстежувати та коригувати рівні електромагнітних полів, генерованих силовою мережею електро живлення.

Але поля таких джерел є не єдиними не локалізованими у просторі, які важко екранувати захищними конструкціями (таких як поля окремих технічних засобів). Як показано у [10], значний вплив

на електромагнітну обстановку складають струми витоку у металевих конструкціях та інженерних мережах. Контроль наявності струмів витоку доцільно здійснювати вимірюючи рівні їх магнітних полів. Крім того, має місце накопичення електростатичних зарядів на неметалевих поверхнях та частині обладнання, корпуси яких виготовлені з полімерних матеріалів та не можуть бути заземлені.

Література

1. Mordachev VI, Svistunov AS Necessary and sufficient power level of electromagnetic radiation of base stations of the GSM network. Reports of the Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics. № 7. 2013. S. 44–50.
2. Gliva VA, Perelyot TM Methodology for determining the level of electromagnetic load on the production environment. Problems of labor protection in Ukraine. Vip. 28. 2014. S. 91–95.
3. Sukach SV Monitoring and control of levels of physical factors of the production environment: dis. Dr. tech. Science: 05.26.01. Donetsk National Technical University. 2017. 311 p.
4. Rozov VY, Assuirov DA, Davydov AA Methods of forming feedback signals in closed magnetic field control systems of technical objects in the presence of external magnetic field sources. Technical electrodynamics. № 6. 2009. S. 8–16.
5. Rozov V.Yu., Assuirov DA Automatic control of the external magnetic field of technical objects. Technical electrodynamics. № 1. 2011. S. 11–18.
6. Saenko YL, Baranenko TK, Baranenko EV Methods of reactive power compensation in networks with nonlinear loads. Bulletin of Azov State Technical University. № 26. 2013. S. 204–210.
7. Saenko YL, Baranenko TK, Baranenko EB Reducing the levels of harmonic distortion in electrical networks with interharmonic sources. Electrification of transport. № 3. 2012. S. 78–83.
8. Volokhov SA, Dobrodeev PN Regularities of the distribution of the external magnetic field of electrical equipment. Electrical engineering. № 4. 2006. S. 28–33.
9. Kiryukhin AF, Bure IG Hybrid filter of the highest harmonics for three-phase networks of alternating current of 0,4 kV. Electronics. № 5. 2008. S. 37–41.
10. I.N. Parasyuk, S.V. Ershov. Methods of interaction and coordination in multiagent systems based on fuzzy logic of the highest type. Intelligent information technologies. Programming problems. 2014. № 2–3. Special issue pp. 242–252
11. Gliva VA, Nikolaev KD, Tikhenco OM, Tymoshenko OP Investigation of the levels of physical factors in the premises of the dispatching services of civil aviation airports. Control, navigation and communication systems. № 1 (53). 2019. S. 32–35.

FEATURES OF ENSURING THE MANUFACTURABILITY OF THE PRODUCT DESIGN FOR SERIES PRODUCTION IN THE CONDITIONS OF CONCURRENT ENGINEERING

Rastegaev E.

post-graduate student

Rybinsk State Aviation Technological University named after P. A. Solovyov 53 Pushkina str., Rybinsk, Yaroslavl region, 152934

DOI: 10.24412/2701-8377-2021-4-1-67-69

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ РАЗРАБОТКИ

Растегаев Е.

Аспирант

Рыбинского государственного авиационного технологического университета имени П.А.Соловьева 152934, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д. 53

Abstract

The article describes the features of concurrent engineering. A method for calculating the generalized criterion for the manufacturability of the product design for series production is proposed.

Annotation

В статье изложены особенности параллельной инженерной разработки. Предложен метод расчета обобщенного критерия технологичности конструкции изделия для серийного производства.

Keywords: concurrent engineering; manufacturability; technology.

Ключевые слова: параллельная инженерная разработка; технологичность; технология.

В настоящее время известны три подхода к инженерной разработке: последовательный (традиционный), параллельно-последовательный и параллельный.

При последовательном подходе все этапы разработки конструкторской документации осуществляются по поочередно: техническое задание, эскизный проект, технический проект, разработка рабочей конструкторской документации. На каждом этапе работы конструкторская документация проходит технологический контроль. После утверждения по рабочей конструкторской документации осуществляется технологическая подготовка производства и изготавливается опытная партия деталей.

Другой подход – организация параллельно-последовательного выполнения работы. При таком подходе реализуется задача сокращения сроков выполнения работ за счет деления работ на более мелкие, с организацией процесса выполнения отдельных работ параллельно друг другу, не зависимо от уровня завершения работы в целом.

Третий подход: параллельная инженерная разработка. Это систематизированный организационно - технический подход, обеспечивающий интегрированное и, в значительной степени, одновременное проектирование, как самих изделий, так и процессов их производства. [1] При таком подходе происходит взаимное слияние процессов разработки конструкторской документации и технологической подготовки производства. Основоположником данного подхода можно считать советского конструктора В.Г. Грабина. [2] Несмотря на то, что

такая разработка имеет российские корни, в современном производстве она не находит должного применения. Данный метод основывается на совместной работе конструкторских и технологических служб, именно этому посвящена организационная часть подхода. Вместе с этим существует и другая часть данного подхода – техническая, которая состоит в инструментальном обеспечения процесса разработки документации и в разработке методов оценки критерии технологичности конструкции. Именно эта часть подхода в настоящее время недостаточно изучена.

Под понятием технологичности конструкции изделия мы понимаем совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей, качества, объема выпуска и условий выполнения работ. [3] Оценка технологичности конструкции изделия осуществляется по критериям технологичности, которые делятся на критерии производственной технологичности (себестоимость изготовления, трудоемкость изготовления, металлоемкость, удельная трудоемкость, коэффициент унификации конструктивных элементов, коэффициент применяемости материала), а также критерии эксплуатационной и ремонтной технологичности (коэффициент сборности, трудоемкость монтажа, трудоемкость технического ремонта и обслуживания, стоимость технического ремонта и обслуживания, продолжительность технического ремонта и обслуживания). Кроме едини-

ничных критериев оценки технологичности существуют также комплексные критерии технологичности: среднеарифметические, с учетом коэффициента весомости, многопараметрические корреляционные модели учета многих факторов. [4]

Большое количество критериев, а также формул расчета комплексного критерия технологичности создает условия индивидуальности в оценке технологичности для разных предприятий, а значит и, в значительной мере, субъективности процесса. В роли основного критерия технологичности выступает себестоимость изготовления продукции. А это самый трудно прогнозируемый критерий оценки технологичности на этапе разработки рабочей конструкторской документации.

Исследования показывают, что процесс обеспечения технологичности конструкторской документации подчиняется общим закономерностям исследования операций. Основоположником исследований в области боевых операций была Англия в 40-х годах 20 века. [5] Сходство процессов состоит в том, что на момент принятия решения по технологичности деталей существует только общее представление о процессах, которые будут задействованы при изготовлении. Соответственно, на момент принятия решения возможно оперировать, в значительной мере, определенной вероятностью в части предвидения заданного качества по результатам изготовления деталей по предполагаемому маршруту ее изготовления.

В работе мы рассматриваем серийное производство. Каковы же его особенности? Для единичного производства широко используются методы подгонки, связанные с индивидуальными техническими решениями изготовления деталей. Такое производство характеризуется наличием большого количества высококвалифицированных рабочих, в отличие от массового производства. Серийное же производство находится где-то посередине - для него характерно присутствие определенной доли высококвалифицированных рабочих от списочного состава, способных выполнять индивидуальные, в какой-то мере нестандартные задания.

В современных высокотехнологичных конструкциях, например, авиа-двигателестроения, широко применяются тонкостенные конструкции, при изготовлении которых задействованы множество технологических процессов, таких как: штамповка листового материала, сварка, термообработка, токарно-фрезерная обработка и другие. Основные проблемы качества изготовления деталей могут возникать на стыке этих процессов. Например, для качественной сварки требуется обеспечение зазоров в стыке и совмещения кромок, которые трудно выполнимы для тонкостенных деталей. Механическая обработка стыков кромок под сварку тесно связана формой заготовок, которая имеет ограничения по точности метода производства (например: штамповка листового материала). В случае выявления отклонений качества сварки требуется разделка сварного шва с выполнением заварки дефектных мест, что в свою очередь, из-за неравномерности нагрева, влечет за собой появление недопустимых

отклонений по форме детали. Для исправления формы таких деталей требуются индивидуальные методы, связанные с термической и механической обработкой. Тем не менее, наличие небольшой доли таких исправлений является допустимыми для серийного производства сложных конструкций согласно сравнительного расчета себестоимости по сравнению с другими методами изготовления деталей. То есть для оценки технологичности в этом случае мы должны оценивать такой параметр производства, как стабильность технологического процесса, а это связано с индивидуальными особенностями организации каждого конкретного производства. Таким образом, именно учет на этапе проектирования конструкторской документации стабильности освоенных технологических решений производства, на котором планируется изготавливать деталь, обеспечивает проектирование по принципам параллельной инженерной разработки.

По аналогии с дисциплиной исследования операций, обеспечение технологичности можно разложить на последовательность выполнения следующих этапов: выбор детали-аналога, составление перечня возможных технологических способов изготовления детали, описание процессов и маршрутов изготовления деталей, выявление противоречий между технологией и требованиями конструкторской документации, выбор критерия эффективности принятия решения, поиск эффективного решения по выбранному критерию, анализ результатов и принятие решения. В этом случае, для сравнения двух технических решений α' и α'' на этапе проектирования конструкторской документации должны быть рассмотрены и определены такие параметры, как P_i – ожидаемой полезности технического решения и U_i – вероятностью обеспечения ожидаемой полезности. В этом случае процесс принятия решения может быть описан формулой:

$$\alpha = \sum_{i=1}^m (P'_i * U'_i) - \sum_{i=1}^n (P''_i * U''_i), \quad (1)$$

где P'_i и U'_i - ожидаемая полезность и вероятность обеспечения ожидаемой полезности применения технического решения α' ; P''_i и U''_i – ожидаемая полезность и вероятность обеспечения ожидаемой полезности применения технического решения α'' .

При ($\alpha > 0$) - предпочтительнее является выбор стратегии α' ; при ($\alpha < 0$) – предпочтительнее является выбор стратегии α'' . При сравнении большего количества стратегий следует принимать ту стратегию, для которой сумма произведений ожидаемой полезности и вероятности обеспечения ожидаемой полезности будет больше.

Для количественной оценки технологичности такого производства автором статьи предлагается выполнять расчет обобщенного коэффициента технологичности по формуле:

$$K_t = \frac{C_h}{C_b} (1 + a_1 + a_2 + \dots + a_n), \quad (2)$$

где C_h и C_b - себестоимость изготовления вновь проектируемой и базовой детали соответственно,

руб.; a_1, a_2, a_n – поправочные коэффициенты, зависящие от индивидуальных особенностей производства.

При $K_t < 1$, то технологичность вновь разработанной конструкции детали на существующем производстве выше технологичности базовой детали, результат такого совершенствования будет положительный. При $K_t > 1$, технологичность вновь разработанной конструкции детали на существующем производстве ниже технологичности базовой детали. В этом случае необходимо вернуться к пересмотру конструкции детали.

Рассмотрим производство корпусных деталей газотурбинных двигателей. Для учета поправочных коэффициентов для серийного производства автором статьи предлагается оценивать влияние следующих параметров: времени, затрачиваемого на индивидуальные технические решения, циклы изготовления деталей и затраты, связанные с первичным оснащением производства. В этом случае формула расчета обобщенного критерия технологичности примет вид:

$$K_t = \frac{C_h}{C_b} \left(1 + K_1 * \left(\frac{\Delta T_i}{T_b} \right)^{K_3} + K_2 * \frac{\Delta \Pi}{\Pi_b} + K_3 * \frac{\Delta Z_p}{Z_p} \right), \quad (3)$$

где C_h – себестоимость изготовления вновь проектируемой детали; C_b – себестоимость изготовления базовой детали; ΔT_i – Разница времени усредненной индивидуальной доработки вновь проектируемой и базовой детали; T_b – Трудоемкость изготовления базовой детали; $\Delta \Pi$ – Разница в циклах изготовления вновь проектируемой и базовой детали; Π_b – цикл изготовления базовой детали; ΔZ_p – Разница планируемых затрат на первичное оснащение вновь проектируемой детали и базовой детали; Z_p –

Затраты на первичное оснащение базовой детали; K_1, K_2, K_3, K_4 – коэффициенты, зависящие от индивидуальных особенностей производств, на которых планируется изготовление деталей.

Таким образом, подход к оценке технологичности конструкции детали с учетом оценки вероятности обеспечения стабильности технологичности процессов для серийного производства позволяет выбирать наиболее оптимальную конструкцию детали, адаптированную под условия реального производства с его индивидуальными особенностями, что характерно для параллельной инженерной разработке.

References

1. V.F. Bezhyazichniy, E.V. Rastegaev. About the development of theoretical provisions during organization of manufacture of parallel engineering of gas turbine engines //Scientific-Technical Journal «Polyot» («Flight»). 2018, №4.
2. Grabin V.G.Oruzhie of victory. Moscow: Politizdat, 1989. 133c. [Publication in Russian (Ukrainian)]
3. GOST 14.205-83 Technological efficiency of products design. Terms and definitions.
4. Processibility of a product design: Spravochnik/J.D. Amirov, T.K. Alfyorova, P.N. Voldacov; Hearth generalized edition J.D. Amirov. – 2 edition – M.:Machinostroenie, 1990. 786c. [Publication in Russian (Ukrainian)]
5. Hamdy A.Taha Operations research: an introduction, seventh edition, university of Arkansas, Fayetteville – Pearson Edication, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458.

VETERINARY SCIENCES

FORENSIC VETERINARY CHARACTERISTICS OF SIGNS OF DAMAGE TO THE HEALTH OF MEDIUM-SEVERE ANIMALS

Parilovsky O.I.,

*applicante of educational and scientific degree of Doctor of Philosophy
Kharkiv State Zooveterinary Academy, Kharkiv, Ukraine*

Yatsenko I.V.

doctor of Veterinary Sciences, Professor,

*Head of the Department of Veterinary Sanitary Examination and Forensic Veterinary Medicine
Kharkiv State Zooveterinary Academy, Kharkiv, Ukraine*

Bogatyreva A.M.

*Assistant of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Forensic Veterinary Medicine,
Kharkiv State Zooveterinary Academy, Kharkiv, Ukraine*

DOI: 10.24412/2701-8377-2021-4-1-70-75

СУДОВО-ВЕТЕРИНАРНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗНАК ШКОДИ, ЗАПОДІЯНОЇ ЗДОРОВ'Ю ТВАРИНИ СЕРЕДНЬОЇ ТЯЖКОСТІ

Париловський О.І.,

*здобувач освітньо-наукового ступеня доктора філософії
Харківської державної зооветеринарної академії, м. Харків, Україна*

Яценко І.В.,

*доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри ветеринарно-санітарної експертизи та
судової ветеринарної медицини
Харківської державної зооветеринарної академії, м. Харків, Україна*

Богатирьова А.М.

*асистент кафедри ветеринарно-санітарної експертизи та судової ветеринарної медицини
Харківської державної зооветеринарної академії, м. Харків, Україна*

Abstract

The paper formulates and substantiates the signs of harm caused to the health of the animal, which are of medium severity and are used during the forensic veterinary examination of subject animals. The research was performed using the methods of scientific knowledge, in particular: formal-legal, dialectical, comparative-legal, system-structural analysis, logical-grammatical, modeling, clinical and pathomorphological.

The obtained results allow us to conclude that the criteria for damage to the health of an animal of moderate severity are: the absence of signs life-threatening; no consequences of damage to the health of the animal in the form of loss of any organ, part of the body or loss of organ functions; long-term health disorder lasting more than 21 days; persistent long-term loss of the animal's ability to work for more than 21 days, but it must not be longer than 30 days.

Assess the severity of the damage caused to the health of the animal, including and moderate, appropriate for results that have been determined over time and have the final appearance of post-traumatic injuries, ie after complete healing of injuries or other consequences of the post-traumatic process, but not earlier than 30 days after injury. The consequences of damage to the health of a moderate animal must be directly related to such damage in a causal relationship and must be confirmed by objective clinical studies of the subject.

Анотація

В роботі сформульовано та обґрунтовано ознаки шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, що відносяться до середньої тяжкості та використовуються в під час проведення судово-ветеринарної експертизи підекспертических тварин. Дослідження виконані за допомогою методів наукового пізнання, зокрема: формально-юридичного, діалектичного, порівняльно-правового, системно-структурного аналізу, логіко-граматичного, моделювання, клінічного та патоморфологічного.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що критеріями шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості є: відсутність ознак небезпечних для життя; відсутність наслідків шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, у вигляді втрати будь-якого органа, частини тіла або втрати органом його функцій; тривалий розлад здоров'я строком понад 21 добу; стійка тривала втрата роботоздатності тварини строком понад 21 добу.

Оцінювати ступінь тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, в т.ч. й середньої тяжкості, доцільно за результатами, що визначилися з часом і мають остаточний вигляд посттравматичних ушкоджень, тобто після повного загоєння ушкоджень чи за інших наслідків протікання посттравматичного процесу, проте не раніше ніж через 30 діб від моменту травмування. Наслідки шкоди, заподіяної здоров'ю тварини

середнього ступеня повинні перебувати з такою шкодою у прямому необхідному причинно-наслідковому зв'язку та має бути підтверджений об'єктивними клінічними дослідженнями підекспертної тварини.

Keywords: forensic veterinary examination, damage to animal health, moderate severity.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, шкода, заподіяна здоров'ю тварини, середня тяжкість.

Вступ

Питанню прав тварин та їх захисту від насильства, жорстокого поводження, каліцтва й необґрунтованого винищення приділена увага багатьох дослідників, адже хребетні тварини здатні відчувати фізичні й психічні страждання, тому будь-яке їх використання не повинне супроводжуватися спричиненням болю, мучення, страху, пригніченням стану або будь-яким іншим дискомфортом [1–3]. Проте, випадки таких правопорушень як в Україні, так і в світі нині залишаються досить розповсюдженими [4–11].

Під час розслідування правопорушень щодо жорстокого поводження з тваринами, судово-ветеринарна експертиза тілесних ушкоджень є однією з найбільш складних і актуальних проблем в Україні та світі [12, 13].

Виключно за допомогою судово-ветеринарної експертизи органи досудового розслідування і суд отримують об'єктивну, обґрунтовану, правильну і правдиву інформацію щодо причини розладу здоров'я чи смерті тварини, механізму утворення ушкодження; давності, черговості й послідовності, прижиттєвості чи посмертності його виникнення; ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю травмованої тварини; причинної залежності між травмуванням та його наслідками у вигляді розладу здоров'я, каліцтва чи смерті тварини [14].

Крім того, нині відсутня юридично закріплена регламентація процедури експертизи тварини, яка постраждала від жорстокого поводження. Отже, розроблення цих та інших питань судово-ветеринарної експертизи зумовлене потребою правоохоронних органів для правильної кваліфікації правопорушень проти життя і здоров'я тварин, а також суспільства – у справедливому судочинстві [15].

Серед інших завдань судово-ветеринарної експертизи важоме значення має визначення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю підекспертної тварини, проте це питання нині знаходиться в процесі розробки й апробації. Та, не дивлячись на це, нами сформульовані й обґрунтовані питання, які ставляться правоохоронними органами чи судом в документі про призначення судово-ветеринарної експертизи на вирішення експерта [14], з'ясовано особливості висновку судово-ветеринарного експерта за результатами дослідження трупа тварини з ознаками насильницької смерті [16], визначені судово-ветеринарні критерії й ознаки шкоди здоров'ю, небезпечної для життя тварини [17], висвітлено порядок судово-ветеринарного визначення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини [18]. Проте, судово-ветеринарна характеристика ознак шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості залишається не сформульованою,

а, відповідно, й не обґрунтованою, що може привести до помилкового розуміння цих ознак та застосування їх експертами на практиці.

Таким чином, питання судово-ветеринарного визначення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, є актуальним для ветеринарної медицини та юриспруденції, має як теоретичне, так і практичне значення, зокрема під час розслідування правопорушень щодо тварин.

Мета роботи – сформулювати та обґрунтувати ознаки шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, що відносяться до середньої тяжкості.

Матеріал і методи. В роботі використано сучасні методи наукового пізнання, зокрема: формально-юридичний, діалектичний, порівняльно-правовий, системно-структурного аналізу, логіко-граматичний, моделювання, клінічний та патоморфологічний.

Емпіричну базу дослідження становить аналіз висновків експертів за результатами проведених судово-ветеринарних експертиз щодо жорстокого поводження з тваринами, проведених в Бюро судово-ветеринарних досліджень Харківської державної зооветеринарної академії протягом 2010–2020 років, а також в лабораторії криміналістичних досліджень Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України протягом 2017–2020 років.

Робота є частиною наукової теми «Теоретико-правові засади судово-ветеринарної експертизи тварин з ознаками жорстокого поводження з ними», яка виконується на базі кафедри ветеринарно-санітарної експертизи та судової ветеринарної медицини Харківської державної зооветеринарної академії, державний реєстраційний номер – 0118U004677, а також Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса», державний реєстраційний номер – 0120U101976.

Результати дослідження та їх обговорення

Визначення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, проводиться для оцінки ушкоджень, виявлених під час судово-ветеринарної експертизи живої тварини, трупа чи його частин, а також проведених судово-ветеринарної експертизи за матеріалами справи.

Загальні вимоги, що ставляться в Україні до складання судово-ветеринарних документів під час визначення шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, передбачені Інструкцією про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень (далі Інструкція) [19], права та обов'язки експерта передбачені Кримінальним процесуальним кодексом України, № 4651-VI [20], Законом України

«Про судову експертизу» № 4038-XII [21], «Інструкцією про призначення та проведення судових експертіз та експертних досліджень» [19].

Шкода, заподіяна здоров'ю тварини, полягає у тимчасовому або стійкому порушенні функцій органів і (або) систем організму, внаслідок ушкодження, захворювання, патологічного стану, який зумовив тимчасову чи стійку втрату звичної життєдіяльності та роботоздатності тварини.

З точки зору судово-ветеринарної експертизи тілесними ушкодженнями (травмою) є шкода здоров'ю у вигляді тимчасового його розладу, каліцтва або смерті одній чи кільком тваринам, що виникло від дії одного або кількох чинників зовнішнього середовища (фізичних: механічних, барометричних, термічних, променістичних; хімічних, біологічних та інших і проявляється порушенням анатомічної цілісності або фізіологічної функції тканин, органів чи частин тіла тварини.

Суб'ектами судово-ветеринарного визначення ступеня шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, в Україні є фахівці, котрі мають кваліфікацію судового експерта за спеціальністю 18.1 «Ветеринарні дослідження».

Розрізняють три ступеня тяжкості шкоди, умисно заподіяної здоров'ю тварини: тяжкий, середньої тяжкості й легкий.

Критеріями шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості є:

- а) відсутність ознак, небезпечних для життя;
- б) відсутність наслідків шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, у вигляді втрати будь-якого органа, частини тіла або втрати органом його функцій;
- в) тривалий розлад здоров'я строком понад 21 добу;
- г) стійка тривала втрата роботоздатності тварини строком понад 21 добу.

Першим критерієм шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості, є *відсутність ознак небезпечних для життя тварини*. Таким чином, шкода, заподіяна здоров'ю тварини, є *небезпечною для життя* в момент заподіяння (завдання) чи, яка через певний проміжок часу призводить до появи і розвитку загрозливих для організму явищ, котрі без надання необхідної й достатньої ветеринарної допомоги, за звичайним своїм перебігом, закінчується чи може закінчитися смертю.

До шкоди, заподіяної здоров'ю тварини тяжкого ступеня, яка є небезпечною для життя тварини слід відносити: проникаючі ушкодження в черепну порожнину, з ушкодженням або без ушкодження головного мозку; відкриті й закриті переломи кісток мозкового відділу черепа; відкриті й закриті переломи верхньої та нижньої щелеп, котрі приводять до неможливості нормального прийому корму і води після загоєння ушкодження; повна або часткова втрата верхівки і тіла язики; відкриті й закриті переломи кісток носа за наявності загрозливих для життя явищ або якщо приводять до порушення функції зовнішнього дихання; забій головного мозку тяжкого ступеня як зі здавленням, так і без здавлення головного мозку, а також забій головного мо-

зку середньої тяжкості за наявності симптомів ураження стовбурової ділянки; внутрішньочерепні крововиливи за наявності загрозливих для життя явищ; механічні ушкодження будь-яких відділів головного мозку, а також забиття головного мозку у разі виявлення клінічних ознак (неврологічних розладів, морфологічних змін головного мозку, підтвердженні об'ективними методами дослідження); проникаючі ушкодження хребта з ушкодженням і без ушкодження спинного мозку та його оболонок; закриті ушкодження шийного відділу спинного мозку; закриті ушкодження грудних, поперекових і крижкових сегментів спинного мозку, котрі супроводжувались тяжким спинальним шоком чи порушенням функцій органів, які знаходяться в грудній, черевній і тазовій порожнінах; перелом чи переломовив однієї або кількох грудних чи поперекових хребців з порушенням функції спинного мозку або за наявності клінічно встановленого шоку тяжкого ступеня; перелом дорсальної чи вентральної дуги першого шийного хребця, переломовивих та переломі тіл чи дуг з другого по сьомий шийні хребці, а також переломи зубоподібного відростка другого шийного хребця, у тому числі з порушенням або без порушення цілісності й функції спинного мозку; вивихи й підвивихи шийних хребців за наявності загрозливих для життя явищ; ушкодження з повним порушенням цілісності стінки (усіх оболонок) глотки, стравоходу, гортані, трахеї, головних бронхів, незалежно від того, з боку шкіряних покривів чи з боку слизової оболонки (просвіту органа) вони заподіяні; закриті переломи під'язикової кістки, закриті й відкриті ушкодження ендокринних залоз, які розташовані в ділянці шиї (щитоподібної, парашитоподібної, тимуса – у молодих тварин) – за наявності загрозливих для життя явищ; ушкодження грудної клітки, котрі проникли в плевральну порожнину, порожнину перикарду чи середостіння, в тому числі й без ушкодження внутрішніх органів; ушкодження живота, котрі проникли в черевну порожнину, у тому числі й без ушкодження внутрішніх органів; відкриті ушкодження внутрішніх органів, розміщених в заочеревинному просторі (нирок, наднирників, підшлункової залози) і в порожнині тазу (сечового міхура, матки, яєчників, міхурцевої, передміхурової, цибулино-сечівникової залоз, передньої і середньої третини прямої кишки, тазової частини уретри); закриті ушкодження органів грудної, черевної й тазової порожнин, діафрагми – за наявності загрозливих для життя явищ; відкриті переломи тіла плечової, стегнової і більшої гомілкової кісток, кісток тазу за наявності загрозливих для життя явищ; ушкодження, що спричинили шок тяжкого ступеня, масивну крововтрату, коматозний стан, гостру ниркову, печінкову недостатність, гостру недостатність дихання, кровообігу, гормональну дисфункцію, гострі розлади регіонарного і органного кровообігу, жирову чи газову емболію; ушкодження великих кровоносних судин за наявності загрозливих для життя явищ; ушкодження, спричинені загальною дією високої температури, термічних опіків та опіків, спричинених

дією концентрованих розчинів ідкіх хімічних речовин за наявності загрозливих для життя явищ; ушкодження, спричинені впливом низької температури, променової енергії, електричного струму, а також баротравмою за наявності загрозливих для життя явищ; отруєння речовинами будь-якого походження з перевагою як місцевої, так і загальної дії (у тому числі і кормові токсикоінфекції) за умови, що в клінічному перебігу мали місце загрозливі для життя явища; усі види механічної асфіксії, що супроводжувалися комплексом розладів функції центральної нервової системи, серцево-судинної системи та органів дихання, котрі загрожували життю тварини, за умови, що це встановлено об'єктивними клінічними даними.

Другим критерієм шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості, є *відсутність наслідків шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, у вигляді втрати будь-якого органа, частини тіла або втрати органом його функцій*. Під наслідком ушкодження необхідно розуміти повне загоєння ушкодження і зникнення хворобливих змін, які були ним обумовлені. Це не виключає можливості збереження стійких наслідків ушкодження (рубця, анкілозу, укорочення кінцівок, деформації суглоба тощо). Наслідком шкоди, заподіяної здоров'ю тварини може бути один з таких: повне одужання, катліцтво і смерть.

Не загрозливими для життя ушкодженнями, що належать до тяжких за кінцевим результатом та наслідками є втрата будь-якого органа чи втрата органом його функцій: втрата зору, слуху, нюху, кінцівок, язика, зубів, репродуктивної здатності тварини.

Третім критерієм шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості, є *тривалий розлад здоров'я строком понад 21 добу*.

Під *розладом здоров'я* необхідно розуміти порушення нормальної діяльності організму, стійке порушення режиму звичного існування (життя) домашньої тварини, втрату нею здатності до загального господарського або спеціального використання, втрату можливості самостійного існування дикої чи безпритульної тварини в оточуючому середовищі, або розвитку хворобливого процесу, які безпосередньо спричинені різними екзогенними чинниками.

В цілому, розлад здоров'я тварини, за тривалістю в часі, може бути: тимчасовим (короткочасним), що має незначні скороминущі наслідки, тривалістю не більш як 6 діб; тимчасовим (короткочасним), що спричинило короткочасний розлад здоров'я тривалістю понад 6-и діб, проте не більше 21 доби; тривалим – понад 21 добу; стійким (постійним), якщо протягом усього життя тварини існує незворотна втрата нормальної функції організму, котра повністю вже ніколи не відновиться.

Наведемо приклад із власної судово-експертної практики. Із постанови слідчого відомо, що громадянин, реалізуючи свій злочинний умисел, спрямований на знущання над твариною, порушуючи загальноприйняті норми поведінки, прив'язав собаку до свого автомобіля за допомогою металевого ланцюга, після чого сів за кермо та розпочав рух, обравши таку швидкість, що собака не встигав бігти поруч з автомобілем, не мав змоги стати в природне анатомічне положення, тобто на чотири кінцівки, та впав і волочився по асфальтованій дорозі позаду автомобіля. Таким чином, тварині було спричинено біль, муки, страждання, що виразилося в отриманні собакою за кличкою «Барсик» ушкоджень анатомічної цілісності тканин (рис. 1–3).

Для встановлення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварині, слідчим було призначено судово-ветеринарну експертизу.



Рисунок 1. Поверхневі, відкриті, не проникаючі, забиті рани грудної кінцівки собаки за кличкою «Барсик». Макрофото станом на 21.11.2019



Рисунок 2. Рубці в ділянках травми грудної кінцівки собаки за кличкою «Барсик». Макрофото станом на 26.12.2019

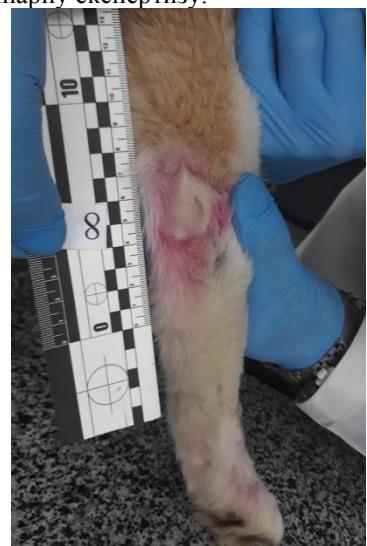


Рисунок 3. Рубці в ділянці правого ліктьового суглоба у собаки за кличкою «Барсик». Макрофото станом на 26.12.2019

(Із архіву ННЦ «Інститут судових експертиз ім. М. С. Бокаріуса», м. Харків)

За результатами проведеної первинної судово-ветеринарної експертизи 21.11.2019 року, тобто на 4-у добу після події правопорушення, експерт прийшов до висновку, що визначити ступінь тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю собаці за кличкою «Барсик» не виявляється за можливе, оскільки клінічні ознаки тілесних ушкоджень знаходяться в стадії гострого запалення і процес їх загоєння триває. На момент проведення експертизи ушкодження, спричинені собаці за кличкою «Барсик», сумісні з життям, а клінічний стан собаки характеризується середньою тяжкістю.

За результатами проведеної додаткової судово-ветеринарної експертизи 26.12.2019 року, тобто на 35-у добу після події правопорушення, експерт прийшов до висновку, що собака за кличкою «Барсик» в посттравматичному періоді після завершення лікування знаходиться в задовільному стані. Ушкодження, заподіяni собаці, є такими, що не спричинили небезпеки для життя, відсутня втрата будь-якого органа, відсутня втрата органами їх функцій, відсутнє знівечення окремих ділянок тіла, проте встановлено тривалий розлад здоров'я тварини (35 діб), що призвело до обмеження життєдіяльності тварини протягом цього терміну. Ці ознаки свідчать про те, що виявлені тілесні ушкодження у собаки за кличкою «Барсик», відносяться до середнього ступеня тяжкості з тривалим розладом здоров'я, тобто понад 21 добу.

Четвертим критерієм шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості, є *стійка втрата роботоздатності строком понад 21 добу*.

Втрата роботоздатності – це такий стан здоров'я (функцій організму) тварини, обумовлений захворюванням, наслідком травми, патологічним станом, котрий унеможливлює виконання роботи визначеного обсягу, характеру та якості (загально-господарське і спеціальне використання) без шкоди здоров'я.

Під загальною господарським використанням тварини необхідно розуміти її здатність до виконання корисної «некваліфікованої» роботи, тобто такої, для виконання якої не потрібно тварину спеціально дресиравати чи привчати для вироблення й закріплення в неї різних навичок на основі умовних рефлексів (підпорядкування людині, перевезення вантажів тощо).

Спеціальне використання тварини передбачає її здатність до виконання корисної «кваліфікованої», спеціалізованої роботи, тобто такої, для виконання якої потрібно цілеспрямовано формувати і закріпити комплекс потрібних людині навичок (автоматичної дії, що здійснюється без помітної участі свідомості, раціонально, досить швидко і правильно, без зайвих витрат фізичної та психічної енергії) на основі різних умовних рефлексів шляхом спеціального дресирання чи привчання з метою пошуку матеріальних об'єктів будь-якого типу, захисту в певних обставинах, охорони об'єктів довкілля, участі в спортивних та видовищних заходах тощо.

В цілому, втрата роботоздатності твариною за тривалістю в часі може бути: короткочасною – три-валістю не більш як 6 діб; короткочасною, що спричинила розлад здоров'я тривалістю понад 6-и діб, проте не більше 21 доби; тривалою – понад 21 добу; стійкою (постійною), якщо протягом усього життя тварини існує незворотна втрата нормальної функції організму, котра повністю вже ніколи не відновиться.

Судово-ветеринарна експертиза з метою встановлення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини проводиться судово-ветеринарним експертом шляхом ветеринарного обстеження підекспертної живої тварини, трупа тварини чи його частин, а також проведенні експертизи за матеріалами справи. У разі відсутності такого експерта, ветеринарне дослідження потерпілої тварини може бути проведено лікарем ветеринарної медицини, який має освітній рівень спеціаліста або магістра і є компетентним в цій сфері ветеринарної діяльності. При цьому цей фахівець ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, не визначає, вказуючи лише локалізацію, характер, вид ушкодження тощо та фіксує ці відомості у ветеринарних документах (історії хвороби тварини, картці амбулаторно хворої тварини тощо).

Наслідки шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середнього ступеня повинні перебувати з такою шкодою у прямому необхідному причинно-наслідковому зв'язку та має бути підтверджений об'єктивними клінічними дослідженнями підекспертної тварини.

Оцінювати ступінь тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, в т.ч. й середньої тяжкості, доцільно за результатами, що визначилися з часом і мають остаточний вигляд посттравматичних ушкоджень, тобто після повного загоєння ушкоджень чи за інших наслідків протікання посттравматичного процесу, проте не раніше ніж через 30 діб від моменту травмування.

Висновки

- Запропоновані ознаки шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості базуються на принципах формальної логіки, діалектики, системно-структурного аналізу, моделювання, порівняння.

- Критеріями шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середньої тяжкості є: відсутність ознак небезпечних для життя; відсутність наслідків шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, у вигляді втрати будь-якого органа, частини тіла або втрати органом його функцій; тривалий розлад здоров'я строком понад 21 добу; стійка тривала втрата роботоздатності тварини строком понад 21 добу.

- Оцінювати ступінь тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, в т.ч. й середньої тяжкості, доцільно за результатами, що визначилися з часом і мають остаточний вигляд посттравматичних ушкоджень чи за інших наслідків протікання посттравматичного процесу, проте не раніше ніж через 30 діб від моменту травмування.

4. Наслідки шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середнього ступеня повинні перебувати з такою шкодою у прямому необхідному причинно-наслідковому зв'язку та має бути підтверджений об'єктивними клінічними дослідженнями підекспертної тварини.
5. Суб'єктами судово-ветеринарного визначення ступеня шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, в Україні є лікарі ветеринарної медицини, котрі мають кваліфікацію судового експерта за спеціальністю 18.1 «Ветеринарні дослідження».
6. Розроблена, систематизована і обґрунтована нами система ознак шкоди, заподіяної здоров'ю тварини середнього ступеня, здатна позитивно вплинути на ефективність проведення і результативність судово-ветеринарної експертизи, надання обґрунтованого й об'єктивного висновку експерта в категоричній формі.

References

- Zapara S. I., Fotina H. A., Klochko A. M., Fotina T. I., Yatsenko I.V. Revisiting legal understanding of wild life as a sustainable value (the case of Ukraine). *Journal of Environmental Management and Tourism*, [S.I.], v. 10, n. 1, p. 14-21, may 2019. doi: [https://doi.org/10.14505/jemt.v10.1\(33\).02](https://doi.org/10.14505/jemt.v10.1(33).02).
- Yatsenko I.V., Zapara S.I., Zon G.A., Ivanovskaya L.B., Klochko A.M. Animal Rights and Protection against Cruelty in Ukraine. *Journal of Environmental Management and Tourism*, [S.I.], v. 11, n. 1, p. 91-103, apr. 2020. ISSN 2068-7729. [https://doi.org/10.14505/jemt.11.1\(41\).11](https://doi.org/10.14505/jemt.11.1(41).11).
- Yatsenko I. V., Kliuiev O. M., Derecha L. M., Simakova-Iefremian E. B., Bulavina V. S. Zabezpechennia blahopoluchchia domashnikh i silskohospodarskykh tvaryn ta yikh zakhyst vid zhorstokoho povodzhennia v pravovomu poli Yevropeiskoho Soiuza. Perspectives of world science and education. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2020. Pp. 869-881. URL: <http://sci-conf.com.ua>.
- Holovko I. A. Kryminalna vidpovidalnist za zhorstoke povodzhennia z tvarynamy: avtoref. dys.... k.iu.n. : 12.00.08. Kyiv, 2010. 20 s.
- Landina A. V. Kryminalno-pravova okhorona moralnosti v Ukraini : avtoref. dys. ... k.iu.n. : 12.00.08. Kyiv : Instytut derzhavy ta prava, 2005. 22 s.
- Turska V. O. Administrativno-pravove rehuliuvannia zakhystu tvaryn vid zhorstokoho povodzhennia : dys. ... k.iu.n. : 12.00.07. Odesa, 2016. 232 s.
- Kalmykov D. O., Danylevskyi A. O. Kryminalna ta administrativna vidpovidalnist za zhorstoke povodzhennia z tvarynamy : monohrafiia. Luhansk : RVV LDUVS im. E. O. Didorenka, 2013. 615 s.
- Shumilo O. O. Kryminolohichna kharakterystyka ta zapobihannia zhorstokomu povodzhenniu z tvarynamy: dysertsia ... k.iu.n. / 12.00.08 – kryminalne pravo ta kryminolohii; kryminalno-vykonavche pravo. Kharkiv, 2016. 206 s.
- Sims, VK ; Chin, MG ; Yordon, RE. Don't be cruel: Assessing beliefs about punishments for crimes against animals. *Anthrozoos*. 2007. 20(3). 251-259. doi: 10.2752/089279307X224791.
- McEwen, BJ. Trends in Domestic Animal Medico-Legal Pathology Cases Submitted to a Veterinary Diagnostic Laboratory 1998-2010. *Journal of forensic sciences*. 2012. 57(5). 1231-1233. doi: 10.1111/j.1556-4029.2012.02123.x.
- Gerdin, JA ; McDonough, SP. Forensic Pathology of Companion Animal Abuse and Neglect. *Veterinary pathology*. 2013. 50(6). 994-1006. doi: 10.1177/0300985813488895.
- Yatsenko I. V., Derecha L. M. Mozhlyvosti sudovo-veterynarnoi ekspertyzy yak novoho vydru sudovykh ekspertyz. Teoriia ta praktyka sudovoї ekspertyzy i kryminalistyky: Zbirnyk naukovykh prats. Kharkiv: «Pravo», 2019. 19. 550-567. doi: <https://doi.org/10.32353/khrife.1.2019.044>.
- Yatsenko I. V., Zapara S. I., Zakhariev A. V. Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku sudovo-veterynarnoi ekspertyzy u Ukrayini. Teoriia ta praktyka sudovoї ekspertyzy i kryminalistyky : Zbirnyk naukovykh prats. Kharkiv : «Pravo», 2018. 18. 568-575.
- Yatsenko I. V., Parylovskyi O. I. Kolomoiets D. K. Obhruntuvannia pytan, shcho stavliatsia v ukhvali суду ta postanovi slidchoho pry pryznachenni sudovo-veterynarnoi ekspertyzy trupa tvaryny z oznakamy nasylnytskoi smerti vid zhorstokoho povodzhennia. Veternariia, tekhnolohii tvarynnystvta ta pryrodokorystuvannia: naukovo-praktychnyi zhurnal. 2019. 4. 184-197. doi: 10.31890/vttip.2019.04.34.
- Yatsenko I. V., Parylovskyi O. I. Novitni dosiahennia v sudovo-veterynarnii ekspertyzi tvaryn, postrazhdalykh vid zhorstokoho povodzhennia. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii im. S.Z. Hzhynskoho. Seriia : Veternarni nauky. 22. 97. 95-105. doi: 10.32718/nvlvet9716.
- Yatsenko I. V., Derecha L. M., Parylovskyi O. I. Osoblyvosti struktury vysnovku sudovo-veterynarnoho eksperta za rezultatamy doslidzhennia trupa tvaryny z oznakamy nasylnytskoi smerti. Teoriia ta praktyka sudovoї ekspertyzy i kryminalistyky : zb. nauk. pr. Kharkiv: Pravo, 2020. 21. 615-639. doi: <https://doi.org/10.32353/khrife.1.2020.044>.
- Yatsenko I. V., Parylovskyi O. I. Prykhodko I. Sudovo-veterynarni oznaky shkody zdoroviu, nebezpechnoi dla zhyttia tvaryny. Veternariia, tekhnolohii tvarynnystvta ta pryrodokorystuvannia: naukovo-praktychnyi zhurnal. 2019. 5. 239-245. doi: 10.31890/vttip.2020.05.42.
- Yatsenko I. V., Parylovskyi O. I., Zhylina V. M. Poriadok sudovo-veterynarnoho vstanovlennia stupenia tiazhkosti shkody, zapodianoi zdoroviu tvaryny. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhynskoho. Seriia: Veternarni nauky. 2020. 22 (99). 182–192. doi: 10.32718/nvlvet9928.
- Instruktsiia pro pryznachennia i provedennia sudovykh ekspertyz (Nakaz Ministerstva yustysii Ukrayni vid 08.10.1998 r. № 53/5 (u redaktsii nakazu Ministerstva yustysii Ukrayni vid 26.12.2012 № 1950/5)).
- Kryminalnyi protsesualnyi kodeks Ukrayni № 4651-VI.
- Pro sudovu ekspertyzu: Zakon Ukrayni vid 25.02.1994, № 4038-XII.

**Deutsche internationale Zeitschrift für
zeitgenössische Wissenschaft**
...
Nº4 2021
VOL. 1

Deutsche internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft ist eine internationale Fachzeitschrift in deutscher, englischer und russischer Sprache.

Periodizität: 24 Ausgaben pro Jahr
Format - A4
Alle Artikel werden überprüft.
Freier Zugang zur elektronischen Version des Journals

- Edmund Holst (Salzburg) AT
- Michaela Meissner (Köln) DE
- Klara Amsel (Liège) BE
- Briana French (Cambridge) GB
- Joleen Parsons (Manchester) GB
- Dragomir Koev (Sofia) BG
- Stanislav Štěpánek (Praha) CZ
- Valeriya Kornilova (Kyiv) UA
- Dmitriy Aksenov (Lviv) UA
- Valentin Bragin (Moscow) RU
- Mirosław Bednarski (Warsaw) PL
- Daniela Villa (Florence) IT
- Mattia Molteni (Rome) IT
- Sylwia Krzemińska (Ljubljana) SI
- Käte Kraus (Vienna) AT
- Eleonora Lehmann (Berlin) DE
- Alexander Dressler (Marseille) FR
- Zdzisław Małecki (Warsaw) PL
- Adrián Borbély (Budapest) HU

**German International Journal of Modern
Science**
...
Nº4 2021
VOL. 1

German International Journal of Modern Science is an international, German/English/Russian/Ukrainian language, peer-reviewed journal.

Periodicity: 24 issues per year
Format - A4
All articles are reviewed.
Free access to the electronic version of journal.

- Edmund Holst (Salzburg) AT
- Michaela Meissner (Köln) DE
- Klara Amsel (Liège) BE
- Briana French (Cambridge) GB
- Joleen Parsons (Manchester) GB
- Dragomir Koev (Sofia) BG
- Stanislav Štěpánek (Praha) CZ
- Valeriya Kornilova (Kyiv) UA
- Dmitriy Aksenov (Lviv) UA
- Valentin Bragin (Moscow) RU
- Mirosław Bednarski (Warsaw) PL
- Daniela Villa (Florence) IT
- Mattia Molteni (Rome) IT
- Sylwia Krzemińska (Ljubljana) SI
- Käte Kraus (Vienna) AT
- Eleonora Lehmann (Berlin) DE
- Alexander Dressler (Marseille) FR
- Zdzisław Małecki (Warsaw) PL
- Adrián Borbély (Budapest) HU

Artmedia24

Anschrift: Industriestraße 8, 74589 Satteldorf
Deutschland.

E-mail: info@dizzw.com
WWW: www.dizzw.com

Chefredakteur: Reinhart Roth

Druck: Einzelfirma Artmedia24, Industriestraße
8,74589 Satteldorf Deutschland

Die Hersteller der Zeitschrift sind nicht
verantwortlich für die in der Zeitschrift
veröffentlichten Materialien.

Die Autoren sind für die Richtigkeit der im
Artikel enthaltenen Informationen
verantwortlich. Die Meinung der Hersteller
spielt möglicherweise nicht die Ansichten des
Autoren wieder.

Bei Nachdruck ist ein Verweis auf der Zeit-
schrift erforderlich. Materialien werden in der
Ausgabe des Autoren veröffentlicht.

Artmedia24

Address: Industriestrasse 8,74589 Satteldorf
Germany.

E-mail: info@dizzw.com
WWW: www.dizzw.com

Editor in chief: Reinhart Roth

Printing: Artmedia24, Industriestrasse 8,74589
Satteldorf Germany.

Editorial board of journal is not responsible for
the materials published there.

Authors are responsible for the accuracy of arti-
cles contained information.
Opinion of editorial board may not coincide
with the opinion of authors published materials.

In case of materials reprinting - link to journal is
required.

Materials are publishing in native author's edi-
tion.

ISSN (Print) 2701-8369

ISSN (Online) 2701-8377

Edition: № 4/2020 (January) – 4st

Passed in press in January 2021

Printed in January, 2021

Printing: Artmedia24, Industriestrasse 8,
74589 Satteldorf, Germany.



© Artmedia24

© Deutsche internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft / German International Journal
of Modern Science

