



#9 (49), 2019 część 3

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)

Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

#9 (49), 2019 part 3

East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)

The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood(University College
London)**

**Igor Dziedzic (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**

Kehan Schreiner(Hebrew University)

**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Anthony Maverick(Bar-Ilan
University)**

**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**

**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**

**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**

**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood(University College
London)**

**Igor Dziedzic (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**

Kehan Schreiner(Hebrew University)

**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Anthony Maverick(Bar-Ilan
University)**

**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**

**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**

**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**

**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 kopii.

**Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie
85/21, 02-001 Warszawa, Polska»**

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo
Naukowe**

**Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001
Warszawa, Polska**

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

1000 copies.

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-
001 Warsaw, Poland»**

East European Scientific Journal

**Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw,
Poland**

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

Ісайко Н. Б.

СТАНОВЛЕННЯ ПОНЯТТЯ ІСТОРИЧНОГО АРЕАЛУ У ЗАКОНОДАВСТВІ УКРАЇНИ4

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Самчук І. М., Черняков Є. О.

АНОМАЛІЇ ПРИРОДНОГО РАДІОАЦІЙНОГО ФОНУ, ЯК ПОШУКОВА ОЗНАКА ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ.....7

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Захаренко В.С, Ключенкова Е.С., Белозеров А.А., Дзапаров С.А.

К ВОПРОСУ О СУЩЕСТВОВАНИИ СОЛЯНЫХ ДИАПИРОВ В АРКТИКЕ С ПОЗИЦИИ РИФТОГЕНЕЗА12

Dorjnamjaa, D., Voinkov, D.M., Altanshagai, G., Enkhbaatar, B

ON THE LOWER CAMBRIAN KHASAGTIAN GROUP OF THE ICHNOFOSSILS AND SOFT- BODIED FAUNA OF THE ZAVKHAN PHOSPHATE BASIN IN WEST MONGOLIA18

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Grigoriev-Friedman S.N.

CZUJNIK PANORAMICZNEGO WYKRYWANIA CELÓW I ZNISZCZENIA WROGA W MODULOWANEJ WIĄZCE LASEROWEJ W 3D - PRZESTRZEŃ LADOGA-1M.....31

Miroshnikov V. Yu.

INVESTIGATION OF THE STRESS STATE OF A COMPOSITE IN THE FORM OF A LAYER AND A HALF-SPACE WITH A CYLINDRICAL TUBE AT GIVEN STRESSES ON THE BOUNDARY SURFACES34

Budashko V., Shevchenko V.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ БАГАТОМАСОВОЮ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ38

Гасумов Р. А., Гасумов Э. Р.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИЙ43

Лаптев О. А., Половінкін І. М., Мусієнко А. П., Ключовський Д.В.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДА ПРОНІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ РАДІОМОНІТОРИНГУ53

Мельник В. М.

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ У ВІБРАЦІЙНО-АКУСТИЧНОМУ ЕКСТРАКТОРІ58

Сайда С.К.

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ, ЗАПОЛНЕННОЙ БЕТОНОМ.....63

Shuryberko M., Shabliy T., Gomelya M., Gluchenko N.

THE DEOXYGENATION OF WATER BY BATCH ON THE IRON CONTAINING COMPOSITES BASIS65

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ismailov M.I., Jafarova S.I.

VECTOR-VALUED GENERALIZATION OF CONTINUOUS FRAMES AND THEIR NOETHERIAN PERTURBATIONS72

Багыров Ш.Г., Гулуева К.А.

ОТСУТСТВИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ СЛАБО СВЯЗАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛУЛИНЕЙНЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА79

АРХИТЕКТУРА

Isaiko N.B.

architect, graduate student

National Academy of Arts and Architecture

Ukraine, Kyiv

DEVELOPMENT OF THE HISTORICAL AREA CONCEPT IN THE LEGISLATION OF UKRAINE

Ісайко Н. Б.

архітектор, аспірант

Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури

Україна, Київ

СТАНОВЛЕННЯ ПОНЯТТЯ ІСТОРИЧНОГО АРЕАЛУ У ЗАКОНОДАВСТВІ УКРАЇНИ

Summary. The article analyzes the formation of the concept of "historical area" in scientific research and legislative and regulatory documents of Ukraine on the protection of historical and cultural heritage. "Historic Areas" is a separate specially designated territory of historical and cultural significance with approved boundaries, which should be considered as a specific object of urban planning in order to preserve the historical or traditional environment of a historic city. The historical informative content of the city depends entirely on how accurately the nature of the relationship between urban planning heritage, the natural environment and human life at different historical stages will be reproduced. Proper definition of the historic area sets the direction and limits of its analysis and it is by means of a comprehensive approach that the protection of cultural heritage can be ensured in the context of the modern settlement.

Анотація. У статті аналізується становлення поняття «історичний ареал» у наукових дослідженнях і законодавчих та нормативних документів України з питання охорони історико-культурної спадщини. Історичний ареал є окремою спеціально виділеною територією історико-культурного значення з затвердженими межами, яка має розглядатися як специфічний об'єкт містобудівного проектування задля збереження історичного або традиційного середовища історичного міста. Історична інформативність міста цілком залежить від того, наскільки точно буде відтворено характер взаємозв'язків містобудівної спадщини, природного оточення і життєдіяльності людини на різних історичних етапах. Правильне визначення історичного ареалу встановлює напрямок та межі його аналізу та саме за допомогою комплексного підходу можна забезпечити охорону культурної спадщини в умовах сучасного населеного пункту.

Key words: Historical area, heritage, historical city, urban planning.

Ключові слова: Історичний ареал, спадщина, історичне місто, містобудування.

Однією з важливих юридичних новацій Закону України "Про охорону культурної спадщини" є запровадження поняття "історичний ареал". Історичний ареал населеного місця характеризується як частина історичного населеного місця, що зберегла старовинний вигляд, розпланування та форму забудови, типові для певних культур або періодів розвитку, а також традиційний характер середовища – історично успадкований вигляд й об'ємно-просторовий устрій історичного населеного місця [4]. Історичний ареал є окремою спеціально виділеною територією історико-культурного значення з затвердженими межами, яка має фіксуватися в усіх землепорядних і містобудівних документах та розглядатися як специфічний об'єкт містобудівного проектування [4]. Значна частина територій історичних ареалів, а саме: території пам'яток та їхніх охоронних зон, заповідники, охоронювані археологічні території належать до земель історико-культурного призначення [8]. У межах певного населеного місця може бути визначено один або кілька історичних ареалів.

Так як для самобутності історичних міст загрозою завжди було втручання нової забудови в історичне середовище, особливо у наш час, коли існує небезпека того, що зростаюча універсальність методів будівництва й архітектурних форм здатна призвести до створення одноманітного оточення, збереження історичного або традиційного середовища в такому разі може стати видатним внеском у справу охорони культурних і соціальних цінностей країни й таким чином одночасно сприяти збагаченню світової культурної спадщини в галузі архітектурного та містобудівного мистецтва.

На правовому рівні питання охорони історико-культурної спадщини почали активно дебатуватися ще після Другої світової війни. Але питання «історичного ареалу» чи навіть «історичного міста», як окремої категорії, тоді ще не порушувалось. У 1964 році, у Венеціанській хартії про консервацію й реставрацію пам'яток та визначних місць, поняття "історична пам'ятка" (пам'ятка, що підлягає охороні й реставрації) також було поширене на "міське чи сільське середовище, що має характерні ознаки певного типу

цивілізованості" [1]. У 1976 році, в ухвалі конференції ЮНЕСКО щодо "історичних ансамблів", поняття "історичний ансамбль" вживалося стосовно сукупності будівель, споруд та прилегло до них відкритого простору, яка становить певну цілісність і є археологічною, архітектурною, історичною, естетичною та соціокультурною цінністю [1].

Також питання збереження культурної спадщини ще в радянську добу розглядалося фахівцями інституцій - НДІ теорії та історії архітектури та містобудування (НДІПАМ) та КиївДДІМістобудування, де були розроблені методики історико-містобудівних та пам'яткоохоронних досліджень населених місць. Свого часу «Методичні рекомендації по дослідженню історико-архітектурного надбання в містах Української ССР» [9] започаткували низку подальших науково-методичних студій.

Вперше термін "історичні ареали населених місць" був закріплений у Законі України "Про охорону культурної спадщини" від 8.06.2000 р. Можна припустити, що поява даного терміну в українському законодавстві спричинена впливом міжнародних документів, зокрема, Міжнародною хартією про охорону історичних міст (Вашингтонської хартією) від 1.01.1987 р., яка англійською мовою має назву Washington Charter for the Conservation of Historic Towns and Urban Areas [1]. Так, у Вашингтонській хартії визначено, що вона стосується історичних міст, великих і малих, історичних центрів і кварталів з їхнім природним чи створеним людиною оточенням, котрі, крім власних якостей історичного документа, уособлюють цінності, властиві традиційним міським цивілізаціям [2]. Проте, Вашингтонська хартія не дає визначення безпосередньо історичних ареалів населених місць, але наводить цінності, що підлягають охороні. Це – історичний характер міста і сукупність матеріальних і духовних складових, які виражають його образ, а саме:

- a) форма міста, яка визначається мережею вулиць і розплануванням на ділянки;
- b) зв'язок між різними міськими просторами: забудованими, вільними та озелененими;
- c) форма і вигляд споруд (внутрішній і зовнішній), обумовлені своєю структурою, об'ємом, стилем, масштабом, матеріалом, кольором і декором;
- d) зв'язки міста з навколишнім середовищем, природним і створеним людиною; e) різні призначення міста, набуті ним під час історичного розвитку.

У наш час, у низці сучасних наукових праць, вулиці та площі цілком прийнятно отримують статус пам'яток містобудування. Але, на думку В. Тимофійко, зберігається застарілий і звичайний об'єктний підхід до розуміння культурних цінностей - пам'яткою часто вважаються лише ті, яких можна торкнутися, відсутнє розуміння того, що таке історичне середовище. Якщо об'єкт фігурує як пам'ятка містобудування, то прагнучи

дотримуватись міжнародних стандартів, треба передусім професійно аналізувати саме простір [3].

Є. Водзинський також зауважував, що охорона об'єктів містобудівної спадщини не є належною: «Їх збереженню як самостійних цілісним утворень практично не приділяється уваги. Здійснюється переважно реставрація і підтримка окремих цінних будинків і споруд, що входять до їх складу. В збереженні культурної спадщини залишається в силі застарілий поштучний підхід. Суто містобудівні якості давніх комплексів як цілісних утворень, а саме територіально-розпланувальна структура, образні і композиційно-художні ознаки, об'ємно-просторова побудова, внутрішні і зовнішні ансамблеві зв'язки, особливості формування і функціонування враховуються дуже поверхово, або взагалі не враховуються» [5].

У свою чергу Л. Прибега акцентує на необхідності охорони просторового каркасу історичного міста «Просторовий устрій історичного ареалу матеріально визначається такими складовими, як ландшафт, планувальна мережа та забудова разом з пам'ятками» [6] та пропонує визначення: «Історичний ареал – це історично успадкована сукупність об'єктів забудови, у тому числі й осібних пам'яток, локальних комплексів та ансамблів, пам'ятних місць, організованих територіально» [7].

Після прийняття Закону України "Про охорону культурної спадщини" від 8.06.2000 року було прийнято ряд підзаконних актів, а саме – Постанов Кабінету Міністрів від 13.03.02 р. №318 «Про затвердження Порядку визначення меж та режимів використання історичних ареалів населених місць, обмеження господарської діяльності на території історичних ареалів населених місць» та від 26.06.01 р. №878 «Про затвердження Списку історичних населених місць України», що в цілому створило в Україні правове поле та випрацювані методологічні засади для розвитку територіального принципу охорони пам'яток. До числа історичних прийнято захищувати міста, вік яких сягає понад 300 років, а також усі обласні центри, незалежно від їхнього віку (з огляду на зосереджені в них містобудівні й культурні цінності). Проте чітких критеріїв зарахування міст і, особливо, селищ міського типу до числа історичних місць не вироблено.

Визначення поняття історичного ареалу міститься також в Порядку визначення меж та режимів використання історичних ареалів населених місць, обмеження господарської діяльності на території історичних ареалів населених місць від 13.03.2002 р. № 318. Згідно пункту б вказаного Порядку історичний ареал – це найбільш освоєна в минулому і добре збережена частина території населеного місця, що відрізняється традиційним характером середовища і значною кількістю об'єктів культурної спадщини від інших, менш освоєних або погано збережених частин населеного місця.

Відповідно до ст. 1 Закону України "Про охорону культурної спадщини" традиційний

характер середовища – це історично успадкований вигляд та об'ємно-просторова структура історичного населеного місця.

Порівнюючи визначення історичних ареалів населених місць у законодавстві, зазначимо, що по суті вони не є суперечливими, оскільки:

- вказують на те, що історичний ареал – це частина населеного місця;
- дана частина населеного місця повинна відрізнятися наявністю об'єктів культурної спадщини;
- ці об'єкти культурної спадщини мають історичне значення;
- така частина населеного місця повинна відрізнятися традиційним характером середовища (або ж об'єкти культурної спадщини повинні бути типовими для певних культур або періодів розвитку).

Але визначення у Порядку визначення меж та режимів використання історичних ареалів населених місць, обмеження господарської діяльності на території історичних ареалів населених місць від 13.03.2002 р. № 318 додає:

- що це добре збережена частина населеного місця;
- з значною кількістю об'єктів культурної спадщини;

На мій погляд таке уточнення зменшує можливість встановлення історичних ареалів та збереження мало насичених історичних міст. Адже надзвичайно важливим, щоб історичне місто розглядалося не лише як комплекс пам'яток, але й як живий організм з цілісним, притаманним лише йому історико-культурним образом, особливостями ментальності тощо.

Пріоритетним напрямком діяльності в межах історичних ареалів історичних населених місць є збереження традиційного характеру середовища, збереження містоформовної ролі архітектурної спадщини. Це визначає спрямування подальшого містобудівного і соціально-економічного розвитку відповідних населених місць. Виникнення історичного архітектурного простору і відповідного образу того чи іншого міста - результат складного взаємопроникнення ландшафтного та історико-культурного середовища.

В усі часи містобудівники намагалися максимально використати особливості ландшафту для створення функціонального й естетично привабливого середовища людської життєдіяльності. Історична інформативність міста цілковито залежить від того, наскільки точно буде відтворено характер взаємозв'язків містобудівної спадщини, природного оточення і життєдіяльності

людини на різних історичних етапах. Належить визначитися з типологією історичного міста, простежити специфічність його типових ознак та не обмежуватись насиченістю історичного простору. Тому правильне визначення історичного ареалу встановлює напрямок та межі його аналізу. Оскільки саме за допомогою комплексного підходу можна забезпечити охорону культурної спадщини в умовах сучасного населеного пункту одночасно із природним середовищем, що відповідає основним положенням концепції сталого розвитку. В той же час, складнощі із його встановленням та порушення вже встановленого режиму, тягнуть загрозу об'єктам культурної спадщини України.

1. Бевз О. Проблеми правового регулювання історичних ареалів населених місць в умовах запровадження в Україні концепції сталого розвитку (еколого-правовий аспект) / О. Бевз. // Юридичні науки. – 2012. – №92. – С. 61–66.

2. Washington Charter for the Conservation of Historic Towns and Urban Areas

3. Тимофієнко В. І. Місце пам'яток містобудування в системі культурної спадщини / В. І. Тимофієнко. // Культурна спадщина в контексті "Зводу пам'яток історії та культури України". – 2015

4. Закону України "Про охорону культурної спадщини" (Відомості Верховної Ради України, 2000 р.)

5. Водзинський Є. Питання охорони містобудівної спадщини. / Є. Водзинський // АСУ – Київ, 1993. — Вип.1. — С.231-238

6. Прибега Леонід. Архітектурна спадщина України: пам'яткоохоронний аспект: монографія / Леонід Прибега // К.: Інститут культурології НАМ України, 2015. — Бібліогр.:

7. Праці Центру пам'яткознавства : [зб. наук. пр.] / ред. кол.: О.М. Титова (гол. ред.), В.І. Акуленко, В.Й. Борисенко [та ін.] ; //Центр пам'яткознавства Нац. акад. наук України і Укр. т-ва охорони пам'яток історії та культури. Вип. 5. – К., 2003. – 264 с

8. Бевз М. В. Методологічні основи збереження та регенерації заповідних архітектурних комплексів історичних міст (на прикладі Західної України) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. арх. наук : спец. 18.00.01 / Бевз Микола Валентинович – Харків 2004.

9. Научно-исследовательский и проектный институт градостроительства, г.Киев /КиевНИИПградостроительства/. Методические рекомендации по исследованию историко-архитектурного наследия в городах Украинской ССР – Киев, 1982.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.16:553.98(477-18)

*Самчук Ірина Миколаївна.**Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна.**Старший викладач.**Кандидат геологічних наук.**м. Харків, майдан Свободи 4, к. 6-66**Черняков Євгеній Олександрович**Український науково-дослідний інститут природних газів**Провідний інженер**м.Харків Гімназійна Набережна, 20*

АНОМАЛІЇ ПРИРОДНОГО РАДІОАЦІЙНОГО ФОНУ, ЯК ПОШУКОВА ОЗНАКА ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ.

*Samchuk Iryna**Chernyakov Evgen*

ANOMALIES OF THE NATURAL RADIOACTIVE BACKGROUND, AS A SEARCH SIGN OF HYDROCARBON DEPOSITS.

Abstract. Here we present data about studying of connection between of anomalies of the radioactive background and hydrocarbon deposits.

Studying of changes of the level of radioactivity over hydrocarbon deposits began at the beginning of the 20th century and still carries on.

Despite the century history, the degree of scientific grounding and general study of this issue is ambiguous, and it leaves a lot of under-illuminated aspects, among which the main issue is the nature of such anomalies and their forecasted value for the search for hydrocarbon deposits.

The historical study in the article allows the reader to get different views on the nature of radio anomalies over hydrocarbon deposits and the evolution of these views, which took place under the influence of the scientific and technological revolution.

The spread of radiation background anomalies on the territory of the Dnipro-Donets Rift with the binding to hydrocarbon deposits is considered in this article.

The indicated ways to determine the nature and features of the spread of radiogeochemical anomalies under different geological conditions will make it possible to use this parameter as a search feature for forecasting hydrocarbon deposits.

Анотація. Наводяться дані по вивченню зв'язку між аномаліями радіаційного фону та покладами вуглеводнів. Вивчення змін рівня радіоактивності над родовищами вуглеводнів розпочалось на початку ХХ сторіччя і продовжується до цього часу. Незважаючи на понад вікову історію, ступінь наукового обґрунтування та загальної вивченості цього питання досить неоднозначний і залишає багато недоосвітлених аспектів, серед яких головним є питання про природу таких аномалій та їх прогностичне значення для пошуків покладів вуглеводнів. Викладений у статті історичний нарис дозволяє читачу ознайомитись з різними поглядами на природу радіоаномалій над покладами ВВ та еволюцію цих поглядів, що відбувалась під впливом науково-технічної революції. У статті розглянуто розповсюдження аномалій радіаційного фону на території Дніпровсько-Донецької западини з прив'язкою до родовищ вуглеводнів. Наведені шляхи для визначення природи та особливостей розповсюдження радіогеохімічних аномалій у різних геологічних умовах дасть змогу використовувати цей параметр як пошукову ознаку для прогнозування покладів вуглеводнів.

Keywords. Hydrocarbons, Dnieper-Donets Rift, Radiogeochemistry Anomalies.

Ключові слова. Вуглеводні, Дніпровсько-Донецька западина, радіогеохімічні аномалії.

Вступ. Постановка проблеми.

Радіоактивність повсюдна: будь-яка місцевість характеризується певним природним радіаційним фоном. Як правило, його рівень невеликий і не представляє небезпеки для здоров'я, проте в зонах геологічних розломів концентрація такого, скажімо, радіоактивного елемента як радон може у багато разів перевищувати середньостатистичне значення. Мало того, що на долю радіонуклідів

радону припадає більше половини всієї тієї дози опромінення, яку в середньому отримує організм людини від природних і техногенних радіонуклідів навколишнього середовища,

На жаль, і людина своєю господарською діяльністю нерідко підвищує рівень радіації, наприклад, в процесі видобутку нафти і газу. При цьому радіонукліди, які містяться в глибинних водах і гірських породах, потрапляють в якості супутніх субстанцій на поверхню землі. Власне

кажучи, те, що відкладення на стінках нафтогазового промислового обладнання містять радіонукліди, відомо вже з 70-х років минулого століття. Підвищена концентрація радіонуклідів характерна і для продуктів фільтрації важкої нафти і сепарації газу, що накопичуються в фільтрах, сепараторах і відстійниках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Історія використання природнього радіаційного фону, як пошукової ознаки наявності родовищ вуглеводнів у літературі зустрічається починаючи з 1928 року [1, 2], але цілком ймовірно існування більш ранніх згадувань, які не були відомі автору.

Незважаючи на те, що перші дослідження по вивченню зв'язку радіаційного фону з нафтогазоносністю належали радянським вченим, розвиток та широке застосування у практиці пошукових робіт вони отримали у США. Так, у 1973 році Американським шахтним управлінням було видано циркуляр 8579 [3], де зроблено огляд 237 статей, які стосуються вивчення гамма-випромінювання як пошукової ознаки наявності покладів вуглеводнів (ВВ) на глибині. За даними авторів статей, виявилось наступне: ймовірність позитивного результату при застосуванні описуваної пошукової ознаки сягає 85%.

У згаданій публікації 1928 року [1, 2] об'єктом дослідження було Майкопське нафтове родовище, де по двох профілях, за допомогою іонізуючої камери проводились вимірювання радіоактивного поля. В результаті робіт, над покладом нафти шнуркового типу, було встановлено підвищення радіаційного фону, які були поза межами можливої похибки обчислення.

Поштовхом для початку широкомасштабних робіт з розробки радіогеологічних методів пошуку вуглеводнів стало впровадження у практику робіт обладнання на основі сцинтиляційних лічильників. Канадські дослідники [4] наводять дані змін радіаційного фону по аеро-гамма-радіометричному профілю, який перетинає нафтове родовище Redwater (Канада). У своїй наступній роботі [5] один із дослідників описує спостереження ділянки зниження радіаційного фону, що спів падає з проекцією центральної частини нафтового покладу на денну поверхню. Водночас з тим, для зон облямування родовища, характерними є навпаки, наростання значень радіоактивності. Виникнення таких своєрідних радіаційних аномалій пояснювалось явищем дифузійного транспортування водорозчинного радію з глибинних горизонтів до денної поверхні. Роль екранів у цьому процесі відводилась, саме покладам вуглеводнів, це пояснювало появу областей відносного зменшення значень радіоактивності над родовищами.

У наступні роки радіоактивною зйомкою було охоплено понад тридцять нафтогазових об'єктів, розташованих на території США і Канади. Результати свідчили, що більшість з них, тим чи іншим чином, проявляють себе у радіогеохімічних полях.

На території Радянського Союзу, одночасно з закордонними дослідниками, також продовжувались роботи з оцінки ефективності радіометричної зйомки. Для прогнозування вуглеводневих родовищ дослідження проводилися над відомими родовищами нафти і газу Західного Туркменістану, Нижнього Поволж'я та Передкавказ'я. Паралельно з вимірюванням радіоактивності і концентрацій радіоактивних елементів здійснювалося вивчення ряду геохімічних характеристик поверхневих відкладень, аналізувалися особливості геоморфологічної та літологічної будови територій. Був зроблений важливий висновок, що радіоактивні аномалії над вуглеводневими покладами є окремим випадком загальної епігенетичної трансформації геохімічних полів [6].

У процесі робіт з обробки отриманих матеріалів та розробки радіоактивних методів для пошуку родовищ нафти та газу, які проводились у лабораторії радіогеохімії та ізотопного аналізу всесоюзного науково-дослідного інституту ядерної геофізики і геохімії (ВНИЯГТ), були отримані фактичні дані по проведених наземних і аеро-гамма-зйомках, згідно з якими продуктивні та непродуктивні антиклінали ідентично проявляють себе в полях розподілу випромінювання природних радіоактивних елементів. Спираючись на матеріали гамма-каротажу глибоких свердловин та дані літологічного складу порід, було показано тісну кореляцію між значеннями радіоактивності та гранулометричним складом порід. При цьому для всіх стратиграфічних горизонтів спостерігалась стійка тенденція у збільшенні ступеню піскуватості склепінь успадкованих піднять з одночасним зростанням глинистості на крилах, що відбивалося на характері розподілу радіонуклідів. Тобто, збільшення значення радіаційного фону на крилах і зменшення у склепінній частині відповідає гранулометричним показникам складу порід [7].

Таким чином, трактування радіогеохімічного методу досліджень, як прямого пошукового методу, який повинен вказати на наявність чи відсутність покладу вуглеводнів у надрах (без зважання на геологічні особливості будови території) привело до дискредитації цього методу на досить тривалий час [8, 9].

Початок відродження програм радіогеохімічних досліджень розпочався у 80-х роках ХХ сторіччя. У США були опубліковані результати переінтерпретації гамма-спектрометричних даних по нафтогазоносних площах, отриманих в рамках реалізації програми NURE та інших аерогеофізичних робіт [9, 10-12], здійснені наземні гамма-радіометричні [9, 13] та радонові зйомки [14]. Розглянуто питання зв'язку радіоактивних аномалій з епігенетичною карбонатизацією порід [15], проаналізовано характер взаємовідносин між природними радіоактивними елементами [9, 16, 17]. Термолюмінесцентне радіометричне картування в значних об'ємах проводиться при оцінці нафтогазоносності ряду площ КНР [9, 18, 19]. Дослідно-методичні та пошукові роботи з

застосуванням радіоактивних методів проводяться в Росії [20-22], Ізраїлі [9, 23, 24] та Індії [9, 25].

Результати цих досліджень підтверджують наявність радіоактивних аномалій над родовищами нафти та газу, а автори дотримуються епігенетичної (успадкованої) природи порушень структури радіогеохімічних полів. Однак прогрес у розумінні процесу формування радіогеохімічних аномалій залишається недостатнім. У більшості статей даються посилання на відомі моделі виникнення аномальних ефектів, або вносяться в них незначні зміни [9].

Питання причин виникнення таких аномалій залишається однозначно не розкритим і досить дискусійним.

На території післярадянського простору ситуація ускладнюється ще й наявними обмеженнями доступу до матеріалів досліджень (більшість геологічних звітів минулих років має гриф «для службового користування» або «секретно», що не є актуальним на теперішній час).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

На території Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) дослідження радіоактивності при пошуках на нафту і газ пов'язувались на самперед з прогнозом родовищ уранової сировини для розвитку ядерної промисловості. Питання генетичного зв'язку між іонізуючим випромінюванням та покладами вуглеводнів загалом не було пріоритетним, хоча і зустрічається у фондових звітах Луканіна О.Л., Токарева Б.Д., Бугенко В.Н., Вржжкова В.А. та інших.

Загалом вивченням зв'язку геохімічних аномалій, у тому числі і радіогеохімічних, з покладами вуглеводнів займалися Суярко В.Г., Багрій І.Д., Гладун В.В., Троянов О.М., Цимбал О.О., Ковшиков А.О. та інші. У комплексній методиці прогнозування покладів вуглеводнів приповерхневими методами роль радіоаномалій досить неоднозначна. Як можна судити зі зробленого у першій частині статті аналізу досліджень і публікацій значення показників радіаційного фону над родовищами вуглеводнів змінюються, але не завжди зрозуміло у бік збільшення чи зменшення, від фонових показників. У межах Дніпровсько-Донецької западини існує.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В період з 2003 року по 2012 рік співробітниками відділу Геолого-промислових, гідрогеологічних та газогеохімічних досліджень (ГПГД) Українського науково-дослідного інституту природних газів (УкрНДІГаз) проводились первинні радіометричні дослідження, спрямовані на виявлення техногенно підсиленних джерел іонізуючого випромінювання, які потенційно можуть виникати в процесі експлуатації родовищ.

При транзиті флюїдів (вибій – ліфтова колонна – фонтанна арматура – шлейф установки комплексної підготовки газу(УКПГ)) в залежності від хімічного складу вод, мінералізації та термобаричних умов, радіоактивні речовини, якщо вони є у складі флюїду, накопичуються на різних

елементах обладнання – від насосно-компресорних труб до ємностей з сировиною та супутньо-промисловими водами (СПВ).

Облаштування УКПГ здійснюється із застосуванням великої кількості сепараційного обладнання, теплообмінників, різних ємностей (конденсату, води, інгібіторів та ін.), роздільників, трубопроводів змінного перерізу, з вузлами з'єднань, запірною арматурою та ін. Таким чином, технологічна схема підготовки газу до транспортування є досить складною. Внаслідок цього існує багато локальних ділянок і елементів, де можуть відкладатися та накопичуватися радіоактивні речовини. Єдина схема точок виміру не може досить повно відобразити картину, що складається в межах одного УКПГ. Нами визначені об'єкти, на яких накопичення радіоактивних речовин є найбільш вірогідним. До таких об'єктів відносяться наступні: вхідні трубопроводи свердловин, сепаратори, розділювачі, ємності накопичення сировини та, особливо, СПВ. На кожному елементі обладнання виміри виконуються у декількох точках. Окрема увага надається вхідним трубопроводам до обладнання, елементам, на яких влаштовуються труби різних діаметрів, днищем ємностей, сепараторів та розділювачів. В цілому ж виміри проводились на всій території промислових майданчиків УКПГ. В середньому на території УКПГ виконувалось 50-60 вимірів, в тому числі, з метою визначення можливих локальних забруднень в результаті розливі при промивці обладнання та інших технологічних операціях. Фонові значення визначалися за територією УКПГ на відстані 2-3 м від огорожи.

При дослідженнях, які проводилися на експлуатаційних свердловинах, виміри здійснювалися на фонтанній арматурі, викидних трубопроводах, шлейфах УКПГ, та біля амбарів. В середньому опрацьовувалось 10-15 точок для кожної свердловини.

Дослідження виконувались на родовищах вуглеводнів газопромислового управління (ГПУ) «Шебелинкагазвидобування», а у 2012 р. було виконано обстеження на об'єктах ГПУ «Полтавагазвидобування». Всього за час проведення робіт було виконано виміри на 52х родовищах, які належать ГПУ «Шебелинкагазвидобування» та на 10 родовищах ГПУ «Полтавагазвидобування». За результатами робіт було встановлено 19 родовищ, на елементах промислового обладнання яких зафіксовано підвищений рівень зовнішнього гамма-випромінювання зі значеннями що наближаються або перевищують 50 мкР/г, при нормі приблизно 10 мкР/г. До таких родовищ відносяться: Дружелюбівське нафто-газоконденатне родовище (НГКР), Гашинівське НГКР, Безлюдівське газоконденсатне родовище (ГКР), Наріжнянське НГКР, Юліївське НГКР, Скворцівське НГКР, Вишнівське ГКР, Північно-Коробочкинське НГКР, Березівське НГКР, Євгенівське ГКР, Абазівське ГКР, Котелівське ГКР, Опішнянське ГКР, Новотроїцьке ГКР, Гадацьке ГКР, Яблунівське ГКР, Матвіївське ГКР, Семенцівське ГКР.

При просторовій візуалізації об'єктів (побудові карти розташування ділянок), на яких зафіксовані підвищення рівня випромінювання, досить чітко простежується закономірність розташування зазначених об'єктів поза межами розповсюдження нижньопермських галогенових порід. Об'єкти вибудовуються низкою по зоні виклинювання порід микитівської світи нижньої пермі та у зонах розвитку розривних порушень (Котелевське ГКР, Березівське ГКР, Абазівське ГКР, Семенцівське ГКР). Це може опосередковано свідчити про генетичний зв'язок підвищеного радіаційного фону родовищ з супутніми пластовими водами, які є середою міграції розчиненого радону. Відомим фактом є підвищений вміст радону у джерелах, що розташовані в зоні відкритих палеозойських структур (курорти м.Слав'янська з радоновими водами), що належать до єдиного артезіанського басейну з супутніми водами родовищ вуглеводнів, де були зафіксовані підвищені показники фонових значень радіоактивності.

Підтвердженням можливості існування зв'язку радіоаномалій з міграцією розчиненого радону є «особлива» ситуація з родовищами у нижньопермсько-верхньокам'яновугільному газоносному комплексі. Відомо, що переважна більшість родовищ, приурочених до порід цього комплексу не має водної складової та гідродинамічних зв'язків з оточуючими породами, через що на них не було встановлено підвищених показників радіаційного фону під час буріння.

Крім того, при вивченні природи радіогеохімічних аномалій слід враховувати фактор вмісту вільного радону у породах колекторів та покришок. Так, наприклад, для пісковиків вміст радону в середньому дорівнює 133 Бк/м³, а для глин вже сягає 200 Бк/м³.

Висновки.

Наведені факти вказують на необхідність подальшого ретельного вивчення питання зв'язку радіогеохімічних аномалій з покладами вуглеводнів, що може бути використано для розробки принципово нового методу пошуку покладів ВВ. Як було зазначено вище, важливим фактором для аналізу значення показника радіогеохімічної аномалії є геологічна та гідрогеологічна ситуація на кожній конкретній ділянці надр, що потребує комплексного підходу та використання обчислювальної техніки.

Сучасний рівень розвитку комп'ютерної техніки та програмного забезпечення дає змогу за допомогою трьох вимірного моделювання та паралельної статистичної обробки великих масивів інформації [26-33] здійснити співставлення даних по аномаліях поверхневого радіаційного фону, глибинних аномаліях (виявлених по свердловинах), літології та тектоніці нафтогазоносних районів і виділити закономірності, що вказують на наявність покладів вуглеводнів. Спрощена схема обробки похідних неструктурованих даних може виглядати наступним чином: набуті під час спостережень статистичні дані за допомогою методів синтезу та інтерполяції (картографічні методи, SQL-запроси,

обчислення середніх значень, районування, бальна оцінка, статистичний аналіз, кореляційний аналіз, тощо) перетворюються на єдину базу даних яка складається з однорідної структурованої інформації. Ця інформація обробляється аналітиком з використанням еталонних об'єктів та створюється «шаблон закономірностей» змін значень, що відповідає наявності на даній ділянці покладу вуглеводнів. На даному етапі роботи важливим є врахування всіх наявних геоданих та визначення таких коефіцієнтів взаємозв'язків між ними, що можуть викривляти чи спотворювати отримані результати. Як приклад можна навести зменшення зафіксованих значень радіоактивності над склепінням покладу через літологічний склад пастки: збільшення глинистості на крилах – дає збільшення значень фону, а пісковитість склепіння, навпаки, приводить до зменшення фонових значень.

В подальшому розроблений «шаблон закономірностей» можна буде використовувати для прогнозу покладів вуглеводнів на територіях, що не достатньо вивчені бурінням і таким чином здешевити пошуково-розвідувальний процес на нафту і газ.

Крім того, процес розробки описаної вище методики з пошуку «шаблону закономірностей» дасть змогу більш глибоко зрозуміти зв'язок між вуглеводневими скупченнями та радіогеохімічними аномаліями, що фіксуються на поверхні. Адже, як видно з підрозділу «Аналіз останніх досліджень і публікацій» на даний момент ще не існує сформованого розуміння суті цього явища, а саме явище безперечно є. Складна фізика процесу розпаду та розподілу радіоактивних елементів, та, як наслідок, перетворення фазового складу вуглеводнів (радіоліз) потребує проведення міждисциплінарних геолого-радіофізичних досліджень, що зможуть дати розуміння процесів.

Література

1. U.S. Bureau of Mines, Radiometric exploration for oil (translated from a Russian paper), USBM Circular 6072, 1928, pp. 13-18.
2. Богоявленский Л.Н. Радиометрическая разведка нефти // Известия института прикладной геофизики ВСНХ СССР. – 1927 – вып.3. – С.113-122.
3. Armstrong, F.E., and Heemstra, R.J., Radiation halos and hydrocarbon reservoirs: a review, U.S. Bureau of Mines Information Circular 8579, 1973.
4. Lundberg H. Isford G. Oil prospecting with the radioactive method // World Petroleum. – 1953 – June 2. – P.40-42
5. Lundberg H. Low radiation over oil fields // Oil and Gas Journal. 1956. V. 54.
6. Алексеев Ф.А. Радиометрический поиск нефти, состояние разработки метода и опыт его применения // Разведка и разработка полезных ископаемых: Труды Всес. научно-техн. конф. по применению радиоактивных и стабильных изотопов и излучений в народном хозяйстве и науке. — М.: Гостоптехиздат, 1958. — С. 51—56.

7. Алексеев Ф.А., Готтих Ф.П., Воробьева В.Я. Закономерности в распределении радиоактивных элементов и естественного гамма поля радиоактивных областей (к вопросу о природе радиометрических аномалий) // труды ВНИИЯГТ. – М.: Недра, 1968. – Вып.2. – С.3-122
8. Davidson M.J. On the acceptance and rejection of surface geochemical exploration // *Oil and Gas Journal*. – 1994. – June 6. – P. 70–76.
9. Соболев И.С. Методы радиохимии при наземных поисках месторождений нефти и газа // *Известия томского политехнического института* – 2007. Т.311. №1 с.90-96
10. Morse J.G., Rana M.H. New perspectives on radiometric exploration for oil and gas // *Oil and Gas Journal*. – 1983. – June 6. – P. 87–90.
11. Sanders D.F., Tompson C.K. Integrated exploration improves wildcat success (Part I) // *World Oil*. – 1987. – September. – P. 36–45.
12. Sikka D.B., Shives R.B.K. Radiometric surveys of the Redwater oil field, Alberta: Early surface exploration case history suggest mechanism for the development of hydrocarbon – related geochemical anomalies / *Applications of geochemistry, magnetics, and remote sensing*, D. Shumacher and L.A. LeSchak, eds., AAPG Studies in Geology № 48 and SEG Geophysical References Series № 11. – 2002. – P. 243–297.
13. Collins B.I., Tedesco S.A., Martin W.F. Integrated petroleum project evaluation – three examples from the DenverJulesburg Basin, Colorado // *Journal of Geochemical Exploration*. – 1992. – № 43. – P. 67–89.
14. Morse J.G., Rana M.H., Morse L. Radon mapping as indicators of subsurface oil and gas // *Oil and Gas Journal*. – 1982. – May 10. – P. 227–246
15. Kilmer C. Radiation lows over productive areas seen as soil geochemical phenomenon // *Oil and Gas Journal*. – 1983. – July 25. – P. 179–184.
16. Saunders D.F., Burson K.R., Branch J.F., Thompson C.K. Relation of thoriumnormalized surface and aerial radiometric data to subsurface petroleum accumulations // *Geophysics*. – 1993. – V. 58. – № 10. – P. 1417–1427.
17. Соболев И.С., Меркулов В.П., Рихванов Л.П. Некоторые методические аспекты поисков месторождений нефти и газа радиохимическими методами // *Геология и охрана недр*. – 2004. – № 2(11). – С. 57–65.
18. Siegel F.R., Hu Decheng, Vaz J.E., Wang Zaiming, Viterito A., Areal thermoluminescence radiometric survey of Shengping oil using buried dosimeters // *Oil and Gas Journal*. – 1989. – July 3. – P. 53–57.
19. Wang Z., Qin D., Zhuang G., Zha Z., Wang S., Shen W., Cai G. Application of thermoluminescence dosimetry in the exploration for oil and gas using Chinese GR200 LiF (Mg,Cu,P) TLD // *Radiation Protection Dosimetry*. – 1993. – V. 47. – № 1/4. – P. 323–326.
20. Лазарев Ф.Д. Прогнозирование скоплений углеводородов по данным комплексных аэрогеофизических исследований (на примере западной части ЕнисейХатангского прогиба): Дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2001. – 130 с.
21. Соболев И.С., Рихванов Л.П., Лященко Н.Г., Паровинчак М.С. Прогнозирование и поиски месторождений нефти и газа радиохимическими методами // *Геология нефти и газа*. – 1999. – № 7–8. – С. 19–24.
22. Столбов Ю.М., Парыгин К.Д. О целесообразности комплексирования лиогеохимических поисков залежей углеводородов с сейсморазведочными работами на территории Томской области // *Горногеологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства: Матер. Междунар. Научно-техн. конф., секция «Геологическое и горное образование. Геология нефти и газа»*. – Томск, 2001. – С. 264–265.
23. Siegel F.R., Chen R., Vaz J.E., Mathur V.K. The integrated radiation environment at well sites – an adjunct to petroleum exploration // *Oil and Gas Journal*. – 1997. – October 6. – P. 91–96.
24. Yanaki N.E., Ashery D., Kronfeld J. Careful analysis reveals root cause of gamma ray anomalies // *World Oil*. – 2000. – October. – P. 81–83.
25. Reddy A.S., Rao N.V. Radiation anomaly correlation helpful in KrishnaGodavari basin // *Oil and Gas Journal*. – 2002. – April 15. – P. 38–42.
26. Johnson C. R., Moorhead R., Munzner T., Pfister H., Rheingans P., and T. S. Yoo, Eds., NIH-NSF Visualization Research Challenges Report, IEEE Press, ISBN 0-7695-2733- 7, 2006, <http://vgtc.org/wpmu/techcom/national-initiatives/nihnsf-visualizationresearch-challenges-report-january-2006>, doi: 10.1109/MCG.2006.44.
27. NSF Blue Ribbon Panel Report on Simulation-Based Engineering Science (J. T. Oden, T. Belytschko, J. Fish, T. Hughes, C. R. Johnson, D. Keyes, A. Laub, L. Petzold, D. Srolovitz, and S. Yip), «Simulation-Based Engineering Science», 2006, www.nd.edu/~dddas/References/SBES_Final_Report.pdf.
28. NIH-NSF Visualization Research Challenges, <http://erie.nlm.nih.gov/evc/meetings/vrc2004>.
29. Pascucci V., Laney D. E., Frank R. J., Gygi F., Scorzelli G., Linsen L., and Hamann B., «Real-time monitoring of large scientific simulations», SAC, pp. 194–198, ACM, 2003, doi: 10.1.1.66.9717.
30. Davidson S. B. and Freire J., «Provenance and scientific workflows: challenges and opportunities», *Proc. ACM SIGMOD*, pp. 1345–1350, 2008, doi: 10.1.1.140.3264.
31. Freire J., Koop D., Santos E., and Silva C., «Provenance for computational tasks: A survey», *Comput. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 3, pp. 11–21, 2008, doi: 10.1109/MCSE.2008.79.
32. Freire J., Silva C. T., Callahan S. P., Santos E., Scheidegger C. E., and Vo H. T., «Managing rapidly-evolving scientific workflows», *International Provenance and Annotation Workshop (IPAW), LNCS 4145*, pp. 10–18, 2006, doi: 10.1.1.117.5530.
33. Silva C., Freire J., and Callahan S. P., «Provenance for visualizations: Reproducibility and beyond», *IEEE Comput. Sci. Eng.*, 2007, doi: 10.1109/MCSE.2007.106.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Захаренко В.С., Ключенкова Е.С.,

Белозеров А.А., Дзапаров С.А.

*Мурманский Государственный Технический Университет,
кафедра морского нефтегазового дела,
Мурманск, Россия*

К ВОПРОСУ О СУЩЕСТВОВАНИИ СОЛЯНЫХ ДИАПИРОВ В АРКТИКЕ С ПОЗИЦИИ РИФТОГЕНЕЗА

Zakharenko V. S., Klyushenkova E. S.,

Belozerov, A. A., Japarov S. A.

*Murmansk State Technical University,
Murmansk, Russia*

ON THE EXISTENCE OF SALT DIAPIRS IN THE ARCTIC FROM THE PERSPECTIVE OF RIFTOGENESIS

Аннотация. Авторы рассматривают возможность существования соляных диапиров в Арктике с позиции рифтогенеза. Доказательная база основана на сопоставлении данных морской сейсморазведки и гравиразведки с неотектоническими структурами Баренцево-Карского шельфа, лабораторного опыта и математического моделирования.

Abstract. The authors consider the possibility of the existence of salt diapirs in the Arctic from the perspective of riftogenesis. The evidence base is based on a comparison of marine seismic and gravity data with the neotectonic structures of the Barents-Kara shelf, laboratory experience and mathematical modeling.

Ключевые слова: Соляные структуры, Баренцево-Карский шельф, диапиры, Арктика, неотектоника
Keywords: Salt structures, Barents-Kara shelf, diapirs. Arctic, neotectonics

Арктика является главным регионом для пополнения ресурсной базы углеводородного сырья РФ и привлекает внимание ученых всех стран. С учетом этого, требуется планомерное исследование осадочных бассейнов, расположенных в арктической акватории. Значительная часть мировых нефтяных и газовых месторождений располагаются в зонах соляно-купольной тектоники. Соляные диапиры, являются не только элементами строения нефтегазоносных разрезов, но и важным поисковым признаком залегания нефти на глубине. Наличие соляных структур в Арктическом шельфе, а особенно их происхождение, до сих пор является дискуссионным.

До последнего времени господствовала «лагунная» точка зрения на происхождение солей путем выпаривания в мелководных бассейнах в условиях жаркого климата. С этой точки зрения существование соляных диапиров в Арктике невозможно. Затем, появились доказательства о приуроченности соленосных отложений к периферии Атлантического океана и совпадение их возраста со временем начала раскрытия океана, то есть связь с начальной стадией рифтогенеза (Bonatti E., M. Ball, C. Schubert, 1970, Cashman K. V,

1985, Джиноридзе Н.М 1982, 1987, Вербя М.Л. 2003 и др.).

С позиций рифтогенеза существование соляных дипиров в Арктике не только возможно, но и может являться дополнительным поисковым признаком существования нефти на глубине.

Цель нашего исследования: рассмотреть модели формирования соляных диапиров и их связь с нефтяными ловушками.

Задачи:

1. На различных примерах в мировой практике рассмотреть связь соленосных структур с нефтяными ловушками.

2. Рассмотреть поисковые геофизические признаки соленосных структур.

3. Провести лабораторный опыт, моделирующий формирование соляного диапира.

4. Для подтверждения результатов провести расчеты и математическое моделирование в ПО «Wolfram Mathematics».

1. Геолого-геофизический анализ

Всего в мире выделено 19 глобальных соляно-нафтидных узлов, супер-гиганты из которых: Прикаспийский, Мексиканский, Восточно-Сибирский и Средиземноморский бассейны содержат до 2,5 млн км³ солей (рис.1).

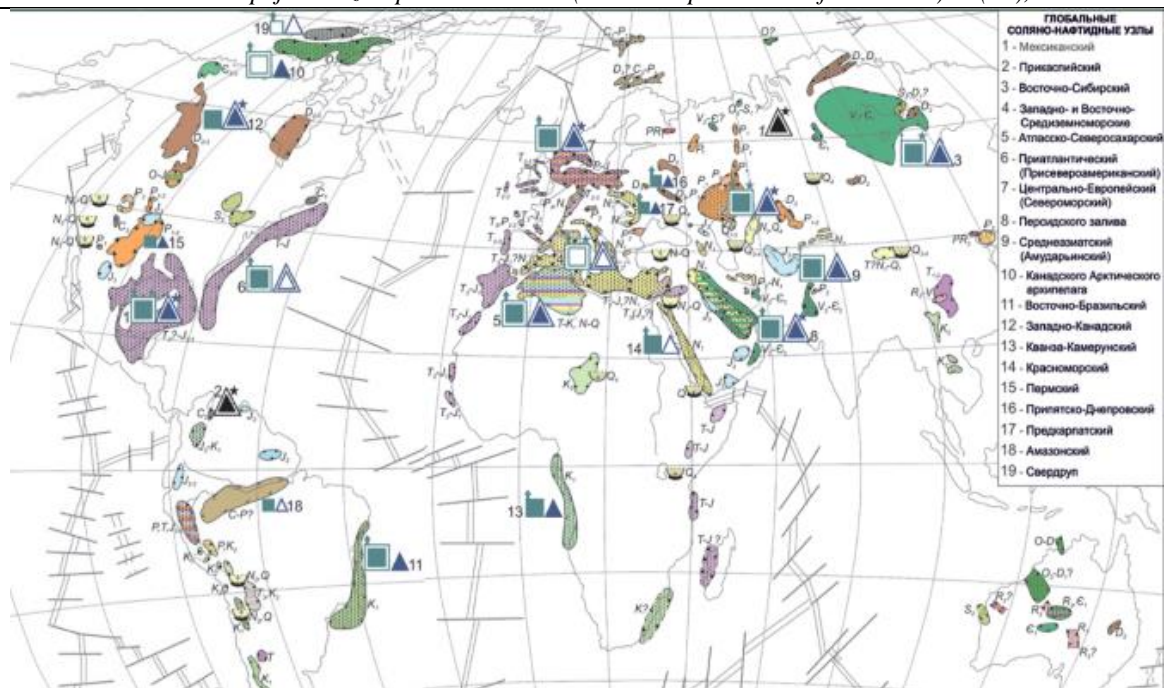


Рис. 1. Схематическая карта крупнейших соляно-нафтидных узлов мира. [1].

В ходе работы мы изучили зону соляных диапиров в северной части акватории Карского моря. На существование соляных диапиров в данном районе впервые указывал Верба М.Л. [2], а по сейсмическим данным выделил Никишин (по данным Нефтегаза), без дополнительной аргументации и с объяснением генезиса солей с лагунной позиции.

Таким образом, доказательная комплексная база: связь с гравикой, рифтогенезом, а также моделирование и лабораторные опыты

проводились авторами впервые, что делает эту работу актуальной.

Рассмотренные прогиб Урванцева-Воронина и мегавал Наливкина уникальны тем, что в их пределах широко развит процесс соляной тектоники, которые изображены в виде различных образований и форм: диапиров и соляных подушек, структур типа rollover и штоков (рис. 2). Таким образом, повышается перспективность местонахождения нефтяной залежи в данном районе.

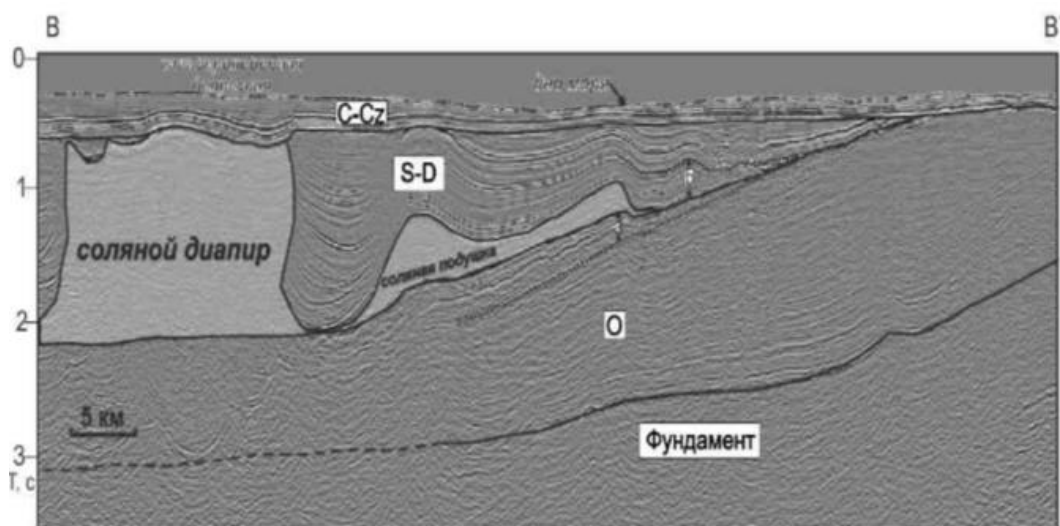
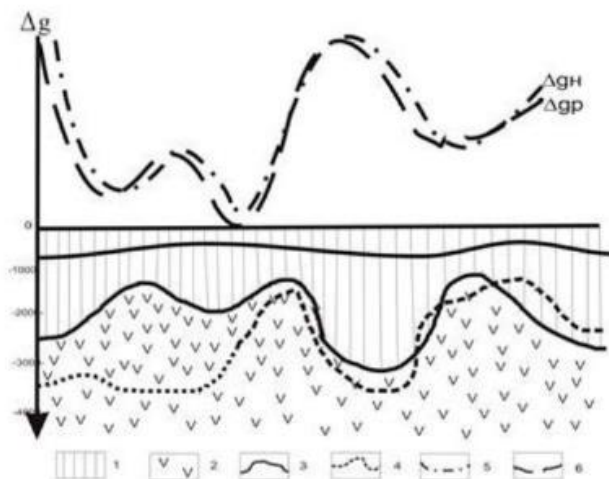


Рис. 2. Сейсмический профиль в северной части Карского моря (прогиб Урванцева-Воронина и мегавал Наливкина).

В поисковой геофизике основной целью является выявление потенциальных нефтегазовых структур – ловушек. Здесь широко используется комплекс, включающий высокоточную гравиразведку и сейсморазведку отраженными

волнами. Наиболее продуктивно действует такой комплекс, когда в разрезе исследуемой области развиты мощные солянокупольные структуры (рис.3).

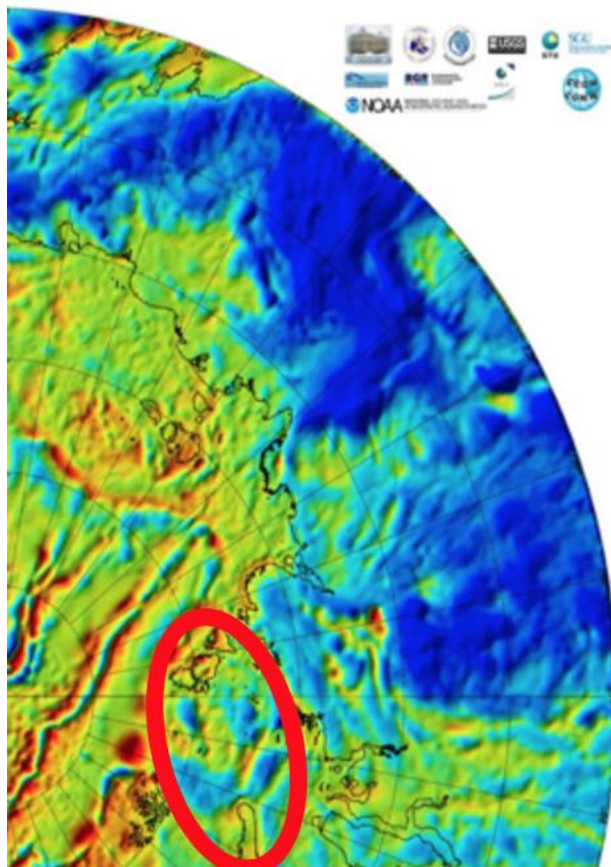


Отложения: 1-песчано-глинистые ($\delta=2,4\text{г/см}^3$), 2-соленосные ($\delta=2,15\text{г/см}^3$).
 Поверхность соли: 3- по данным сейсморазведки; 4- вычисленная путем подбора.
 Кривые силы тяжести: 5- наблюдаемая (в редукции Буге); 6- расчетная.

Рис.3. Пример комплексирования гравиразведки и сейсморазведки при изучении рельефа соленосной толщи, где диапиру соответствует гравитационный минимум.

По результатам геолого-геофизического анализа можно сделать вывод, что диапиры, выделенные по сейсмическим данным, подтверждены сопоставлением с гравитационным полем Арктики (зона гравитационного минимума),

приуроченностью к боковой части рифтовой зоны (рис.4) и могут служить дополнительным признаком наличия нефти на глубине в этом районе.



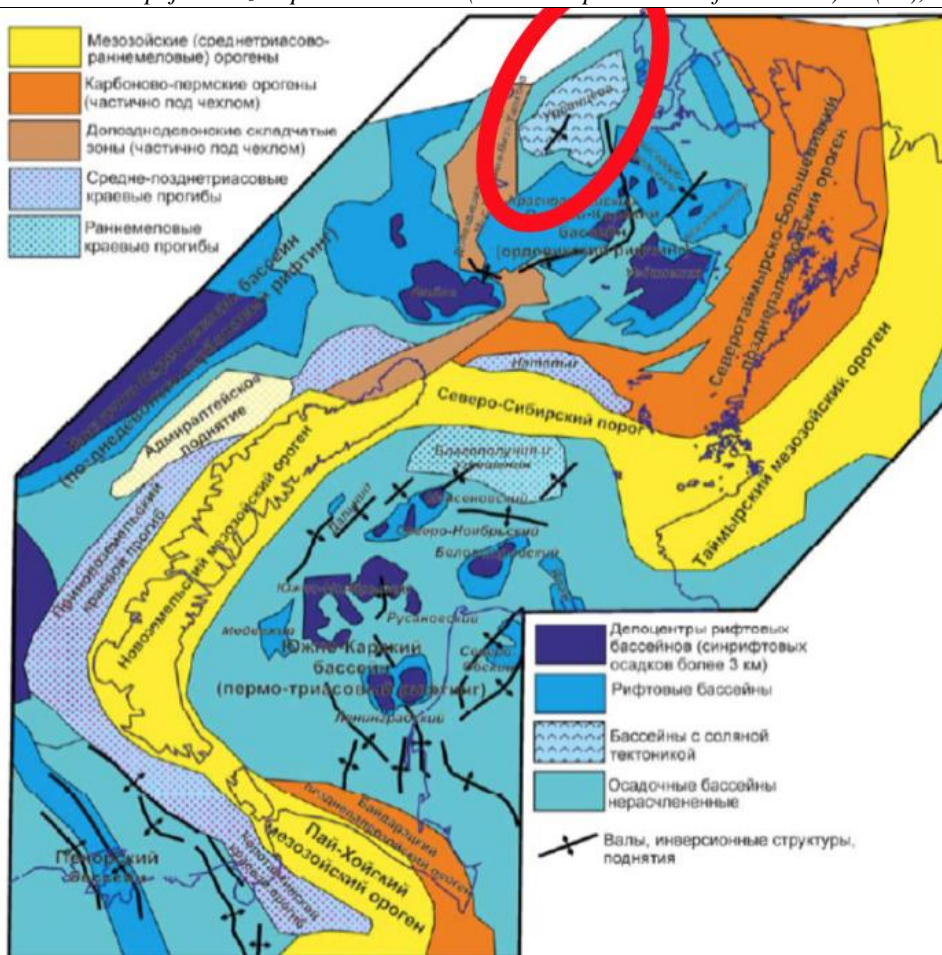


Рис. 4. Сопоставление гравитационного поля Арктики с зоной соляных диапиров.

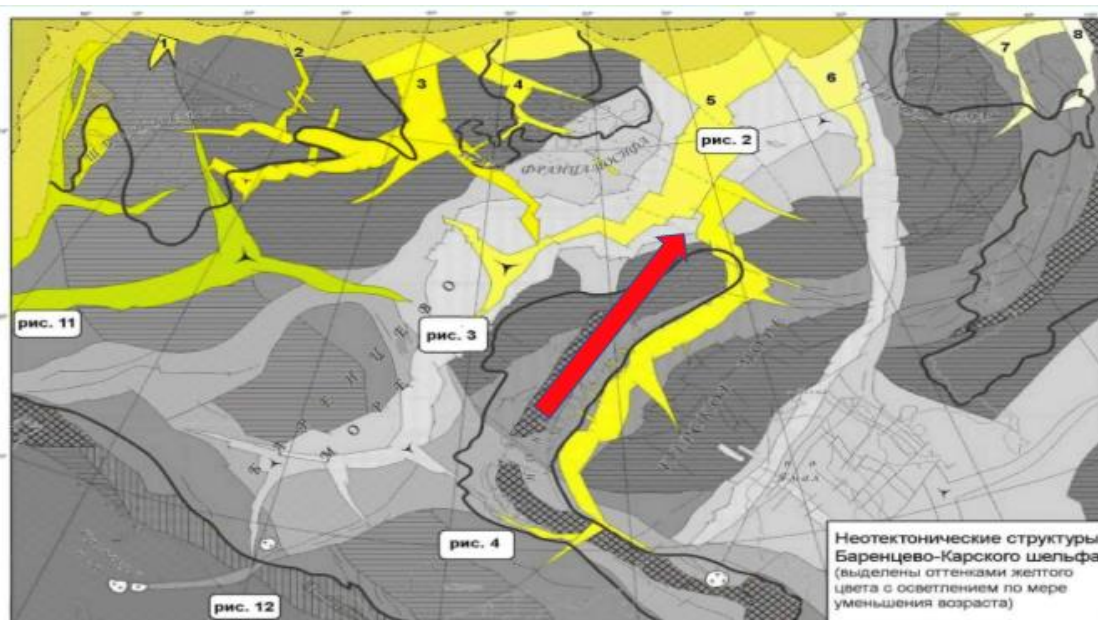


Рис. 5. Принципиальная морфоструктурная схема поверхности дна Баренцева моря [по Верба, Виноградов, Митрофанов, 2005];

Желтый цвет – неотектонические структуры: окраинно-шельфовые желоба (рифты): 1 – Литке; 2 – Орла; 3 – Франц Виктории; 4 – Британского Канала; 5 – Св. Анны; 6 – Воронина; 7 – Шокальского; 8 – Вилькицкого. Красная стрелка указывает на исследуемую область.

2. Лабораторный опыт. Путем проведения лабораторного опыта рассмотрена модель формирования соляного диапира. Т.е., воздействуя

на соляной раствор боковым давлением (поршнем) мы проследили его миграцию.

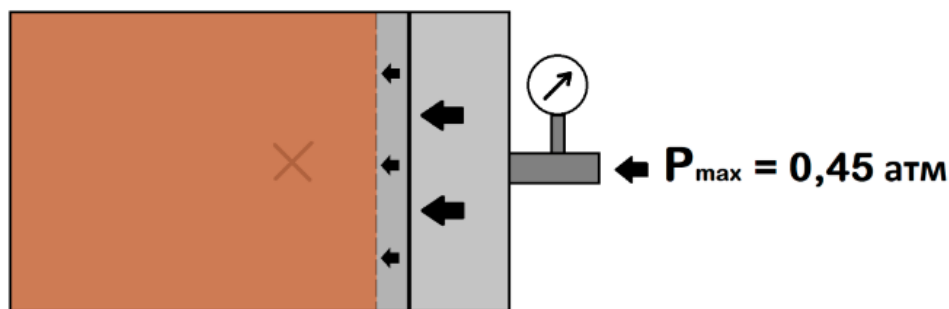


Рис.6. Схематичное изображение лабораторной установки.
Начало опыта.

Как только слой глины ($\rho=1.91 \text{ г/см}^3$) был прорван соляным раствором ($\rho=1.63 \text{ г/см}^3$) - зафиксировали давление и завершили опыт (рис.7).

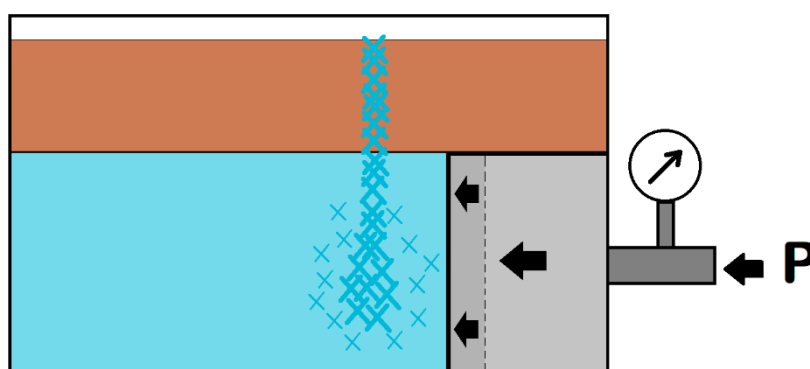


Рис. 7. Схематичное изображение лабораторной установки.
Завершение опыта.

Так как соляной раствор прорвал глинистый слой, то можно предположить, что он развивался как соляной диапир и мигрировал там, где в глине было наличие микротрещин.

3. Математическое моделирование. Чтобы подтвердить результаты опыта мы провели математическое моделирование в ПО «Wolfram Mathematics».

$$U(k, x_2, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} u(x_1, x_2, t) \exp(-\sigma t - ikx_1) dx_1 dt$$

Затем возьмем возмущающую силу, функция которой:

$$u(x_1, x_2, t) = 2x_{i,j} + at_k$$

Исходные данные для построения следующие: тензор напряжения 1,5 МПа; коэффициенты $k=1, a=1$; время роста соляного диапира 30 000 лет.

Постановка задачи: рассмотрим процесс формирования соляного диапира в течении 30000 лет, со сравнительным наблюдением каждые 6000 лет.

Расчет базируется на совместном преобразовании Лапласа-Фурье:

Ход работы: Преобразуем интеграл и получим:

$$u_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} -\frac{e^{-1.5t}(4 + i^2t)}{i^3} dt$$

Для построения левой части графика начала формирования соляного диапира задаем соответствующую функцию:

$$u00 = \frac{1}{\sqrt{23.14}} \int_0^\infty \frac{e^{-1.5t}(4 + i^2t)}{i^3} dt$$

$$y00 = Plot[u00, \{i, 0, 60\}]$$

Для определения графиков используем метод сращивания:

$$par5 = Fit[s5, \{1, x^2, x^3\}, x]$$

$$y0 = Plot[u0, \{i, 0, -60\}]$$

Соответственно для построения правой части графика:

$$y00 = \int_0^\infty (2x^2 + t)e^{(-\sigma t - ikx)} dx$$

$$y005 = Plot[par5, \{x, -5.6, 5.35\}]$$

Объединив все функции получаем цельный график начала формирования соляного диапира (рис.8-А), а затем моделируем формирование соляного диапира на протяжении 30 000 лет.

Так как при росте соляной диапир достигает более плотной среды (например, глину), то у него начинает деформироваться шапка (рис.8-Б).

График изменения формы шапки рассчитывается аналогично первому этапу, но при сращивании графиков используем следующие формулы.

$$par6 = Fit[s6, \{1, x^6\}, x]$$

$$y006 = Plot[par6, \{x, -5.37, 5.37\}]$$

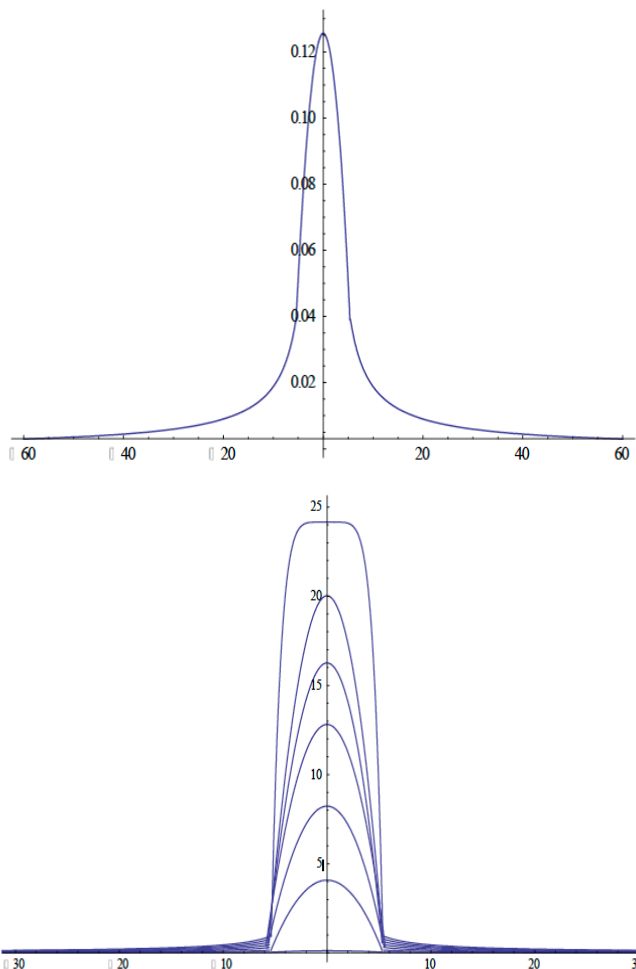


Рис.8. А) - Начало формирования соляного диапира.
 Б)- график роста соляного диапира с изменением формы шапки на протяжении 30 000 лет.

Совместим схематичное изображение опыта (рис.7) и совмещенный график роста соляного диапира (рис.8-Б) для того, чтобы наглядно

получить изображение того, как произошел рост соли в опыте (рис.9).

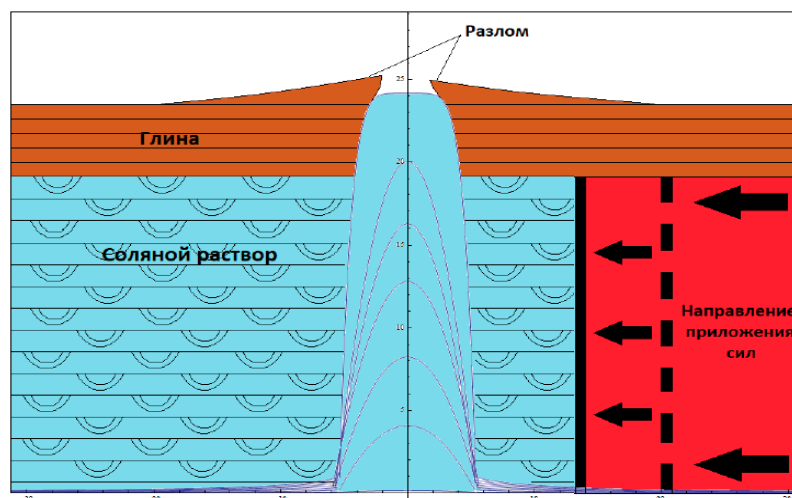


Рис. 9. Совмещенный график лабораторного опыта с результатами математического моделирования, иллюстрирующий рост диапира.

Таким образом, сделаем следующие выводы:

1) подтверждается возможность образования соляных диапиров в Арктике условиях рифтогенеза и неотектоники;

2) под влиянием тектонического напряжения происходит рост и формирование соляного диапира, а его конфигурация зависит от различных геологических факторов;

3) комплексный анализ различных геофизических методов аргументирует наличие соляных диапиров в районе исследования и повышает степень вероятности наличия нефти на глубине;

4) при бурении следует учитывать особенности соленосных толщ и возникающие дополнительные риски.

5) лабораторный опыт, иллюстрирующий свойство солей «всплывать» к поверхности, говорит о том, что буровой раствор, содержащий в своем составе соли, ни в коей мере нельзя

подвергать захоронению без предварительной очистки, так как это может привести к засолонению почв и значительному ущербу народному хозяйству.

Литература

1. Беленицкая Г.А. Карта литогеодинамического районирования нефтегазоносных территорий России // Геодинамика нефтегазоносных бассейнов. М., 2005. С.77—85 ;
2. Верба М.Л. Сравнительная геодинамика евразийского бассейна//Наука. С-Петербург, 2008. С. 175;
3. Мартынов Н.И., Танибергенов А.Г. Численное моделирование условий формирования солянокупольных структур в земной коре.// Математический журнал ,2006, т.6, №1 (191), с.67-73.

**Dorjnamjaa, D., **Voinkov, D.M., *Altanshagai, G., *Enkhbaatar, B*
**Institute of Paleontology and Geology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar,*
***VNIIGeosystem, Moscow*

ON THE LOWER CAMBRIAN KHASAGTIAN GROUP OF THE ICHNOFOSSILS AND SOFT-BODIED FAUNA OF THE ZAVKHAN PHOSPHATE BASIN IN WEST MONGOLIA

Abstract. This presentation considers deals with biostratigraphic peculiarities of the Zavkhan phosphate basin by example of the Tsagaanolom shelfy trough. The Tsagaanolom trough was formed a large shelfy basin that is located in the western part of the Khangai intraplate orocline geostructure and existed during Late Neoproterozoic to Early Cambrian times. This phosphate shelfy trough is important to Late Precambrian - Cambrian geology and paleontology because the stratigraphic sections of the Maikhanuul (diamictite), Tsagaanolom (carbonate), Bayangol (terrigenous) and Salanygol (carbonate-terrigenous) formations are thick, relatively complete, well exposed and particularly correlatable with classical sections of the Siberian platform. Also important is the fact that the sections contain a combination of stratigraphic features seldom found elsewhere over this interval in a single region: diamictites, bacterial fossils, trace fossils, small shelly fossils, soft-bodied

fossils, sponge spicules, archaeocyaths and calcimicrobes, abundant carbonates for carbon and strontium isotope stratigraphy, and good potential for sequence stratigraphy

Keywords: Bayangol section, Ediacaran-Lower Cambrian boundary, Bacterial fossils, Trace fossils, Soft-bodied fossils, Small shelly fossils

INTRODUCTION

We present new results from the first detailed paleontological study of the Ediacaran-Early Cambrian siliciclastic and carbonate dominated deposit in the Zavkhan phosphate basin in 1990-1996 and 2006-2017. Here we focus on the succession of ichnofossils and soft-bodied fossils in order to highlight the factors affecting geobiofacies and fossil distribution across the

boundary itself. Khasagtian group of an inskeletal fauna is all the ichnofossils and soft-bodied fauna from the Ediacaran-lower Cambrian concordant limitotype strata of Mongolia. Field work was undertaken along the North Khasagt Khairkhan range, Bayan Gol, Tsagaan Gol gorges, including Tayshir refer section (Fig.1).

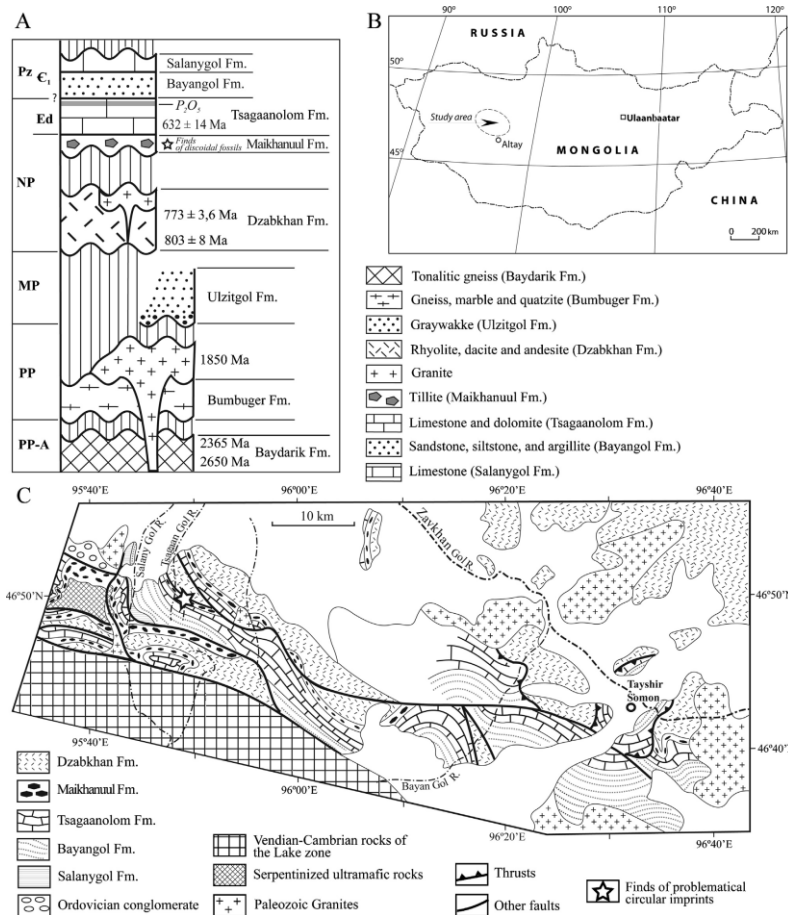


Fig. 1. (A) Schematic stratigraphic column of the Zavkhan basin. (B) Sketch map showing the location of the study area (Zavkhan basin) in west Mongolia. (C) Schematic geological map of the Salany Gol R., Tsagaan Gol R., Bayan Gol R., and Tayshir gorge (Khevtse Tsakhirmuruu) areas within the Khasagt Bogd mountain (Levashova et al., 2010).

In southern part of the Khasagt Khairkhan range an Orolgai section of the Tsagaanolom, Bayangol, Salanygol and Khairkhan formations was being examined by us together with paleontologists from Sweden (C. B. Skovsted), England (T. P. Topper), Australia (M. J. Betts) and China (G. X. Li) in 2018. Majority material was found as float at each section. Specimens were photographed in the field, and some cast with dental alignate, using neat shampoo as a releasing agent. The holotypes of the collections of paleontologically and stratigraphically significant material have been deposited at the Institute of Paleontology and Geology, Ulaanbaatar, at the Paleontological Museum of the Paleontological

Institute of the RAS and other standard materials at the University Museum, Oxford (OUM), Department of Earth Sciences (Sedgwick Museum), University of Cambridge, Department of Paleobiology Swedish Museum of Natural History Stockholm, Sweden and Natural History Museum of Denmark Copenhagen, Denmark.

RESULTS

The Zavkhan phosphate basin of western Mongolia was carbonate platform in the Neoproterozoic-Cambrian period (Dorjnamjaa et al., 2016, 2018, 2019). In this area Ediacaran-Early Cambrian secession rests nonconformably on Early Neoproterozoic Zavkhan (3000 m) and Maikhanuul

(220 m) formations and are represented by Tsagaanolom (1600-1900 m) and Bayangol formations (Dorjnamjaa et al., 2016). Ediacaran problematic biota (presumably, Beltanelloides, Beltanelliformis or Nemiana); numerous fragments of cyanobacterial mats (with dominant taxon Siphonophycus); colonies of coccoid microfossils; mineralized multi-layered algae, which probably regarded to Thalophycoides and rich assemblage of trace fossils were discovered in the Bayangol formation. Algae of genus Thalophycoides demonstrate cellular construction and thallus structure of pseudo-parenchymatous type comparable to that of red algae. The complex of trace fossils let us make the reconstruction of the first Cambrian bioturbators and some conclusion on the ichnostratigraphy in the Precambrian-Cambrian boundary interval. The Bayangol formation (up to 940 m) is represented by

alternating packages of carbonates and siliciclastics. The local stratotype section of the Bayangol formation have been established at the Bayan Gol gorge. The analogous sections are known within the Orolgai, Salany Gol, Tsagaan Gol, North Duulga Gol gorges and Tayshir or Durulj gorge. The way in which the Ediacaran- Lower Cambrian boundary International Global Stratotype was positioned coincides with the appearance of Phycodes pedum ichnozone at Fortune Head section, Newfoundland and Tommotian regional stage, Siberia. The Khasagtian fauna was collected from sections along Bayan Gol and Tayshir gorges. Close to the base of bed 18 of “particoloured stone” member numerous *Spatangopsis* (Figs. 1; 2; 6:7) and Medusoid were found (Fig.10A). These are regarded as soft bodied fossils by Goldring & Jensen (1996). -



Fig.2. Lowermost eighteenth bed of the Bayangol formation with *Spatangopsis mongolica* Dorjnamjaa and *Phycodes pedum* Seilacher in the Bayan Gol gorge (GPS: 46° 41' 48, 9''; 96° 17' 54, 0''). Photograph D. Dorjnamjaa, 29.08.2017



Fig.3. New location of *Spatangopsis mongolica* Dorjnamjaa, phosphatic silty sandstone in the base of 18th bed of the Bayangol formation indicative the limitotype boundary between Ediacaran and Lower Cambrian. Bayan Gol gorge. Photograph D.Dorjnamjaa, 29. 08. 2017

Ichnofossil assemblage (Figs.4; 5; 6). Bayan Gol gorge. Distribution of the ichnofossils in the sections of Bayangol formation, “Particoloured stone” member bed 18. An ichnotaxon is *Phycodes pedum* Seilacher,

Didymaulichnus miettensis Young, *Helminthoida cf. miocenica* Sacco, bed 20: above ichnotaxa, together with *Cochlichnus* isp., *Rusophycus cf. avalonensis* Crimes and Anderson,

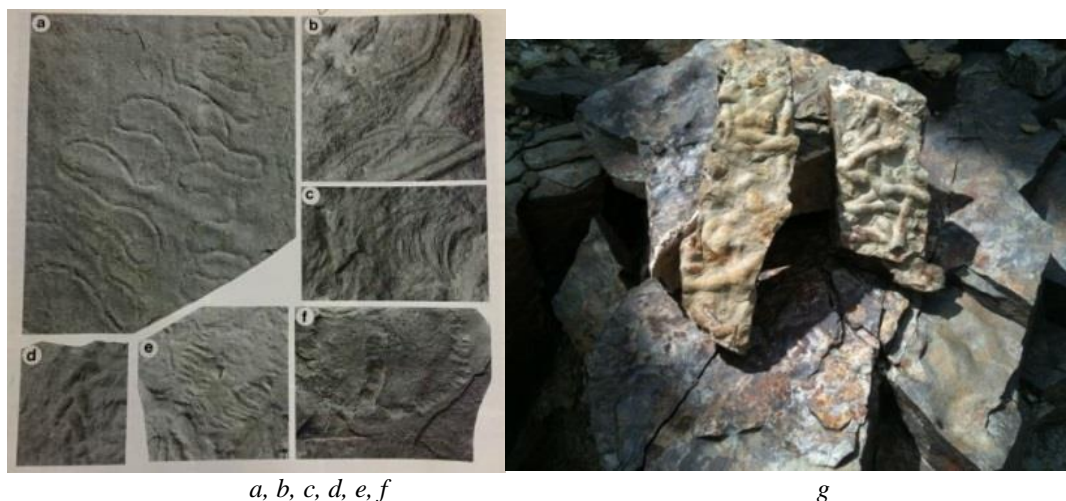


Fig.4. (Field photographs except c, f) (a) *Helminthoida* isp. (SM X 25957). (b) *Didymaulichnus miettensis* Young. *Endichnial* reliefs in fine-grained sandstone with lateral belevs partly exposed. (c) *Zoophycos* (? *Spirophyton*) isp. (OUM AY 15), Tayshir I. (d) *Treptichnus bifurcus*?. (e) *Rusophycus cf.avalonensis* Crimes & Anderson, positive hyporelief. (f) ? *Plagiogmus* isp. (OUMAY13). (g) *Palaeophycus tubularis* Hall *Hypichnion*. x 1.0. All specimens x10. Specimens figured (b, e) are from unit 20, Bayangol formation; those figured (a, c, f) are from Tayshir gorge. Specimen (g) figured is from Lower Bayangol formation (unit 18). Photographs D. Dorjnamjaa, 1993 and 2017 (g).

Monomorphichnus isp., Tsagaan Gol gorge: Bayangol formation. *Phycodes pedum* Sealacher, *Didymaulichnus miettensis* Young, *Hormosiroidea* isp., *Treptichnus* cf. *triplex*. Tayshir gorge: Bayangol formation. *Didymaulichnus miettensis* Young, *Cochlichnus* isp., *Helminthoida* isp., *Monomorphichnus* isp., *Oldhamia radiata* Forbes, *Zoophycos* isp. It should be particularly emphasized that *Phycodes pedum* is common in beds 18 and 20 at Bayangol formation in several toponomic expressions but mostly as positive hyporeliefs by R. Goldring et al. (1996) and D. Dorjnamjaa et al. (2004, 2005).

Palaeophycus tubularis Hall, 1847. Figure 3g. Several float slabs from unit 20 (Bayan Gol) and unit 35 (Tsagaan Gol) show a thinly mud-lined and sand-filled burrow of variable diameter (8.0 mm max.) as ephichnial full reliefs.

Helminthoida cf. miocenica Sacco, 1886. Figure 3a. Directed meandering burrows are common in units 18 and 20 at Bayan Gol. The burrows are 3-4 mm wide and with rather short meanders, with loops almost closing, and frequent overlaps and crossings. In unit 20 the meanders are relatively parallel, burrows are 3-6 mm wide with height: width ratio 3-5:1. Slabbing of material from unit 20 shows that the trace is preserved as a hypichnial burrow and as full, positive or negative reliefs, and that it is post-depositional.

Chochlichnus isp. several specimens found as float from unit 20, Bayan Gol, show sinuous positive relief, representing burrows. The unevenly sinuous structure is suggestive of the trace of the "funnel" associated with "Psammichnites-plagiogmus".

Didymaulichnus miettensis (Meandering bilobed trail) Young, 1972. Figure 3b. This ichnotaxon is present in all sections as endichnial reliefs, which are from unit 20, Bayangol formation, Bayan Gol. This

ichnotaxon is widespread in the Upper Precambrian to Lower Cambrian (Bromley, 1990).

Monomorphichnus isp. A single line of obliquely-arranged, parallel, straight scratches shows as positive hyporeliefs. The scratches range from thinner and fainter (c.4.0 mm) to stronger and longer scratches (c.10 mm).

Rusophycus cf. avalonensis Crimes & Anderson, 1985. Figure 3e. Several specimens found as float from the top of unit 20 in Bayan Gol show a paired group of hypichnial transverse, almost parallel, structures without angular convergence, representing shallow impingement onto a casting substrate below a sand bed. While some show typical coffee-bean form, others are no more than surface scratches.

Zoophycos isp. Figure 3c. One specimen (Tayshir section) preserves what appears to be part of a circular *Zoophycos*-type spreit. The diameter of forms appears to have been less than 10 cm, which is smaller than typical for *Zoophycos*. We consider that the Tayshir specimens represent one of the earliest locations of *Zoophycos*.

Phycodes pedum Seilacher, 1955. *Phycodes pedum* is common in the lower part of unit 18 and upper part of unit 20 at the Bayan Gol and North Duulga Gol gorges in several toponomic expressions but mostly as positive hyporeliefs (Figs. 4;5). Besides *Phycodes pedum* was known from Bayangol formation of the Dzun Arts (Esakova et al., 1996), Tayshir and Orolgain areas. Its earliest appearance, around 635 Ma, which was contemporaneous with the last of the Ediacaran biota, is used to help define the dividing line, considered geologically at 541 Ma, between the Ediacaran and Cambrian Periods. Exactly age range is 635.0 to 478.6 Ma. As known distribution: Cambrian of Canada (1- Newfoundland collection) and Mongolia (1-Bayangol gorge), Ordovician of Poland (2), Ediacaran of Namibia (1), Norway (1), Spain (1). Total:

7 collections each include a single occurrence. Environments: marine (1 collection), deltaic (1), submarine fan (1), open shallow subtidal (3), shoreface (1). Sister taxa: *Phycodes circinatus*, *Phycodes palmatum*, *Phycodes palmatus*, *Phycodes unguatus*, *Phycodes wabanensis*. Thus, *Phycodes pedum* is being important for defining the Precambrian-Cambrian boundary or marking the Cambrian-Ediacaran GSSP and ICSS (2012). It occurs in high relief on the soles of thin-bedded sands, silts, and is the preserved burrow of an animal rather than a fossil of that animal. Cross sections reveal that the bundles of smoothly curved burrows seen in bottom view are actually the bases of closely packed vertical spreite bodies consisting of retrusive backfill lamellae. This species has a fairly complicated and distinctive burrow pattern: along a

central, sometimes sinuous or looping burrow it made successive probes upward through the sediment in search of nutrients, generating a trace pattern reminiscent of a fan or twisted rope. Since only its burrows have been found, it is presumed that the *Phycodes* zoobenthos lacked any hard anatomical features, such as shells or bones. Its morphology and relationship to modern animals is therefore unknown, and some dispute even its inclusion within the animal kingdom. Synonyms are *Treptichnus pedum* (Seilacher, 1955) and *Treptichnis bifurcus* (Miller, 1889), *Manykodes pedum*, *Trichophycus pedum*. The name *Treptichnus pedum* means "turned-trail (Greek) of feet (Latin)" and formerly named *Phycodes pedum*, *Manykodes pedum* by Srivastava et al. (2016). All the ichnofossils are typical of shallow marine microfossils.

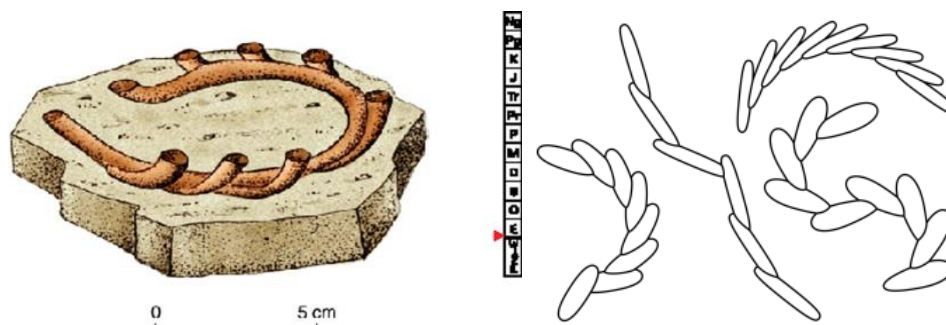


Fig.5. *Phycodes pedum*. Curvilinear burrows with successive teeth viewed from an external side schematic drawings)



Fig.6.A-*Phycodes pedum* remains of the Bayangol formation. B-Sister taxa: *Treptichnus bifurcus*. silty sandstone slab (Miller, 1889); This ichnogenus is interpreted as a trace fossils, such as footprints, nests, Bayan Gol gorge, field polychaete worms and photograph, D. Dorjnamjaa, 1993, and an amphipoda (Bromley, 1990).

SOFT-BODIED FOSSILS. The new words about *Spatangopsis mongolica* Dorjnamjaa (Fig.6), *Paracharnia* gen. nov., *Oldhamia radiata* Forbers and *Medusoid* (Fig. 7). These soft-bodied fauna discovered for the first time, from Bayangol formation in 1991 and 1993, also 2017.

Psammocoral *Spatangopsis* Torell as a genus is known from Cambrian sediments in Swede, Estonia, Scotland and Mongolia. Where as, *Spatangopsis*

mongolica Dorjnamjaa (as a new species) was found and described at the level with *Phycodes pedum* from unit 18 of Bayangol formation, it is the only occurrence in the world at present (Dorjnamjaa et al., 2016, 2019). This species (zoophyte) is only known from hyporelief casts, rather than complete sand buttons. It had a large ventral dimple and a number of rays variable from three-five to seven.

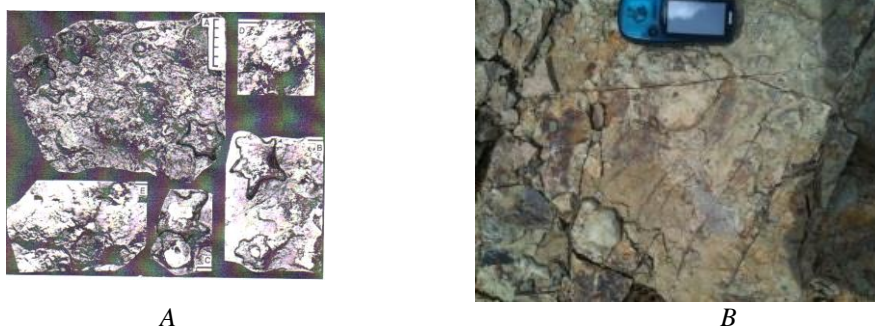


Fig.7. A-Ventral surface of *Spatangopsis mongolica* Dorjnamjaa. Three-five to seven rayed specimens. Note the variable development of the ventral dimple. Scale bars represent 10 mm. Remains from Lower Cambrian Bayangol formation, Bayan Gol gorge (Dorjnamjaa et al., 2012). B- *S. mongolica* remains on the green phosphatic silty sandstones slab, 200 m above from the base of Bayangol formation. GPS: 46°41'55,2''; 96°18'03,5''. Photograph D. Dorjnamjaa. 29.08.2017.



Fig.8. Geological profile of “Tayshir-1” section, Ediacaran (Tsagaanlom)-Lower Cambrian (Bayangol) boundary of the organogenous sediments along the Tayshir gorge (Dorjnamjaa et al., 2018).

1. Maikhanuul formation (NP mu)- diamictite (ungraded, uncarbonate terrigenous sedimentary rock with derived angular soled granitic, sandstone and volcanic pebbles), 2-Tsagaanlom formation (EdCo)-dolomites, dolomitic plagioclase limestones, locally compact brecciated with microphytolites (*Radiosus limpidus* Z. Zhur., *Asterosphaeroides tayshir* D. Dorjnamjaa forma nova) and algae (*Renalcis pectunculus* Korde., *Epiphyton scapulum* Korde.), calcareous siltstones; 3-7- Bayangol formation (E₁bn). 3-arkosic, calcareous, clayey, glauconitic sandstones, marly, 4- siltstones, silty sandstones, argillite, 5- claystones, aleurolite; fossilised calyptra, 6-schistose grit, biohermal, biostromal limestones, 7-shale, clay, calcareous grit, 8- acid volcanic vein dike; 9-A- oncolites (Figs.14-15), B- calcareous algae (*Renalcis*), algal calyptra; 10-A-SSFs (molluscs, tubular fossils), B- zooproblematica (*Hyoliths*, *Cambrotubulus*); 11-A- Medusoid (jellyfish), B- Paracharnia; 12- A- *Oldhamia radiata*, B- Trace fossils- *Helmintoida* isp, *Planolites*; 13- Elements of bed occurrence.

Within Tayshir section the Maikhanuul diamictites (about 4-m thick) are overlain by platy bedded carbonates of the Ediacaran Tsagaanlom formation consisting of conglomerates contains a

variety of clasts ranging in size from pebbles to 30 cm (Fig. 8). The clasts are ungraded soled granitic, sandstone and volcanic pebbles and embedded in a matrix composed of sandy-argillaceous. These diamictites are very similar to that of the lower Duulga member diamictites in the Tsagaanlom section. Bayangol formation (360 m) is represented mainly terrigenous sediments and conformable with the Tsagaanlom formation. This formation is subdivided into two parts, each of which is represented by two members. The uppermost part of the tsagaanlom formation consists of plagioclase calcareous dolomite and dolomitic limestones (80 m) with oncolites (*Radiosus limpidus* Z. Zhur., *Asterosphaeroides tayshir* D. Dorjnamjaa forma nova, also *Vesicularites bothrydioformis* (Krasnop.), *V. compositus* Z. Zhur. etc.) and algae (*Renalcis pectunculus* Korde., *Epiphyton scapulum* Korde.). Thus, the Bayangol formation can be divided into four units or members (Dorjnamjaa et al., 1991, 1993). For the first time we have called these members as “Durulj” according to Tayshir local name.

The Durulj member I, up to 140 m thick, exhibiting gradual transition to the carbonate member, is represented by greenish-bluish-grey and grey-green

sandy siltstones, clayey sandstones, glauconitic silty sandstones, and slightly- micaceous siltstones with interbeds of hieroglyphic and cavernous limestones. Azimuth of dip: NE 25⁰; dip angle: up to 30⁰. At the level 70-80 m above a sole of this formation we have been able to discovery in 1988 Paracharnia Sun. and Oldhamia radiata (determination of S. Vodanuyk), Chochlichnus sp., Helminthopsis sp., Planolites sp., Phycodes sp (?) and Rangea sp. (Ivantsov, 2009). At the same time molluscs (Latouchella korobkovi (Vost.), L. minuta Zheg., Barskovia mongolica Zheg., Nomgoliella sinistrivolubilis Miss., Ilsanella compressa Zheg.), zooproblematica (Cambrotubulus decurvatus Miss., Siphogonuchites sp., Lopochites latazonalis Qian., Halkieria sp., Archaeooides granulatus Qian.), Phycodes sp., hyoliths (Ovalitheca mongolica Sys.), algae from calyptra (Renalcis pectunculus Korde., Tarthinia rotunda Drosd., Epiphyton fruticosum Vol.) were revealed in this member (Esakova et al., 1980).

The Durulj member II (up to 60 m thick) mainly represented by primarily, greenish to light grey coloured, inequigranular feldspathic-quartzitic sandstones, alternating, frequently with grey-greenish coloured claystones, limestones with Renalcis, siltstones and fine argillaceous sandstones. The argillaceous rocks may contain the individual tubular small shelly fossils: Cambrotubulus decurvatus Miss., Rhabdochites exaspertus He. Biostromal limestones contain microphytolite: Radiusus derosus Yaksch., R. aculeatus Z.Zhur. (determination of A. Terleev).

The Durulj member III (up to 70 m thick) is in conformity with the underlying member and consists of

carbonate siltstones and shales with individual interbeds of algal limestones. The clastic rocks are mainly represented by silty claystones, ochreous-yellowish, greyish, and claystones grey, greenish-grey, with ribbon lamination in dark and light varieties. Some intermediate layers contain molluscs: Nomgoliella rotunda E. Zhegallo, Latouchella parva E.Zhegallo, Barskovia sp., Ilsanella sp. (determination of E. Zhegallo)

The Durulj member IV is represented by terrigenous-caronate sediments (up to 90 m thick), which consist of biohermal limestones, carbonate sandstones and siltstones. Azimut of dip: NE 20⁰; dip angle: up to 25⁰. The terrigenous rocks are represented by an alternation of silty claystones, brown, more rarely green, and siltstones with ribbon lamination. In silty claystones along the bedding planes numerous spots and remains of organic material and imprints of algae are observed. The calc-claystones contain molluscs and the small shelly fossils: Latouchella korobkovi (Vost.), Barskovia sp., and Hyolithellus sp. In the upper part of this member greenish-grey siltstones contain medusoid (jellyfish).

Numerous new findings of the zooplankton (SSFs, Jellyfish) and zoobenthos (Trace fossils, Paracharnia, Oldhamia radiata, bacterial fossils) in this Tayshir reference section quite may indicate that the stratigraphic interval between the lowermost carbonate unite of the Tsagaanolom formation and the Durulj member I could be suggested as a new limitotype level of the Ediacaran-Lower Cambrian stage boundary (Fig.9).

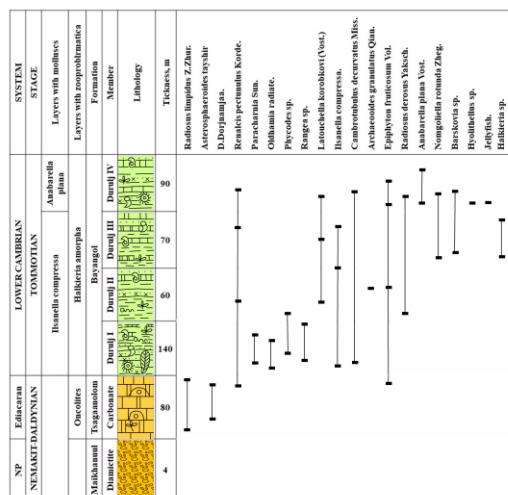


Fig. 9. Stratigraphic chart of the Precambrian-Lower Cambrian strata of the "Tayshir-1" Section (Tayshir gorge, Zavkhan river area) and occurrence of molluscs, algae, zooproblematica and Ediacaran-type fossils (developed and modified after N.V.Esakova and E.A.Zhegallo, 1980, from D.Dorjnamjaa et al., 1993).

MEDUSOID (jellyfish). More better occurrences were by discovered by us at the Durulj member IV of the Bayangol formation along the Tayshir gorge (Fig.10A) and a Bogd River near Aldarkhaan settlement (sum). Jellyfish are one of the two forms that coelenterates take: it is the free-swimming sexual phase in the life cycle of a coelenterate, in this phase it has a gelatinous umbrella-shaped body and tentacles. Tayshir

jelly-fish has a strong resemblance to a cyclomedusa. Jellyfish range from about one millimeter in bell height and diameter to nearly 2 metres (6.6 ft) in bell height and diameter; the tentacles and mouth parts usually extend beyond this bell dimension. They are found in every ocean, from the surface to the deep sea. Scyphozoans (the "true jellyfish") are exclusively marine, and some hydrozoans with a similar

appearance live in freshwater. Large, often colorful, jellyfish are common in coastal zones worldwide. Jellyfish have roamed the seas for at least 500 million

years, and possibly 700 million years or more, making them the oldest multi-organ animal (Fig.10 B).



Fig.10. A-New occurrence of jellyfish from Durulj, B-The major surfaces and member IV of the Bayangol formation within axes of a scyphozoan (Jellyfish). Tayshir gorge, size of the exoderm part (aboral surface) depending is 15- 30cm in diameter., on the body that species contains water between 95-98%. GPS:46°42'15,3''96° 32' 34, 5''.Photo: D. Dorjnamjaa, 30.08.2017

Oldhamia radiata Forbes. 1848. This ichnofauna is interpreted as Early Cambrian to early Middle Cambrian, based on comparison with Oldhamia-bearing ichnofaunas of similar age in North America, Argentina, and western Europe, and on archaeocyathids and olenellids in overlying units. Oldhamia is an ichnogenus describing burrows produced by worm-like organisms mining underneath microbial mats and regarded as a feeding structure typically radiating from a common central organ (Figs.11;12). *Oldhamia radiata* was discovered in the mid-19th century on Bray Head. Oldhamia trace fossil assemblages from green and maroon argillites at 34 localities in the British Mountains and Barn Mountains of northernmost Yukon, and 3 localities in the Grant Land Formation of northern Ellesmere Island contain abundant *Planolites* spp., *Oldhamia curvata*, *Oldhamia flabellata*, and *Oldhamia radiata*, and rare *Oldhamia*

antiqua, *Bergaueria hemispherica*, *Cochlichnus* sp., *Didymaulichnus?* sp., *Helminthoidichnites* sp., *Monomorphichnus* sp., *Protopaleodictyon* sp., and *Tuberculichnus?* sp. Additionally, 11 new sites in the Selwyn Mountains of north-central Yukon have yielded an ichnofauna including *Helminthorhapha* sp., *O. curvata*, *O. flabellata*, *O. radiata*, *Plagiogmus?* sp., *Planolites* sp., and unidentified small hemispherical traces. The Tayshir Oldhamia specimens are very close in morphology to specimens illustrated in Hofmann et al. (1994) and Seilacher et al. (2005) and termed by us as *Oldhamia radiata* Forbes originally (Dorjnamjaa et al., 2001, 2009). We believe paradigms are still quite plentiful and can be found off the Bayan Gol and Tsagaan Gol, also Salaany Gol sections within the North Khasagt Khairkhan area.

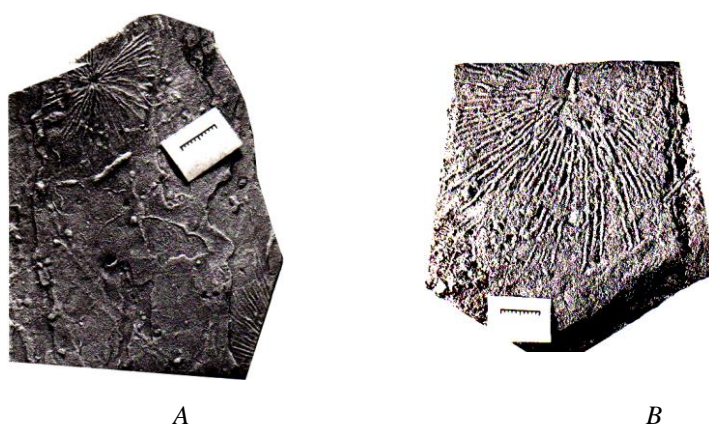


Fig.11. The *Oldhamia radiata* from unit or Durulj member I of the Lower Cambrian occurrence Bayangol formation within the Tayshir gorge. Narrow radiated morphostructure with characteristic emanation. B-Silky radiated morphostructure with characteristic hole in centre of horizontal axis (Dorjnamjaa et al., 2012)

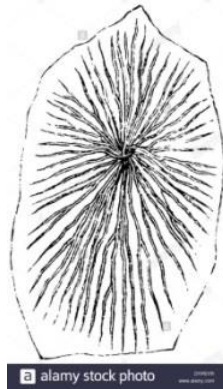


Fig.12. Cambrian *Oldhamia radiata* Forbes, 1848. Wsicklow, Ireland

Paracharnia Sun. It was found by D.Dorjnamjaa and J.Yondontsamts from Lower Cambrian Bayangol formation within Tayshir gorge in 1988 (Fig.13A). This genus (zoophyta?) first described by A. Vodanyuk from Novosibirsk Institute of Geology and Geophysics, RAN (Dorjnamjaa et al., 1991). It was originally interpreted as an algae (Ford), it was recast as a sea pen, a sister group to the modern soft corals, from 1966 onwards (Glaessner). The sea pen interpretation has recently been discredited. Similar fossils found in the 1930s (Namibia) and the 1940s (Australia) but were thought to be of Cambrian age. This genus of frond-like Cambrian-Ediacaran lifeforms with segmented, leaf-

like ridges branching alternately to the right and left from a zig-zag medial suture (thus exhibiting glide reflection, or opposite isometry). It is a highly significant fossil. Its close association with abundant Jellyfish, *Oldhamia radiata*, microphytolites, *Phycodes* sp. (?), *Rangea* sp. (Fig.12), blue-green *Renalcis* algae (Fig.14), macroscopic algal remains of *Vendotaenia* sp. and its proximity to the overlying basal Cambrian small shelly fossil assemblages (molluscs, tubular fossils) in the same succession of the Bayangol formation emphasise its palaeontological and biostratigraphic significance.

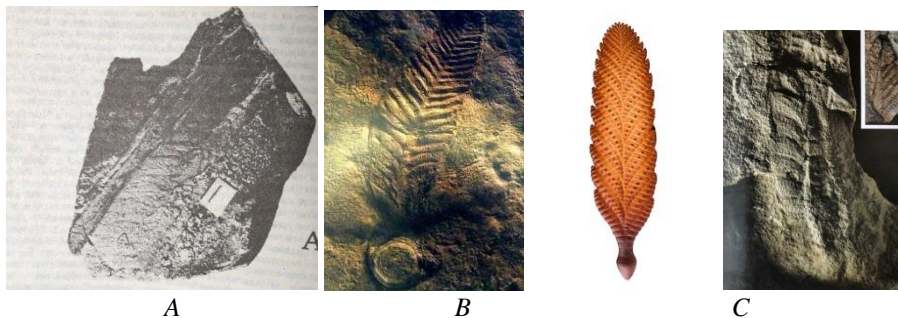


Fig. 13. *Rangea* sp. Durulj member I. Photo: Ivantsov, 2009

A- The fossilised genus *Paracharnia* specimen was found from Durulj member I of the Lower Bayangol formation along the Tayshir gorge (Dorjnamjaa et al., 1991); B,C. Reconstruction of *Paracharnia* at MUSE - Science Museum in Trento

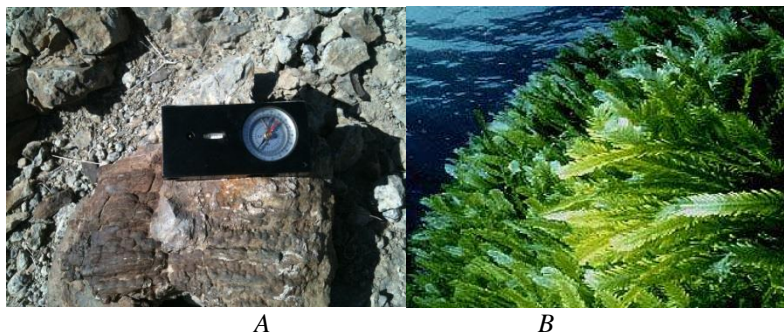


Fig. 14.A- Blue-green *Renalcis* and *Gordonophyton calcareous* colonial algae (septate) remains on the imestones slab, Bayangol formation, Dudulj member II . GPS: 46°42'15''; 96°32'34''. Field photograph, D.Dorjnamjaa, 30.VIII.2017. B- An analogical marine blue-green septate algae of the Azov Sea

ZOOPROBLEMATICA (ARCHAEOOIDES QIAN). *Archaeooides granulatus* Qian, 1977 was described originally from the lower part of the Bayangol formation in the Salaanygol Gorge

(Tommotian Stage) (Voronin et al., 1982) and Kheseen formation from Khubsugul basin (Bacterial...,2002). This soft-bodied fossils looks like a flattened, deflated hollow sphere ball with protuberant papillae on the

surface (Fig. 14), which were discovered by us from Bed 12 of the Tsagaanolom formation during the field research at the Bayangol Gorge in 2018 (Fig. 15). Archaeooides specimens were known from Cambrian of China (19 collections), Germany (1 col.), Kazakhstan (1 col.), Russian Federation (1 col.), and

Mongolia (1 col.). We have showed the original pictures of the Archaeooides which were published in Journal of Paleontology, 80(5): 811-825. 2006. [https://doi.org/10.1666/0022-2360\(2006\)80\[811:ECMEEA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/0022-2360(2006)80[811:ECMEEA]2.0.CO;2) (Fig. 16).

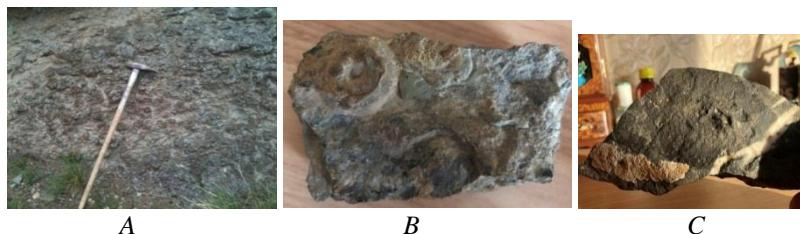


Fig. 15. A. Zooproblematica-planktonic organism (*Archaeooides granulatus* Qian, 1977). Characteristic of concentration of the *Archaeooides* specimens in the phosphatized argillo-calcareous rocks: “Bed 12” of the Tsagaanolom formation, Bayangol Gorge. B, C-Zooproblematica (*Archaeooides granulatus* Qian, 1977). Ditto. The isolated or individual specimens (0.5-2.0 cm in diameter). Photo: D. Dorjnamjaa, 21-22. VIII. 2018

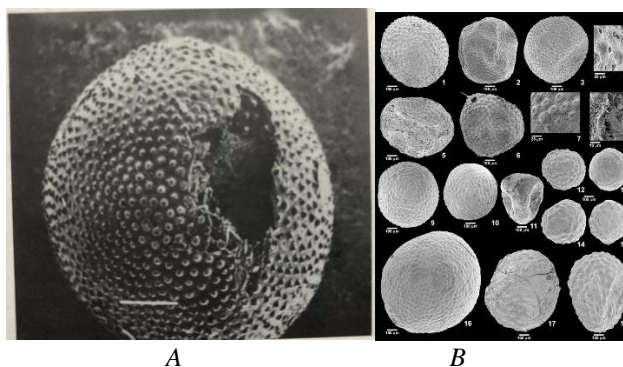


Fig. 16A. *Archaeooides* sp. planktonic organism from Lower Cambrian phosphorites in the Khubsugul basin (Bacterial..., 2002).

Fig. 16B. (Figure 4—SEM photomicrographs of spheres referred to *Archaeooides* sp.). 1, Spherical form, Sample 99139, GSC 123989; 2, deflated sphere, Sample 99127, GSC 123990; 3, 4, sphere with deflated surface and detail of protuberances, Sample 1680-2, GSC 123991; 5, highly deflated sphere showing preservation of protuberances in deflated surfaces, Sample 99127, GSC 123992; 6–8, deflated hollow sphere with detail of protuberances (7) and detail of thin wall (at arrow in 6) and internal filament with spherulitic texture (at arrow in 8), Sample 16999139, GSC 123993; 9, 10, regularly ornamented spheres, Sample 1680-2, GSC 123994, 123995; 11, deeply deflated, ornamented sphere, Sample 99127, GSC 123996; 12–15, small spheres, Samples 1680-3, 1680-2, 1680-2, 1680-1/3; GSC 123997, 123998, 123999, 124000; 16, large sphere, Sample 1680-2, GSC 124001; 17, ornamented sphere with polar “X,” Sample 1680-3, GSC 124002; 18, coarsely ornamented sphere, Sample 1680-2, GSC 124003.

ONCOLITE (*Radiusus limpidus* Z.ZHUR.). Nodular structure of round and oval form, central part of node is fulfilled with small and large grained columnar carbonate with black round synthetic differences, in periphery is observed a thin light layer

(Fig. 17). A layer is come through with wide radial rays. Some nodes have in periphery dim or diffuse sharp-tongued edges. In thin section there are more 5 nodes. Tayshir section, carbonate member of the Tsagaanolom formation.



Fig.17. Thin section, sample 21/07. *Radiosus limpidus* Z. Zhur. NIKON ESLIPSE E400 POL. Photo S. Purevsuren

ONCOLITE (*Asterosphaeroides tayshir* D. DORJNANJAA forma nova). Radiolith structure of round and oval form, central part fulfilled with fine grained carbonate, in periphery is observed one light wide layer (Fig.18). A layer is come through with numerous light radial rays going to periphery from

center of node consisting of covered grained carbonate. An inside of structure there are more fine dark synthetic nodes. In thin section there are more 10 nodes. Tayshir section, carbonate member of the Tsagaanolom formation.

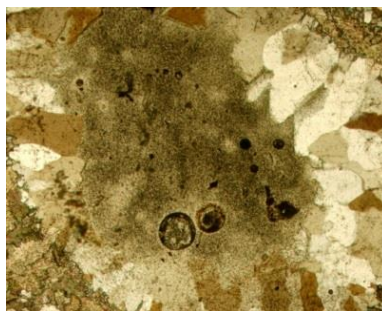


Fig.18. Thin section, sample 21/07. *Asterosphaeroides tayshir* D. Dorjnamjaa forma nova NIKON ESLIPSE E400 POL. Photo S. Purevsuren

STROMATOLITE (thrombolites).

Stromatolite layered deposit, mainly of limestone, formed by the growth of blue-green algae (primitive one-celled organisms). This is a laminated usually mounded sedimentary fossil formed from layers of cyanobacteria, calcium carbonate, and trapped

sediment. Stromatolites were common in Precambrian time (i.e., more than 541 million years ago). We are able to have discovery the thrombolite-like stromatolite (Figs.19; 20) at the unit 18 of the Lower Cambrian Bayangol formation (Brasier et al., 1996, Dorjnamjaa et al., 2016,2018).



Fig.19. The stromatolitic domes are typically 30 cm in diameter. Cambrian thrombolite-like microbial structure. At 10-15 m above from a base of unit 18 with *Spatangopsis mongolica* Dorjnamjaa, Bayangol formation, Bayan Gol gorge. Photograph D. Dorjnamjaa, 27.08.2017

Thrombolites are ancient types of microbial communities that photosynthesize. They are similar to stromatolites, but they are formed differently. Stromatolites are clearly layered, but thrombolites are not. They are "clotted accretionary structures". They formed in shallow water by the trapping, holding, and cementing sedimentary grains by microorganisms,

especially cyanobacteria. They were common in the Cambrian and early Ordovician, and few examples still exist today. Here we have shown some good known fossils of stromatolite from Western Australia and South Africa in order to compare to Lower Cambrian thrombolite-like stromatolite from Bayangol formation (Fig. 19). So, all the ichnofossils and soft-bodied fauna

from the Ediacaran- Lower Cambrian concordant strata of Mongolia are called by us as Khasagtian group of an inskeletal fauna.



Fig.20. A. Living stromatolites in Hamelin Pool of Shark Bay, Western Australia. B. Old fossils of stromatolite (South Africa).

Conclusions

1. The base of the Bayangol formation is taken at the reappearance of siliciclastic sediments which forms an alternating sequence of thick units of limestones and siliciclastics.

2. Khasagtian fauna enter close to the base of the siliciclastic units on the soles of thin silty sandstones only becoming common in association with sandstones towards the top of the lower beds of unit 18, where the beds are amalgamated or composite and include casts of psammocorallids (*Spatangopsis*), Jellyfish and *Oldhamia radiata*. This new group of fossils present over the Ediacaran-Cambrian boundary interval in Zavkhan phosphate basin are almost entirely from the siliciclastic intervals.

3. Khasagtian fauna or fossil assemblages, including *Phycodes pedum* (*Treptichnus pedum*), *Spatangopsis mongolica*, were found at levels with *Nemakit-Daldynian*-type skeletal fossils and isotopes and an assemblage with *Rusophycus cf. avalenensis* plus other early arthropod traces was found above.

References

Brasier, M. D., Dorjnamjaa, D., Lindsay, J. F., 1996. The Neoproterozoic to early Cambrian in southwest Mongolia: an introduction. *Geological Magazine* 133,365–369.

Bromley, R. G., 1990. *Trace Fossils: Biology and Taphonomy*. London: Unwin Hyman, Google Scholar, 280 p.

Commission on Stratigraphy, International Chronostratigraphic Chart, 2012, <http://www.stratigraphy.org/column.php?id>.

Dorjnamjaa, D., Bat-Ireedui, Ya., 1991. The Precambrian geology of Mongolia. Ulaanbaatar, 182 p (in Russian).

Dorjnamjaa, D., Bat-Ireedui, Ya., Dashdavaa, Z., Soyolmaa, D., 1993. Precambrian - Cambrian geology of the Dzavkhan zone, Khasagt-Khayrhan ridge, Gobi-Altay Province, Mongolia. Guidebook for excursion on Precambrian geology, United Kingdom, Oxford, 36 p

Dorjnamjaa, D., Soyolmaa, D., 2001. Zavkhan phosphate basin (phosphorus, gold, diamond). Ulaanbaatar, 168 p (in Mongolian).

Dorjnamjaa, D., Uranbileg, L., 2004. The new ichnofossil assemblage and soft-bodied fauna from Neoproterozoic III-Early Cambrian strata of Zavkhan phosphate basin in Western Mongolia. *Problems of Paleontology in Central Asia*. Moscow, pp. 31-32

Dorjnamjaa, D., Goldring, R., 2005. Khasagtian group of an inskeletal fauna from the Zavkhan phosphate basin, Gobi-Altay area, western Mongolia. *Mongolian Geoscientist*, pp. 163-166.

Dorjnamjaa, D., Bat-Ireedui, Ya., Enkhbaatar, B., Altanshagai, G., 2016. Precambrian, Cambrian geology and paleontology. Ulaanbaatar, 183 p (in Mongolian).

Dorjnamjaa, D., 2016. Neoproterozoic-Cambrian Biostratigraphy of the Ancient Phosphate Basins of Mongolia and the Influence of Bacterial Communities on Phosphorite Accumulation: A Review. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. Volume 5, Issue 3, ISSN (Online) 2319-1473

Dorjnamjaa, D., Bat-Ireedui, Ya., Altanshagai, G., 2018. Neoproterozoic- Cambrian sediments of the Tsagaanolom trough and an issue of an ancient glaciation. *Study of Geology*, №24, pp.74-86 (in Mongolian).

Dorjnamjaa, D., Bat-Ireedui, Ya., Ichinnorov, N., Enkhbaatar, B., Altanshagai, G., 2017. Regional stratigraphy of Mongolia. Ulaanbaatar, 267p. Editors Yo. Khand, G. Sersmaa, (in Mongolian).

Dorjnamjaa, D., Bat-Ireedui, Ya., Ragozina, A. L., Altanshagai, G., 2018. Bacterial paleontology of Mongolia. Ulaanbaatar, 177p, Editor D.M.Voinkov (in Mongolian).

Dorjnamjaa, D., Bat-Ireedui, Ya., Voinkov, D.M., Enkhbaatar, B., Altanshagai, G., 2019. Study of new direction of the Mongolian bacterial paleontology and beginning, perspective of the geomicrobiologic science *Prospector*, № 60, pp.51-61 (in Mongolian).

Drosdova N.A., 1980. Algae in Lower Cambrian organic mounds of the west Mongolia. The joint Soviet- Mongolian paleontological expedition

(Transactions ,N 10). Nauka, Moscow, 136 p (in Russian).

Esakova N.V., Zhegallo E.A., 1996. Biostratigraphy and fauna of Lower Cambrian of Mongolia. The joint Russian-Mongolian paleontological expedition (Transactions, vol.46). Nauka, Moscow, 213p (in Russian).

Goldring, R., Jensen, S., 1996. Trace fossils and biofabrics at the Precambrian–Cambrian boundary interval in western Mongolia. *Geological Magazine* 133, 403–415.

Ivantsov, A. Yu., Leonov, M. V., 2009. The imprints of Vendian animals-unique paleontological objects of the Arkhangelsk region. Arkhangelsk, 91 p. ISBN 978-5-903625-04-8 (in Russian).

Seilacher, A., 1955. Spuren und fazies im Unterkambrium. In *Beitrage zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan)* (eds

Schindewolf, O. H. & Seilacher, A.), pp.373-99. *Abhandlungen 10*. Mainz: Akademie der Wissenschaften und der Literatur zu Mainz, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse. Google Scholar

Seilacher, Adolf., Luis A. Buatoisb., M. Gabriela Mbngano., 2005. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 227 (4): 323–356. doi:10.1016/j.palaeo.

Srivastava, Purnima, 2016. "Treptichnus pedum: An Ichnofossil Representing Ediacaran-Cambrian Boundary in the Nagaur Group, the Marwar Supergroup, Rajasthan, India". *Proc.Indian Nat. Sci. Acad.* 78 (2): 161–169.

Vannier, J., Calandra, I., Gaillard, C., Zylinska, A. 2010. "Priapulid worms:Pioneer horizontal burrowers at the Precambrian-Cambrian boundary". *Geology*. 38 (8): 711- 714. Doi:10.1130/ G30829.1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Grigoriev-Friedman S.N.

Uniwersytet Stanowy w Warszawie,

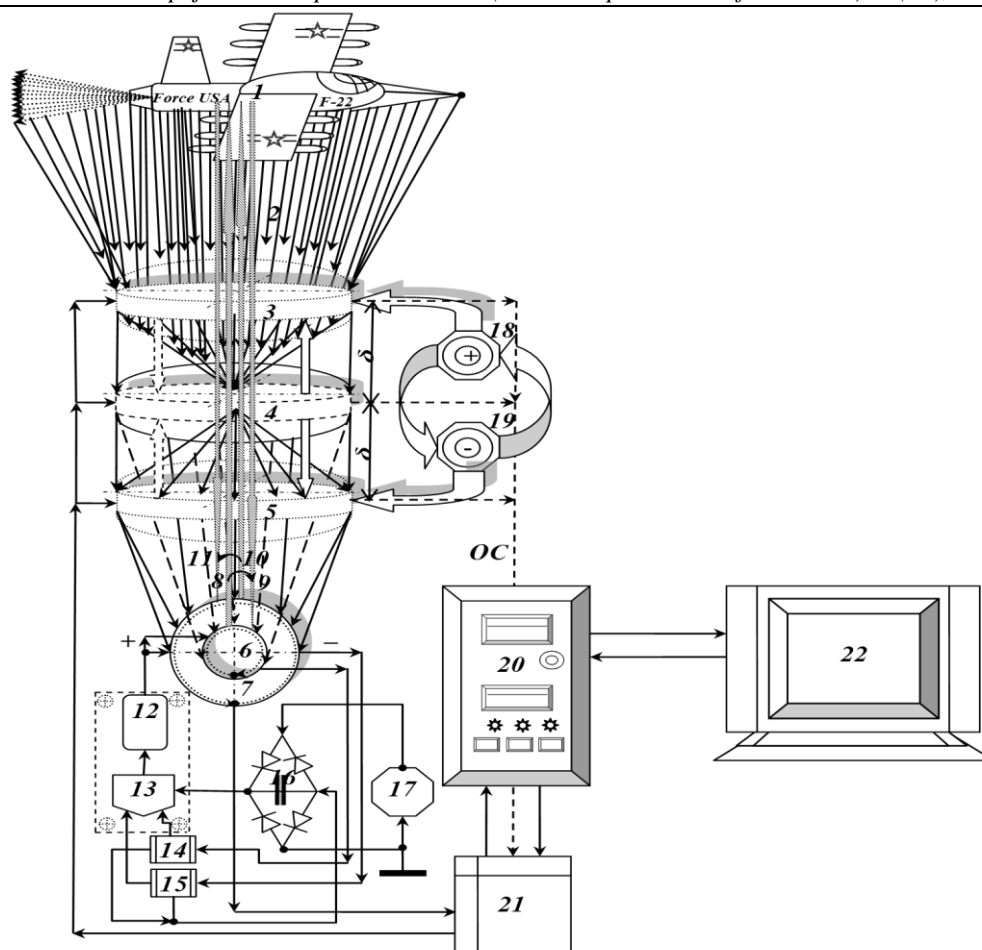
Warszawa, Polska

DOI: 10.31618 / EASJ.2413-9335.2019.5.64.245

CZUJNIK PANORAMICZNEGO WYKRYWANIA CELÓW I ZNISZCZENIA WROGA W MODULOWANEJ WIĄZCE LASEROWEJ W 3D - PRZESTRZEŃ LADOGA-1M

W konstrukcji czujnika do panoramicznego wykrywania celów i niszczenia wroga przez modulowaną wiązkę laserową naprowadzania w przestrzeni 3D „LADOGA-1M”, zgodnie z ryc. 1 zawiera co najmniej parę półprzewodników, diod laserowych lub laserów na ciele stałym pompowanych przez dwie diody laserowe, zasilanych z dodatniego zacisku stabilizatora napięcia 12 i nieprzerwanego zasilania 13 anody, a jej katoda jest połączona bezpośrednim drutem przez łańcuch tranzystorowy typu dren-źródło kluczowe urządzenie przełączające VT1, z dwiema zmiennymi, rezystorami sterującymi, wykonanymi na podstawie potencjometru RP1 14 i RP2 15 lub ze stałymi rezystorami drutowymi, w celu ograniczenia wartości granicznej urządzenia przełączające moc - dwa tranzystory polowe VT1 i VT2 prąd. Każda z dwóch (lub kilku!) Panoram laserowych 6 i 7 ma wewnątrz swoje własne, osobne przełączające urządzenie Q1 lub Q2. Na przykład jako cel 1 wybrano samolot potencjalnego wroga. Promienie wideo 2, zakres widzialny (380...760 nm) lub zakres IR-fal elektromagnetycznych odbijanych od celu (potencjalny przeciwnik) lub zakres fal elektromagnetycznych w podczerwieni są rejestrowane i ogniskowane przez zewnętrzną, ruchomą soczewkę regulowanego kolimatora 3-4-5 w odbierającym układzie optycznym czujnika. Czujnik zgodnie z rys. 1, składa się z następujących elementów i węzłów: 3 - zewnętrzna, ruchoma soczewka optyczna regulowanego kolimatora w monokularie optycznej; 4 - główna, stacjonarna (nieruchoma) soczewka optyczna regulowanego kolimatora; 5 - wewnętrzna, ruchoma soczewka optyczna regulowanego kolimatora w monokularie optycznej; 6 - pierwsza pozytywna panorama laserowa działająca na odbiór i transmisję wiązki laserowej, w bliskich i częściowo w

środkowych, podpasmach granicznych, IR-zakres fal elektromagnetycznych, zgodnie z ruchem wskazówek zegara, na przykład przy długości fali $\lambda = 820$ nm; 7 - druga negatywna panorama lasera działająca na odbiór i transmisję wiązki laserowej, w bliskich i częściowo w środkowych, podpasmach granicznych, IR-zakres fal elektromagnetycznych, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, na przykład przy długości fali $\lambda = 955$ nm; 8 - padająca wiązka laserowa przemieszczająca się od pierwszego lasera do wykrytego (widzialnego) celu; 9 - wiązka laserowa odbita od celu i odebrana przez fotosensor (oparty na fotodiodzie lub kompozytowym, trzystopniowym fototranzystorze); 10 - incydent, wiązka lasera dochodząca z drugiego lasera do celu; 11 - wiązka laserowa odbita od celu i odebrana przez fotosensor (fotodioda lub fototranzystor); 12 - źródło blokowe stałego (prostowanego) napięcia $U_{out.} = 24$ V; 13 - blokowy stabilizator napięcia; 14 - zmienny, rezystor regulacyjny oparty na potencjometrze RP1, w celu ograniczenia wartości granicznej prądu zasilania pierwszej, dodatniej panoramy laserowej 6; 15 - rezystor regulacji zmiennej oparty na potencjometrze RP2, w celu ograniczenia wartości granicznej prądu zasilania drugiej, negatywnej panoramy laserowej 7; 16 - blok prostownika; 17 - sieć pokładowa (na przykład samolot) o napięciu $U = 27$ V; 18 - przycisk zwiększający panoramiczny obraz celu i wroga poprzez zwiększenie ogniskowej między kolimatorem a czujnikiem; 19 - przycisk zmniejszający panoramiczny obraz celu i wroga poprzez zmniejszenie ogniskowej między kolimatorem a czujnikiem; 20 - komputer (komputer); 21 - blok ADC-DAC; 22 - monitor (ekran). Schemat i zasada działania czujnika „LADOGA-1M” przedstawiono na ryc. 1.



Ryc. 1

Pomiędzy ruchomymi soczewkami optycznymi 3 i 5 w regulowanym kolimatorze, komputerem 20 z monitorem 22, za pośrednictwem ADC-DAC 21 znajduje się stałe sprzężenie zwrotne, umożliwiające szybkie i skuteczne dostosowanie procesu wyrównywania wiązki laserowej do zamierzonego celu i utrzymanie potencjalnego wroga w strefie optymalne pokrycie teleskopowego kąta kierunkowego [2—4].

Okrągło-okrągła głowica do prowadzenia i przytrzymywania celu (na przykład samolotu potencjalnego przeciwnika) w obszarze teleskopowego kąta wykrywania i śledzenia zachowania wykrytego celu jest wykonana na podstawie półprzewodnika, diody laserowej, diody laserowej na podstawie podwójnej heterostruktury GaAs arsenku galu i arsenu aldehydu galu GaAlAs lub laser półprzewodnikowy pompowany przez LED-diodej dużej mocy lub półprzewodnikową diodej laserową. Laserowa głowica naprowadzająca do wykrywania i śledzenia celu jest technologicznie wykonana w postaci wielostopniowych warstw do napromieniowania laserowego o spójnym, wąsko skupionym strumieniu fotonu. Na przykład wiązka laserowa №1 synchronicznie porusza się po okręgu, promieniowo, zgodnie z ruchem wskazówek zegara, od czujnika do wykrytego celu i z powrotem do matrycy fotodetektora samego czujnika, przy długości fali równej $\lambda_1 \approx 820$ nm. Na przykład wiązka laserowa №2 porusza się synchronicznie po okręgu, promieniowo, przeciwnie

do ruchu wskazówek zegara, od czujnika do wykrytego celu i odwrotnie, do matrycy fotodetektora samego czujnika, przy długości fali równej $\lambda_2 \approx 955$ nm. Następujące etapy głowicy naprowadzającej napromieniowują cel, również synchronicznie poruszając się promieniowo, zgodnie z ruchem wskazówek zegara lub przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, o długości fali odpowiednio $\lambda_3 \approx 1250...1300$ nm, $\lambda_4 \approx 1550$ nm i $\lambda_5 \approx 2100...2150$ nm itp. Wszystkie częstotliwości robocze i długości fal są wybierane z podpasm bliskiego, a w rzadkich przypadkach warstwy granicznej z $\lambda_6 \approx 3500...3885$ nm, środkowego podpasma zakresu fal elektromagnetycznych w podczerwieni, gdzie maksymalna wartość transmitancji mocy zmodulowanego sygnału w teleskopowej grubości wiązki laserowej została eksperymentalnie znaleziona [1—10].

Czujnik technologicznie obejmuje podwójny, sprzężony układ dwóch lornetek ze wzrostem lub spadkiem obrazu celu lub innego obiektu w układzie optycznym regulowanego kolimatora, na przykład od $2 \times$ do $100 \times$ ($2 \times \leq \delta \leq 100 \times$), a także jednostkę cyfrową HD-kamery wideo, takie jak aparat cyfrowy o rozdzielczości 50...60 Megapixel i wysokiej rozdzielczości co najmniej 3000×3000 pikseli [1—4].

Mikropanorama czujnika i wypukły, trójwymiarowy monitor wykonano na podstawie zmniejszonej kopii panoramy wizualizacji i utrwalenia

wykrywania wroga i innych celów, z ulepszonych stacji radarowych — RLS-300, RLS-500 i RLS-1500, z powodzeniem stosowanych w siłach kosmicznych, sił obrony powietrznej i rosyjskich systemów obrony przeciwrakietowej [5—10].

Blok optycznego stabilizatora o precyzyjnym prowadzeniu i położeniu poziomo-pionowym w przestrzeni jest wykonany w oparciu o technologię żyroskopową [2—4].

Pomiędzy komputerem 20 a modułem ADC-DAC 21 zastosowano sprzężenie zwrotne do analizy i korekcji amplitudowo-częstotliwościowej wyjściowych impulsów sterujących, co pozwala oprogramowaniu na szybką kontrolę częstotliwości taktowania impulsów sterujących pochodzących z modułu ADC-DAC 21 do bram urządzeń przełączających - klucze VT1 i / lub VT2 umieszczone w każdej z pierwszych, dodatnich i drugich, negatywnych panoram laserowych 6 i 7 [2—4].

Proponowany czujnik działa w następujący sposób. Sesja radiowego znalezienia celu i wykrycia potencjalnego wroga odbywa się tylko w warunkach bezpośredniej widoczności elektromagnetycznej, w niewidzialnej części spektrum poprzecznych fal elektromagnetycznych (najczęściej w zakresie podczerwieni). Z rzadkimi wyjątkami możliwy jest zakres promieniowania ultrafioletowego, który nie ma zastosowania w środowisku warstwy ozonowej atmosfery ziemskiej, ze względu na silne pochłanianie fal przez środowisko ozonowe. Sygnał informacyjny jest kodowany przez program w pakiecie oprogramowania do wyciszania radia **Ladoga-1M**, organizacyjnie zmontowany z komputera 20 i monitora 22, za pomocą specjalnego wojskowego kodera- enkodera i przesłany do jednostki wejściowej, trzystopniowy wzmacniacz niskiej częstotliwości (umieszczony wewnątrz panoram laserowych 6 i 7), w którym może być również dostępny wejściowy, przedwzmacniacz sygnałów wideo, a także jednostka specjalnego kodera obrazów kolorowych. Ponadto sygnał radiowy z bloku wstępnego wejściowego wzmacniacza niskiej częstotliwości jest ostatecznie przesyłany do bloku końcowego wzmacniacza mocy typu push-pull (blok wzmacniacza mocy znajduje się również wewnątrz panoram laserowych 6 i 7!). Gdzie jest wzmacniany, podobnie jak sygnał analogowy, do jego maksymalnej wartości nominalnej w wielokanałową jednostkę ADC-DAC 21, do konwersji tego ostatniego na format cyfrowy niezbędny do generowania impulsów sterujących i ich późniejszej transmisji do elektrody sterującej - bramki urządzeń przełączających - VT1 i VT2 klawisz [2—4].

Blok ADC-DAC 21 to wielokanałowy konwerter (tłumacz, translator) sygnałów przychodzących z formatu analogowego na cyfrowy i odwrotnie, a następnie przesyłany do komputera 20, gdzie analizowane są programy do przetwarzania danych wejściowych w formacie cyfrowym, oprogramowanie "Ladoga", porównywane oraz korekcja amplitudowo-

częstotliwościowa impulsów sterujących w celu późniejszego przesłania niezbędnych poleceń do trzeciego kanału (ryc. 1) [2—4].

Sygnał analogowy pochodzi z czujnika optycznego regulowanego kolimatora 3—4—5 do jednostki bazującej i trzymającej cel za pośrednictwem modulowanej, teleskopowej wiązki laserowej w zakresie fal elektromagnetycznych w podczerwieni, a jednocześnie odbiera polecenia z zewnętrznego systemu wykrywania i wyznaczania celu, korekcji za pomocą impulsów kontrolnych pochodzących z jednostki ADC-DAC 21 [2—4].

Lista bibliograficzna

1. Storoshchuk O.B., Korshunov A.I. Urządzenie do prowadzenia wiązki zarządzanego obiektu. Rosyjski patent na wynalazek RU: 2267733, Moskwa: Federalny Instytut Własności Przemysłowej i Intelektualnej Federacji Rosyjskiej, 10 stycznia 2006 r.

2. Grigoriev-Friedman S.N. Interkom „Beam” w zakresie optycznym, w trybie „ciszy radiowej”. // Konstruktor maszyn / Seria komunikacyjna, Moskwa: Virage-Center, № 3, 2016. Strony 29—40.

3. Grigoriev-Fridman S.N. Mobilny domofon oparty na diodzie laserowej. // Konstruktor maszyn / Seria komunikacyjna, Moskwa: Virage-Center, № 4, 2017. Strony 39—48.

4. Grigoryev-Fridman S.N. Mobilny domofon oparty na laserze półprzewodnikowym pompowanym przez diodę laserową. // Konstruktor maszyn / Seria komunikacyjna, Moskwa: Virage-Center, № 5, 2017. Strony 26—34.

5. Efremov A., Omelyanchuk A. Strażnicy nieba. // Sfera kosmiczna, № 3/4 (88/89), grudzień 2016 r., Moskwa: Niedziałowa rada ekspertów ds. Lotnictwa i kosmonautyki. Strony 64—68.

6. Olgin S. Problemy optoelektronicznej przeciwdziałania (według opinii zagranicznych ekspertów wojskowych) // Foreign Military Review, Moskwa: Czerwona Gwiazda, № 9, 2002. Strony 35—41.

7. Semenov A. Ochrona cywilnych statków powietrznych przed pociskami przeciwlotniczymi. // Foreign Military Review, Moskwa: Czerwona Gwiazda, № 12, 2002. Strony 35.

8. Grigoryan V.A., Yudin E.G., Terekhin I.I. i inni. Ochrona zbiornika. / pod redakcją V.A. Grigorijan. Moskwa: Moskiewski Państwowy Uniwersytet Techniczny im. Mikołaja Ernestowicza Baumana, 2007, 327 stron.

9. Spassky N., Ivanov S. Systemy optoelektroniczne i technologia laserowa: Encyklopedia XXI wieku. Tom 11, Moskwa: Arms and Technologies, 2005, 720 stron.

10. Scherbak N. Przeciwlotnicze pociski kierowane przeciwlotnicze z naprowadzaniem na podczerwień (nowoczesna broń powietrzna) // Elektronika: nauka. Technologia Biznes, № 5, Moskwa: Elektronika, 2000. Strony 52—55.

INVESTIGATION OF THE STRESS STATE OF A COMPOSITE IN THE FORM OF A LAYER AND A HALF-SPACE WITH A CYLINDRICAL TUBE AT GIVEN STRESSES ON THE BOUNDARY SURFACES

Abstract. A solution to the spatial problem of the theory of elasticity is proposed for a composite in the form of a half-space with a longitudinal thick-walled circular cylindrical tube and a layer rigidly attached to the surface of the half-space. Layer, half-space and pipe - elastic homogeneous isotropic materials different from each other.

The stresses are set on the free surface of the layer and the inner surface of the pipe. At the boundary of the layer and half-space, as well as at the boundary of half-space and the outer surface of the pipe, the matching conditions are coupling. It is necessary to evaluate the stress state of a given composite.

The solution of the spatial problem of the theory of elasticity is obtained on the basis of the generalized Fourier method in cylindrical coordinates associated with the pipe and Cartesian coordinates associated with the layer and half-space. Satisfying the boundary and coupling conditions, we obtain infinite systems of linear algebraic equations that are solved by the reduction method. As a result, displacements and stresses were obtained at various points of the layer, half-space, and pipe.

Keywords: thick-walled pipe in half-space, composite, coupling conditions, generalized Fourier method

Introduction

When designing building structures, underground structures and communications, as well as in mechanical engineering, one has to deal with design schemes in which a composite medium is present. However, effective methods for calculating structures with several boundary surfaces (more than three) are practically absent.

For such problems, the generalized Fourier method is used, which was supplemented by the theorems of addition of basic solutions [1].

Based on this method, problems are solved for a space with cylindrical cavities and various boundary conditions [2], half-spaces with a cylindrical cavity or inclusion [3–8], for a cylinder with cylindrical cavities or inclusions [9], for a layer with a cylindrical cavity, inclusion or tube [10–13].

Formulation of the Problem

An elastic homogeneous layer of height h_1 is rigidly connected with an elastic homogeneous half-space. In a half-space, parallel to its surface, there is a circular cylindrical thick-walled pipe with an outer radius R_1 , and an inner one - R_2 .

We will consider the pipe in a cylindrical coordinate system (ρ, φ, z) , the half-space in the

Cartesian coordinate system (x_2, y_2, z_2) , which is identically oriented and combined with the coordinate system of the pipe. The half-space boundary is located at $y_2=h_2$. The layer will be considered in the Cartesian coordinate system (x_1, y_1, z_1) located on the lower surface of the layer (the interface between the half-space and, accordingly, shifted relative to the half-space coordinate system by $y_2=h_2$).

It is necessary to find a solution to the Lamé equation $\Delta \vec{U}_j + (1 - 2\sigma_j)^{-1} \nabla \text{div} \vec{U}_j = 0$, where σ_j - Poisson's ratio of the layer ($j=1$), half spaces ($j=2$) or pipes ($j=3$).

Stresses are set on the upper boundary of the layer $F_1 \vec{U}_1(x, z)|_{y_1=h_1} = \vec{F}_h^0(x, z)$, the stresses on the inner surface of the pipe $F_3 \vec{U}_3(\phi, z)|_{\rho=R} = \vec{F}_R^0(\phi, z)$, where \vec{U}_1 - displacement in the layer; \vec{U}_3 - displacement in the pipe;

$$F_j \vec{U}_j| = 2G_j \left[\frac{\sigma_j}{1-2\sigma_j} \vec{n} \text{div} U_j + \frac{\partial}{\partial n} \vec{U}_j + \frac{1}{2} (\vec{n} \times \text{rot} \vec{U}_j) \right];$$

$G_j = \frac{E_j}{2(1+\sigma_j)}$; σ_j, E_j - Poisson's ratio and modulus of elasticity of the layer ($j = 1$), half-space ($j = 2$) or pipe ($j = 3$);

$$\begin{aligned} \vec{F}_h^0(x_1, z_1) &= \tau_{yx}^{(h)} \vec{e}_1^{(1)} + \sigma_y^{(h)} \vec{e}_2^{(1)} + \tau_{yz}^{(h)} \vec{e}_3^{(1)}, \\ \vec{F}_R^0(\phi, z) &= \sigma_\rho^{(R)} \vec{e}_1^{(2)} + \tau_{\rho\phi}^{(R)} \vec{e}_2^{(2)} + \tau_{\rho z}^{(R)} \vec{e}_3^{(2)} \end{aligned} \quad (1)$$

are known functions; $\vec{e}_j^{(k)}$, $j = 1, 2, 3$ - are the unit vectors of the Cartesian ($k = 1$) and cylindrical ($k = 2$) coordinate systems.

On the boundary of the layer and half-space, coupling conditions are given

$$\vec{U}_1|_{y_1=0} = \vec{U}_2|_{y_2=h_2}, \quad (2)$$

$$F_1 \vec{U}_1|_{y_1=0} = F_2 \vec{U}_2|_{y_2=h_2}, \quad (3)$$

at the boundary of the half-space and the pipe, the coupling conditions are given

$$\vec{U}_2(\phi, z)|_{\rho=R_1} = \vec{U}_3(\phi, z)|_{\rho=R_1}, \quad (4)$$

$$F \vec{U}_2(\phi, z)|_{\rho=R_1} = F \vec{U}_3(\phi, z)|_{\rho=R_1}, \quad (5)$$

where \vec{U}_2 - displacement in half space.

All known vectors and functions will be considered as fast falling to zero at great distances from the origin of the coordinate z for the tube and the coordinates x and z for the boundaries of the layer.

Solving the Problem

We take the basic solutions of the Lamé equation in the form [1]

$$\begin{aligned} \vec{u}_k^\pm(x, y, z; \lambda, \mu) &= N_k^{(d)} e^{i(\lambda z + \mu x) \pm \gamma y}, \\ \vec{R}_{k,m}(\rho, \phi, z; \lambda) &= N_k^{(p)} I_m(\lambda \rho) e^{i(\lambda z + m\phi)}, \\ \vec{S}_{k,m}(\rho, \phi, z; \lambda) &= N_k^{(p)} [(sign \lambda)^m K_m(|\lambda| \rho) \cdot e^{i(\lambda z + m\phi)}]; k = 1, 2, 3; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} N_1^{(d)} &= \frac{1}{\lambda} \nabla; N_2^{(d)} = \frac{4}{\lambda} (\sigma - 1) \vec{e}_2^{(1)} + \frac{1}{\lambda} \nabla(y \cdot); N_3^{(d)} = \frac{i}{\lambda} rot(\vec{e}_3^{(1)} \cdot); N_1^{(p)} = \frac{1}{\lambda} \nabla; \\ N_2^{(p)} &= \frac{1}{\lambda} \left[\nabla \left(\rho \frac{\partial}{\partial \rho} \right) + 4(\sigma - 1) \left(\nabla - \vec{e}_3^{(2)} \frac{\partial}{\partial z} \right) \right]; N_3^{(p)} = \frac{i}{\lambda} rot(\vec{e}_3^{(2)} \cdot); \\ \gamma &= \sqrt{\lambda^2 + \mu^2}, \quad -\infty < \lambda, \mu < \infty, \end{aligned}$$

where $I_m(x)$, $K_m(x)$ – are the modified Bessel functions; $\vec{R}_{k,m}$, $\vec{S}_{k,m}$, $k=1, 2, 3$ – are, respectively, the internal and external solutions to the Lamé equation for

the cylinder; $\vec{u}_k^{(-)}$, $\vec{u}_k^{(+)}$ – are the solutions to the Lamé equation for the layer and half-space

The solution to the problem will be presented in the form

$$\vec{U}_1 = \sum_{k=1}^3 \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (H_k^{(1)}(\lambda, \mu) \cdot \vec{u}_k^{(+)}(x_1, y_1, z_1; \lambda, \mu; \sigma_1) + \tilde{H}_k^{(1)}(\lambda, \mu) \cdot \vec{u}_k^{(-)}(x_1, y_1, z; \lambda, \mu; \sigma_1)) d\mu d\lambda, \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \vec{U}_2 &= \sum_{k=1}^3 \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} B_{k,m}(\lambda) \cdot \vec{S}_{k,m}(\rho, \phi, z; \lambda; \sigma_1) d\lambda + \\ &+ \sum_{k=1}^3 \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (H_k^{(2)}(\lambda, \mu) \cdot \vec{u}_k^{(+)}(x_2, y_2, z_2; \lambda, \mu; \sigma_2)) d\mu d\lambda, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\vec{U}_3 = \sum_{k=1}^3 \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} A_{k,m}(\lambda) \cdot \vec{R}_{k,m}(\rho, \phi, z; \lambda) + \tilde{A}_{k,m}(\lambda) \cdot \vec{S}_{k,m}(\rho, \phi, z; \lambda) d\lambda, \quad (9)$$

where $\vec{S}_{k,m}(\rho, \phi, z; \lambda)$,

$\vec{R}_{k,m}(\rho, \phi, z; \lambda)$, $\vec{u}_k^{(+)}(x, y, z; \lambda, \mu)$ and $\vec{u}_k^{(-)}(x, y, z; \lambda, \mu)$ – are the basic solutions given by formulas (6), and the unknown functions $H_k^{(1)}(\lambda, \mu)$, $\tilde{H}_k^{(1)}(\lambda, \mu)$, $B_{k,m}(\lambda)$, $H_k^{(2)}(\lambda, \mu)$, $A_{k,m}(\lambda)$ and $\tilde{A}_{k,m}(\lambda)$ must be found from boundary conditions (1) and coupling conditions (2 – 5).

To transfer the main solutions between coordinate systems, we use the formulas [11].

To fulfill the boundary conditions at the upper boundary of the layer, we find the stresses for (7) and, for $y_1=h_1$, we equate the given $\vec{F}_h^0(x_1, z_1)$ one represented by the double Fourier integral. So we get three equations (one for each projection) with six unknowns $H_k^{(1)}(\lambda, \mu)$, $\tilde{H}_k^{(1)}(\lambda, \mu)$.

To satisfy the conjugation conditions at the boundary of the layer and half-space in displacements, we substitute the right-hand sides (7) and (8) in (2). In this case, writing down expression $\vec{U}_2(x_2, z_2)|_{y_2=0}$, it is necessary to use the formulas for the transition from solutions $\vec{S}_{k,m}$ of the cylinder to solutions $\vec{u}_k^{(-)}$ [12, formula (7)]. In a similar way, we can write three additional equations for stresses (3).

So we get nine infinite systems of equations with unknown functions $H_k^{(1)}(\lambda, \mu)$, $\tilde{H}_k^{(1)}(\lambda, \mu)$, $H_k^{(2)}(\lambda, \mu)$ and $B_{k,m}(\lambda)$.

The determinant Δ of this system has the form

$$\Delta = -64 \cdot \gamma^9 \cdot \sigma^3 \cdot e^{-3\gamma(h_1-h_2)} \cdot \Phi(\gamma)/\lambda^6, \quad \text{where } \Phi(\gamma) \text{ – the function, for } \gamma > 0, \text{ has only positive values}$$

and does not vanish, it follows from this that this system of equations has a unique solution.

We find the functions $H_k^{(1)}(\lambda, \mu)$, $\tilde{H}_k^{(1)}(\lambda, \mu)$ and $H_k^{(2)}(\lambda, \mu)$ through $B_{k,m}(\lambda)$.

To satisfy the coupling conditions at the boundary of the half-space and the pipe, we then equate $\rho=R_1$ in (8) and (9). In (8) we decompose the basic solutions $\vec{u}_k^{(+)}$ using [12, formula (8)], turning them into solutions $\vec{R}_{k,m}$. The resulting vector, as well as vector (9), for $\rho=R_1$, we substitute in (4). So we get three infinite systems of equations for the coupling of half-space and the pipe in displacements. This will fulfill condition (5).

To fulfill the boundary conditions on the inner surface of the pipe, we find the stresses for (9) and equate, at $\rho=R_2$, the given $\vec{F}_R^0(\phi, z)$, represented by the integral and the Fourier series.

Having received 9 infinite equations, instead of $H_k^{(2)}(\lambda, \mu)$, we substitute the previously expressed functions through $B_{k,m}(\lambda)$, free ourselves from the series in m and the integrals in λ . As a result, we get a set of nine infinite systems of linear algebraic equations for determining unknowns $B_{k,m}(\lambda)$, $A_{k,m}(\lambda)$ and $\tilde{A}_{k,m}(\lambda)$. These infinite systems have the properties of equations of the second kind and, as a consequence, the reduction method can be applied to them.

Having solved this system of equations, we find the unknowns $A_{k,m}(\lambda)$, $\tilde{A}_{k,m}(\lambda)$ and $B_{k,m}(\lambda)$.

Found from the infinite system of equations $B_{k,m}(\lambda)$, we substitute in the expressions for

$H_k^{(1)}(\lambda, \mu)$, $\tilde{H}_k^{(1)}(\lambda, \mu)$ and $H_k^{(2)}(\lambda, \mu)$. This will determine all unknown problems.

Numerical Studies of the Stressed State

Имеется упругое изотропное полупространство, в котором, параллельно его поверхности, расположена круглая цилиндрическая толстостенная труба. С поверхностью полупространства жестко сцеплен слой. Материал слоя – асфальтобетон, коэффициент Пуассона $\sigma_1 = 0.1$, модуль упругости $E_1=140$ кН/см². Полупространство – щебень и гравий укрепленные цементом, коэффициент Пуассона $\sigma_2 = 0.25$, модуль упругости $E_2=90$ кН/см². Труба – сталь, коэффициент Пуассона $\sigma_3 = 0.25$, модуль упругости $E_3=20000$ кН/см². Наружный радиус трубы $R_1=30$ см., внутренний $R_2=20$ см.

Расстояние от верхней границы слоя к центру трубы $h_2=45$ см. Толщина слоя $h_1=10$ см.

With the weight of the processing equipment taken into account, on the upper boundary of the layer, the stresses

$$\tau_{yx}^{(h)}(x, z) = -10^8 \cdot (z^2 + 10^2)^{-2} \cdot (x^2 + 10^2)^{-2},$$

$\sigma_y^{(h)} = \tau_{yz}^{(h)} = 0$ are given. On the inner surface of the tube, there are no stresses $\sigma_\rho^{(p)} = \tau_{\rho\phi}^{(p)} = \tau_{\rho z}^{(p)} = 0$.

A finite system of equations of order $m = 8$ was solved. The accuracy of the fulfillment of the boundary conditions for the indicated values of geometric parameters was equal to 10^{-3} .

In Fig. 1. stresses are presented on the upper and lower boundary of the layer along the x axis, at $z = 0$ in кН/см².

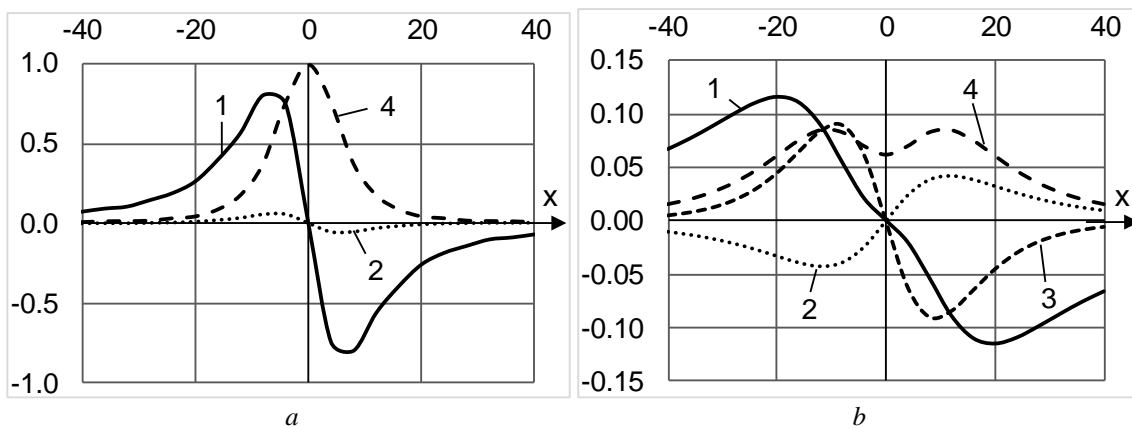


Fig. 1. Stresses at the boundaries of the layer, at $z = 0$: a - at the upper boundary ($y_1 = h_1$); b - at the lower boundary ($y_1 = 0$); 1 - σ_x ; 2 - σ_z ; 3 - σ_y ; 4 - τ_{xy}

For given tangential stresses τ_{xy} (Fig. 1a, line 4), significant normal stresses σ_x arise at the upper boundary (Fig. 1a, line 1), which decrease at the lower boundary, while remaining maximum. Stresses σ_y also appear at the lower boundary of the layer (Fig. 1b, line 4), although they are set equal to zero at the upper boundary. Stresses σ_z at the upper and lower boundary of the layer do not differ significantly.

In fig. Figure 2 shows the stresses on the pipe surfaces along the radii R_1 and R_2 , at $z = 0$ in кН/см².

The largest stresses that occur on the outer surface of the pipe are normal stresses σ_ϕ (Fig. 2a, line 1), which at $\phi=0.98$ have a negative extreme value $\sigma_\phi = -0.084$ кН/см², at $\phi = 2.16$ a positive extreme value $\sigma_\phi = +0.084$ кН/см². Small stresses σ_ρ also appear on the outer surface of the pipe in the upper zone (Fig. 2a, line 3).

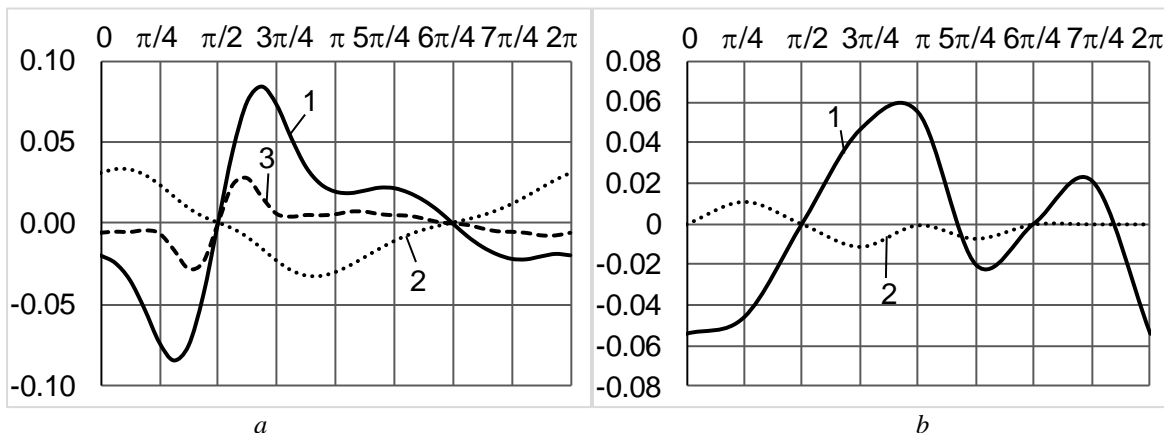


Fig. 2. Stresses on the pipe surfaces, at $z = 0$: a - on the outer surface; b - on the inner surface; 1 - σ_ϕ ; 2 - σ_z ; 3 - σ_ρ

On the inner surface, the stresses partially decrease (Fig. 2b).

Conclusions

The three-dimensional problem of the theory of elasticity for a multilayer medium consisting of a layer, half-space and a thick-walled pipe, which are interconnected by conjugation conditions, is solved. At the free boundary of the layer and the inner surface of the pipe, stresses are specified.

The proposed solution method is based on the generalized Fourier method and allows determining the stress-strain state of the medium under study with a predetermined accuracy.

Numerical studies were carried out for given nonzero tangential stresses on the layer surface. The analysis showed that the greatest attention should be paid to the normal stresses σ_x in the layer and σ_ϕ in the pipe.

The presented stress state graphs can be used to select geometric characteristics during the design of tunnels and underground utilities.

Further research is relevant for more pipes.

References

1. Nikolayev, A. G., Protsenko, V. S. (2011) Obobshchenny metod Fur'ye v prostranstvennykh zadachakh teorii uprugosti [The generalized Fourier method in spatial problems of the theory of elasticity]. Kharkov: Nats. aerokosm. universitet im. N.Ye. Zhukovskogo «KHAI», 344 p. (in Russian).
2. Miroshnikov V. Yu. On Computation of the Stress-Strain State of a Space Weakened by a System of Parallel Circular Cylindrical Cavities with Different Edge Conditions. Science and Practice: A New Level of Integration in the Modern World. 4th Intern. Conf. Proc. Scope Academic House. Sheffield. 2017. P. 77–83. UK.
3. Nikolayev, A. G., Orlov, Ye. M., (2012) Resheniye pervoy osesimmetrichnoy termouprugoy krayevoy zadachi dlya transversal'no-izotropnogo poluprostranstva so sferoidal'noy polost'yu [Solution of the first axisymmetric thermoelastic boundary value problem for a transversely isotropic half-space with a spheroidal cavity]. Problemy obchyslyval'noy mekhaniky i mitsnosti konstruktsiy – Problems of computational mechanics and structural durability, vol. 20, pp. 253–259. (in Russian).
4. Miroshnikov, V. Yu., (2018) First basic elasticity theory problem in a half-space with several parallel round cylindrical cavities. Journal of Mechanical Engineering, vol.21, no. 2, pp. 12 – 18.
5. Protsenko, V., Miroshnikov, V. (2018) Investigating a problem from the theory of elasticity for a half-space with cylindrical cavities for which boundary conditions of contact type are assigned.

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Applied mechanics, vol. 4, no. 7, pp. 43 – 50. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139567>

6. Nikolayev, A. G., Shcherbakova, A. YU., Yukhno, A. I. (2006) Deystviye sosredotochennoy sily na transversal'no-izotropnoye poluprostranstvo s paraboloidal'nym vklyucheniym [Action of Concentrated Force on a Transversely-Isotropic Half-Space with Paraboloidal Inclusion]. Voprosy proyektirovaniya i proizvodstva konstruktsiy letatel'nykh apparatov – Issues of Design and Production of Structures of Aircraft, vol. 2, pp. 47–51. (in Russian).

7. Protsenko, V. S., Ukrainets, N. A. (2015) Primeneniye obobshchennogo metoda Fur'ye k resheniyu pervoy osnovnoy zadachi teorii uprugosti v poluprostranstve s tsilindricheskoy polost'yu [Application of the generalized Fourier method to the solution of the first main problem of the theory of elasticity in a half-space with a cylindrical cavity]. Visnyk Zaporiz'koho natsional'noho universytetu – Bulletin of the Zaporizhzhya National University, vol. 2, pp. 193–202. (in Russian).

8. Protsenko, V. S., Ukrainets, N. A. (2004) The second main boundary value problem of the theory of elasticity for a half-space with a circular cylindrical cavity. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, vol. 12, pp. 52–58.

9. Nikolayev A. G., Tanchik Ye. A. (2014) Uprugaya mekhanika mnogokomponentnykh tel [Elastic mechanics of multicomponent bodies]. Khar'kov: Nats.aerokosm.un-t im. N.Ye. Zhukovskogo «KHAI», 272 p. (in Russian).

10. Miroshnikov V. Yu. (2019) The study of the second main problem of the theory of elasticity for a layer with a cylindrical cavity [text] / V. Yu. Miroshnikov – Strength of Materials and Theory of Structures, №102, pp. 77–90. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2019.102.77-90>

11. Miroshnikov V. Yu. (2019) Determination of the Stress State of the Layer with a Cylindrical Elastic Inclusion. Materials Science Forum, Vol. 968, pp. 413–420.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.968.413>

12. Miroshnikov V. (2019) Investigation of the Stress Strain State of the Layer with a Longitudinal Cylindrical Thick-Walled Tube and the Displacements Given at the Boundaries of the Layer. Journal of Mechanical Engineering, Vol. 22, №2, pp. 44–52. <https://doi.org/10.15407/pmach2019.02.044>

13. Miroshnikov V. Y. Third main problem of the theory of elasticity for the layer with a longitudinal thick-walled tube. East European Scientific Journal, №6 (46), pp. 21–27.

Budashko Vitalii

National University "Odessa Maritime Academy"

NU "OMA"

Odessa, Ukraine

Shevchenko Valerii

National University "Odessa Maritime Academy"

NU "OMA"

Odessa, Ukraine

ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ БАГАТОМАСОВОЮ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ

Анотація. На основі теоретичних та практичних досліджень багатоваріантної електромеханічної системи вирішується науково-технічна проблема вдосконалення системи управління електромеханічною системою під час впливу багатовекторних збурень на неї. Результатом дослідження є поєднання рівнянь у системі диференціальних рівнянь з коефіцієнтами, залежними від коливань об'єкта управління. У теоретичній частині була синтезована математична модель електромеханічної системи, що дозволило дослідити шляхи мінімізації кутів відхилення та часових інтервалів, необхідних для стабілізації руху електромеханічної системи, що дозволило опосередковано реалізувати сигнал, пов'язаний зі стохастичним характером моменту коливання об'єкта управління на площині координат. Також удосконалено та досліджено метод параметричної оптимізації математичної моделі електромеханічної системи у функції відхилення кута. На основі визначення структури та алгоритмів роботи ефективність системи управління електромеханічною системою підвищується в плані скорочення часу стабілізації об'єкта управління.

Ключові слова - багатомасовий електричний транспортний засіб, система управління, математичне моделювання, удосконалення, адаптованість, стабілізація

ВСТУП

Для вдосконалення конструкції систем управління багатомасовими електромеханічними системами (БМЕМС) застосовуються методи імітаційного проектування [1]. Основною перевагою імітаційного моделювання є його універсальність та можливість забезпечити високу адекватність моделі реальної досліджуваної системи. Це досягається завдяки глибокій деталізації алгоритмічного опису, що неможливо при дослідженні аналітичними методами, які пов'язані зі спрощенням процесів та жорсткими обмеженнями умов використання моделі.

Наприклад, спроба врахування впливу випадкових факторів у моделі ММЕМС призводить до значних труднощів в аналітичному дослідженні систем, які не завжди можна подолати. Симуляційне моделювання при вивченні систем в умовах випадкових впливів не є складним і на даний момент є найбільш ефективним, а іноді і єдиним практично доступним засобом отримання інформації про поведінку системи, особливо на стадії її проектування [2].

Випадковий характер прийому запитів від декількох пристроїв БМЕМС необхідний при визначенні необхідної продуктивності процесорів керуючого комплексу. Випадкові значення, виміряні в процесі керування значеннями, є причиною невизначеної кількості операцій, що виконуються процесором при реалізації алгоритмів управління [3].

БМЕМС складається з великої кількості різних пристроїв і систем і характеризується численними зовнішніми і внутрішніми випадковими впливами. Інцидентні збурення - це порушення навколишнього середовища, зміни характеристик системи, пов'язані з зносом елементів,

виникненням їх відмов, що потребують локалізації несправностей для запобігання розвитку надзвичайних ситуацій та ін. У зв'язку з цим необхідність вирішення окремих проблем з обробкою інформації та час на їх вирішення також є випадковими [4].

Хоча багато завдань з обробки інформації, пов'язаних з керуванням та керуванням багатомасовою електромеханічною системою (БМЕМС), мають циклічний характер, випадкові впливи на об'єкт управління викликають доступ до пристроїв, що виконують різні функції, контроль і управління, взагалі, не є регулярним [5]. Випадкове значення - це також час, витрачений процесором на обробку інформації в процесі управління, оскільки алгоритми вирішення задач мають розгалуження, що містять цикли. Кількість операцій процесора, що виконуються при реалізації таких алгоритмів, залежить від випадкових значень вимірюваних значень [6].

Все це зумовлює необхідність використання ймовірнісних моделей у дизайні (БМЕМС). Такі моделі потрібні як при описі процесів виконання окремих алгоритмів завдань, так і в описі систем, які виконують певний набір завдань управління та управління [7].

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Вдосконалення стратегії управління багатомасовою електромеханічною системою шляхом підвищення адекватності моделі функціонування системи, призначеної для вирішення певного набору обчислювальних задач у процесі управління, використовуючи алгоритми черги на етапі проектування з подальшою їх реалізацією в системі підтримки прийняття рішень [8].

ЗМІСТ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Спочатку, для магістральної структури БМЕМС і організації розподілених обчислювальних процесів, при яких завдання поділяються на окремі етапи, що виконуються різними процесорами, необхідне подання моделі функціонування БМЕМС у вигляді взаємодіючих систем масового обслуговування (СМО) - стохастичною мережею. При цьому окремі системи, що входять в мережу, можуть бути одноканальними або багатоканальними СМО [9].

Завданням даного дослідження є оцінка характеристик і вибір параметрів, що забезпечують необхідну якість функціонування проєктованого комплексу БМЕМС. Такі дослідження проводяться на основі аналітичних моделей або шляхом імітаційного (програмного) моделювання [10].

Аналітичні моделі, засновані на застосуванні апарату теорії масового обслуговування [11], використовуються на початкових етапах проєктування. Такі моделі дозволяють визначати орієнтовні параметри пристроїв і організацію робіт в БМЕМС для забезпечення необхідних характеристик функціонування [12].

Більш точні оцінки характеристик системи отримуємо шляхом імітаційного моделювання із залученням методу статистичних випробувань (методу Монте-Карло). Такі дослідження є складним трудомістким процесом, що вимагає розробки спеціальних програмних засобів моделювання. Імітаційне моделювання будемо

проводити при проєктуванні БМЕМС, структура якої змінюється в межах експлуатаційного режиму з урахуванням ідентифікаційних чинників [13].

Функціонування будь-якої системи масового обслуговування характеризується рядом показників: середнім часом перебування заявки в системі; середнім числом заявок, що знаходяться в системі; середнім числом заявок, що знаходяться в черзі; середнім часом перебування заявок в черзі тощо. Значення цих показників залежать від організації БМЕМС, параметрів її пристроїв і параметрів потоків заявок.

Після подання моделі функціонування БМЕМС у вигляді взаємодіючих СМО встановлюють співвідношення, що зв'язують характеристики системи з основними її параметрами. Прийняття низки припущень про параметри вхідних потоків і характер їх обслуговування дозволяє побудувати таку модель СМО, які піддається аналітичному дослідженню. Це в першу чергу відноситься до марківських систем, що займають в теорії масового обслуговування таке ж місце, як лінійні системи в теорії автоматичного регулювання [14].

Припустимо про найпростіший (пуассонівський) характер потоків заявок і законів обслуговування в БМЕМС. Тоді, потік подій у БМЕМС повинен володіти трьома властивостями: ординарністю, відсутністю післядії і стаціонарністю та підпорядковуватися пуассонівському закону розподілу [15]:

$$P_n(\tau) = (\lambda\tau)^n \cdot e^{-\lambda\tau} / n!, \tag{1}$$

where: $P_n(\tau)$ – ймовірність появи n однорідних подій в інтервалі часу τ ;
 λ – постійне позитивне число, що визначає середнє число подій в одиницю часу.

Інтервали часу між подіями у БМЕМС з урахуванням ймовірнісних експлуатаційних чинників розподілені по показовому експоненціальному закону [16]:

$$F(t) = P\{T \leq t\} = 1 - e^{-\lambda t} \tag{2}$$

з щільністю розподілу ймовірності виникнення певного експлуатаційного чинника

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{3}$$

Для БМЕМС множини типових ситуаційних чинників будуть мати перетини, тобто:

$$\bar{C}_{ik} \cap \bar{C}_{ij} = \emptyset, \quad k = 1, 2, \dots, L; \\ j = 1, 2, \dots, L; \quad k \neq j. \tag{4}$$

where: \bar{C}_i – множина ситуаційних чинників експлуатаційного режиму;

L – підмножина \bar{C}_i , $k = 1, 2, \dots, L$, відповідних типовим ситуаційним чинникам. Всі поточні ситуації оцінюються на приналежність до певної

множини \bar{C}_{kj} , $k = 1, 2, \dots, L$, а завдання замінюється еквівалентно завданням для типової ситуації \bar{C}_{kj} .

У випадку, якщо типові ситуації не будуть мати перетину, тобто:

$$d_i = 0; \quad a_{ij} = 0; \quad j = 0; \quad j = 1, 2, \dots, L; \\ \exists k = 1, 2, \dots, L; \quad p_{is} \in P_{ik}, \quad s = 1, 2, \dots, S \Rightarrow \\ \Rightarrow d_i = 1; \quad b_{ks} = 1; \quad a_{ik} = 1; \\ \bar{C}_{ik} \cup \bar{C}_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, L; \tag{5}$$

where: d_i, b_s і a_j – допоміжні індикаторні змінні ітераційного процесу;

p_{is} – s-та ознака ситуаційного чинника;

P_{ik} – множина характерних ознак k-того типового ситуаційного чинника для i-го ідентифікатора експлуатаційного режиму;

\bar{C}_{kj} , – множина змінних, що враховані у модифікованій задачі;

\bar{C}_{ij} , – пересічна множина типових ситуаційних чинників, для яких $a_{ij} \neq 0$, математичним очікуванням настання певного ситуаційного чинника, що призведе до виходу БМЕМС із сталого стану, буде:

$$M(t) = \int_0^{\infty} \frac{t^2 f(t) dt}{\lambda} = 1 \quad (6)$$

і дисперсією у часовій зоні ситуаційного чинника

$$D(t) = \int_0^{\infty} t^2 f(t) dt = 1/\lambda^2 \quad (7)$$

У приближенні до сталого експлуатаційного режиму без істотної зміни стану БМЕМС щодо енергоспоживання під час багатовекторних збурень, заявки на урахування тих чи інших

ситуаційних чинників мають тенденцію групуватися в областях коротких інтервалів часу, так як

$$P\{\tau < 1/\lambda\} = 1 - e^{-1} \approx 0.63 \quad (8)$$

тобто велика частина заявок щодо збурень слідує одна за одною з інтервалом, меншим за середнє значення $1/\lambda$.

Розглянемо випадок, коли на вхід системи надходять однорідні заявки викликів від датчиків, що фіксують певні збурення з інтенсивністю у межах похибки, час обслуговування яких

розподілено за експоненціальним законом з показником μ . Позначимо через S сталий стан системи, коли в ній знаходиться i заявок. В інтервалі $[t, t + dt]$ імовірності переходу БМЕМС до режиму компенсації збурюючого впливу j-того ситуаційного чинника визначаються матрицею:

$$P = \begin{matrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ S_k \end{matrix} \begin{bmatrix} 1-\lambda dt & \lambda dt & 0 & 0 & L & 0 \\ \lambda dt & 1-(\lambda+\mu)dt & \lambda dt & 0 & L & 0 \\ 0 & \mu dt & 1-(\lambda+\mu)dt & \lambda dt & L & 0 \\ 0 & 0 & \mu dt & 1-(\lambda+\mu)dt & L & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L & 1-\lambda dt \end{bmatrix} \quad (9)$$

При побудові матриці множини змінних \bar{C}_{kj} , (4) джерело заявок можна розглядати як деяку систему S_0 . Заявки, що виходять з i-ої системи

($i = 1, 2, \dots, j$), з постійною ймовірністю B_{ij} надходять в j-у систему ($j = 1, 2, \dots, L$) (5) або залишають мережу ($j=0$). В цьому випадку матриця передач має вигляд

$$B_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & \beta_{01} & \beta_{02} & L & \beta_{0j} \\ \beta_{10} & \beta_{11} & \beta_{12} & L & \beta_{1j} \\ \beta_{20} & \beta_{21} & \beta_{22} & L & \beta_{2j} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \beta_{i0} & \beta_{i1} & \beta_{i2} & L & \beta_{ij} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Для визначення пропускнуої здатності мережі датчиків збурюючих чинників необхідно визначити інтенсивності заявок в кожній з підсистем БМЕМС. У зв'язку з тим, що в сталому режимі середнє число

заявок, які покидають систему, дорівнює середньому числу заявок, справедливо рівність. Тому, для λ (1) заявок від датчиків, враховуючи (5), маємо:

$$\lambda_i = \sum_{j=0}^L \lambda_i \beta_{ij}, j=0,1,2,\dots,L. \quad (11)$$

Для визначення архітектури та інтенсивності завантаження мережі датчиків БМЕМС необхідно

визначити коефіцієнти передачі та характеристики датчиків, які утворюють мережу з відповідними коефіцієнтами передачі.

Параметри окремих датчиків, розрахованих відповідно розраховані відповідно до (11), повинні відповідати наступним критеріям:

- швидкодія пристрою, що зумовлюється параметрами (8);
- число каналів, яке залежить від множини змінних, що враховані у модифікованій задачі C_{kj} ;
- трудомісткість етапу;
- середній час обслуговування (2);
- інтенсивність обслуговування (3);

- коефіцієнт передачі (7).

Тому, для системи величин коефіцієнтів швидкодії датчиків, що зумовлюються значеннями коефіцієнтів передачі b_0, b_1, \dots, b_t з теоретичними середніми значеннями $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_t$ (10) складемо матрицю центральних моментів, визначаючи всі статистичні властивості коефіцієнтів B_{ij} , а отже, і рівняння регресії. Отримаємо матрицю дисперсій-коваріацій M_{ij} , по головній діагоналі якої розташовані оцінки дисперсій, а решта місць займають оцінки до варіацій коефіцієнтів рівняння регресії:

$$M_{ij} = \begin{bmatrix} s^2\{b_0\} & cov\{b_0b_1\} & \dots & cov\{b_0b_j\} \\ cov\{b_1b_0\} & s^2\{b_1\} & \dots & cov\{b_1b_m\} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ cov\{b_ib_0\} & cov\{b_ib_1\} & \dots & s^2\{b_j\} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Звідси отримуємо співвідношення для дисперсійної оцінки точності датчиків і коваріацій коефіцієнтів рівняння регресії $s^2\{b_i\}=c_{ij}^2\{y\}$; $cov\{b_ib_j\}=c_{ij}s^2\{y\}$.

Дисперсійна оцінка точності датчиків відтворюваності $s^2\{y\}$, з урахуванням (4), визначаємо за формулою

$$s^2\{y\} = \frac{\sum_{k=1}^N \sum_{q=1}^{m_k} (y_{kq} - \bar{y}_k)^2}{\sum_{k=1}^N (m_k - 1)},$$

де \bar{y}_k – середнє значення величини y_k , визначається за даними M_{ij} повторюваних вимірів.

Величина $f_y = \sum_{k=1}^N (m_k - 1)$ є число ступенів свободи дисперсійної оцінки точності датчиків, яка

дозволяє визначити значимість коефіцієнтів, тобто уточнити структуру моделі БМЕМС.

Дисперсійна оцінка передбаченого значення відгуку датчика $s^2\{\hat{y}_k\}$ визначаємо на основі закону складання помилок

$$s^2\{\hat{y}_k\} \approx \sum_{i=0}^n \left(\frac{dy}{db_i}\right)_k^2 s^2\{b_i\} + \sum_{i=1}^t \sum_{j=0}^t \left(\frac{d^2y}{db_i db_j}\right) cov\{b_ib_j\},$$
 або в матричній формі

$s^2\{\hat{y}_k\} = X_k^T (X^T X)^{-1} s^2\{y_k\} X_k = X_k^T M^{-1} X_k$, де X_k – вектор координат k -ої точки експерименту. Оцінка дисперсії адекватності визначаємо виразом

$$s_{ad}^2 = \frac{1}{N - L} \sum_{k=1}^N (\bar{y}_k - \hat{y}_k)^2,$$

де L – число коефіцієнтів, що входять в рівняння регресії після відкидання незначущих коефіцієнтів. Величина $f_{ad} = N - L$ називається числом ступенів свободи дисперсії адекватності.

Наприклад, для оцінки значущості коефіцієнтів і адекватності отриманої моделі ММЕМС зробимо дисперсійну оцінку

відтворюваності за даними 14 замірів величин з датчиків збурюючих показників. Найбільша похибка складає 0,0308 від максимального значення сигналу. В даному випадку має місце рівномірне дублювання замірів $L_1=L_2=\dots=L=N$ і дисперсійна оцінка відтворюваності знаходиться в вигляді

$$s^2\{y\} = \frac{\sum_{k=1}^N \sum_{q=1}^{m_k} (y_{kq} - \bar{y}_k)^2}{N(m_k - 1)} = \frac{0,0308}{14(5 - 1)} = 1,0967 \cdot 10^{-3}.$$

ВИСНОВКИ

Запропонований підхід до удосконалення БМЕМС як складової процесу проектування, дозволяє передбачити загальну кількість збурюючих чинників із можливістю багаторазової зміни архітектури БМЕМС, навіть при наявності мінімальних даних про існуючий проект та може бути використаний практично для будь-якого типу БМЕМС з точки зору енергоживлення. Також такий

підхід дозволяє проводити модернізацію різноманітних типів БМЕМС для їхньої адаптації до експлуатаційного режиму (наприклад, динамічного позиціонування) та дає можливість синтезувати рекомендації розробникам БМЕМС, контролерів керування та систем живлення. Це досягається за рахунок того, що запропонований підхід засновано на когнітивному (у синергізмі з інженерним) науково-дослідницькому процесі

прийняття рішення, що включає в себе поетапне удосконалення даних, які надходять від дослідження конкретного експлуатаційного режиму роботи БМЕМС.

Збільшення статистики частоти значущих ідентифікаційних чинників характеристик процесів у БМЕМС під час ітераційних процедур пропорційно обсягу вибірки та не призводить до збільшення змінних та коефіцієнтів регресійної моделі. Випадкові значення змінних збурюючих впливів не корелюються, що є свідченням передумови застосування розроблених принципів композиції регресійних моделей за результатами експериментальних досліджень.

Література

- [1] Babicheva, T.S. The Use of Queuing Theory at Research and Optimization of Traffic on the Signal-controlled Road Intersections [Text] / T.S. Babicheva // *Procedia Computer Science* – 2015. – V. 55. – P. 469-478. ISSN 1877-0509. Doi: 10.1016/j.procs.2015.07.016.
- [2] Brailsford, S. C. Hybrid simulation modelling in operational research: A state-of-the-art review [Text] / S. C. Brailsford, T. Eldabi, M. Kunc, N. Mustafee, A. F. Osorio // *European Journal of Operational Research*. – 2019. – V. 278, I. 3. – P. 721-737. ISSN 0377-2217. Doi: 10.1016/j.ejor.2018.10.025.
- [3] Kühnel, N. Implementing an adaptive traffic signal control algorithm in an agent-based transport simulation [Text] / N. Kühnel, T. Thunig, K. Nagel // *Procedia Computer Science*. – 2018. – V. 130. – P. 894-899. ISSN 1877-0509. Doi: 10.1016/j.procs.2018.04.086.
- [4] Budashko, V. V. Design of the three-level multicriterial strategy of hybrid marine power plant control for a combined propulsion complex [Text] / V. V. Budashko // *Electrical engineering & electromechanics*. – 2017. – №2. – P. 62 – 72. Doi:10.20998/2074-272X.2017.2.10.
- [5] Budashko, V. Theoretical-applied aspects of the composition of regression models for combined propulsion complexes based on data of experimental research [Text] / V. Budashko, V. Golikov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – V. 4. – № 3(88). – P. 11 – 20. Doi:10.15587/1729-4061.2017.107244.
- [6] Budashko, V. Formalization of design for physical model of the azimuth thruster with two degrees of freedom by computational fluid dynamics methods [Text] / V., Budashko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – V. 3. – № 7(87). – P. 40–49. Doi:10.15587/1729-4061.2017.101298.
- [7] Haseltalab, A. Model predictive maneuvering control and energy management for all-electric autonomous ships [Text] / A. Haseltalab, R. R. Negenborn // *Applied Energy*. – 2019. – V. 251. – Art. 113308. ISSN 0306-2619. Doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113308.
- [8] Budashko, V. Decision support system's concept for design of combined propulsion complexes [Text] / V. Budashko, V. Nikolskyi, O. Onishchenko, S. Khniunin // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – V. 3. – № 8(81). – P. 10 – 21. Doi:10.15587/1729-4061.2016.72543.
- [9] Dudin, S. Retrial multi-server queuing system with PHF service time distribution as a model of a channel with unreliable transmission of information [Text] / S. Dudin, O. Dudina // *Applied Mathematical Modelling*. – 2019. – V. 65. – P. 676-695. ISSN 0307-904X. Doi: 10.1016/j.apm.2018.09.005.
- [10] Zubowicz, T. Marine autonomous surface ship - control system configuration [Text] / T. Zubowicz, K. Armiński, A. Witkowska, R. Śmierchalski // *IFAC-PapersOnLine*. – 2019. – V. 52, I. 8. – P. 409-415. ISSN 2405-8963. Doi: 10.1016/j.ifacol.2019.08.100.
- [11] Budashko, V. V. Physical model of degradation effect by interaction azimuthal flow with hull of ship [Text] / V. V. Budashko, V. V. Nikolskyi, O. A. Onishchenko, S. N. Khniunin // *Proceeding Book of International conference on engine room simulators (ICERS12)*. – Istanbul, Istanbul Technical University, Maritime Faculty, 2015. – P. 49–53. ISBN: 978-605-01-0782-1. Available at: \www/ URL: <http://www.maritime.itu.edu.tr/icers12/program.htm>.
- [12] Zhang, L.-P. Innovation design and optimization management of a new drive system for plug-in hybrid electric vehicles [Text] / L.-P. Zhang, W. Liu, B. Qi // *Energy*. – 2019. – V. 186. – Art. 115823. ISSN 0360-5442. Doi: 10.1016/j.energy.2019.07.153.
- [13] Nikolskyi, V. The monitoring system of the Coanda effect for the tension-leg platform's [Text] / V. Nikolskyi, V. Budashko, S. Khniunin // *Proceeding Book of International conference on engine room simulators (ICERS12)*. – Istanbul, Istanbul Technical University, Maritime Faculty, 2015. – P. 45–49. ISBN: 978-605-01-0782-1. Available at: \www/ URL: <http://www.maritime.itu.edu.tr/icers12/program.htm>.
- [14] Budashko, V. Synthesis of the Management Strategy of the Ship Power Plant for the Combined Propulsion Complex [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // *2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)*, Kyiv, 16-18 Oct. 2018, Ukraine: IEEE. P. 106-108. Doi: 10.1109/MSNMC.2018.8576266. Режим доступу: \WWW/ URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8576266>. – 5.1.2019 р. – Загол. з екрану.
- [15] Fu, J. Multi-level virtual prototyping of electromechanical actuation system for more electric aircraft [Text] / J. Fu, J.-C. Mare, L. Yu, Y. Fu // *Chinese Journal of Aeronautics*. – 2018. – V. 31, I. 5. – P. 892-913. ISSN 1000-9361. Doi: 10.1016/j.cja.2017.12.009.
- [16] Abdallah, I. Event driven Hybrid Bond Graph for Hybrid Renewable Energy Systems part I: Modelling and operating mode management [Text] / I. Abdallah, A.-L. Gehin, B. O. Bouamama // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2018. – V.

Gasumov R.A.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
North Caucasus Federal University,
Stavropol, Russia*

Gasumov E.R.

*Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor,
Azerbaijan State University of Oil and Industry,
Baku, Azerbaijan*

IMPRVING THE EFFICENCY OF GAS CONDENSATE FIELD DEVELOPMENT THROUGH THE USE OF INNOVATIONS

Гасумов Рамиз Алиджавад-оглы

*доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой проектирование объектов в нефтегазовой сфере,
Северо-Кавказский федеральный университет,
Ставрополь, Россия*

Гасумов Эльдар Рамизович

*кандидат экономических наук,
доцент кафедры менеджмента,
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
Баку, Азербайджан*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИЙ

Annotation. The hydrocarbon (HC) field is designed for a long, several decades long, exploitation period. For such a long period of field operation significant changes occur in the field geological parameters of the field itself and the geological and technical characteristics of each well. The article is devoted to the application within the framework of geological and technical measures (GTM) innovative approaches to ensure the design level of hydrocarbon production aimed at improving the efficiency of field development and well productivity during operation.

Consideration is given to the principles of the formation of geological and technical measures control system for the development of hydrocarbon fields; main criteria of well stock reliability, as well as the mechanism and stages of innovation for geological and technical measures and reconstruction of hydrocarbon production objects.

The basic principles of the formation of the innovation development program aimed at the development of fields and the reconstruction of hydrocarbon production objects are outlined.

Possible measures for maintaining the workable well stock condition and improving the efficiency of hydrocarbon production objects are considered.

Аннотация. Месторождение углеводородов (УВ) рассчитано на длительный, протяженностью несколько десятков лет, срок эксплуатации. За столь длительное время эксплуатации месторождения происходят существенные изменения в геолого-промысловых параметрах самого месторождения и геолого-технических характеристиках каждой скважины. Статья посвящена применению в рамках геолого-технических мероприятий (ГТМ) инновационных подходов для обеспечения проектного уровня добычи УВ, направленных на повышение эффективности разработки месторождений и производительности скважин при их эксплуатации.

Рассмотрены принципы формирования системы управления ГТМ при разработке месторождений УВ, основные критерии надежности фонда скважин, а также механизм и этапы реализации инноваций при проведении ГТМ и реконструкции объектов добычи УВ.

Изложены основные принципы формирования программы освоения инноваций, направленных на разработку месторождений и реконструкцию объектов добычи УВ.

Рассмотрены возможные мероприятия для поддержания скважинного фонда в работоспособном состоянии и повышения эффективности работы объектов добычи УВ.

Key words: hydrocarbon, production object, gas fields, well, geological and technical measures, reconstruction, innovations, control system, program.

Ключевые слова: углеводород, объект добычи, газовые месторождения, скважина, геолого-технические мероприятия, реконструкция, инновации, система управления, программа.

Постановка проблемы.

Одним из основных направлений стратегии развития газовой промышленности является повышение степени извлечения газа и газового конденсата из недр, а также поддержание и восстановление эксплуатационного фонда скважин для обеспечения добычи углеводородов (УВ) на проектном уровне.

Проект разработки месторождений должен быть направлен на обеспечение надежности эксплуатируемого объекта и повышение эффективности освоения месторождений УВ. В условиях стареющих основных фондов, падающей добычи, длительно эксплуатируемых месторождений основой обеспечения надежности фонда скважин на действующих месторождениях являются геолого-технические мероприятия (ГТМ), которые представляют собой неотъемлемую часть системы управления разработкой месторождений. При этом, чтобы обеспечить наибольшую эффективность работ в основе их проведения должны лежать результаты оперативной диагностики скважин, технического диагностирования и мониторинга результатов ранее проведенных работ, для чего необходимо разработка принципы формирования системы управления ГТМ при разработке месторождений УВ, определения основных критериев надежности фонда скважин, а также механизм и этапы формирования и реализации инноваций при проведении ГТМ и реконструкции объектов добычи. Для разработки мероприятий для поддержания скважинного фонда в работоспособном состоянии и повышения эффективности работы объектов добычи УВ, необходимо изучение влияния различных факторов на данный процесс.

Анализ последних исследований и публикаций.

Многие газовые месторождения находятся на завершающей стадии разработки, которая характеризуется истощением продуктивных пластов, падением пластовых давлений и обводнением скважин. Это приводит к возникновению различных осложнений: разрушение призабойной зоны пласта (ПЗП), обводнение пласта, образование глинисто-песчаных пробок (ГПП), самозадавливание скважин и т.д., приводящих к снижению уровня добычи газа [1-3].

Повышение качества разработки месторождений и эксплуатации скважин требует применения инновационных подходов для обеспечения проектного уровня добычи газа, в том числе в рамках ГТМ. Каждое месторождение рассчитано на длительный, протяженностью несколько десятков лет, срок эксплуатации. За столь длительное время эксплуатации месторождения происходят существенные изменения в геолого-промысловых параметрах самого месторождения и геолого-технических характеристиках каждой скважины.

Надежность фонда скважин характеризуется таким его состоянием, когда обеспечивается эффективная эксплуатация месторождения в соответствии с проектными показателями разработки и уровнем экономической эффективности, а также обеспечивается выполнение действующих норм и требований, предъявляемых к техническому состоянию, экологической и промышленной безопасности скважин.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы:

- разработка принципы формирования системы управления ГТМ при разработке месторождений УВ, определения основных критериев надежности фонда скважин;
- определения механизм и этапы формирования и реализации инноваций при проведении ГТМ и реконструкции объектов добычи;
- изучение влияние различных факторов на реализации инноваций при проведении ГТМ и реконструкции объектов добычи УВ;
- создания Системы и подсистем управления ГТМ.

Цель статьи.

Повышения эффективности разработки месторождение углеводородов с использованием инновационных подходов на базе системы управления ГТМ.

Изложение основного материала.

ГТМ является комплекс мер геологического, технологического, технического и экономического характера, направленный на реализацию проектных решений с целью обеспечения максимальной (оптимальной) добычи углеводородов и получения дополнительной прибыли недропользователем [1, 4].

Основными целями проведения ГТМ являются:

- реализация проектных решений и корректив по разработке месторождений;
- обеспечение соответствия качества функционирования и количественных характеристик фонда скважин требованиям проекта разработки месторождений;
- рациональное и более полное извлечение углеводородного сырья на разрабатываемых месторождениях.

При этом решаются следующие задачи:

- предупреждение аварийного выхода из строя скважин и скважинного оборудования, снижение количества аварий и отказов;
- своевременное восстановление неисправных и неработоспособных скважин, внутрискважинного и устьевого оборудования;
- поддержание и повышение уровня добычи из отремонтированных скважин за счет грамотного выбора объектов, совершенствования технологий и повышения результативности работ.

ГТМ охватывают целый комплекс взаимосвязанных (вспомогательных и основных) организационных и технических процессов,

реализуемых до и после проведения работ на скважинах /1, 3/.

В комплекс ГТМ на фонде скважин входят следующие виды работ:

- текущий ремонт скважин (включая подземный ремонт);
- капитальный ремонт скважин;
- реконструкция и техническое перевооружение скважин;
- интенсификация притока флюидов;
- консервация и расконсервация скважин;
- ликвидация скважин;
- выполнение комплексных мер по подготовке фонда скважин к эксплуатации в осенне-зимний период.

При создании системы управления ГТМ необходимо помнить, что главная цель данной системы – это повышение эффективности производства и качества работ на основе постоянного совершенствования. Система преследует такие цели как: улучшение использования основных фондов; повышение технического и технологического уровня и качества работ; обеспечение запланированного технического уровня и качества; рациональное использование ресурсов.

В состав системы управления ГТМ при разработке месторождений УВ входят несколько подсистем, реализующих общие функции управления: планирование, организация, контроль и учет (рис.1).

Основными, должны являться подсистемы управления: производством; экономикой; ресурсами; рисками и инновациями [5-7].

Выбор объекта для проведения ГТМ является многокритериальной задачей. Факторы, влияющие на этот выбор, учитывают технико-технологические условия эксплуатации скважины, экономические последствия проведения ремонтных работ, требования проекта разработки и безопасности эксплуатации месторождения и ведения ремонтных работ, а также факторы, связанные с возникновением чрезвычайных ситуаций, не поддающихся объективному контролю. Уровень технического состояния и прогноз безопасности эксплуатации скважины в большой степени определяется работами по ремонту, которые, в свою очередь, основаны на анализе результатов диагностики. Важным на перспективу будет задача их оптимизации, что позволит повысить экономичность технического обслуживания, не снижая уровень безопасности эксплуатации

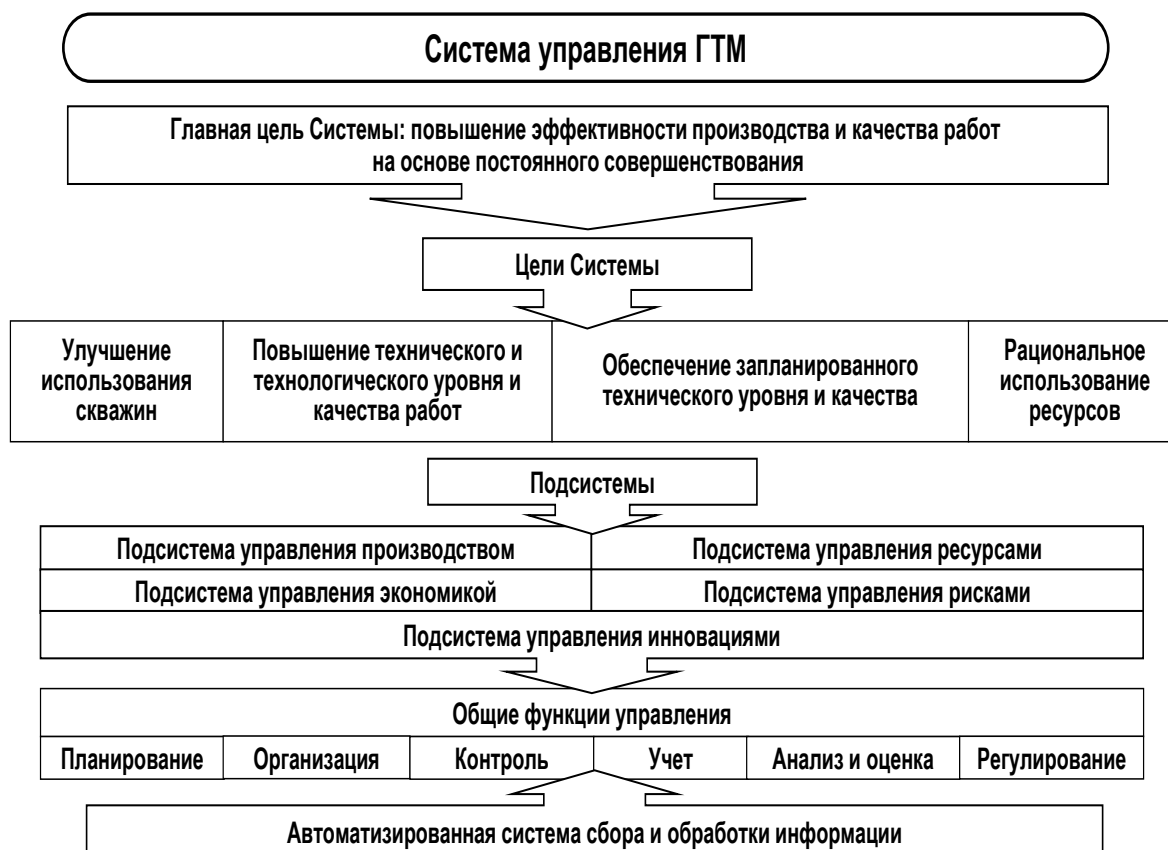


Рисунок 1 – Система управления ГТМ при разработке месторождений УВ

Повышения производительности скважин, которые характеризуются различным уровнем затрат, различным технологическим эффектом в

виде дополнительного прироста добычи газа и газового конденсата, требуется индивидуальный подход к оценке экономической эффективности использования того или иного метода с учетом

геологических, технологических и экономических факторов. Реализация инновационных подходов в проектах всегда сопровождается определенными рисками, это обусловлено особенностями скважин как сложного инженерного сооружения. В связи с чем, при планировании фактор риска должен быть учтен и спрогнозирован [4, 8-10].

В качестве основных критериев надежности фонда скважин можно выделить следующие:

- обеспечивается эффективная эксплуатация месторождения в соответствии с проектными показателями разработки и уровнем экономической эффективности;

- обеспечивается выполнение действующих норм и требований, предъявляемых к функциональному назначению, техническому состоянию, экологической и промышленной безопасности скважин.

Важным вопросом, определяющим требования к ГТМ, является надежность функционирования скважин и скважинного оборудования.

Во многом эффективность ГТМ зависит от ее инновационных составляющих. Освоение инноваций при проектировании не является самоцелью, а должно быть технологически обосновано и экономически выгодно. Без инновационных подходов получения максимального эффекта от реализации ГТМ при разработке месторождений практически невозможно. Это связано с тем, что мероприятия само по себе, это есть новые методы для решения возникающих проблем при разработке месторождений.

Вклад инновационного фактора при разработке месторождений измеряется показателями инновационных составляющих, отражающих долю инновационной добычи и инновационной прибыли в их общем объеме по газодобывающему предприятию в целом. При этом основным показателем эффективности применения инноваций при реализации проекта разработки месторождений является достижение максимального результата (прироста рентабельных в данных экономических условиях запасов и добычи углеводородного сырья) при сохранении необходимого соотношения между приростом и отбором углеводородов с возможными ограничениями по основным видам ресурсов:

финансовым, материальным, трудовым, энергетическим и т.д.

При освоении инноваций необходимо четко определить, какие технологические решения будут использованы на объектах добычи УВ и их взаимодействия с уже традиционно применяемыми технологиями и оборудованием. Этапы реализации инноваций приведены на рисунке 2.

Выбор объекта для проведения ГТМ является многокритериальной задачей. Факторы, влияющие на этот выбор, учитывают технико-технологические условия эксплуатации скважин, экономические последствия проведения ремонтных работ, требования проекта разработки и безопасности эксплуатации месторождений УВ и ведения ремонтных работ, а также факторы, связанные с возникновением чрезвычайных ситуаций, не поддающихся объективному контролю. Уровень технического состояния и прогноз безопасности эксплуатации скважин в большей степени определяется видами работ по ремонту которые, в свою очередь, основаны на анализе результатов диагностики. Важным на перспективу будет задача их оптимизации, что позволит повысить экономичность технического обслуживания, не снижая уровень безопасности эксплуатации.

Повышение производительности скважин, которое характеризуется различным уровнем затрат, различным технологическим эффектом в виде дополнительного прироста добычи газа и газового конденсата, требует индивидуальный подход к оценке экономической эффективности использованию того или иного метода с учетом геологических, технологических и экономических факторов. Реализация инновационных подходов в проектах всегда сопровождается определенными рисками, это обусловлено особенностями скважин как сложного инженерного сооружения. В связи с чем, при планировании ГТМ фактор риска должен быть учтен и спрогнозирован.

Расчет риска осуществляется, как правило, на стадии проектирования с использованием методологии вероятностного анализа безопасности. Расчетные методы позволяют оценить риск применительно к конкретному технологическому процессу.



Рисунок 2 – Этапы реализации инноваций

При формировании планов (программ) освоения инноваций возможно включить следующие разделы (рис.3):

- опытно-экспериментальное внедрение (предложения по ранее выполненным научным исследованиям, не прошедшим опытную апробацию на практике, в т.ч. по которым разработаны методические рекомендации для опытно-промышленных испытаний);
- внедрение новых технологий, техники, конструкций и материалов (предложения по внедрению новых технологий, техники, конструкций, материалов и других инновационных

решений, разработанных на основе действующих нормативных и методических документов).

С термином «инновация» тесно связаны такие понятия как результаты интеллектуальной деятельности, которым предоставляется правовая охрана (изобретения, полезные модели и т.д.).

Проекты в свою очередь можно условно подразделить на два вида (рис. 4):

- проекты, содержащие инновационные решения, созданные автором в процессе разработки проектов;
- проекты, включающие ранее созданные инновационные решения, права на которые принадлежат третьим лицам.

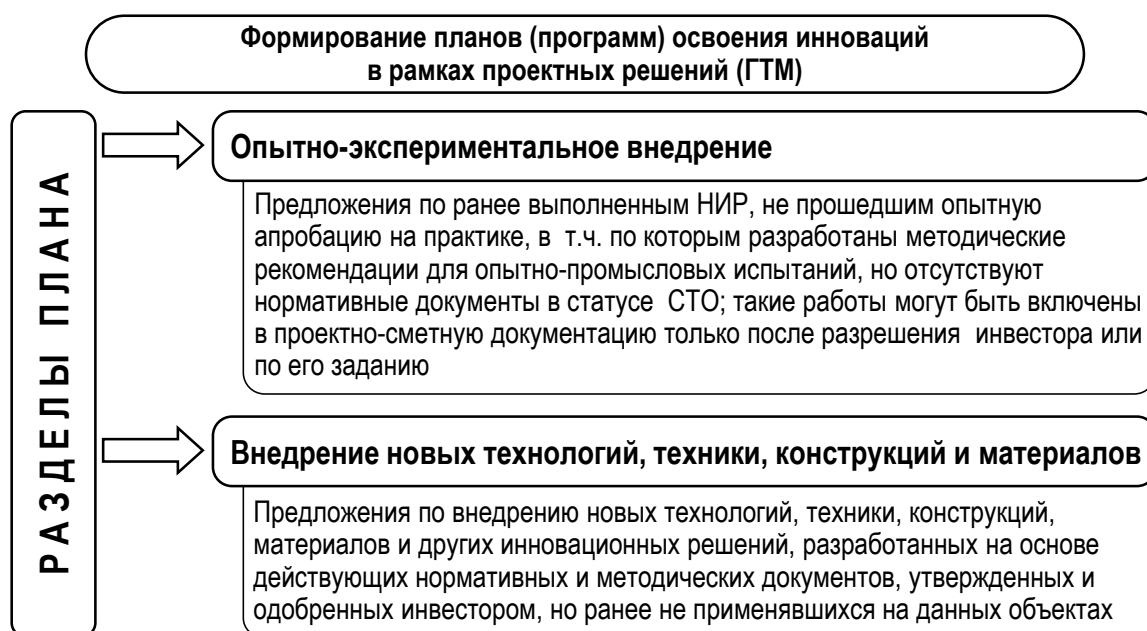


Рисунок 3 – Формирование планов (программ) освоения инноваций

В этом случае необходимо уделить особое внимание соблюдению правовых норм, с целью недопущения нарушения исключительных прав на

вышеперечисленные решения последующему урегулирование взаимоотношений с владельцами патентов.

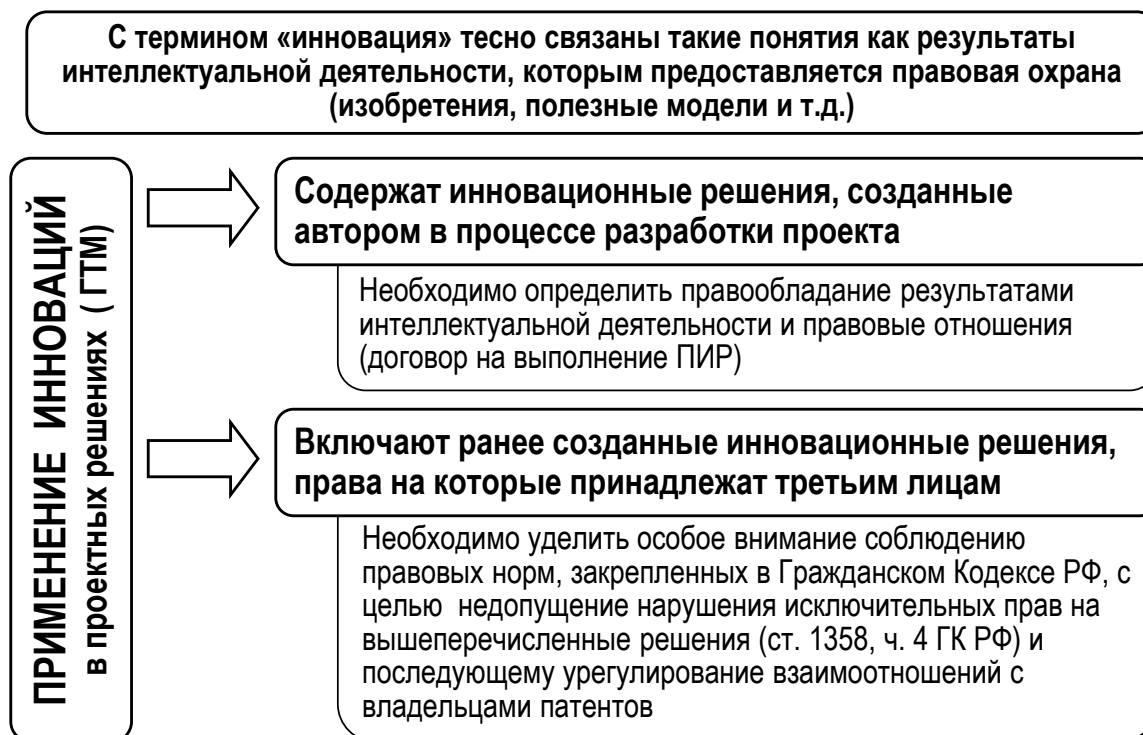


Рисунок 4 – Применение инноваций в проектных решениях (ГТМ)

Освоение инноваций должно осуществляться в соответствии с планом (программой), который содержит конкретные этапы:

- разработка в составе проектно-сметной документации;
- применение при выполнении работ по строительству, реконструкции и ремонту скважин;
- сравнительное наблюдение за объектом, проектирование и строительство которого осуществлено с применением инновационных решений, и смежными с ним объектами, выполненными по традиционным технологиям.

Освоение инновационных решений при реконструкции объектов добычи углеводородного сырья возможно в двух направлениях:

- опытно-экспериментальное внедрение (апробация инновационной продукции в производственных условиях);
- внедрение новых технологий, техники, конструкций и материалов (одобренных, но ранее не применявшихся на данных объектах).

Освоение инноваций должно осуществляться в соответствии с программой, включающей этапы ее реализации от разработки проектно-сметной документации до применения в производстве (рис. 5).



Рисунок 5 – Освоение иновационных решений при реконструкции объектов добычи УВ

В обоих случаях применение иноваций направлено на повышение качества проектных решений, в частности повышение надежности, долговечности, безопасности объектов строительства, реконструкции, капитального

ремонта, экономической эффективности и т.д. Последовательность реализации иновационно-технических решений, направленных на реконструкцию объектов добычи УВ, приведена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Иновационно-технические решения, направленные на реконструкцию объектов добычи

Для обеспечения регламентного технологического процесса добычи газа, в том числе соблюдения безопасности производства, необходима разработка и реализация комплексных мер по реконструкции промышленных объектов

Актуальность реконструкции определяется необходимостью повышения эффективности эксплуатации объектов добычи УВ, с учетом следующих факторов:

- основные производственные мощности объектов добычи газа, спроектированные на научно-технической базе 80-х годов, введены в эксплуатацию более 20 лет назад;

- для обеспечения регламентного технологического процесса добычи газа, в том числе соблюдения безопасности производства, необходима разработка и реализация комплексных мер по реконструкции промышленных объектов;

- актуальность реконструкции определяется необходимостью повышения эффективности эксплуатации объектов добычи месторождений, эксплуатируемых длительное время и обеспечивающих основной объем добычи УВ;

- реконструкция обусловлена изменением технологических показателей разработки и износом основных фондов базовых месторождений, требующих перейти от локальной реконструкции по фактическому состоянию объектов к комплексной реконструкции добычных комплексов;

- инновационно-технические решения, позволяющие повысить коэффициент нефтегазоотдачи месторождений, находящихся на поздней стадии разработки и уменьшить самозадавливания скважин, должны стать основой программы реконструкции.

Реконструкция обусловлена изменением технологических показателей разработки и износом основных фондов базовых месторождений, требующих перейти от локальной реконструкции по фактическому состоянию объектов к комплексной реконструкции.

Инновационные технические решения, позволяющие повысить коэффициент газоотдачи

месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, и уменьшить самозадавливания скважин, должны стать основой программы реконструкции [2, 11-13].

Среди основных проблем, осложняющих работу объектов добычи газа можно выделить следующие (рис. 7):

- пластовое давление сеноманских залежей месторождений в 3 раза ниже давления в магистральном газопроводе;

- пластовое давление валанжинских залежей снизилось до 10-16 МПа, что ниже уровня, обеспечивающего оптимальные условия подготовки газа и конденсата;

- подъем газоводного контакта достиг 50 м, в результате чего на многих месторождениях обводнено до трети высоты залежи;

- снижение среднесуточных дебитов скважин по сравнению с начальными в 4-5 раз, вследствие чего обводнено до 20% фонда эксплуатационных скважин;

- уменьшение объемов добычи газа и изменение параметров технологических процессов приводит к высвобождению до 40% мощностей и необходимости ликвидации или реконструкции большого объема технологического оборудования.

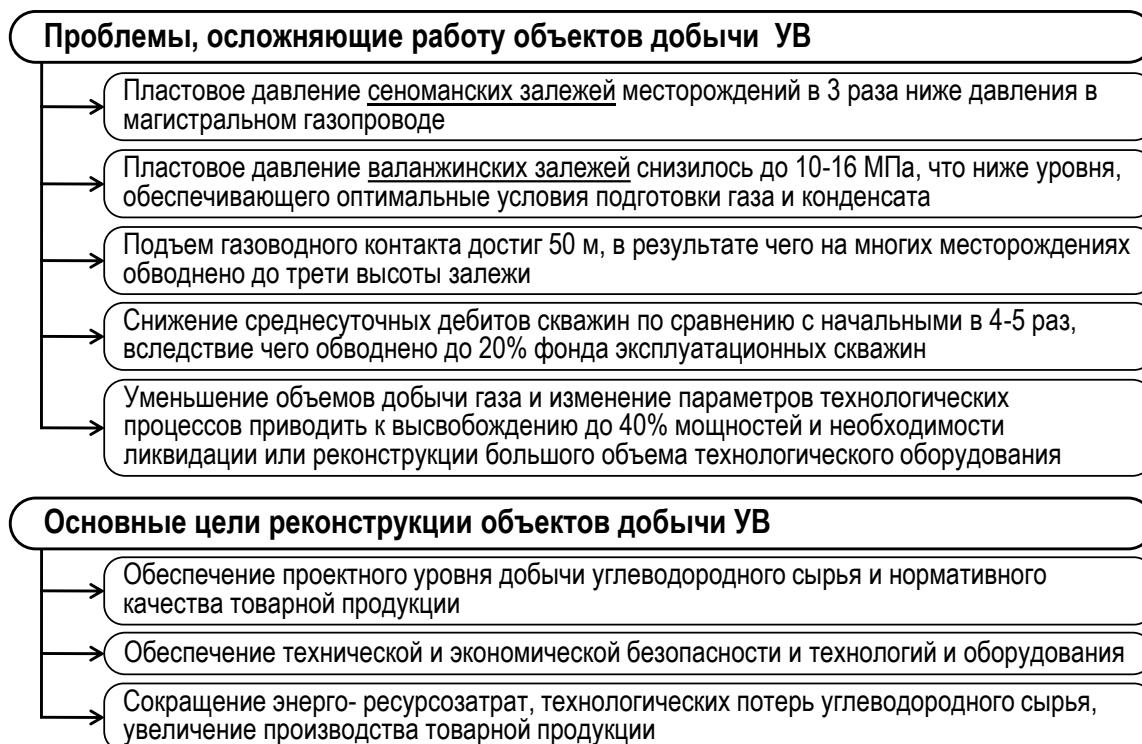


Рисунок 7 – Проблемы и цели реконструкции объектов добычи УВ

Выводы из данного исследования и перспективы.

Таким образом реконструкция объектов добычи углеводородного сырья прежде всего нацелена на обеспечение проектного уровня добычи углеводородного сырья и нормативного качества товарной продукции; технической и экономической безопасности, технологий и оборудования; сокращение энергоресурсозатрат,

технологических потерь углеводородного сырья, увеличение производства товарной продукции.

Одной из преобладающих статей в структуре основных средств газодобывающих компаний - в среднем 32% основных производственных фондов составляют скважины. В настоящее время для поддержания скважинного фонда в работоспособном состоянии требуется:

- модернизация физически изношенного и морально устаревшего технологического оборудования и систем инженерного обеспечения;
 - технологическое развитие ДКС, обеспечивающее непрерывное повышение степени сжатия и оптимальную загрузку ГПА;
 - оптимальное использование добычных возможностей скважины;
 - обеспечение автоматического оперативного контроля и управления режимами работы технологического оборудования в условиях падающей добычи газа месторождений УВ;
 - эксплуатация газосборных систем (ГСС) в режимах, обеспечивающих равномерный вынос жидкости;
 - обеспечение качества промысловой подготовки газа в условиях постоянного изменения технологических параметров.
- При реконструкции объектов добычи газа целесообразно применение инновационных технологий:
- предотвращение самодавления скважин, обеспечивающие удаление жидкости из

эксплуатируемых скважин при сохранении дебита и минимальных потерях давления – концентрические лифтовые колонны (КЛК), «плунжерный лифт», закачка газа в затрубье; распределенное компримирование; реконструкция ГСС;

- восстановление производительности скважин: зарезка боковых горизонтальных стволов; освоение газовых скважин; ликвидация водопритоков; укрепление и восстановления призабойной зоны пласта.

Комплексная программа реконструкции должна охватывать работы, выполняемые на протяжении всего жизненного цикла месторождений, включая (рис. 8):

- проектирование разработки месторождений;
- проектирование обустройства месторождений;
- коррективы проекта разработки, в том числе локальные проекты реконструкции и проекты комплексной реконструкции;
- проектирование ликвидации месторождений.



Рисунок 8 – Комплексная программа реконструкции объектов добычи УВ

Инновационные технические решения позволяют повысить коэффициент отдачи УВ месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, уменьшить нерентабельных скважин, и должны стать основой программы реконструкции.

Список литературы:

1. Гасумов Э.Р. Инновационная деятельность в нефтегазодобыче // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2011. – № 11(34). – С. 87 – 90.

2. Гасумов Э.Р. Управление инновациями при выполнении геолого-технических мероприятий по фонду скважин // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2011. – № 7. – С. 26 – 30.

3. Гасумов Р.А. Повышение и восстановление производительности газовых и газоконденсатных скважин / Р.А. Гасумов, В.З. Минликаев. – М.: ООО «Газпром экспо», 2010. – 478 с.

4. Гасумов Р.А. Экономико-математическое моделирование потенциала инновационного

развития газовой отрасли посредством кластеризации / Р.А. Гасумов, Э.Р. Гасумов, Е.Л. Торопцев, Т.В. Таточенко // Газовая промышленность. – 2014. – № 5 (704). – С. 31 – 34.

5. Гасумов Э.Р. Управление инновациями при выполнении геолого-технических мероприятий по фонду скважин / Э.Р. Гасумов, Н.Л. Толстых // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2011. – № 7. – С. 26 – 29.

6. Гасумов Э.Р. Реализация инновационных подходов при разработке газовых и газоконденсатных месторождений // Наука и ТЭК. – 2011. – № 6. – С. 85 – 88.

7. Гасумов Э.Р. Комплексная технико-экономическая оценка эффективности внедрения инновационных решений при проведении геолого-технических мероприятий / Э.Р. Гасумов, Р.Р. Гасумов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2014. – № 7. – С. 12 – 16.

8. Гасумов Р.А. Инновационные решения для обеспечения проектного уровня добычи газа / Р.А. Гасумов, Э.Р. Гасумов // Нефтепромысловое дело. – 2016. – № 10. – С. 20 – 27.

9. Гасумов Р.А. Инновационные проекты для освоения месторождений УВ / Р.А. Гасумов, Э.Р.

Гасумов // Материалы XII Международной научно-практической нефтегазовой конференции (Кисловодск, 2015). – Ставрополь: ОАО «СевКавНИПИгаз», 2015. – С. 3 – 18.

10. Гасумов Р.А. Оптимизация затрат фонда инновационного развития газовой отрасли / Р.А. Гасумов, Э.Р. Гасумов, Е.Л. Торопцев, Т.В. Таточенко. // Наука и техника в газовой промышленности. – 2013. – № 4(56). – С. 11 – 15.

11. Гасумов Э.Р. Реализация инновационных подходов при разработке газовых и газоконденсатных месторождений // Наука и ТЭК. – 2011. – № 6. – С. 27 – 29.

12. Гасумов Р.А. Математические модели в управлении геолого-техническими мероприятиями в газодобывающей отрасли / Р.А. Гасумов, К.С. Ахмедов, В.А. Толпаев, А.Г. Филиппов А.Г. / М.: ООО «Газпром экспо», 2012. – 128 с.

13. Торопцев Е.Л. Внедрение инновационных решений при проектировании объектов нефтегазовой отрасли / Е.Л. Торопцев, Э.Р. Гасумов, Т.В. Таточенко // Инновационная экономика и промышленная политика региона: труды международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – Т. 2. – С. 324 – 328.

УДК 004.65.056

Laptev Alexander

candidate of Technical Sciences,

Senior Researcher, Associate Professor,

Department of Information and Cybersecurity Systems

State University of Telecommunications.

(Kiev, Ukraine)

ORCID – 0000-0002-4194-402X

Polovinkin Igor

candidate of military sciences,

senior researcher,

director of the Scientific-Methodical Center of Personnel Policy

of the Ministry of Defense of Ukraine.

Kliukovskyi Dmytro

postgraduate;

State University of Telecommunications,

Kyiv, Ukraine;

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1784-996X>

Musienko Andrii

Doctor of Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Higher Mathematics,

State University of Telecommunications,

Kyiv, Ukraine

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1849-6716>

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55901154800>

USING THE PRONI METHOD TO ANALYZE RANDOM RADIO MONITORING SIGNALS

Лаптев Олександр Анатолійович

кандидат технічних наук,

старший науковий співробітник,

доцент кафедри систем інформаційного та кібернетичного захисту.

Державний університет телекомунікацій.

Київ, Україна.

ORCID – 0000-0002-4194-402X

Половінкін Ігор Михайлович

кандидат військових наук,

старший науковий співробітник,

директор Науково-Методичного Центру кадрової політики МО України.

Мусієнко Андрі Петрович

доктор технічних наук,

доцент кафедри вищої математики,

Державний університет телекомунікацій,

Київ, Україна.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1849-6716>

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55901154800>

Клюковський Д.В.

Аспірант

Державний університет телекомунікацій,

Київ, Україна.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1784-996X>

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДА ПРОНІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ РАДІОМОНІТОРИНГУ

Summary. The article describes one of the parametric methods of spectral analysis that is based on the use of any model to describe the signal, that is, when using them, some assumptions are made about the behavior of the signal outside the observed interval. The task of spectral estimation in this case is to find the parameters of the used model, which is selected based on the available a priori information about the process under analysis.

The proposed advanced Proni method, refined by replacing damping sine waves with the use of non-damping sine waves, allows the signal to be distinguished very accurately and to determine its characteristics against very rich interference with the air space. The advantages of the Proni method over other methods of signal transformation (over other methods of spectral analysis) are shown.

The simulations and the obtained graphs of the spectrograms of the impulse signal were received using the Fourier, Chebishev, Bessel methods. According to the obtained graphical data, they fully confirm the advantages of the Proni method for spectral analysis of random pulses.

Анотація. У статті розглянуто один з параметричних методів спектрального аналізу який заснований на використанні будь-якої моделі для опису сигналу, тобто при їх використанні робляться деякі припущення про поведінку сигналу поза інтервалу спостереження. Завдання спектрального оцінювання при цьому зводиться до знаходження параметрів використовуваної моделі, яка вибирається виходячи з наявної апріорної інформації про досліджуваній процес.

Запропонований вдосконалений метод Проні, удосконалений шляхом заміни загасаючих синусоїд на використання незатухаючих синусоїд дозволяє дуже точно виділити сигнал і визначити його характеристики на тлі дуже багатого на перешкоди ефірного простору. Показані переваги методу Проні над іншими методами перетворення сигналів (над іншими методами спектрального аналізу).

Проведено моделювання та отримані графіки спектрограм імпульсного сигналу за допомогою методів Фур'є, Чебішева, Бесселя. Згідно з отриманими графічними даними цілком підтверджують переваги методу Проні, для спектрального аналізу випадкових імпульсів.

Key words: Prony method, model, spectrum, approximation, graphs.

Ключові слова: метод Проні, модель, спектр, апроксимація, графіки.

Вступ: Останнім часом зріс інтерес до параметричних методів спектрального аналізу, особливо в тих випадках, коли класичні методи, засновані на використанні перетворення Фур'є, не забезпечують необхідної точності. Така ситуація виникає або при малих співвідношеннях сигналу та шуму, або при малому інтервалі спостереження досліджуваного процесу. В останньому випадку для підвищення точності визначення спектральної щільності необхідно використовувати апріорну інформацію про поведінку досліджуваного процесу поза інтервалу спостереження.

Параметричні методи спектрального аналізу засновані на використанні будь-якої моделі для опису сигналу, тобто при їх використанні робляться деякі припущення про поведінку сигналу поза

інтервалу спостереження. Завдання спектрального оцінювання при цьому зводиться до знаходження параметрів використовуваної моделі, яка вибирається виходячи з наявної апріорної інформації про досліджуваній процес.

Одним з параметричних методів спектрального аналізу є алгоритм Проні [1], що використовує подання спостережуваного процесу у вигляді комплексного експоненціального ряду. Метод дозволяє за відліком сигналу знайти параметри цих комплексних експонент, що, у свою чергу, дає можливість записати вираз для спектральної щільності досліджуваного сигналу. Широке застосування методу Проні стало можливим тільки останнім часом, оскільки він істотно нелінійний і вимагає великих

обчислювальних витрат. У зв'язку з цим виникла необхідність детального дослідження даного методу з точки зору оптимальності його математичної реалізації, а також потенційної стійкості до флуктуацій відліків сигналу і шумів дискретизації.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми: Найбільш потужним апаратом для всебічного аналізу сигналів в цифровій обробці є спектральний аналіз [1].

Методи спектрального аналізу випадкових сигналів діляться на два великі класи — непараметричні і параметричні. У непараметричних методах використовується тільки інформація, що міститься у даних аналізованого сигналу. Параметричні (parametric) методи передбачають наявність деякої статистичної моделі випадкового сигналу, а процес спектрального аналізу в даному випадку містити визначення параметрів цієї моделі [2].

Значна роль в аналізі сигналів належить комплексному перетворенню Фур'є:

Перетворення Фур'є (ПФ) і його дискретні аналоги (ДПФ) добре відомі та широко застосовуються в техніці спектрального аналізу при стандартній обробці радіосигналів. Воно ефективно в обчислювальному відношенні і просте в реалізації. Як правило, такі процедури дають хороші результати при аналізі частотного складу тривалих за часом радіосигналів. Однак відомі причини, що обмежують застосування перетворення Фур'є при аналізі коротких сигналів, якими можуть бути цифрові радіоімпульси наприклад, використання ДПФ для усічених за часом сигналів призводить нас до ефектів Гіббса, які спотворюють інформацію про спектр сигналу і не дають можливості забезпечити високу точність в спектральній області при аналізі гармонійних компонент [1-3].

Використання віконного перетворення Фур'є покращує оцінювання спектрів [4-6], але не дає повного розв'язання зазначеної проблеми.

Виконані за останні кілька десятиліть всебічні дослідження з питань цифрового спектрального оцінювання привели до істотного розвитку сучасних технологій в цій галузі. Прагнення до знаходження перетворень, які краще відповідають невеликої тривалості сигналів, що володіють довільним тимчасово-просторовим становищем, призвело до появи вейвлет-аналізу [7, 8]. В його основі лежать короткі функції, що володіють тимчасовою (просторовою) і частотною локалізацією, що дає кращу апроксимацію для коротких сигналів і дозволяє точніше визначати їх гармонійні компоненти. Однак використання вейвлет-аналізу при обробці радіосигналів може мати деякі обмеження з точки зору інтерпретації, що пов'язано з формальним вибором деяких ортогональних функцій як базису відповідного перетворення. З вищевикладеного можна зробити висновок що питання перетворення радіо сигналів з подальшим його аналізом остаточно не вирішене і вимагає

постійного вдосконалення. Виходячи з чого застосування удосконалення методів Проні-розкладання, заснованого на застосуванні комплексних експонентів або загасаючих синусоїд, які краще відповідають природі радіо сигналів, для аналізу випадкових радіо сигналів є дуже актуальним.

Виклад основного матеріалу.

Метод Проні – це метод аналізу коротких відрізків сигналу, заснований на апроксимації сигналу кінцевою сумою комплексних експонент.

Сучасний варіант методу Проні узагальнено на моделі, що складаються з загасаючих синусоїд (комплексних експонент), крім цього, в ньому використовується процедура оцінювання параметрів моделі за методом найменших квадратів для наближеної підгонки моделі в тих випадках, коли кількість точок даних $N > 2p$ – перевищує мінімально необхідну їх кількість для визначення параметрів p експонент. Ця процедура отримала назву узагальненого методу Проні.

Метод Проні, строго кажучи, не є методом спектрального оцінювання. Однак (однаке) він тісно пов'язаний з алгоритмами лінійного передбачення за методом найменших квадратів, використовуваними при спектральному оцінюванні на основі моделей авторегресії. На відміну від стохастичних параметричних моделей, метод Проні для апроксимації даних використовується детермінована експоненціальна модель, обчислення спектральної щільності енергії (СЩЕ) та складає суть спектральної інтерпретації методу. Метод Проні доцільно виділяти три етапи:

Перший етап виділення параметрів лінійного передбачення, з допомогою яких здійснюється підгонка наявних даних.

Другий, з коефіцієнтів лінійного передбачення формулюється поліном і визначаються його коріння, які будуть давати оцінки коефіцієнтів загасання і частот синусоїд для кожного експоненціального числа.

Третій етап, шукаємо рішення другої системи лінійних рівнянь, яка дає оцінку амплітуд експонент і початкових фаз синусоїд.

Рівняння відповідні лінійного прогнозу, за своєю структурою ідентичних рівнянь Юла-Уолкера для авторегресійного процесу, а тому існує тісний зв'язок між фільтром лінійного передбачення і авторегресивним процесом. Зважаючи на це співвідношення між параметрами лінійного передбачення та авторегресії, дозволяє інтерпретувати перший і другий етапи як процедуру відшукування полюсів деякого авторегресійного процесу. Таким чином, будь-який метод спектрального аналізу з використанням авторегресійної моделі або моделі авторегресії кожного середнього, які передбачають визначення положення полюсів, можна (з допуском) розглядати як процедуру Проні.

Розглянемо застосування методу Проні для аналізу радіо сигналів, припустимо. Що мається N

комплексних відліків даних $x(n)$. Тоді метод Проні дозволяє оцінити $x(n)$ за допомогою деякої p -членної моделі комплексних експонент:

$$\hat{x}(n) = \sum_{k=1}^p A_k e^{j(\alpha_k + 2\pi f_k n - \theta_k)} \quad (1)$$

де $1 \leq n \leq N$, T інтервал відліків в с, A_k амплітуда і коефіцієнт загасання (розмірність коефіцієнта загасання c^{-1}) k -ої комплексної експоненти, f_k частота, θ_k початкова фаза k -ої

синусоїди. Значення цих параметрів повністю довільні. У разі відліків дійсних даних комплексні експоненти повинні з'являтися комплексно-сполученими парами рівній амплітуди, що зводить експоненціальне представлення до вираження, виду:

$$\hat{x}(n) = \sum_{k=1}^{\frac{p}{2}} 2A_k e^{j(\alpha_k + 2\pi f_k n - \theta_k)} \cos(2\pi f_k n - \theta_k) \quad (2)$$

де $1 \leq n \leq N$.

Якщо число p - комплексних експонент парне, то матимемо $p / 2$ згасаючих косинусоїд. Якщо число p - комплексних експонент непарній, то будемо мати $(p-1) / 2$ згасаючих косинусоїд і одну повністю загасаючу експоненту. Вираз (2) можна інтерпретувати як подання тимчасового ряду за допомогою гармонійної синусоїдальної моделі. Різниця між періодограмною моделлю і підходом Проні полягає в тому що в періодограмі частоти вибираються заздалегідь, а в методі Проні частоти

оцінюються на основі наявних (заздалегідь визначених) частот.

Для демонстрації переваги методу Проні над іншими методами спектрального аналізу наведемо натурне моделювання в програмному середовищі Матлаб.

Для цього обчислимо спектр прямокутного імпульсу чотирма різними способами, методом Фур'є, Чебишева, Бесселя та Проні

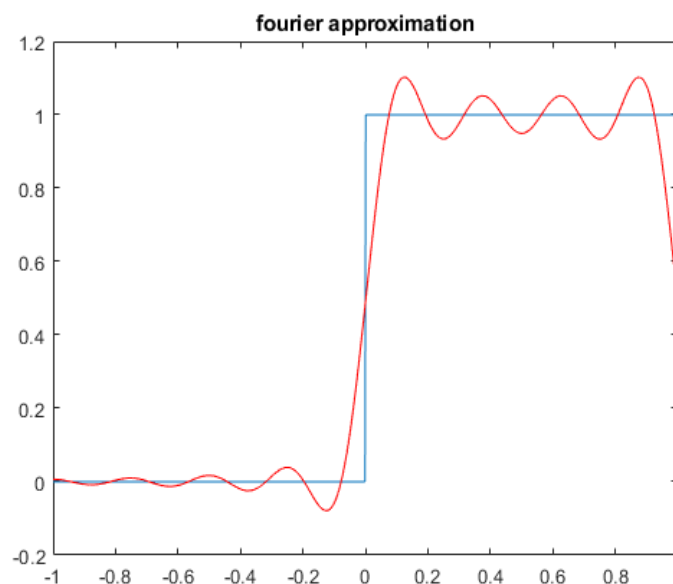


Рис.1. Графік заданого імпульсного сигналу

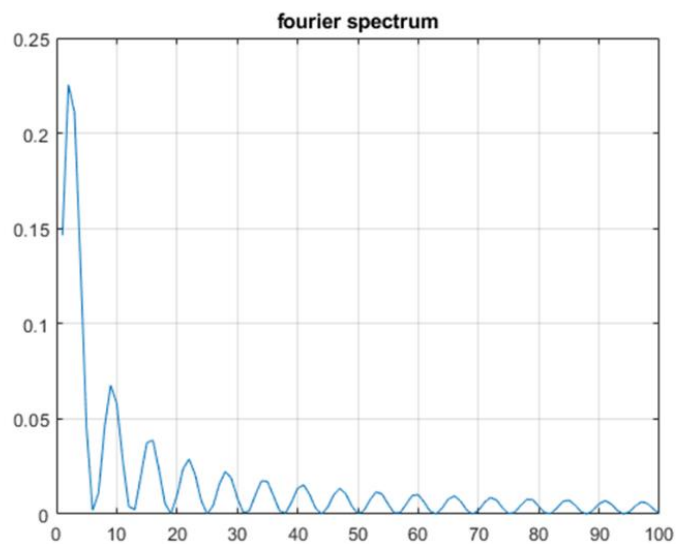


Рис.2. Спектр імпульсного сигналу за методом Фур'є

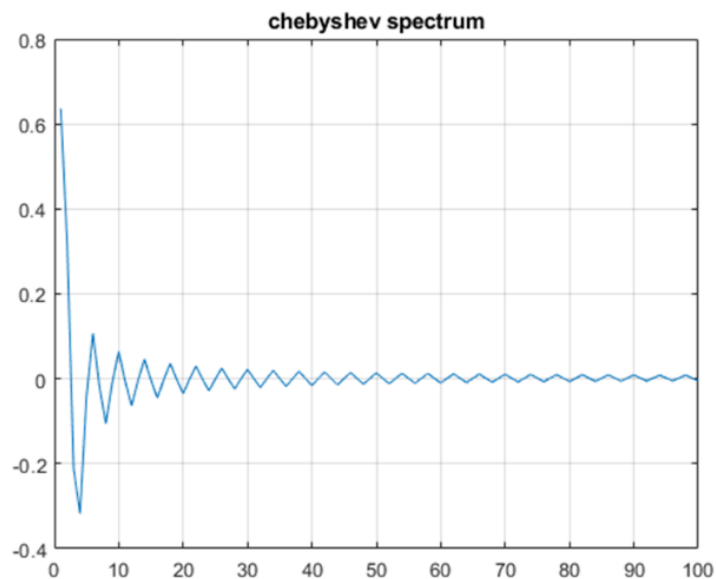


Рис.3. Спектр імпульсного сигналу за методом Чебишева

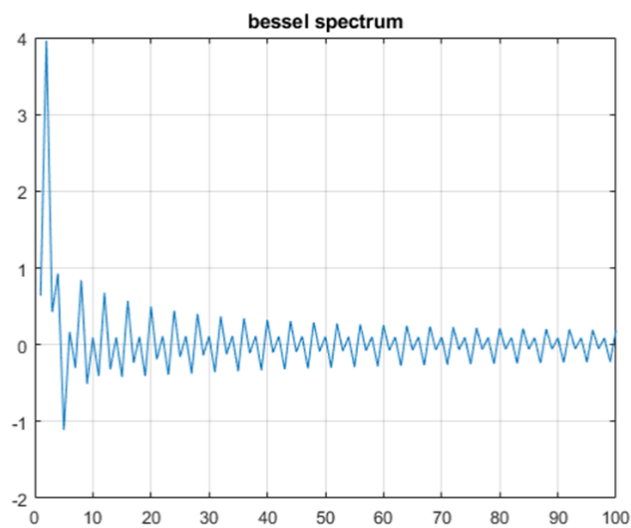


Рис.4. Спектр імпульсного сигналу за методом Бесселя

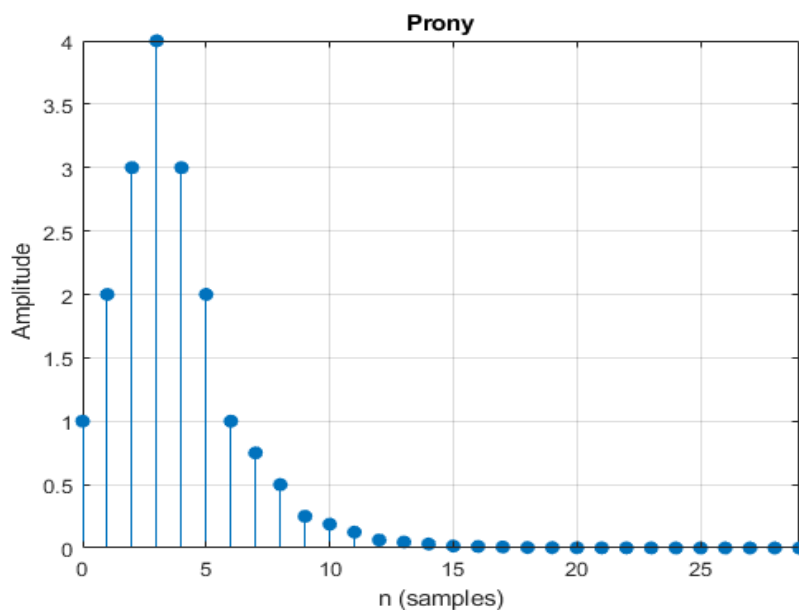


Рис.5. Спектр імпульсного сигналу за методом Проні

Отримані графіки спектрограм імпульсного сигналу за допомогою методів Фур'є, Чебішева, Бесселя, цілком підтверджують переваги метода Проні, для спектрального аналізу випадкових імпульсів.

Вдосконалений метод Проні (незагасаючі синусоїди) дає лінійчатий спектр, оскільки в ньому використовуються допущення про синусоїдальності моделі. Що призводить до отримання дуже точних оцінок чотирьох дійсних синусоїд аналізованого процесу, але до неточного подання шуму, присутнього в цьому процесі. Тоб то він дає можливість аналізувати сам сигнал, а не сигнал з шумом, що як раз і потрібно при пошуку засобів негласного отримання інформації

Висновки: Проведено моделювання та отримані графіки спектрограм імпульсного сигналу за допомогою методів Фур'є, Чебішева, Бесселя. Згідно з отриманими графічними даними цілком підтверджують переваги метода Проні, для спектрального аналізу випадкових імпульсів.

Запропонований вдосконалений метод Проні, удосконалений шляхом заміни загасаючих синусоїд на використання незатухаючих синусоїд дозволяє дуже точно виділити сигнал і визначити його характеристики на тлі дуже багатого на перешкоди ефірного простору. Показані переваги методу Проні над іншими методами перетворення сигналів.

Вдосконалений метод Проні дозволяє проводити вимірювання амплітуд і частот сигналу з похибкою 0,5%. Що дозволяє визначати сигнали засобів негласного знімання інформації з дуже високою точністю.

Список літератури:

1. Bucker H.P. Comparison of FFT and Proni Algorithms for Bearing Estimation of Narrow-Band Signal in Realistic Ocean Environment. J. Acoust. Soc. Am., vol 61, pp756-762, March 1977

2. Chuang C. W., Moffat D.L. Natural Resonances of Radar Targets via Proni's Method and Target Discrimination. IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., vol. AES-12, pp583-589, 1976

3. Hildebrand F.B. Introduction to Numerical Analysis. McGraw-Hill Book Company, New York, 1956, ch 9.

4. Марпл С.Л.-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения, перевод с англ. О.И. Хабарова и канд. физ.-мат наук Г.А. Сидоровой, М-Мир-1990. 584 с.

5. Мусієнко А. П., Лаптев О. А., Собчук В. В., Борсук Б. М. Методика вибору оптимального вхідного сигналу радіомоніторингу для програмних засобів на базі перетворення Фур'є // Системи управління, навігації та зв'язку, 4(56), 2019 ISSN 2073-7394, С.135-141

6. Лаптев О.А. Порівняльний аналіз методів розпізнавання сигналів радіозакладних пристроїв на основі частотних перетворень // Телекомунікаційні та інформаційні технології, (3), 2019, ISSN 2412-4338, С.35-45.

7. Лаптев О.А., Половінкін І.М., Клюковський Д.В., Барабаш А.О., Модель пошуку засобів негласного отримання інформації на основі диференціальних перетворень

// Sciences of Europe. Praha, Czech Republic (ISSN 3162-2364). 2019. Vol. 1. No 43.

8. Курузов В.М. Загоризонтные РЛС декаметрового диапазона: области применения и принципы построения / В.М. Курузов // Судостроение за рубежом.- 1989-№ 11.-С. 21-31.

9. Никитин А.В. Цифровой параметрический спектральный анализ широкополосных сигналов по методу Прони. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://fizmathim.com/tsifrovoy-parametricheskiy-spektralnyy-analiz-shirokopolosnyh-signalov-po-metodu-proni> (22.09.2019)

Мельник Вікторія Миколаївна

доктор технічних наук, професор

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ У ВІБРАЦІЙНО-АКУСТИЧНОМУ ЕКСТРАКТОРІ

Mel'nick V.N.

doctor of technical sciences, professor,

National Technical University of Ukraine,

"Igor sikorsky kyiv polytechnic institute"

ULTRASONIC INFLUENCE IN A VIBRATING ACOUSTIC EXTRACTOR

Анотація. Досліджується можливість удосконалення конструкції вібраційно-акустичного екстрактора та можливості збільшення проникнення екстрагенту і розчинення продукту, який екстрагується.

Summary. The possibility of improving the design of the vibration acoustic extractor and the possibility of increasing the penetration of the extractant and dissolving the product that is extracted is studied.

Ключові слова: кавітація, генератор ультразвукових коливань, вібраційно-акустичний екстрактор

Key words: cavitation, ultrasonic oscillator, vibration acoustic extractor

Вступ

Біологічно активні речовини (БАР) — (грец. *bios* — життя, що означає зв'язок із життєвими процесами і відповідає слову «біол.» + лат. *Activus* — активний, тобто речовина, яка має біологічну активність) — це сполуки, які внаслідок своїх фізико-хімічних властивостей мають певну специфічну активність. Одним із найдавніших джерел отримання лікарських засобів являються рослини. На даний час з лікарської рослинної сировини (ЛРС) виготовляють різні фітопрепарати в основному за допомогою процесу екстракції біологічно активних речовин тим чи іншим екстрагентом й подальшим очищенням їх від супутніх речовин, якщо це новогаленові препарати, або отриманням сумарних витяжок БАР у вигляді настоек та екстрактів. Та сам процес екстракції БАР з рослинної сировини досить повільний, який може займати декілька діб настоювання. Отже, ця технологічна операція займає більшу частину часу в технології отримання будь-якого фітопрепарату з ЛРС, ніж інші операції. Тому інтенсифікація процесу екстракції — це одна з актуальних технологічних задач, яка потребує теоретичного та практичного вивчення. Одним із перспективних фізичних факторів, які можуть прискорити процес екстракції БАР з рослинної сировини, є ультразвук. Під дією потужних ультразвукових хвиль у рідкому середовищі спостерігаються такі явища, які не притаманні іншим фізичним факторам або ж за інтенсивністю перевищують їх. Так, під впливом ультразвуку в рідині її частинки можуть переміщуватися десятки тисяч раз на секунду навколо частинок сировини, тим самим «струшуючи» поверхневу рідину з частинок твердої фази як під впливом перемінного потужного ультразвукового тиску, так і гідравлічних ударів у мить схлопування кавітаційних каверн. Ультразвукові хвилі чинять додаткову механічну деформацію частинок, що може

призводити до більш швидкого просочування рослинної сировини екстрагентом та подальшої заміни екстрагента в частинках на новий з міжчастинкового простору. Слід відмітити ще одне явище, яке з'являється внаслідок поглинання потужного ультразвуку. Це розігрівання суміші, що потрібно враховувати в технології і відводити надлишок тепла з екстрактора.

Умовно, всі існуючі методи вилучення БАР з рослинної сировини можна розділити на дві групи:

- традиційні технології вилучення;
- перспективні методи інтенсифікації технологічних процесів екстрагування.

За винятком, на більшості підприємств витяг БАР ведеться малоефективними, трудомісткими традиційними методами (мацерація, перколяція, виварювання, настоювання, відварювання і різні способи механічного віджиму).

Мацерація і виварювання є найбільш застарілими методами. Мацерація - звичайне вимочування, при якому відбувається розпушення клітинних стінок рослинної сировини і розчинення екстрагованих речовин. Тривалість процесу досягає двох тижнів. Одним з традиційних способів виготовлення екстрактів і настоїв є перколяція. При перколяції або просочуванні, розчинник проходить (просочується) через шар подрібненої сировини і «вимиває» цільові компоненти. У перколяційні процеси можуть вноситися різні варіації. Часто користуються поєднанням процесів настоювання і перколяції.

У даний час процес екстрагування проціджуванням не відповідає завданням інтенсифікації виробництва і застосовується, як правило, для отримання одиничних настоек.

Відомий вихровий метод екстракції (турбоекстрація), який поєднує інтенсивне перемішування і одночасно подрібнення сировини в середовищі екстракту за допомогою швидкообертаючих мішалок, які мають гострі

лопати. Недолік цього методу - переподрібнення сировини і, як наслідок, ускладнення процесу очищення.

Очевидно, що параметрами, які впливають на швидкість і ступінь вилучення, що піддаються регулюванню в потрібну сторону є: тип екстрагента, ступінь подрібнення, різниця концентрації, температура, тиск, тривалість отримання і гідродинамічні умови в апаратах і камерах. Окремі з перерахованих факторів реалізуються в традиційних способах екстракції.

Для інтенсифікації процесів вилучення використовують вплив на сировину різних силових полів: електричних, ультразвукових, імпульсних, дискретно-імпульсних та ін. Проте, велика частина цих перспективних методів досі перебуває на стадії лабораторних або напівпромислових випробувань. Це прямо вказує на ряд невирішених теоретичних і практичних завдань. Чималу увагу в літературі приділяється екстракційного процесу під дією електричного струму. Оскільки гомогенність рослинної сировини порушена клітинними мембранами, які поділяють внутрішньоклітинні і позаклітинні області, масообмінні процеси в таких системах носять, очевидно, електрохімічний характер. Отже, вони повинні залежати від зовнішнього електричного впливу, і електричний струм, проходячи через оброблювану сировину, впливає на проникність мембран та руйнування клітин.

Це, в свою чергу, впливає на процеси масообміну між твердою і рідкою фазами. Дані явища лежать в основі таких процесів, як електроплазмоліз і електродіаліз, які використовують для інтенсифікації вилучення компонентів з рослинної сировини. Використання електроплазмоліза в поєднанні з механічним впливом (різання, пресування, перемішування і т.д.) найбільш ефективно при обробці мезги при виробництві соків, причому підвищується вихід соків і з важко пресованої сировини, наприклад, цукрового буряка.

До нетрадиційних методів обробки рослинної сировини відноситься електродіаліз - дифузія електролітів через пористу мембрану під дією електричного струму. У процесі електродіалізу досягається зміна іонного складу рідин, що знаходяться між мембранами, а змін агрегатного стану і фазових перетворень в системах не відбувається. Речовини, що входять в оброблювальну сировину, особливо термонестабільні білки, ферменти та ін., залишаються в первісному вигляді. Цей спосіб використовується при отриманні чистих препаратів в невеликих кількостях.

Вивчаючи процес електричних впливів на клітинному рівні, було показано, що дія струму може призводити як до збільшення проникної здатності мембран, так і до зворотного ефекту.

Традиційно вважається, що лімітуючою стадією екстрагування є внутрішньо- дифузійний (масообмінний) процес, руйнівною силою якого є

різниця концентрації в екстрагенті (розчиннику) і розчині речовин, що містяться в клітинних і міжклітинних структурах рослинної сировини.

Тому інтенсифікація процесів вилучення спрямована на прискорення масообміну в системі «рідина - тверда речовина». Перспективним, з точки зору підведення до системи енергії і перетворення її в кінетичну енергію, є метод обробки твердих тіл, які знаходяться в рідині під дією електричних розрядів.

Згодом з'явилися модифікації цього методу: електроімпульсний (наскрізний пробій твердого тіла); електрогідралічний (вплив ударної хвилі, що супроводжує розряд в рідині); мембранний, що виключає вплив випромінювання на об'єкт від каналу розряду і електродинамічний (поєднання наскрізного пробію твердого тіла і ударної хвилі). Розряд в рідині викликає стрибкоподібне зростання температури каналу, утворення парогазової порожнини і її розширення з великою швидкістю, що призводить до утворення імпульсу тиску (гідроудар). При всій привабливості використання іскри в якості «робочого інструменту» ряд авторів відзначає негативні явища при тривалій обробці імпульсами напруги, які проявлялися в порушенні структури деяких БАР.

Перспективним «інструментом» в технології вилучення БАР з рослинної сировини є ультразвук. Широке застосування ультразвукових методів обумовлено особливостями фізичного та хімічного впливу ультразвуку на речовину. До теперішнього часу створені різноманітні ультразвукові технології процесів розчинення, емульгування, отримання тонкодисперсних суспензій, просочення, акустичного сушіння, миття та очищення різноманітних виробів, засолу харчових продуктів, передпосівної обробки насіння, екстрагування речовин, зварювання термопластичних матеріалів, склеювання деталей, механічної розмірної обробки та ін.

Пропонуємо технічне рішення належить до конструкцій масообмінних апаратів для екстрагування цільових продуктів з подрібненої сировини рослинного або тваринного походження і може використовуватись в фармацевтичній, хімічній і харчовій промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомий апарат для екстрагування [1], який складається з вертикального корпусу та розміщених в ньому віброуючих робочих органів у вигляді перфорованих тарілок, які мають різний гідралічний опір при проходженні через них середовища в протилежному напрямку. Недоліком даного апарату є забивання отворів в тарілках твердою фазою і в наслідок цього порушення динамічних умов роботи апарату.

Відомий також вакуум-віброекстрактор періодичної дії з комбінованим енергопідведенням містить циліндричний корпус з кришкою із розміщеним на ній віброприводом, з'єднаним через шток та перфорований диск з гнучким

контейнером. Контейнер має проникну поверхню для екстрагенту, закріпленим на сітчастій нерухомій опорі, під якою в нижній частині корпусу розміщено регульований за амплітудою і частотою коливань випромінювач високочастотних механічних коливань. Апарат додатково оснащений зовнішнім вакуумованим циркуляційним контуром, який складається з барометричної трубки, що з'єднує робочий об'єм апарата з випарним пристроєм, який має обвідний контур і парову камеру, що з'єднані із збірником конденсату через конденсатор [2].

В праці [3] автори пропонують екстрактор для малотоннажних харчових виробництв, в якому інтенсифікація процесу екстрагування здійснюється застосуванням вібрації. Конструкція апарату дозволяє використовувати легкопаруючі екстрагенти. Також наведено деякі попередні розрахунки конструкції екстрактора [3].

Здійснені дослідження показали, що застосування вібрації веде до найбільш істотного прискорення екстрагування [4,5]. Вібраційний вплив, передане від корпусу апарата через екстрагент рослинній сировині, інтенсифікує процес масообміну за рахунок інерційних сил, прискорення міграції переноситься речовини і турбулізації пограничного шару.

Авторами наводяться результати напівнатурних випробувань при розчиненні твердих речовин в рідких розчинниках в умовах дії ультразвуку в рідкому середовищі та запропонована математична модель процесу. Виявлено появу знакозмінного тиску, течії, кавітації, що сприяють інтенсифікації процесів масопереносу. Доведено, що швидкість розчинення твердих речовин залежить від інтенсивності, частоти та амплітуди ультразвукових коливань [6].

Найбільш близький до пропонуемого технічного рішення є вібраційний екстрактор [7], який містить циліндричний корпус з

електромеханічним приводом, термоізолювану парову оболонку, електронагрівальні елементи, колектори введення екстрагенту і виводу екстракту та гнучкі мембрани кооксимально закріплені на віброуючому штоку та по периметру зафіксовані на нерухомих стояках і розміщені у внутрішньому сітчастому корпусі.

Мета досліджень.

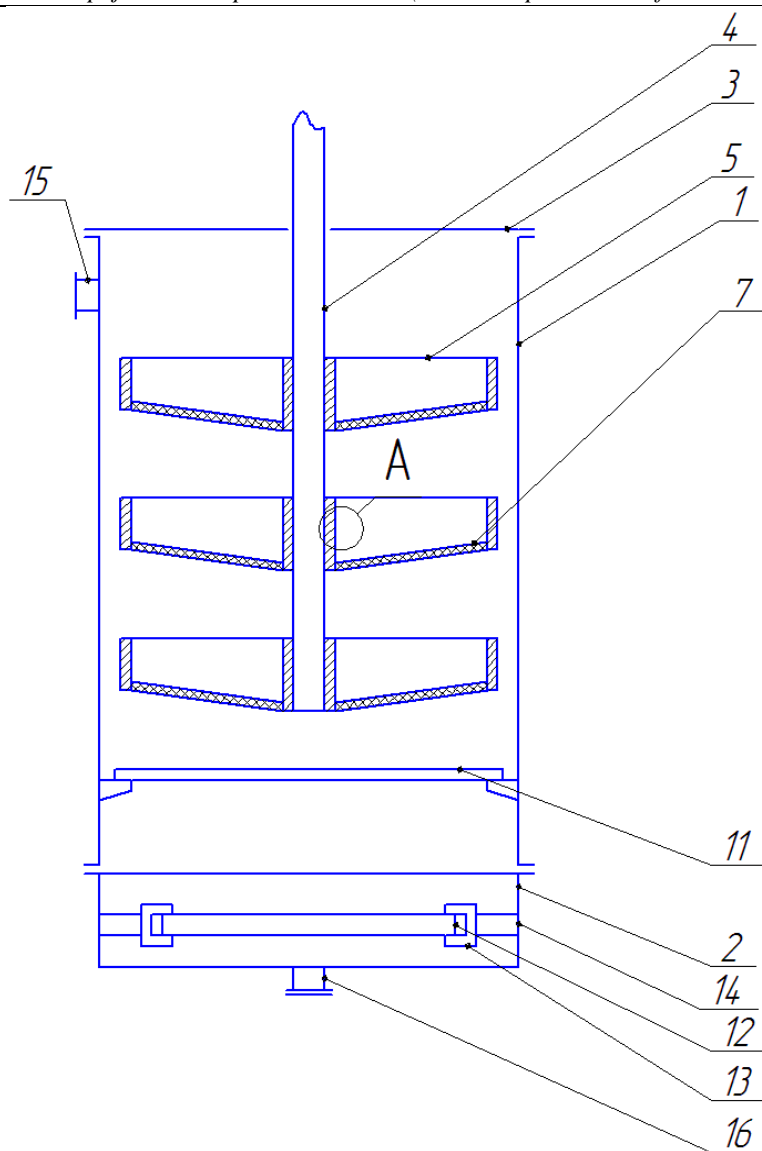
За мету досліджень обрано пошук шляхів вдосконалення технічної реалізації вібраційно-акустичного екстрактору за допомогою радіального перемішування екстрагента і сировини та можливість надання регулювання співвідношення екстрагент-сировина в просторі між тарілками.

Викладення основного матеріалу.

В основу пропонуемого технічного рішення поставлена задача удосконалення конструкції вібраційно-акустичного екстрактора, яка вирішується шляхом переходу рідини через шар твердої фази під дією акустичних коливань, що забезпечить інтенсифікацію внутрішнього та зовнішнього масоперенесення, як в середині твердої фази до поверхні контакту так і з поверхні твердої фази в екстрагент.

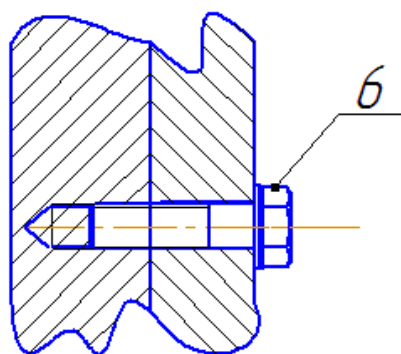
Поставлена задача вирішується тим, що вібраційно-акустичний екстрактор, який складається з циліндричного корпусу з плоскою кришкою, штуцерів для підведення екстрагенту та виведення екстракту, а вібропривід з'єднаний зі штоком, на якому закріплені корзини з сітчастими днищами, а в нижній частині циліндричного корпусу екстрактора встановлений генератор ультразвукових коливань.

На рис. 1 схематично показаний вертикальний розріз вібраційно-акустичного екстрактора. На рис. 2 показано кріплення корзин 5 до штоку 4 гвинтом 6. На рис. 3 показано з'єднання зовнішнього кільця 8 з внутрішніми втулками 7, планками 9.



Puc. 1

A-A



Puc. 2

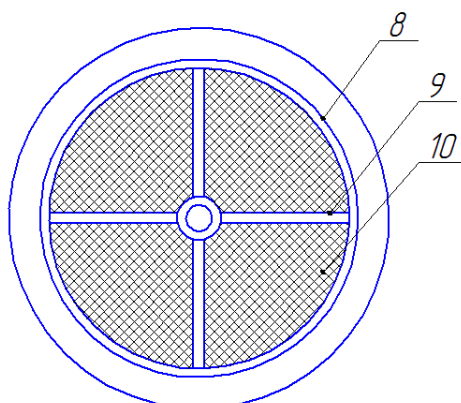


Рис. 3

Вібраційно-акустичний екстрактор складається з циліндричного корпусу 1, до якого кріпиться на фланці днище 2 та кришка 3. В корпус 1 встановлений шток 4, на якому закріплені три корзини 5. Корзини 5 складаються з внутрішньої втулки 7 та зовнішнього кільця 8. Зовнішнє кільце 8 з'єднується з внутрішніми втулками 7, планками 9. Планки 9 підтримують металеву сітку 10. Внутрішні втулки 7 фіксуються на штоку 4 гвинтом 6. В нижній частині корпусу 1 над днищем 2 закріплена плоска металева сітка 11. Під сіткою 11 розміщений генератор ультразвукових коливань 12. Генератор ультразвукових коливань встановлений на направляючих 13, що кріпиться ребрами 14 до циліндричної частини днища 2. Для введення екстрагенту в верхній частині корпусу передбачений штуцер 15 та штуцер 16 для виведення готового екстракту.

Вібраційно-акустичний екстрактор працює наступним чином. Перед кожним циклом роботи вібраційно-акустичний екстрактор очищають від залишків сировини, промивають миючими засобами, споліскують водою, при необхідності стерилізують гострою парою. Завантаження корзин 5 сировиною здійснюють поза межами вібраційно-акустичного екстрактора та фіксують в робочому положенні. Закріплюють кришку 3 до корпусу 1 апарата. В апарат подають екстрагент. Вмикають генератор ультразвукових коливань 12.

При зворотно-поступальному русі штоку 4, з закріпленими на ньому корзинами 5 з твердими частинками речовини, екстрагент проходить через сітчасті днища в корзинах 5, омиває розміщені в корзинах 5 тверді частинки сировини. Зміна напрямку руху штоку 4 призводить до руйнування прилежого шару екстрагенту біля поверхні твердої частинки, інтенсифікуючи процес масовіддачі. Ультразвукові коливання в вібраційно-акустичному екстракторі інтенсифікують процес проникнення екстрагенту в пори твердих частинок, ультразвукова кавітація руйнує поверхню частинок, відкриває нові пори, сприяє транспортуванню екстрагента в капілярах твердих частинок, покращуючи процес переносу

маси в твердих частинках і збільшуючи вихід цільового продукту.

Висновки та пропозиції.

Таким чином, процес екстрагування з використанням генератора ультразвукових коливань і механічних коливань за рахунок зворотно-поступального руху штоку з корзинами, що створює умови неперервного омивання твердих частинок сировини рідкою фазою (екстрагентом), що підвищує інтенсивність масовіддачі з поверхні твердих часток, збільшує міжфазну поверхню в результаті кавітаційного руйнування твердих часток за рахунок появи мікротріщин і додаткових пор, а також покращить проникнення екстрагенту та розчинення продукту, що екстрагується в капілярах твердих часточок під дією акустичного тиску.

Літературні джерела:

1. А.с. 1722521 СССР, МПК В01D 11/02. Вібраційний екстрактор / П.П. Лобода, В.Л., Зав'ялов, Ю.В. Карлаш. - № 4848802/26; заявл. 09.07.90; опубл. 30.03.92, Бюл. № 12.
2. Патент 113085 UA, МПК В01D 11/02 (2006). Вакуум-віброекстрактор періодичної дії з комбінованим енергопідведенням / Зав'ялов В. Л., Попова Н. В., Мисюра Т. Г., Запорожець Ю. В., Деканський В. Є. ; заявник Національний університет харчових технологій. — № а 2014 11977 ; заявл. 05.11.2014 ; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23.
3. Поперечный А.Н. Боровков С.А. ЭКСТРАКТОР ДЛЯ МАЛОТОННАЖНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ/ Наукові праці, випуск 47, Т.2. С. 8-11.
4. Поперечный, А.М. До питання інтенсифікації процесу екстрагування в системі «тверде тіло – рідина» [Текст] / А.М. Поперечный, С.О. Боровков // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2007.– Вип. 16.– С. 104-109.
5. Поперечный, А.М. Обгрунтування створення вібраційного екстракційного апарату безперервної дії [Текст] / А.М. Поперечный, С.О. Боровков // Збірник наукових праць Луганського

національного аграрного університету. Серія: Технічні науки – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2008. №87.-С.332-341.

6. Мельник В.М., Ружинська Л.І., Форостянко В.С. Побудова математичної моделі процесу розчинення твердих речовин в умовах дії

ультразвуку/ Технологічний аудит та резерви виробництва. - 2017. №1/3(33). - С. 28-33;

7. Деклараційний патент на корисну модель № 14515, Україна, МПК В01D 11/02. Вібраційний екстрактор/ В.Л. Зав'ялов, В.С. Бодров, Н.В. Попова, Т.Г.Мисюра. - № u200511361; заявл. 30.11.2005; опубл. 15.05.2006, бюл. № 5.

Сайда С.К.

канд.техн.наук,

Доцент кафедри строительного производства ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет»

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ, ЗАПОЛНЕННОЙ БЕТОНОМ

Конструктивный элемент в виде стальной оболочки, заполненной бетоном (трубобетон), является одним из наиболее прогрессивных видов строительных конструкций. Преимущества таких конструкций – легкость, минимальная трудоемкость при изготовлении и монтаже, низкий расход дефицитных материалов, и, в конечном счете, низкая себестоимости строительства.

В трубобетонных конструкциях эффективно используются специфические свойства применяемых материалов, что дает существенную экономию стали и цемента, приводит к уменьшению размеров поперечного сечения элементов конструкций, и следовательно, их веса и транспортных затрат.

В результате сравнения несущей способности трубобетонных и железобетонных образцов с равными площадями сечения бетона и арматуре установлено, что трубобетон по несущей способности в 1.8-2.5 раза эффективнее железобетона [1].

Под действием нагрузки в поперечном направлении обжатии бетона сначала незначительно, с ростом нагрузки оно увеличивается и почти достигает величины призмочной прочности. Продольные напряжения в бетоне значительно возрастают от начала загрузения до его окончания, превосходя призмочную прочность. Боковое давление создает объемное напряженное состояние, препятствуя расширению бетона и развитию микротрещин [2].

Вопросам теории расчета и конструирования трубобетона посвящены работы А.А.Гвоздова [3], А.И.Кикина [4], Р.С.Санжаровского [5], и другие. Однако нет еще четкого представление о физической сущности работы бетона в оболочке, а также достаточно обоснованного метода определения разрушающей и расчетной нагрузок, имеются противоречивые мнения и по оценке напряженно-деформированного состояния трубобетонного элемента при осевом сжатии.

Так, А.А.Гвоздев [3] предложил определить разрушающую осевую нагрузку по предельному сопротивлению оболочке в поперечном направлении и разрывающему действию давления бетонного ядра. Это означает, что продольные деформации достигают определенной величины

превышения, которой сопровождается переходом стержня в предельное состояние по большим необратимым деформациям.

Для определения прочности трубобетонных стержней им были положены следующие предпосылки:

- при центральном сжатии исчерпание несущей способности стальных труб, заполненных бетоном, когда оболочка и ядро находятся в пластичной стадии;

- с достижением текучести в стальной трубе напряженное состояние удовлетворяет условиям пластичности Генки-Мизеса;

- к моменту достижения предельной нагрузки на стальную трубу с бетонным ядром имеет место и условие текучести .

Исходя из этого, А.А.Гвоздев делает вывод, что в момент достижения предельного состояния стальная оболочка работает лишь как обойма. При этом она способна воспринимать только распор бетонного ядра, а вся продольная нагрузка воспринимается бетонным сердечником.

В других работах за предельное состояние принимается тот момент, когда в стальной оболочке кольцевые напряжения достигают предела текучести. Авторы рассматривают совместную работу стальной трубы и бетонного ядра при напряжениях в бетоне, больше призмочных и делают вывод о том, что в рассматриваемый момент имеют место два взаимно обусловленных и исключаящих друг друга процесса: с одной стороны- процесс “разупрочнения” бетона за счет интенсивного развития внутренних трещин, а с другой стороне- процесс “упрочнения” , бетонного ядра за счет возрастающего реактивного давления обоймы. Несущая способность трубобетонного элемента считается исчерпанной, когда прекращается процесс упрочнения бетонного ядра.

В основе предельного состояния у других авторов принята трактовка Н.С.Стрелецкого, в которой “предельная деформация является главенствующей, определяющей, предельное состояние, а силовой фактор лишь подбирается по предельной деформации”. Это означает, что продольные деформации достигают определенной величины, с превышением которой наступает

предельное состояние по необратимым деформациям.

В этом случае В.А.Росновский [6] считает, что норму неопределенности продольной деформации можно установить постоянной, не зависящей от прочностных характеристик стержня.

В работе [5] проведено экспериментально-теоретическое изучение напряженно-деформированного состояния трубобетонного элемента вблизи предельного состояния соответствующего силе при которой продольная деформация становится равной деформации начала площадки текучести стали на диаграмме напряжение-деформация, устанавливается наличие малого поперечного обжатия бетона и его способность наряду с благоприятными условиями твердения существенно повышать прочность бетона в продольном направлении.

С помощью корреляционного и регрессионного анализов авторами построена модель прочности бетона в трубе. В результате анализов авторы пришли к тому, что прочность бетона в трубе, вблизи указанной силы, мало зависит от диаметра оболочки, толщины оболочки и других факторов, а существенно от кубиковой прочности бетона.

Анализируя вышеизложенное видно, что фактор сцепления бетона с оболочкой неучтен. Неучтен также способ передачи нагрузки (на бетонное ядро или одновременно на ядро и оболочку).

Очевидно, что под действием осевого продольного усилия, бетонное ядро получает наряду с продольной некоторую поперечную деформацию. Однако оболочка препятствует поперечной деформации ядра. В результате между оболочкой и ядром возникают радиальные усилия взаимодействия, которые для оболочки являются внутренним давлением, для ядра же они являются внешним давлением, уменьшающим радиус поперечного деформирования по сравнению со свободным расширением.

При передаче внешней нагрузкой и на оболочку, и на ядро они деформируются вдоль образующей совместно без взаимодействия в радиальном направлении, пока коэффициент Пуассона в бетоне меньше, чем в стали и только при напряжениях в бетоне порядка половины значения призмочной прочности развивается процесс

образования продольных микротрещин, отдельных несмыкающихся разрывов, которые ведут к увеличению коэффициента Пуассона для бетона и наступлению предельного состояния. С этого момента начинает проявляться эффект обжимы, бетон оказывается всесторонне сжатым, повышается его прочность. В определенных случаях деформация оболочки может быть больше деформации ядра и никаких радиальных напряжений между ними не будет, так как отзивные напряжения могут возникнуть лишь за счет офузии, но они очень малы и их можно не принимать во внимание.

Когда внешняя осевая нагрузка прикладывается только к ядру, между бетонным ядром и стальной оболочкой возникают тангенциальные усилия взаимодействия которые приводят к радиальным взаимодействиям начиная с первых этапов загрузки.

Следовательно, передача сжимающей нагрузки на бетонное ядро более целесообразно, так как в стадии эксплуатации при этом возникают относительно большие усилия обжатия бетонного ядра, препятствующие поперечному трещинообразованию в бетоне ядра; эффект обжимы в стадии эксплуатации тем выше, чем меньше сцепление бетона со стенкой трубы.

В предельной стадии влияние способа передачи нагрузки (на бетон или на все сечение трубобетонного элемента) практически незначительно.

Список литературы

1. Долженко А.А. Усадка бетона в трубчатой обойме. /сб. бетон и железобетон, №8, 1960.
2. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции – Киев: Будивельник, 1978.
3. Гвоздев А.А. Теория и расчет трубобетона в сплошной металлической обойме: отчет ЦНИПС, ч I, 1933.
4. Кикин А.И., Труль В.А., Санжаровский Р.С. Конструкции из стальных труб заполненных бетоном. – М.: Стройиздат, 1974.
5. Санжаровский Р.С. Несущая способность сжатых трубобетонных стержней. /сб.бетон и железобетон, 1971 №11.
6. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. – Трансжелдориздат, 1963.

Shuryberko Mariia

Postgraduate student

Department of Ecology and Technology of Plant Polymers,
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute**Shablii Tetyana**

Doctor of Technical Sciences, Professor

Department of Ecology and Technology of Plant Polymers,
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute**Gomelya Mykola**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department,

Department of Ecology and Technology of Plant Polymers,
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute**Gluchenko Nikolai**Department of operations management units with military communications facilities,
National Academy of National Guard of Ukraine**THE DEOXYGENATION OF WATER BY BATCH ON THE IRON CONTAINING COMPOSITES BASIS**

Abstract. The study on the evaluation of new iron-containing composites efficiency has been carried out in case of the deoxygenation of tap water and sodium cationized water. The efficiency of one stage deoxygenation of water is determined. The use of two-stage stabilization of water treatment, which involves the deoxygenation of water and its subsequent sodium cationite, is stipulated. The efficiency of using softened water in the removal of dissolved oxygen and iron ions has been determined. The dependence of the efficiency in the processes of the deoxygenation and iron removal of water on the filtering speed through the redox filter has been determined.

Key words: deoxygenation of water, iron-containing composites, redox filter, sodium cationite, removal of iron compounds.

Introduction. Huge volumes of water are used exactly in power engineering and cooling systems in industries. Perspective methods for ensuring economic benefits and environmental friendliness of using natural water are methods for conditioning water and applying water-circulation systems (closed and reversible). Therefore, these methods need to be continuously improved and studied in all aspects of the processes that occur in them.

The main issue in using water-recirculation systems is the need to reduce the corrosion activity and water hardness to prevent formation of scale and metal corrosion [3, 14 – 20; 11, 1 – 14]. In case of neglecting the quality requirements of water, additional expenses for the equipment repair and fresh water intake as well as discharging of purge water are increased [1, 50 – 55; 2, 6 – 10].

Therefore, it is recommended to use stable water in circulating and closed systems of cooling and heat supply. The reduction of corrosive aggressiveness of water can be achieved in different ways: the use of inhibitors of metals corrosion [4, 92 – 96; 12, 28 – 31] or the preliminary removal of aggressive gases from water – water degassing [10, 445 – 452]. Such methods are divided into chemical, physical, biochemical, physical and chemical.

The essence of chemical degassing lies in the fact that the dissolved oxygen is bound by the addition into the water of such chemicals as sulfur dioxide (SO₂), sulphuric acid (Na₂SO₃) or hydrazine (N₂H₄). Na₂SO₃ oxidizes by oxygen to sulphate in accordance with the reaction equation:



Sulphur dioxide (sulphurous acid) oxidizes to sulphuric acid by oxygen which is dissolved in water:



In practice, hydrazine can almost completely deoxygenate water [8, 132 – 139], which occurs with the emission of inert nitrogen:



This method is the most effective. The lack is the high cost of hydrazine, which leads to significant economic expenses. Therefore, this method is used, basically, for the final deoxygenation of water after physical methods.

Water treatment method such gases as nitrogen (N_2) and carbon dioxide (CO_2) using rotor-stator reactor can be used for deoxygenation. [16, 13 – 17]

One of the methods of the deoxygenation of water is the use of redoxites – cationites or anionites which is modified by reducing agents. This method completely removes ions of oxygen from water without secondary pollution. The peculiarity of redoxites is a wide variation of reduction-oxidation potential due polymeric carrier and ionic groups, high redox capacity which is provided with a great amount of functional groups, developed inside reaction surface of pores and fixation of redox-groups with a polymer chain [5, 27 – 31; 14, 58 – 62 ; 6, 1104 – 1110].

The process of the deoxygenation of water [5, 27 – 31] was carried out with an anionite in a sulphite form. The authors used desalted water and condensate. But more important and interesting is the problem of removing oxygen from water which contains the hardness ions. In this case, the process, above all, will depend on the concentration of anions. This using the reduction-oxidation potential of ion exchange resin of this type may be problematic for the cooling systems, where natural water is used without partial softening. This process was investigated by the authors [13, 91 – 94] using AV-17-8 anionite in Cl^- – and SO_4^{2-} – forms with the use of running tap water.

The authors [15] studied the effectiveness of mixture of ion exchange resins which contained cationic resin in Na^+ – form, and anionic resin in Cl^- – form. This mixture was treated with the ferrous sulphate solution (II) with sodium thiosulphate and alkali for the transformation of the metal into the insoluble state. The authors reached the reduction of solubility of the iron compounds, fixed on the surface and in pores of the filtering material. This resin treatment method provides possibility to prevent washing out iron ions from the filtering material during simultaneous sorption of oxygen dissolved in water to the concentration less than 50 mcg/dm^3 .

The author [9] offered a new chemical technology of chemical deoxygenation by the monosolution of Na_2SO_3 (10 – 15%) in a stoichiometric quantity and with a further filtration through the redox catalytic

filter. Industrial tests have shown the high efficiency of this technology.

All these methods involve the regeneration of waste redoxites.

We suggest using modified batch which contains iron composites (IC redoxite) as a reducing agent. This material is available. It is obtained from industrial waste.

The object of our research was the processes of the deoxygenation of water for ecologically safe heat supply systems and steam and electricity generation systems.

The purpose of the study was to determine the efficiency of the deoxygenation by redoxites on the basis of iron-containing composites with a reliable regulation of the iron compounds content in deoxygenated water.

The following tasks were solved to achieve this goal:

- the efficiency estimation of new iron-containing composites at the deoxygenation of tap water and sodium-cationized water;
- the determination of conditions for the removal of iron compounds from deoxygenated tap water and softened water;
- the determination of the efficiency dependence for the processes of the removal of iron compounds and the deoxygenation of water on the rate of filtering through the redox filter.

Materials and methods. In this paper the processes of oxygen remove from water were studied by filtration successively through a column filled with the iron-containing composite and a column filled with KU-2-8 cationite in Na^+ -form ($V_i = 50 \text{ cm}^3$). The installation diagram is shown in Fig. 1. Tap water (TH = $4,6 \text{ mg-equiv/dm}^3$; A = $4,5 \text{ mg-equiv/dm}^3$; $[Ca^{2+}] = 3,8 \text{ mg-equiv/dm}^3$; pH = 7,500; $[Cl^-] = 37,5 \text{ mg/dm}^3$; $[SO_4^{2-}] = 23,0 \text{ mg/dm}^3$) and sodium cationized water (TH = $0,0 \text{ mg-equiv/dm}^3$; A = $4,8 \text{ mg-equiv/dm}^3$; pH = 7,851) was filtered at a rate of 2,12 – 10,60 m/h. Water was taken after a column filled with redoxite in the first experiments. All water quality indicators were determined according to the methods described in [7]. In subsequent experiments water was collected after the successive filtration through the redoxite and cationite column. In the samples taken the residual concentrations of oxygen, iron and pH of the medium were determined. The residual water hardness was determined in the case of filtering tap water through a sorbent and cationite.

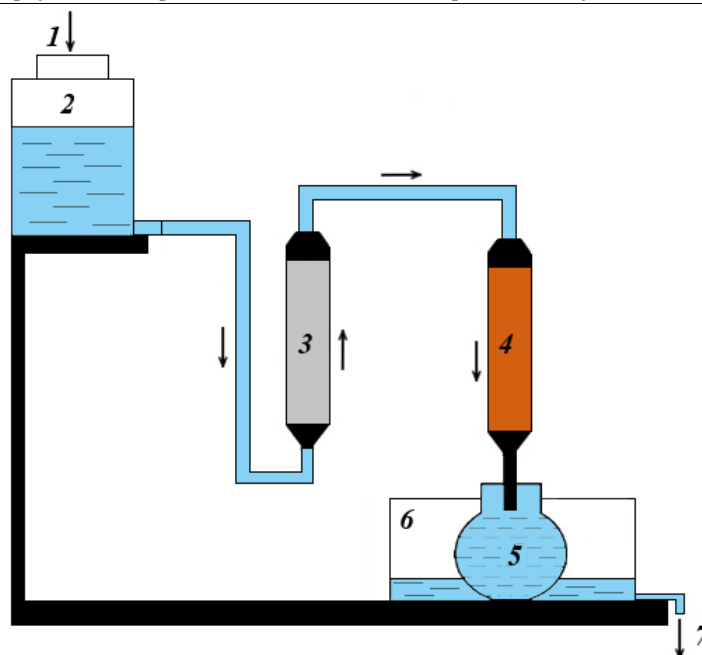


Fig. 1. Experimental installation for the deoxygenation of water: 1 – water supply; 2 – water tank; 3 – column with IC redoxite; 4 – cationite in Na⁺-form; 5 – Winkler flask; 6 – tank for collecting displaced water from a flask; 7 – removal of excess water into the sewage system

Results and discussion. At the first stage of the research the tap water of Kyiv was used, which was passed through a column batch which contains iron composites (IC redoxite) as a reducing agent. During the studies the oxygen content was measured before

and after the experiment, the total iron content, the total water hardness and pH. The results of the deoxygenation of tap water with IC redoxite are shown in Figure 2:

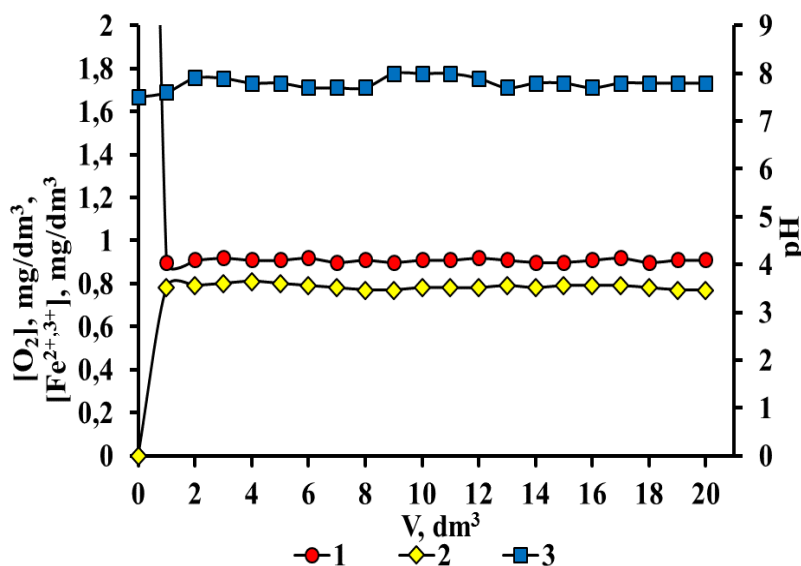
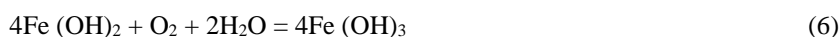


Fig. 2. The dependence of the dissolved oxygen concentration (1), concentration of iron ions (2) and pH (3) on the volume of tap water which was passed through the IC redoxite (pH = 7,500; [O₂] = 8,05 mg/dm³; TH = 4,6 mg-equiv/dm³). The filtering speed is 2,12 m/h

As it can be seen from the picture below, when water passes through the IC redoxite, there is an oxygen

reduction due to the interaction with the iron compounds:



As a result of the contact of metal and oxygen dissolved in water the oxygen concentration is reduced by approximately 8,5 times (from 8,05 to 0,91 mgO₂/dm³). This method allows to reduce the concentration of oxygen in water, but is accompanied by an increase in the concentration of iron ions which average content is equal to 0,78 mg/dm³, and the water hardness remains at the initial level (TH = 4,6 mg-equiv/dm³).

In order to prevent the secondary contamination by iron ions water after the filtration through the IC redoxite (process of deoxygenation) was passed through the strongly acidic KU-2-8 cationite in the Na⁺-form. The oxygen content, concentration of iron ions, pH and the total hardness were determined in selected samples of water (V = 1 dm³). The results of the deoxygenation of tap water during successive treatment with the IC redoxite and KU-2-8 cationite in the Na⁺-form are shown in Figure 3.

During applying a two-stage stabilization system there is a decrease in the concentration of dissolved

oxygen from 8,05 to 0,59 mgO₂/dm³. The removal of secondary pollutant (iron) from water is provided due the ion exchange on the cationite. In this case the concentration of iron decreases from 0,78 to 0,1 mg/dm³. In addition, as a result of a two-stage treatment the hardness of water decreases to zero with its subsequent increase in the values due to the exhaustion of the ion exchanger capacity.

It should be noted that the increase in the efficiency of oxygen removal occurs due to its binding in interaction with iron cations (II), which sorbed on cationites.

The efficiency of cationite in absorbing iron ions decreases as it saturates with calcium ions. Therefore, the concentration of iron ions in the solution increases due the exhaustion of ionite capacity by the ions of Ca²⁺. At the same time the pH decreases to a certain extent (Fig. 4), which also leads to a decrease in the efficiency of binding oxygen with sorbed iron ions.

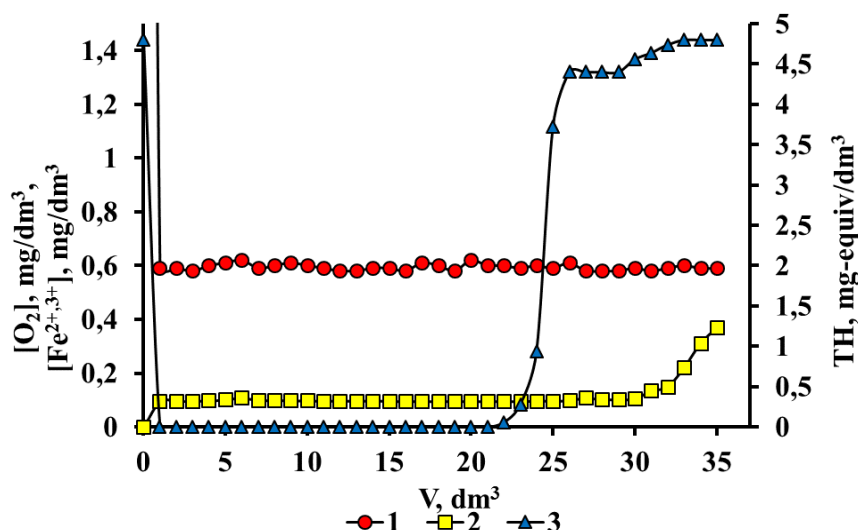


Fig. 3. The dependence of the concentration of dissolved oxygen (1), concentration of iron ions (2) and water hardness (TH) (3) on the volume of tap water which was passed through the IC redoxite and KU-2-8 cationite in Na⁺-form (pH = 7,786; [O₂] = 9,23 mg/dm³; TH = 4,8 mg-equiv/dm³). The filtering speed is 2,12 m/h

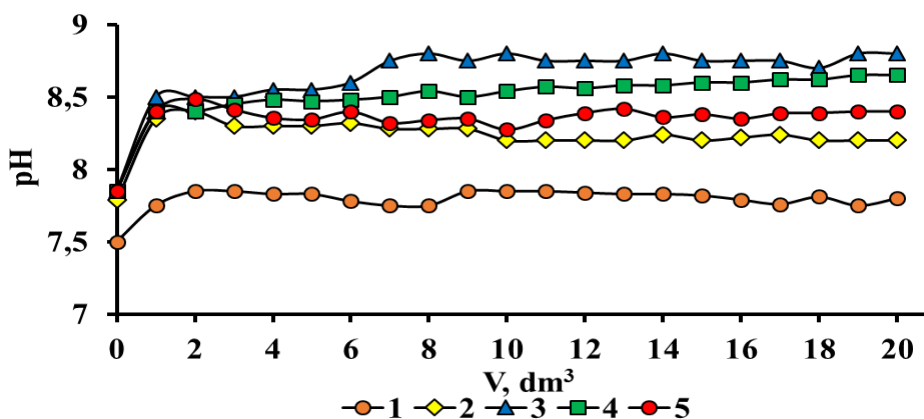


Fig. 4. The dependence of pH on the volume of tap water (1, 2) and Na⁺-cationized water (3; 4; 5) which was passed through IC redoxite (1) and KU-2-8 cationite in Na⁺-form (2; 3; 4; 5) at different filtration rates, m/h: 2,12 (1; 2; 3); 6,36 (4); 10,6 (5)

After the regeneration of cationite with a solution of sodium chloride, its activity increases and it provides the effective removal of iron at the level shown in Fig. 3

Normally, softened (sodium-cationic) or desalted water is used in water supply systems and during water supply to water heaters and steam boilers. In this case, sodium-cationized water was used, for which a three-stage water treatment was performed: water softening

by KU-2-8 cationite in Na⁺-form, the deoxygenation of water by IC redoxite and removal of iron ions by KU-2-8 cationite in Na⁺-form. The oxygen content in water, concentration of iron ions and pH were determined in selected samples of water ($V = 1 \text{ dm}^3$). The results of the deoxygenation of Na⁺-cationized water due the IC redoxite with subsequent passage through KU-2-8 cationite in the Na⁺-form are shown in Figure 5.

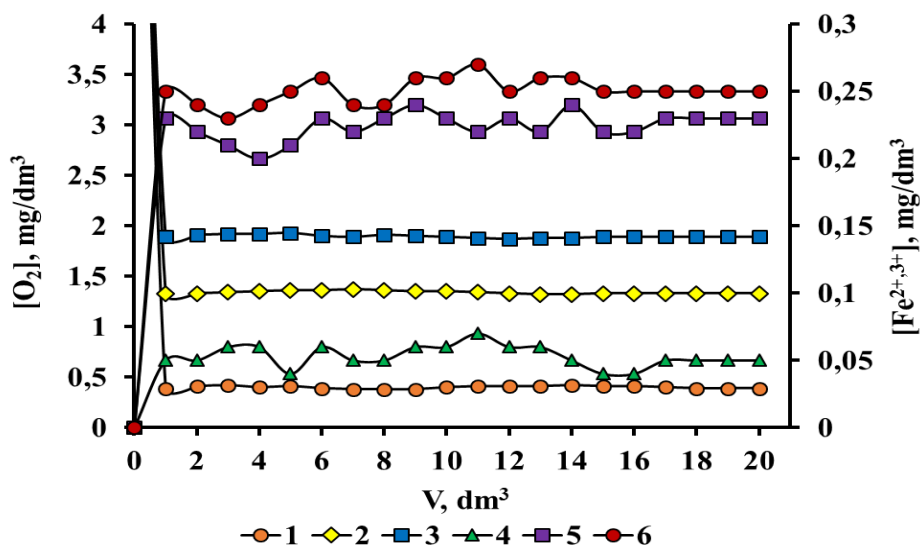


Fig. 5. The dependence of the concentration of dissolved oxygen (1; 2; 3) and concentration of iron ions (4; 5; 6) on the volume of Na⁺-cationized water ($[O_2] = 9,74 \text{ mg/dm}^3$; $pH = 7,851$) which was passed through IC redoxite and KU-2-8 cationite in Na⁺-form at different filtration rates, m/h: 2,12 (1; 4); 6,36 (2; 5); 10,6 (3; 6).

From the analysis of the results presented in Figure 5, it is evident that the deoxygenation of sodium cationized water, in which the concentration of ions of hardness is at zero level, the concentration of dissolved oxygen ranges about $0,39 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$, the concentration of residual iron on average reaches $0,06 \text{ mg/dm}^3$.

It should be noted that the separate removal of cations, such as ions of hardness and iron ions from ion exchange resins, allows receiving separate waste regenerative solutions which can be easily processed.

Since the process of water deoxygenation occurs as a result of chemical reaction – the oxidation of iron compounds, it is advisable to carry out studies to determine the dependence of the water deoxygenation efficiency on the rate of filtration through the batch. The filtration rate varied from 2,12 to 10,6 m/h. The concentration of oxygen, concentration of iron ions and pH were determined in the samples taken. The results of the study are shown in Figures 4, 5 and 6.

As expected, the rate of filtration significantly affects the efficiency of the deoxygenation and removal of secondary pollutant – iron ions from water. These studies showed a linear back dependence of the efficiency of compounds removal on the filtration rate. The oxygen content increases by 2,5 – 3 times (increases from $0,39$ to $1,39 \text{ mg/dm}^3$) if the rate of

filtration increases in 2,5 – 3 times. And the oxygen content increases by 5 times (from $0,39$ to $1,89 \text{ mg/dm}^3$) with a greater increase in the rate of filtration up to 10,6 m/h. The same trend is observed for iron ions remove processes. Although the iron content is negligible, it also increases with an increase in the filtration rate from $0,06 \text{ mg/dm}^3$ at the filtering speed 2,12 m/h to $0,25 \text{ mg/dm}^3$ at the filtering speed 10,6 m/h.

In general, the use of redoxite from modified iron compounds provides a sufficiently effective removal of oxygen from water.

As it can be seen from Fig. 6, at the treatment of tap water by the IC redoxite, the degree of the deoxygenation of water was achieved at the level of 87 – 90 % at a filtering rate of 2,12 m/h at a batch volume of 50 cm^3 . The contact time of water with the sorbent is very small to ensure the complete oxygen binding at such a batch volume. However, at the time of application of the sodium cation filter, the degree of the deoxygenation of water increased to 93 – 94 % with practically complete removal of iron ions from water. And the degree of the deoxygenation of water reached 97 % when using sodium cationized water and two-stage filtration. Obviously, with the increase in the volume of redox batch, it is possible to achieve the complete deoxygenation of water.

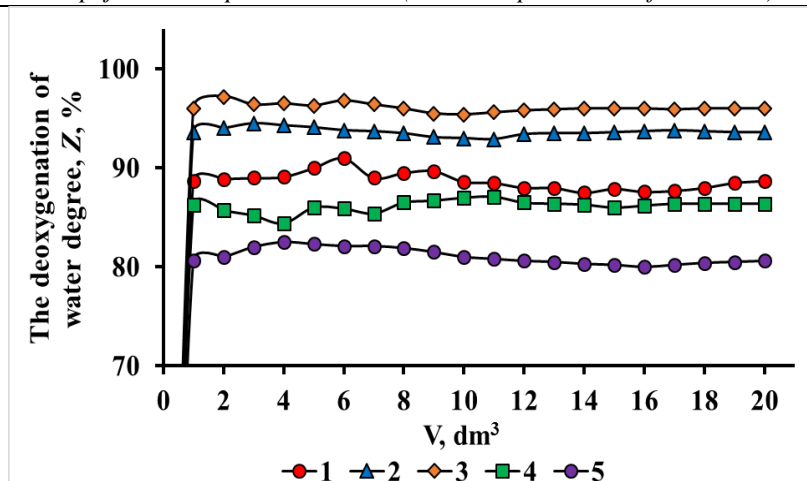


Fig. 6. The dependence of the deoxygenation of water degree (Z,%) on the volume of tap water (1; 2) and Na⁺-cationized water (3; 4; 5) which was passed through IC redoxite and KU-2-8 cationite in Na⁺-form (2; 3; 4; 5) at filtration rates, m/h: 2,12 (1; 2; 3); 6,36 (4); 10,6 (5); pH: 7,500 (1; 2); 7,851 (3; 4; 5); [O₂], mg/dm³: 8,05 (1); 9,23 (2); 9,74 (3; 4; 5)

The fact that with increasing the rate of filtration, the efficiency of the deoxygenation of water is reduced, only confirms the fact that at a constant rate of interaction of redoxite with oxygen, the degree of binding decreases with a decrease in contact time with the sorbent. This parameter can be changed by increasing the volume of redox batch. Therefore, in future studies, optimal correlations will be determined between the volume of redox batch, the filter diameter and the height of the redoxite batch at the selected filtering rates.

Conclusions

1. The efficiency of one-stage deoxygenation of water by IC redoxite has been determined, and it is established that this sorbent allows to reduce the concentration of dissolved oxygen in water from 6 to 8 times from the initial value of 8 to 9 mgO₂/dm³ to 0,91 mgO₂/dm³. The process of the deoxygenation of water is accompanied by secondary pollution of water by iron ions ([Fe] ≤ 0,78 mg/dm³).

2. The two-stage stabilization treatment, which involves the deoxygenation of water and its subsequent sodium cationization, is more efficient. The content of oxygen dissolved in water decreases in comparison with one-stage treatment to 0,59 mgO₂/dm³, and the secondary pollution of water by iron ions does not occur. At the same time, ions of hardness are removed. The saturate of ion exchange resins by ions Ca²⁺, Mg²⁺ involves the reduce of efficiency of removal of iron ions.

3. The use of softened water increases the efficiency of water deoxygenation in the filter filled with redoxite and the cationite filter in Na⁺-form as well as the efficiency of removal of iron ions.

4. The influence of the filtration rate on the processes of water deoxygenation and removal of iron ions have been investigated. The linear back dependence of the removal efficiency of compounds on the filtration rate is shown. The oxygen content increases by 2,5 – 3 times if the rate of filtration increases in 2,5 – 3 times. And the oxygen content increases by 5 times with an increase in the rate of

filtration by 5 times. The same trend is observed for iron ions remove processes. This tendency is due to a decrease in the contact time of water with sorbent and ion exchange resins at constant values of the oxidation rate for iron compounds and sorption of iron ions on the cationite.

References

- Bernstein Hans - Friedrich. 2008. Water degassing in the networks of hot water supply. Euroheat and power, 37(6), 50–55.
- Cervova J., Hagarova M., Lackova P. 2014. Corrosive protection of metal materials in cooling water. American Journal of Materials Science and Application, 1, 6–10.
- Chychenin V. V., Kishnevskiy V. A., Grytsaenko A. S., Akhrameev V. G., Shulyak Y. D. (2015). Study of corrosion rate and accumulation of deposits under circulating water concentration in bench experiments. Easten-Europen journal of Enterprise Technologies, 5/8(77), 14–20.
- Gomelya N. D., Shabliy N. A., Trohymenko A. G., Shuryberko M. M. 2017. New inhibitors of corrosion and depositions of sediments for water circulation systems. Journal of Water Chemistry and Technology, 39, 92–96.
- Homelia N. D., Tamazashvili A. T. 2012. Evaluation of reducing ability of anion exchange resin av-17-8 in sulphite form. Easten-Europen journal of Enterprise Technologies, 3/6 (57), 27–31.
- Kipriyanova E.S., Kravchenko T.A., Konev D.V., Kalinichev A.I., Hoell W.H. 2010. Reductive sorption of molecular oxygen from water on silver-KU-23 sulfo-cation exchanger nanocomposites in different ionic forms. Russian Journal of Physical Chemistry A, 84 (6), 1104–1110.
- Lurier Y.Y. 1989. Directory on Analytical Chemistry. Moscow.
- Medvedev R. B., Merdukh S. L. 2013. Water-chemical regime and mathematical modeling of the Second Contour of the NPP plant with VEPP-1000 reactor. Scientific News of NTUU "KPI", 3, 132–139.

9. Porzhezinsky Y. G. 2015. New technology for chemical deoxygenation of water. Kyiv.
10. Siwiec T., Michel M. M., Reczek L., Nowak P. 2016. The influence of aeration on the change in corrosiveness and aggressiveness of groundwater. *Water Science and Technology: Water Supply*, 6, 2, 445–452.
11. Strelkov A. K., Tsabilev O. V., Vasiliev V. V., Solodyannikova Yu. V. 2013. Evaluation of the expediency of utility drinking water stabilization. *Water Supply and Sanitary Technique*, 8, 1–14.
12. Tamazashvili A.T., Mazna Y.I., Sirenko L.V. 2012. Comparison of the efficiency of phosphate inhibitors of steel corrosion in tap water. *Easten-Europen journal of Enterprise Technologies*, 2/13 (56), 28 – 31.
13. Tamazashvili A., Makarenko I. 2015. Evaluation of the reducing ability of anion exchange resin AV-17-8 in the sulphite form. *Chemistry & chemical technology*, 1, 91–94.
14. Tamazashvili A. T., Kamaev V.S., Homelia N. D. 2011. Evaluation of the effectiveness of the redoxite depending on the type of cation exchange resin and the method of its modification. *Energy Technologies and Resource Saving*, 6, 58–62.
15. Troyatsky M. V., Masalitin V. M., Gomelya N. D. 2010. Method of obtaining a filter material for filters intended for the deoxygenation of water: Patent 89903 Ukraine: IPC: B01J 20/20, B01J 20/30, E03B 3/00, B01D 39/16. No. u200811234; Appl. September 16, 2008; Publ. Mar 10, 2010, Bul. № 5.
16. Zhao Z., Song Y., Chen J., Chu G., Chen J, Shao L. 2017. Study of water deoxygenation using a rotor-stator reactor. *Beijing Huagong Daxue Xuebao (Ziran Kexueban) / Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science Edition)*, 44(1), 13–17.

Ismailov M.I.

*Institute of Mathematics and Mechanics of the NAS of Azerbaijan,
Baku State University*

Jafarova S.I.

Institute of Mathematics and Mechanics of the NAS of Azerbaijan

VECTOR-VALUED GENERALIZATION OF CONTINUOUS FRAMES AND THEIR NOETHERIAN PERTURBATIONS

Summary. Vector-valued generalization of continuous frames in Banach spaces is considered in this paper. The concepts of $c\tilde{X}$ -frame, $c\tilde{X}$ -Riesz basis, Banach $c\tilde{X}$ -frame and $c\tilde{X}$ -atomic decomposition are introduced. Criteria for $c\tilde{X}$ -frames, $c\tilde{X}$ -Riesz bases, Banach $c\tilde{X}$ -frames are found and the relationship between them is established. The stability of $c\tilde{X}$ -frame and related (in some sense) $c\tilde{X}$ -atomic decompositions, as well as Noetherian perturbations of $c\tilde{X}$ -atomic decompositions are also studied.

1. Introduction

The concept of frames in Hilbert spaces has been introduced by R.J. Duffin and A.C. Schaeffer in 1952 [1] in the study of non-harmonic Fourier series with respect to perturbed exponential systems. In the same work, R.J. Duffin and A.C. Schaeffer introduced the concept of abstract frame and extended many of their results to this concept. The interest to frames has grown significantly in the 1980s due to wide applications of wavelet methods in various fields of natural science (see, e.g., N.M. Astafyeva [2], I.M. Dremin, O.V. Ivanov, V.A. Nechitailo [3], etc). For theoretical aspects of this theory we refer the readers to Ch. Chui [4], Y. Meyer [5], I. Daubechies [6], S. Mallat [7], R. Young [8], Ch. Heil [9], O. Christensen [10, 11], etc.

Frames draw growing interest also from a theoretical point of view. As an example, we can mention the connection between the theory of frames and the well-known problem of Kadison and Singer (1959). Modified, but equivalent forms of this problem have been studied in different branches of mathematics such as theory of frames, theory of operators, time-frequency analysis, etc. (for more details see [12-14]). It should be noted that the advantage of Hilbert frames is that every element of a Hilbert space has a frame expansion. This expansion may not be unique. A frame defines a conjugate frame which generates the frame expansion. Moreover, the sequence of coefficients of this expansion has the least l_2 norm. Therefore, the matter of finding new frames is of special scientific interest.

The methods of perturbation theory for linear operators are widely used for establishing the frames. O. Christensen [10, 11] thoroughly studied this matter in case where the perturbations are caused by the compact operators. The case of most general perturbations, i.e. the case of perturbations caused by Noetherian operators, has been studied by B.T. Bilalov and F.A. Guliyeva [15, 16]. The stability of frames in Hilbert spaces was investigated in [17, 18].

The concept of frames in Banach spaces was first treated by K. Gröchenig in [19], where the concepts of Banach frame and atomic decomposition were introduced. Banach frames, atomic decompositions and

their stability have also been studied in [20-22], while [15] treated their Noetherian perturbations.

Later, the concept of frame has been generalized in many directions, and this tendency is still going on. In [23], the concepts of g-frame and g-Riesz basis in Hilbert space have been introduced, their basic properties and the relationship between them have been established. g-frames have also been studied in [24-26]. In [16], the concept of t -frame in tensor products of Hilbert spaces has been introduced. The concept of p -frame (a generalization of a frames in Banach spaces) has been introduced and studied in [27] (see also [28, 29]). In a more general case of Banach space of sequences with a canonical basis, p -frames have been studied in [30]. Another generalization of frames in Hilbert spaces is a continuous frame treated in [31] for locally compact space with Radon measure. Continuous frames have been also studied in [32]. Generalizations of the results of [23] to continuous frames in Hilbert spaces can be found in [33].

In this work, we consider a vector-valued generalization of continuous frames in Banach spaces. We introduce the concepts of $c\tilde{X}$ -frame, $c\tilde{X}$ -Riesz basis and $c\tilde{X}$ -atomic decomposition in Banach spaces. We obtain the results concerning $c\tilde{X}$ -frameness and $c\tilde{X}$ -Riesz basicity, and establish the relationship between them. We also study the stability of $c\tilde{X}$ -frame and Noetherian perturbations of $c\tilde{X}$ -atomic decomposition.

2. Needful Information

In this section, we give some notations and auxiliary facts.

Throughout this work, X and Z will denote the Banach spaces with the norms $\|\cdot\|_X$ and $\|\cdot\|_Z$, respectively. X^* will be the space conjugate to X , and the value of the functional $x^* \in X^*$ at $x \in X$ will be denoted by (x, x^*) . The mapping $\pi_X: X \rightarrow X^{**}$ defined by the formula $(x^*, \pi(x)) = (x, x^*)$ is called a canonical mapping. For reflexive space X , canonical mapping $\pi_X: X \rightarrow X^{**}$ is an isometric isomorphism. By $L(X, Z)$ we denote the Banach space of linear bounded operators $T: X \rightarrow Z$. The kernel and the image of the operator $T \in L(X, Z)$ are denoted by $\ker T$ and $\text{Im } T$, respectively. The conjugate of the operator T is denoted by T^* . $T^* \in L(Z^*, X^*)$ and $\|T^*\| = \|T\|$. The operator

$T \in L(X, Z)$ is said to be Noetherian if $\ker T, \ker T^*$ are finite dimensional and $Im T$ is closed.

We will need the following well-known facts.

Theorem 2.1 ([34]). Let $T \in L(X, Z)$. Then the conjugate operator T^* is surjective only when T has a bounded inverse in $Im T$.

Theorem 2.2 ([10]). Let $T: X \rightarrow X$ be a linear operator. Assume there exist the numbers $\lambda_1, \lambda_2 \in [0, 1)$ such that $\|x - Tx\|_X \leq \lambda_1 \|x\|_X + \lambda_2 \|Tx\|_X$ for every $x \in X$. Then the operator T is bounded and boundedly invertible in X and $\frac{1-\lambda_2}{1+\lambda_1} \|x\|_X \leq \|T^{-1}x\|_X \leq \frac{1+\lambda_2}{1-\lambda_1} \|x\|_X$.

Let Ω be some set, \tilde{X} and \tilde{Z} be Banach spaces of vector-valued mappings $\tilde{x} = x(\cdot), x(\omega): \Omega \rightarrow X$ and $\tilde{z} = z(\cdot), z(\omega): \Omega \rightarrow Z$, respectively. We say that the space \tilde{X} is normally subordinate to the space \tilde{Z} if, for $x(\omega): \Omega \rightarrow X$ and $z(\cdot) \in \tilde{Z}$, it follows from $\|x(\omega)\|_X \leq \|z(\omega)\|_Z, \forall \omega \in \Omega$, that $\tilde{x} = x(\cdot) \in \tilde{X}$ and $\|\tilde{x}(\cdot)\|_{\tilde{X}} \leq \|z(\cdot)\|_{\tilde{Z}}$.

The concept below is a generalization of a continuous frame in a Banach space.

Definition 2.1. The mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is called a $c\tilde{X}$ -frame in Z with respect to Ω if $F(\cdot)z \in \tilde{X}, \forall z \in Z$ and $\exists A, B > 0$ such that

$$A\|z\|_Z \leq \|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq B\|z\|_Z, \forall z \in Z. \tag{2.1}$$

The constants A and B are called the lower and upper bounds of $c\tilde{X}$ -frame, respectively. In case where the right-hand side inequality in (2.1) is true, $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is said to be $c\tilde{X}$ -Besselian in Z with respect to Ω with the bound B . Next, $c\tilde{X}$ -frame in Z with respect to Ω will be called simply $c\tilde{X}$ -frame in Z . If there exists an operator $S \in L(\tilde{X}, Z)$ such that

$S(F(\cdot)z) = z, \forall z \in Z$, then the pair (F, S) will be called a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z with the bounds A and B , and the operator S will be called a $c\tilde{X}$ -frame operator of the mapping F .

Example 2.1. Let X be a Banach space, (Ω, μ) be a measurable space, $Z = l_2$ and $\tilde{X} = L_p(\Omega, \mu, X), 1 < p < +\infty$. Assume that $\alpha_n: \Omega \rightarrow X$ is such that $\exists A(\omega), B(\omega) \in L_p(\Omega, \mu): \forall \omega \in \Omega$

$$A(\omega)\|\{c_n\}\|_{l_2} \leq \|\sum_{n=1}^{\infty} c_n \alpha_n(\omega)\|_X \leq B(\omega)\|\{c_n\}\|_{l_2}, \forall \{c_n\} \in l_2. \tag{2.2}$$

Let the mapping $F: \Omega \rightarrow L(l_2, X)$ be defined by the formula $F(\omega)\{c_n\}_{n \in \mathbb{N}} = \sum_{n=1}^{\infty} c_n \alpha_n(\omega)$. Then F is a $cL_p(\Omega, \mu, X)$ -frame in l_2 .

In fact, $\forall \{c_n\}_{n \in \mathbb{N}} \in l_2$ we have

$$\|F(\cdot)\{c_n\}_{n \in \mathbb{N}}\|_{L_p(\Omega, \mu, X)}^p = \int_{\Omega} \|\sum_{n=1}^{\infty} c_n \alpha_n(\omega)\|_X^p d\mu.$$

Using (2.2), we obtain

$$\|A(\cdot)\|_{L_p(\Omega, \mu)} \|\{c_n\}_{n \in \mathbb{N}}\|_{l_2} \leq \|F(\cdot)(\{c_n\}_{n \in \mathbb{N}})\|_{L_p(\Omega, \mu, X)} \leq \|B(\cdot)\|_{L_p(\Omega, \mu)} \|\{c_n\}_{n \in \mathbb{N}}\|_{l_2}.$$

Example 2.2. Let Z be a Banach space, $X = l_p, 1 < p < +\infty, (\Omega, \mu)$ be a measurable space, $\tilde{X} = l_p(\Omega, \mu)$ be a Banach space of sequences $\{a_n(\omega)\}_{n \in \mathbb{N}}, \omega \in \Omega$, of measurable functions in Ω equipped with the norm $\|\{a_n\}_{n \in \mathbb{N}}\|_{l_p(\Omega, \mu)} = (\sum_{n=1}^{\infty} \int_{\Omega} |a_n(\omega)|^p d\mu)^{\frac{1}{p}}$. Assume that $\alpha_n: \Omega \rightarrow Z^*$ is such that $\forall \omega \in \Omega \{a_n(\omega)\}_{n \in \mathbb{N}}$ is a p -frame in Z (see [27]) with the bounds $A(\omega), B(\omega) \in L_p(\Omega, \mu), i.e. \forall \omega \in \Omega$

$$A(\omega)\|z\|_Z \leq (\sum_{n=1}^{\infty} |(z, \alpha_n(\omega))|^p)^{\frac{1}{p}} \leq B(\omega)\|z\|_Z, \forall z \in Z. \tag{2.3}$$

Define the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, l_p)$ by the formula $F(\omega)z = \{(z, \alpha_n(\omega))\}_{n \in \mathbb{N}}, \omega \in \Omega$. From (2.3) we have

$$\|F(\omega)z\|_{l_p} = (\sum_{n=1}^{\infty} |(z, \alpha_n(\omega))|^p)^{\frac{1}{p}} \leq B(\omega)\|z\|_Z, \omega \in \Omega, z \in Z.$$

The mapping F is a $cl_p(\Omega, \mu)$ -frame in Z with the bounds $\|A\|_{L_p(\Omega, \mu)}$ and $\|B\|_{L_p(\Omega, \mu)}$. In fact, as $\forall z \in Z$

$$\|F(\cdot)z\|_{l_p(\Omega, \mu)}^p = (\sum_{n=1}^{\infty} \int_{\Omega} |(z, \alpha_n(\omega))|^p d\mu)^{\frac{1}{p}},$$

taking into account (2.3) we obtain

$$\|A(\cdot)\|_{L_p(\Omega, \mu)} \|z\|_Z \leq \|F(\cdot)z\|_{l_p(\Omega, \mu)} \leq \|B(\cdot)\|_{L_p(\Omega, \mu)} \|z\|_Z.$$

Remark 2.1. If the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is a $c\tilde{X}$ -frame in Z , then the operator $U \in L(Z, \tilde{X})$ defined by the formula

$$U(z) = F(\cdot)z, z \in Z, \quad (2.3)$$

is boundedly invertible in $Im U$. Therefore, if the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is a $c\tilde{X}$ -frame in Z , then Z is isomorphic to some subspace of \tilde{X} .

The following concept generalizes the one of atomic decomposition in Banach spaces.

Definition 2.2. Let $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ and $\Lambda: \Omega \rightarrow L(X, Z)$. The pair (F, Λ) is called a $c\tilde{X}$ -atomic decomposition in Z with respect to Ω if

- 1) $\forall z \in Z, \forall f \in Z^* F(\cdot)z \in \tilde{X}$;
- 2) $\exists A, B > 0$ such that $A\|z\|_Z \leq \|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq B\|z\|_Z, \forall z \in Z$;
- 3) $\forall z \in Z (z, f) = (F(\cdot)z, f\Lambda(\cdot)), \forall z \in Z, \forall f \in Z^*$.

$$(z, T\tilde{x}^*) = (F(\cdot)z, \tilde{x}^*), \tilde{x}^* \in \tilde{X}^*, z \in Z, \quad (3.1)$$

and $\|T\| \leq B$.

Proof. Let the mapping F be $c\tilde{X}$ -Besselian in Z with a bound B . Then there exists a bounded operator

$$(z, U^*\tilde{x}^*) = (Uz, \tilde{x}^*) = (F(\cdot)z, \tilde{x}^*). \quad (3.2)$$

Consequently, $T = U^*$ and $\|T\| = \|U\| \leq B$.

Conversely, let there exist a bounded operator $T: \tilde{X}^* \rightarrow Z^*$ defined by the formula (3.1) and

$$\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} = \sup_{\|\tilde{x}^*\|=1} |(F(\cdot)z, \tilde{x}^*)| = \sup_{\|\tilde{x}^*\|=1} |(z, T\tilde{x}^*)| \leq \|T\|\|z\|_Z \leq B\|z\|_Z,$$

i.e. the mapping F is $c\tilde{X}$ -Besselian in Z with a bound B . Theorem is proved.

The theorem below presents a criterion for $c\tilde{X}$ -frameness of a mapping.

Theorem 3.2. Let the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be such that $F(\cdot)z \in \tilde{X}, \forall z \in Z$. Then F is a $c\tilde{X}$ -frame in Z with a bound B only when there exists a bounded operator $T: \tilde{X}^* \rightarrow Z^*$ defined by the formula (3.1) and $Im T = Z^*$.

Proof. Let F be a $c\tilde{X}$ -frame in Z and the operator U be defined by the formula (2.3). Then U is boundedly invertible in $Im U$, and therefore, by Theorem 2.1, the operator U^* maps \tilde{X}^* into Z^* . By Theorem 3.1, the operator T is bounded and from (3.2) we have

$$A\|\tilde{x}^*\|_{\tilde{X}^*} \leq \|T\tilde{x}^*\|_{Z^*} \leq B\|\tilde{x}^*\|_{\tilde{X}^*}, \forall \tilde{x}^* \in \tilde{X}^*. \quad (3.3)$$

The constants A and B are called the bounds of $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis.

Let's establish the relationship between a $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis and a $c\tilde{X}$ -frame in Z .

Theorem 3.3. Let Z be a reflexive Banach space and the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be a $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis

$$\|\tilde{x}^*\|_{\tilde{X}^*} = 0, \text{ i.e. } \tilde{x}^* = 0. \text{ Let } f_n = T\tilde{x}_n^* \text{ и } f = \lim_{n \rightarrow \infty} f_n.$$

Then

$$A\|\tilde{x}_n^* - \tilde{x}_m^*\|_{\tilde{X}^*} \leq \|f_n - f_m\|_{Z^*} \rightarrow 0$$

The constants A and B are called the lower and upper bounds of $c\tilde{X}$ -atomic decomposition (F, Λ) , respectively.

3. $c\tilde{X}$ -Frames In Banach Spaces

In this section, we give criteria for $c\tilde{X}$ -frameness and $c\tilde{X}$ -Riesz basicity of a mapping, and establish the relationship between them.

The theorem below presents a characterization of $c\tilde{X}$ -Besselian mappings.

Theorem 3.1. Let the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be such that $F(\cdot)z \in \tilde{X}, \forall z \in Z$. Then F is $c\tilde{X}$ -Besselian in Z with a bound B only when there exists an operator $T: \tilde{X}^* \rightarrow Z^*$ defined by the formula

$U: Z \rightarrow \tilde{X}$ defined by the formula (2.3). Let's find its conjugate U^* . For $\forall \tilde{x}^* \in \tilde{X}^*$ and $\forall z \in Z$ we have

$T = U^*$. Therefore, $Im T = Z^*$.

Conversely, let the operator T defined by the formula (3.1) be bounded and $Im T = Z^*$. By Theorem 3.1, the mapping F is $c\tilde{X}$ -Besselian in Z . As $T = U^*$, we have $Im U^* = Z^*$. Consequently, by Theorem 2.1, the operator U is boundedly invertible in $Im U$, i.e. F is a $c\tilde{X}$ -frame in Z .

The concept below is a generalization of a Riesz basis.

Definition 3.1. A mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is called a $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis for Z^* with respect to Ω if

- 1) $F(\cdot)z = 0$ implies $z = 0$;
- 2) there exists the operator $T: \tilde{X}^* \rightarrow Z^*$ defined by the formula (3.1) and $\exists A, B > 0$ such that

for Z^* with the bounds A and B . Then $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is a $c\tilde{X}$ -frame in Z with the bounds A and B .

Proof. Let $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be a $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis for Z^* with the bounds A and B . It follows from the inequality (3.3) that the bounded operator T is injective and $Im T$ is closed. In fact, if $T\tilde{x}^* = 0$, then from the inequality on the left-hand side of (3.3) we obtain

as $n, m \rightarrow \infty$. Therefore, in view of the completeness of \tilde{X}^* , there exists $\tilde{x}^* = \lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{x}_n^*$. By virtue of the continuity of the operator T , we have $T\tilde{x}^* = \lim_{n \rightarrow \infty} T\tilde{x}_n^* = f$. Let's show that $Im T = Z^*$. Assume the contrary, i.e. assume $Im T \neq Z^*$. The reflexivity of Z implies the existence of $z \in Z, z \neq 0$ such that $(z, T\tilde{x}^*) = 0$ for $\forall \tilde{x}^* \in \tilde{X}^*$. Consequently,

$$\|U\| = \|T^*\| = \|T\|, \|U^{-1}\|^{-1} = \|(T^*)^{-1}\|^{-1} = \|T^{-1}\|^{-1}.$$

Theorem is proved.

Now we consider the conditions under which a $c\tilde{X}$ -frame becomes a $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis. The following theorem is true.

Theorem 3.4. Let \tilde{X} be a reflexive space, the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be a $c\tilde{X}$ -frame in Z and the operator U be defined by the formula (2.3). The following properties are equivalent:

- 1) F is a $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis for Z^* ;
- 2) the operator T defined by (3.1) is injective;

$$(Uz, \tilde{x}^*) = (z, T\tilde{x}^*) = (T\tilde{x}^*, \pi_Z(z)) = (\tilde{x}^*, T^*\pi_Z(z)).$$

On the other hand, we have $(Uz, \tilde{x}^*) = (\tilde{x}^*, \pi_{\tilde{X}}(Uz))$. Therefore, $\pi_{\tilde{X}}U = T^*\pi_Z$, i.e. $U = \pi_{\tilde{X}}^{-1}T^*\pi_Z$. Hence we conclude that the operator U is also boundedly invertible. Consequently, $Im U = \tilde{X}$.

Prove that 3) \Rightarrow 1). By condition 3), the operator U is boundedly invertible. Consequently, $U^* = T$ implies that the operator T is boundedly invertible. Therefore, F is a $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis for Z^* . Theorem is proved.

Theorem 3.5. Let the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be a $c\tilde{X}$ -frame in Z and the operator U be defined by the formula (1.3). The following properties are equivalent:

- 1) $Im U$ is complementable in \tilde{X} ;
- 2) there exists $S \in L(\tilde{X}, Z)$ such that (F, S) is a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z ;
- 3) there exists $G \in L(Z^*, \tilde{X}^*)$ such that $(z, f) = (F(\cdot)z, Gf) \forall f \in Z^*, \forall z \in Z$.

Proof. 1) \Leftrightarrow 2). Let $Im U$ be complementable in \tilde{X} . Then there exists a projector $P: \tilde{X} \rightarrow Im U$. As the mapping $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ forms a $c\tilde{X}$ -frame in Z , the operator U has a bounded inverse U^{-1} in $Im U$. Let D be an arbitrary bounded continuation of U^{-1} by $Im U$ to the whole of \tilde{X} . Consider the operator $S = DP$. It is clear that $S \in L(\tilde{X}, Z)$ and $SU = I$, i.e. (F, S) is a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z .

Now let (F, S) be a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z . Consider the operator $P = US$. Then, in view of

- 1) $\max\left\{\lambda + \frac{\mu}{A}, \beta\right\} < 1$;
- 2) $\|F(\cdot)z - G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq \lambda\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \beta\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \mu\|z\|_Z$.

Then G is a $c\tilde{X}^*$ -frame in Z with the bounds $\frac{A(1-\lambda)-\mu}{1+\beta}$ and $\frac{B(1+\lambda)+\mu}{1-\beta}$.

$(F(\cdot)z, \tilde{x}^*) = 0$. Hence, $F(\cdot)z = 0$ and $z = 0$. This contradicts the condition $z \neq 0$, therefore $Im T = Z^*$. Thus, the operator T is boundedly invertible. It is clear that $\|T\|$ and $\|T^{-1}\|^{-1}$ are the bounds of the $c\tilde{X}^*$ -Riesz basis F . As $U^* = T$, the operator U is boundedly invertible, and, consequently, F is a $c\tilde{X}$ -frame in Z with the bounds

3) $Im U = \tilde{X}$.

Proof. 1) \Rightarrow 2) is obvious.

Prove that 2) \Rightarrow 3). Let the operator T be injective. By Theorem 3.2, the operator T is surjective. Then it is boundedly invertible. Using Remark 2.1, from the reflexivity of the space \tilde{X} we obtain the reflexivity of the space Z . Let's show the validity of the relation $U = \pi_{\tilde{X}}^{-1}T^*\pi_Z$. In fact, $\forall \tilde{x}^* \in \tilde{X}^*$ and $\forall z \in Z$ we have

$SU = I$, we have $P^2 = USUS = US = P$, and, consequently, P is a projector in \tilde{X} . Let's show that $Im P = Im U$. It is clear that $Im P \subset Im U$. Let $\tilde{x} \in Im U$ and $Uz = \tilde{x}$. Then $z = S\tilde{x}$, and, consequently, $Uz = US\tilde{x} = P\tilde{x}$, i.e. $Im P = Im U$. Thus, P is a projector from \tilde{X} to $Im U$. Hence, $Im U$ is a complementable subspace in \tilde{X} .

2) \Leftrightarrow 3). Define the operator G as follows

$$G = S^*. \text{ For } \forall z \in Z \text{ and } \forall f \in Z^* \text{ we have } (z, f) = (SF(\cdot)z, f) = (F(\cdot)z, S^*f) = (F(\cdot)z, Gf).$$

Conversely, define the operator $S: \tilde{X} \rightarrow Z$ by the formula $(S\tilde{x}, f) = (\tilde{x}, Gf)$ for $\forall \tilde{x} \in \tilde{X}$ and $\forall f \in Z^*$. Then $|(S\tilde{x}, f)| \leq \|\tilde{x}\|_{\tilde{X}}\|G\|\|f\|$. Hence $\|S\| \leq \|G\|$. In what follows

$$(SF(\cdot)z, f) = (F(\cdot)z, Gf) = (z, f).$$

Consequently, $S(F(\cdot)z) = z, \forall z \in Z$. Theorem is proved.

4. Stability And Noetherian Perturbations Of $c\tilde{X}$ -Frames

In this section, we consider the stability of $c\tilde{X}$ -frames and $c\tilde{X}$ -atomic decompositions as well as their Noetherian perturbations.

The theorem below concerns the stability of $c\tilde{X}$ -frames in Banach spaces.

Theorem 4.1. Let $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be a $c\tilde{X}$ -frame in Z with the bounds A and B . Assume that the mapping $G: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is such that $G(\cdot)z \in \tilde{X}$, there exist the numbers $\lambda, \beta, \mu \geq 0$ such that the following conditions hold:

Proof. By condition 2), $\forall z \in Z$ we have

$$\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq \|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \|F(\cdot)z - G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq (1 + \lambda)\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \beta\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \mu\|z\|_Z.$$

Hence,

$$(1 - \beta)\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq (1 + \lambda)\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \mu\|z\|_Z,$$

or

$$\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq \frac{1+\lambda}{1-\beta}\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \frac{\mu}{1-\beta}\|z\|_Z.$$

Then, using (2.1), we have

$$\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq \frac{B(1+\lambda)+\mu}{1-\beta}\|z\|_Z.$$

We need to establish a left-hand side $c\tilde{X}$ -frame inequality for the mapping G . We have

$$\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \geq \|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} - \|F(\cdot)z - G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \geq (1 - \lambda)\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} - \beta\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} - \mu\|z\|_Z,$$

or

$$(1 + \beta)\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \geq (1 - \lambda)\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} - \mu\|z\|_Z.$$

Consequently,

$$\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \geq \frac{1-\lambda}{1+\beta}\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} - \frac{\mu}{1+\beta}\|z\|_Z \geq \frac{A(1-\lambda)-\mu}{1+\beta}\|z\|_Z.$$

Thus, G is a $c\tilde{X}$ -frame in Z . Theorem is proved.

The next theorem concerns the stability of a Banach $c\tilde{X}$ -frame.

Theorem 4.2. Let (F, S) be a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z , the mapping $G: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be such that $G(\cdot)z \in \tilde{X}$

- 1) $\lambda\|US\| + \beta\|VS\| + \mu\|S\| < 1$;
- 2) $\|F(\cdot)z - G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq \lambda\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \beta\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \mu\|z\|_Z$.

Then there exists $S_1 \in L(\tilde{X}, Z)$ such that (G, S_1) forms a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z .

Proof. It is clear that the mapping F is a $c\tilde{X}$ -frame in Z with the bounds $\|S\|^{-1}$ and $\|U\|$, because $\|S\|^{-1}\|z\|_Z = \|S\|^{-1}\|SUz\|_Z \leq \|Uz\|_{\tilde{X}} \leq \|U\|\|z\|_Z$.

and the operators $U, V: Z \rightarrow \tilde{X}$ be defined by the equalities $U(z) = F(\cdot)z$, $V(z) = G(\cdot)z$, respectively. Assume that there exist the numbers $\lambda, \beta \in [0; 1)$, $\mu \geq 0$ such that the following conditions hold:

As $P = US$ is a projector, we have $\|US\| \geq 1$. Then $\lambda + \mu\|S\| \leq \lambda\|US\| + \beta\|VS\| + \mu\|S\| < 1$, and, by Theorem 4.1, the mapping $G: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is a $c\tilde{X}$ -frame in Z with the bounds

$$\frac{\|S\|^{-1}(1-\lambda)-\mu}{1+\beta} \text{ and } \frac{(1+\lambda)\|U\|+\mu}{1-\beta}.$$

Next, $\forall \tilde{x} \in \tilde{X}$ from condition 2) we obtain

$$\|(U - V)S\tilde{x}\|_{\tilde{X}} \leq \lambda\|US\tilde{x}\|_{\tilde{X}} + \beta\|VS\tilde{x}\|_{\tilde{X}} + \mu\|S\tilde{x}\|_Z \leq (\lambda\|US\| + \beta\|VS\| + \mu\|S\|)\|\tilde{x}\|_{\tilde{X}}.$$

Hence, in view of $\lambda\|US\| + \beta\|VS\| + \mu\|S\| < 1$, we have $\|(U - V)S\| < 1$. Consequently, the operator $I - (U - V)S$ is boundedly invertible. Let $S_1 = S(I - (U - V)S)^{-1}$. It is clear that $S_1 \in L(\tilde{X}, Z)$. Next, $S_1V = I$. In fact, as

$$V = VSU = U - (U - V)SU = (I - (U - V)S)U,$$

we have

$$S_1V = S(I - (U - V)S)^{-1}V = S(I - (U - V)S)^{-1}(I - (U - V)S)U = SU = I.$$

Thus, (G, S_1) is a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z . Theorem is proved.

Let's state another theorem on the stability of a Banach $c\tilde{X}$ -frame.

Theorem 4.3. Let (F, S) be a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z , the mapping $G: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ be such that $G(\cdot)z \in \tilde{X}$ and the operators $U, V: Z \rightarrow \tilde{X}$ be defined by the equalities $U(z) = F(\cdot)z$, $V(z) = G(\cdot)z$, respectively. Assume that there exist the numbers $\lambda, \beta \in [0; 1)$, $\mu \geq 0$ that satisfy the following conditions:

- 1) $\lambda\|US\| + \beta\|I - US\| + \mu\|S\| < 1$;
- 2) $\|F(\cdot)z - G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \leq \lambda\|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \beta\|G(\cdot)z\|_{\tilde{X}} + \mu\|z\|_Z$.

Then there exists $S_1 \in L(\tilde{X}, Z)$ such that (G, S_1) forms a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z .

Proof. As in the proof of Theorem 4.2, it follows from condition 2) that the mapping G is a $c\tilde{X}$ -frame in

Z. Consider the operator $I - (U - V)S$. By condition 2), $\forall \tilde{x} \in \tilde{X}$ we have

$$\begin{aligned} \|(U - V)S\tilde{x}\|_{\tilde{X}} &\leq \lambda\|US\tilde{x}\|_{\tilde{X}} + \beta\|VS\tilde{x}\|_{\tilde{X}} + \mu\|S\tilde{x}\|_Z \leq \\ &\leq (\lambda\|US\| + \beta\|I - US\| + \mu\|S\|)\|\tilde{x}\|_{\tilde{X}} + \beta\|(I - (U - V)S)\tilde{x}\|_{\tilde{X}}. \end{aligned}$$

Hence, according to Theorem 2.2, the operator $I - (U - V)S$ is boundedly invertible, and $S_1 = S(I - (U - V)S)^{-1}$ is a required operator. Theorem is proved.

Now we consider the Noetherian perturbations of $c\tilde{X}$ -atomic decompositions.

Theorem 4.4. Let the mappings $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ and $\Lambda: \Omega \rightarrow L(X, Z)$ be such that (F, Λ) is a $c\tilde{X}$ -atomic decomposition in Z with the bounds A and B . Let W be a Banach space, $N \in L(Z, W)$ be a Noetherian operator

and $\Gamma(\omega) = N\Lambda(\omega)$, $\omega \in \Omega$. Then there exists a mapping $G: \Omega \rightarrow L(W, X)$ such that (G, Γ) is a $c\tilde{X}$ -atomic decomposition in $Im N$.

Proof. The Noetherianness of the operator N implies that $ker N$ is complementable in Z . Let $Z = ker N + Z_1$. Denote the restriction of the operator N to Z_1 by N_1 . It is clear that the operator N_1 maps Z_1 into $Im N$ and $ker N_1 = \{0\}$. Then the operator N_1 has a bounded inverse N_1^{-1} in $Im N$. Let

$$G(\omega) = F(\omega)N_1^{-1}, \omega \in \Omega. \forall w \in Im N \text{ we have}$$

$$\|G(\cdot)w\|_{\tilde{X}} = \|F(\cdot)N_1^{-1}w\|_{\tilde{X}} \leq B\|N_1^{-1}w\|_Z \leq B\|N_1^{-1}\|\|w\|_W,$$

and

$$\|G(\cdot)w\|_{\tilde{X}} = \|F(\cdot)N_1^{-1}w\|_{\tilde{X}} \geq A\|N_1^{-1}w\|_Z \geq A\|N_1\|^{-1}\|w\|_W,$$

i.e. G is a $c\tilde{X}$ -frame in $Im N$.

Take $\forall h \in W^*$ and $\forall w \in Im N$. Using condition 3) of Definition 2.2, we obtain

$$(w, h) = (N_1^{-1}w, hN) = (F(\cdot)N_1^{-1}w, hN\Lambda(\cdot)) = (G(\cdot)w, h\Gamma(\cdot)).$$

Thus, (G, Γ) is a $c\tilde{X}$ -atomic decomposition in $Im N$. Theorem is proved.

Theorem 4.5. Let (F, S) be a Banach $c\tilde{X}$ -frame in Z , W be a Banach space, $N \in L(Z, W)$ be a Noetherian operator and $S_1 = NS$. Then there exists a mapping $G: \Omega \rightarrow L(W, X)$ such that (G, S_1) is a Banach $c\tilde{X}$ -frame in $Im N$.

Proof. Assume that Z_1 is a complement of $ker N$ in Z and N_1 is a restriction of the operator N to Z_1 . The operator N_1 has a bounded inverse N_1^{-1} in $Im N$. Using the same reasoning as used in the proof of Theorem 4.4, we obtain that the mapping $G: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ is such that $G(\omega) = F(\omega)N_1^{-1}$, $\omega \in \Omega$, is a $c\tilde{X}$ -frame in $Im N$. Next, for $\forall w \in Im N$ we have

$$S_1(G(\cdot)w) = NS(F(\cdot)N_1^{-1}w) = NN_1^{-1}w = w.$$

Thus, (G, S_1) is a Banach $c\tilde{X}$ -frame in $Im N$. Theorem is proved.

$$\|f\Lambda(\omega) - f\Gamma(\omega)\| \leq \|f\|\|\Lambda(\omega) - \Gamma(\omega)\|, \omega \in \Omega,$$

and \tilde{X}^* is normally subordinate to \tilde{Y} we obtain

$$\|f\Lambda(\cdot) - f\Gamma(\cdot)\|_{\tilde{X}^*} \leq \|f\|\|\Lambda(\cdot) - \Gamma(\cdot)\|_{\tilde{Y}}.$$

Consider the operator $K: Z \rightarrow Z$ defined by the formula

$$(Kz, f) = (F(\cdot)z, f\Lambda(\cdot) - f\Gamma(\cdot)), \forall f \in Z^*, \forall z \in Z.$$

Then

$$\begin{aligned} \|Kz\| &= \sup_{\|f\|=1} |(Kz, f)| = \sup_{\|f\|=1} |(F(\cdot)z, f\Lambda(\cdot) - f\Gamma(\cdot))| \leq \\ &\leq \|F(\cdot)z\|_{\tilde{X}} \sup_{\|f\|=1} \|f(\Lambda(\cdot) - \Gamma(\cdot))\|_{\tilde{X}^*} \leq B\|\Lambda(\cdot) - \Gamma(\cdot)\|_{\tilde{Y}}\|z\|_Z < \|z\|_Z. \end{aligned}$$

Thus, the operator $D = I - K$ is boundedly invertible. Let $G(\omega) = F(\omega)D^{-1}$, $\omega \in \Omega$. Then G forms a $c\tilde{X}$ -frame in Z . The last condition in Definition

Let \tilde{Y} be a Banach space of operator-valued mappings $\tilde{\Lambda} = \Lambda(\cdot)$, $\Lambda(\omega): \Omega \rightarrow L(X, Z)$.

Definition 4.1. Mappings $\Lambda: \Omega \rightarrow L(X, Z)$ and $\Gamma: \Omega \rightarrow L(X, Z)$ are called \tilde{Y} -close if $\Lambda(\cdot) - \Gamma(\cdot) \in \tilde{Y}$.

Consider the stability of a $c\tilde{X}$ -atomic decomposition for \tilde{Y} -close mappings. The following theorem is true.

Theorem 4.6. Let \tilde{X}^* be normally subordinate to \tilde{Y} , the mappings $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ and $\Lambda: \Omega \rightarrow L(X, Z)$ be such that (F, Λ) is a $c\tilde{X}$ -atomic decomposition in Z with the bounds A and B . Let the mapping $\Gamma: \Omega \rightarrow L(X, Z)$ be \tilde{Y} -close to Λ and $\|\Lambda(\cdot) - \Gamma(\cdot)\|_{\tilde{Y}} < \frac{1}{B}$. Then there exists a mapping $G: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ such that (G, Γ) is a $c\tilde{X}$ -atomic decomposition in Z .

Proof. Since for any $f \in Z^*$ we have

2.2 implies $(z, f) = (F(\cdot)z, f\Lambda(\cdot))$, $\forall f \in Z^*, \forall z \in Z$. Then $(Dz, f) = (F(\cdot)z, f\Gamma(\cdot))$. Next, for $\forall z \in Z$ and $\forall f \in Z^*$ we obtain

$$(z, f) = (DD^{-1}z, f) = (F(\cdot)D^{-1}z, f\Gamma(\cdot)) = (G(\cdot)z, f\Gamma(\cdot)).$$

Therefore, (G, Γ) is a $c\tilde{X}$ -atomic decomposition in Z . Theorem is proved.

In case where (Ω, μ) is a measurable space, $\tilde{X} = L_p(\Omega, \mu, X)$, $p \in (1; +\infty)$ and $\tilde{Y} = L_q(\Omega, \mu, L(X, Z))$, $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$, Theorem 4.6 has the following corollary.

Corollary 4.1. Let the mappings $F: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ and $\Lambda: \Omega \rightarrow L(X, Z)$ be such that (F, Λ) is a $cL_p(\Omega, \mu, X)$ -atomic decomposition in Z with the bounds A and B , and let the mapping $\Gamma: \Omega \rightarrow L(X, Z)$ satisfy the condition

$$\int_{\Omega} \|\Lambda(\omega) - \Gamma(\omega)\|^q d\mu < B^{-q}.$$

Then there exists a mapping $G: \Omega \rightarrow L(Z, X)$ such that (G, Γ) is a $cL_p(\Omega, \mu, X)$ -atomic decomposition in Z .

References

- Duffin R. J., Schaeffer A. C., A class of nonharmonic Fourier series, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 72(1952), 341–366.
- Астафьева Н.М., Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения. Успехи Физ. Наук, 1996, т. 166, № 11, 1-26.
- Dremin, I.M., Ivanov, O.V., Nechitailo, V.A.: Wavelets and their uses. *Usp. physics nauk.* 171(6) (2001), 465–501.
- Chui, C.: Wavelets: A Tutorial in Theory and Applications. Academic Press, Boston, 1992.
- Meyer S. Wavelets and operators. Herman, Paris, 1990.
- Daubechies, I.: Ten Lectures on Wavelets. SIAM, Philadelphia, 1992.
- Malat S. A wavelet tour of signal processing. Academic Press, San Diego, 1999.
- Young, R.: An Introduction to Nonharmonic Fourier Series. Academic Press, New York, 1980.
- Ch. Heil, A Basis Theory Primer, Springer, 2011.
- Christensen, O.: An Introduction to Frames and Riesz Base. Birkhauser, Boston, 2002.
- Christensen, O.: Frames and Bases. An Introductory Course. Birkhauser, Boston, 2008.
- Bonrgain J., Tzafriri L. On a problem of Kadison and Singer, *J. Reine Angew. Math.*, 420 (1991), 1-43.
- Casazza P.G., Christensen O., Lindner A., Vershynin R. Frames and the Feichtinger Conjecture, *Proc. of AMS*, v.133, 4 (2005), 1025-1033.
- Casazza P.G., Matthew F., Janet C.T., Eric W. The Kadison-Singer problem in mathematics and engineering: a detailed account. *Contemporary Mathematics*, 414 (2014) : 299.
- Bilalov B.T., Guliyeva F.A., Neotherian perturbation of frames. *Pensee Jornal*, 75:12 (2013), 425-431.
- Bilalov B.T., Guliyeva F.A., t -Frames and their Noetherian Perturbation, *Complex Anal. Oper. Theory*, 8(7)(2014), 1405-1418.
- Balan, R., Stability theorems for Fourier frames and wavelet Riesz bases. *J. Fourier Anal. Appl.*, 3(5) (1997), 499-504.
- Casazza P.G., The art of frame theory, *Taiwanese J. Math.*, 4(2)(2000), 129-201.
- Gröchenig K., Describing functions: atomic decomposition versus frames, *Monatsh. Math.*, 112:1(1991) 1 - 41.
- Christensen O., Heil C., Perturbations of Frames and Atomic Decompositions, *Math. Nachr.*, 185(1997), 33-47.
- Casazza P.G., Christensen O., Perturbation of operators and applications to frame theory, *J. Math. Anal. Appl.*, 307(2005), 710-723.
- Jain P.K., Kaushik S.K., Vashisht, L.K., On perturbations of Banach frames, *Int. J. Wavelet multiresolut. Inf. Process.*, 3(4)(2006), 559-565.
- Sun W., G-frames and G-Riesz bases, *J. Math. Anal. Appl.*, 322(2006), 473-452.
- Sun W., Stability of G-frames, *J. Math. Anal. Appl.*, 326(2007), 858-868.
- Najati A., M. H. Faroughi and A. Rahimi, G-frames and stability g-frames in Hilbert space, *Methods of Functional Analysis and Topology*, (2008), 14271-286.
- Ismailov M.I., Guliyeva F. and Nasibov Y., On a generalization of the Hilbert frame generated by the bilinear mapping, *Journal of Function Spaces*, (2016), 1-8.
- Aldroubi A., Sun Q. and Tang W., p -frames and shift invariant subspaces of L_p , *J. Fourier Anal. Appl.*, 7(2000), 1-21.
- Christensen O., Stoeva D.T., p -frames in separable Banach spaces, *Adv. Comp. Math.*, 18(2003), 117-126.
- Abdollahpour M. R., Faroughi M. H., and Rahimi, A. PG -frames in Banach spaces, *Methods of functional Analysis and Topology*, 13:3(2007), 201-210.
- Casazza P.G., Christensen O. and Stoeva D.T., Frame expansions in separable Banach spaces, *J. Math. Anal. Appl.*, 307(2) (2005), 710-723.
- S.T. Ali, J.P. Antoine, and J.P Gazeau, Continuous Frames in Hilbert Spaces, *Annals of Physics*. 222(1993), 1-37.
- A. Rahimi, A. Najati, and Y. N. Dehghan, Continuous Frames in Hilbert Spaces, *Methods of Functional Analysis and Topology*, 12 (2) (2006), 170–182.
- M.R. Abdollahpour and M.H. Faroughi, Continuous g-frames in Hilbert Spaces, *Southeast Asian Bull. Math.*, 32:1 (2008), 1-19.
- Rudin K. Functional analysis. Mir. m., 1975.

ОТСУТСТВИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ СЛАБО СВЯЗАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛУЛИНЕЙНЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

THE ABSENCE OF GLOBAL SOLUTIONS OF A WEAKLY COUPLED SYSTEM OF SECOND-ORDER SEMILINEAR PARABOLIC EQUATIONS

Summary. We consider a system of semilinear parabolic equations with singular potentials and study the problems of the absence of non-negative global solutions of this system in a cylindrical domain, the base of which is the exterior of the ball containing the origin. A sufficient condition for the absence of global solutions is obtained. The proof is based on the test function method.

Аннотация. Рассматривается система полулинейных параболических уравнений с сингулярными потенциалами и исследуются вопросы отсутствия неотрицательных глобальных решений этой системы в цилиндрической области, основание которой есть внешность шара содержащая начало координат. Получено достаточное условие отсутствия глобальных решений. Доказательство основано на методе пробных функций.

Введение

Введем следующие обозначения

$$x = (x_1, \dots, x_n) \in R^n, n \geq 3, r = |x| = \sqrt{x_1^2 + \dots + x_n^2},$$

$$B_R = \{x; |x| < R\}, B'_R = \{x; |x| > R\},$$

$$B_{R_1, R_2} = \{x; R_1 < |x| < R_2\}, Q_R = B_R \times (0, +\infty),$$

$$Q'_R = B'_R \times (0, +\infty), Q_R(\rho) = Q'_R \cap \{(x, t); t + |x|^2 < 2\rho^2\};$$

$C^{k,l}_{x,t}(Q'_R)$ - множество k -раз непрерывно дифференцируемых функций по x и l раз непрерывно дифференцируемых по t . В Q'_R рассмотрим следующую слабо связанную систему

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \operatorname{div}(A\nabla u) + \frac{c_1}{|x|^2} u + |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \\ \frac{\partial v}{\partial t} = \operatorname{div}(A\nabla v) + \frac{c_2}{|x|^2} v + |x|^{\sigma_2} |u|^{q_2} \end{cases} \quad (1.1)$$

с начальным условием

$$u|_{t=0} = u_0(x), v|_{t=0} = v_0(x), \quad (1.2)$$

где $0 \leq u_0(x), v_0(x) \in C(\overline{B'_R})$, $\sigma_k > -2, q_k > 1, 0 \leq c_k < (\gamma + 1) \frac{(n-2)^2}{4}, k = 1, 2, \gamma > -1$,

$\nabla u = (\frac{\partial u}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial u}{\partial x_n})$, $A = (a_{ij}(x))_{i,j=1}^n$, $a_{ij}(x) = \delta_{ij} + \gamma \frac{x_i x_j}{|x|^2}$, δ_{ij} - символы Кронекера. Здесь

$$A\nabla u = (\sum_{j=1}^n a_{1j} \frac{\partial u}{\partial x_j}, \dots, \sum_{j=1}^n a_{nj} \frac{\partial u}{\partial x_j}), \operatorname{div}(A\nabla u) = \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} (a_{ij}(x) \frac{\partial u}{\partial x_j}).$$

Мы будем исследовать вопрос о существовании глобального решения задачи (1.1), (1.2). Под глобальным решением задачи (1.1), (1.2) будем понимать пару функций $u(x, t), v(x, t) \in C^{2,1}_{x,t}(Q'_R) \cap C^{1,0}_{x,t}(\overline{Q'_R})$, удовлетворяющих систему (1.1) в каждой точке Q'_R и начальное условие (1.2) при $t = 0$.

Проблемы существования и не существования глобальных решений для различного класса дифференциальных уравнений и неравенств играют важную роль в теории и приложениях, поэтому привлекают постоянное внимание математиков и им посвящены большое число работ.

В классической работе Фуджиты [1] рассматривается начальная работа

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \Delta u + u^q, & (x, t) \in R^n \times (0, +\infty) \\ u|_{t=0} = u_0(x) \geq 0, & x \in R^n \end{cases} \quad (1.3)$$

и доказываем, что при $1 < q < q^* = 1 + \frac{2}{n}$ задача (1.3) не имеет положительных глобальных решений, а при $q > 1 + \frac{2}{n}$ для малых $u_0(x)$ существуют положительные глобальные решения. Случай $q = q^*$ исследован в работах [2], [3] и доказано, что в этом случае тоже не существуют положительные глобальные решения. Результаты работы Фуджиты вызвали большой интерес к проблеме отсутствия глобальных решений, и они были расширены в нескольких направлениях. Обзор таких работ имеется в статье [4], в монографии [5] и в книге [6].

Одним из возможных расширений результата Фуджиты, исследовать систему уравнений реакции-диффузии типа Фуджиты, за которое и мы беремся.

В работе [7], Ескобдо и Херреро при $C_1 = C_2 = 0, \gamma = 0, \sigma_1 = \sigma_2 = 0$ рассмотрели задачу (1.1), (1.2) в $R^n \times (0, +\infty)$ и доказывали, что если $q_1, q_2 > 0, q_1 q_2 > 1$ и $\max\left(\frac{q_1+1}{q_1 q_2 - 1}, \frac{q_2+1}{q_1 q_2 - 1}\right) \geq \frac{n}{2}$, то рассмотренная задача не имеет неотрицательных глобальных решений. Результаты работы [7] обобщены в работах [8], [9], [10].

В представленной работе рассматривается система полулинейных параболических уравнений,

$$D_k = \sqrt{\left(\frac{n-2}{2}\right)^2 - \frac{C_k}{\gamma+1}}, \lambda_k^+ = -\frac{n-2}{2} + D_k, \lambda_k^- = -\frac{n-2}{2} - D_k, \\ \theta_1 = \frac{\sigma_1+2+q_1(\sigma_2+2)}{q_1 q_2 - 1} - \lambda_1^+ - n, \theta_2 = \frac{\sigma_2+2+q_2(\sigma_1+2)}{q_1 q_2 - 1} - \lambda_2^+ - n, k = 1, 2.$$

Рассмотрим функции $\xi_k(x) = |x|^{\lambda_k^+} - |x|^{\lambda_k^-}$, $k = 1, 2$. Легко проверить, что функция $\xi_k(x)$ решение уравнения

$$\operatorname{div}(A \nabla \xi_k) + \frac{C_k}{|x|^2} \xi_k = 0 \quad (2.1)$$

и $\xi_k(x)|_{|x|=1} = 0, k = 1, 2$.

Рассмотрим еще следующую функцию

$$\phi(x, t) = \phi_0\left(\frac{t+|x|^2}{\rho^2}\right), \\ \text{где } \phi_0(s) = \begin{cases} 1, & n\rho s \leq 1 \\ \left(\frac{1}{2} \cos(\pi(s-1)) + \frac{1}{2}\right)^\beta, & n\rho s \leq 2 \\ 0, & n\rho s \geq 2 \end{cases}$$

и $\rho > 1, \beta$ достаточно большое число.

Теорема 2.1. Пусть $n \geq 3, q_k > 1, \gamma > -1, 0 \leq C_k < (\gamma + 1)\left(\frac{n-2}{2}\right)^2, \max\{\theta_1, \theta_2\} \geq 0, k = 1, 2$. Тогда, если $(u(x, t), v(x, t))$ неотрицательное решение задачи (1.1), (1.2), то $u \equiv 0, v \equiv 0$.

но вместо оператора Лапласа берется оператор вида $\operatorname{div}(A(x)\nabla u)$, где $A(x)$ имеет указанный выше специальный вид. Плюс к этому в наших уравнениях присутствуют младшие члены с сингулярными потенциалами. Заметим, что проблема существования глобальных решений полулинейных параболических уравнений с сингулярным потенциалом в различных областях также исследованы многими авторами (см. [11]-[15]).

Как показано в работе [16], если заменить в уравнении с сингулярным потенциалом оператор Лапласа на общий оператор вида $\operatorname{div}(A(x)\nabla u)$, то найти точный критический показатель отсутствия глобального неотрицательного решения не удастся. В представленной работе матрица $A(x)$ выбрана в специальном виде и показано как влияет константа γ на критический показатель. Используя технику пробных функций, разработанный Митидиери и Похожаевым в работах [5], [17] находим критический показатель отсутствия глобального решения.

Основной результат и его доказательство
Обозначим

Доказательство: Для простоты записи возьмем $R = 1$. Пусть (u, v) нетривиальное неотрицательное решение задачи (1.1), (1.2). Умножим первое уравнение системы (1.1) на функцию $\phi(x, t)\xi_1(x)$, второе на $\phi(x, t)\xi_2(x)$ и интегрируем по частям. Тогда получим следующее:

$$\begin{aligned}
 & \int_{Q_1'} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \phi(x, t) \xi_1(x) dx dt = - \int_{Q_1'} u \xi_1 \frac{\partial \phi}{\partial t} dx dt - \\
 & - \int_{B_1'} u_0(x) \xi_1(x) \phi(x, 0) dx + \int_{Q_1'} (A \nabla u, \nabla(\phi \xi_1)) dx dt - \\
 & - \int_{\partial Q_1(\rho)} (A \nabla u, \cos(n, x)) \phi(x, t) \xi_1(x) d\eta - \int_{Q_1'} \frac{C_1}{|x|^2} u \phi \xi_1 dx dt \leq \\
 & - \int_{Q_1'} u \xi_1 \frac{\partial \phi}{\partial t} dx dt - \int_{Q_1'} u \operatorname{div}(A \nabla(\phi \xi_1)) dx dt - \\
 & - \int_{Q_1'} \frac{C_1}{|x|^2} u \phi \xi_1 dx dt - \int_{\partial Q_1(\rho)} (A \nabla u, \cos(n, x)) \phi \xi_1 d\eta + \\
 & \int_{\partial Q_1(\rho)} u (A \cos(n, x), \nabla(\phi \xi_1)) d\eta - \int_{B_1'} u_0(x) \phi(x, 0) \xi_1(x) dx,
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

где $d\eta$ элемент поверхности, неотрицательные, то сам интеграл тоже
 $\cos(n, x) = (\cos(n, x_1), \dots, \cos(n, x_n))$, n неотрицателен.
 единичный вектор внешней нормали. Поскольку, Очевидно, что
 все функции в последнем интеграле (2.2)

$$\int_{\partial Q_1(\rho)} (A \nabla u, \cos(n, x)) \phi \xi_1 d\eta = 0.$$

Это потому, что при $|x| = 1$ $\xi_1 \equiv 0$, при Покажем, что второй поверхностный интеграл
 $t + |x|^2 = 2\rho^2$ $\phi \equiv 0$, а при $t = 0$ $\cos(n, x) \equiv 0$. в (2.2) неотрицателен.

$$\begin{aligned}
 & \int_{\partial Q_1(\rho)} u (A \cos(n, x), \nabla(\phi \xi_1)) d\eta = \int_{\partial Q_1(\rho)} u (A \cos(n, x), (\nabla \phi \xi_1 + \phi \nabla \xi_1)) d\eta = \\
 & = \int_{\partial Q_1(\rho)} u (A \cos(n, x), \nabla \phi \xi_1) d\eta + \int_{\partial Q_1(\rho)} u (A \cos(n, x), \nabla \xi_1 \phi) d\eta = \\
 & = \int_{\partial Q_1(\rho)} u (A \cos(n, x), \nabla \xi_1 \phi) d\eta = \int_{\partial Q_1(\rho)} u \phi \sum_{i,j=1}^n a_{ij}(x) \cos(n, x_j) \frac{\partial \xi_1}{\partial x_i} d\eta = \\
 & = -(1 + \gamma) \int_{|x|=1} u \phi \frac{\partial \xi_1}{\partial r} d\eta = 0.
 \end{aligned}$$

Это потому, что при $|x| = 1$ $u \geq 0$, $\phi \geq 0$,
 $\frac{\partial \xi_1}{\partial r} \geq 0$. Обозначая интеграл в левой части (2.2)
 через G_1 , в итоге получим следующее

$$\begin{aligned}
 G_1 & \leq - \int_{Q_1'} u \xi_1 \frac{\partial \phi}{\partial t} dx dt - \int_{Q_1'} u \operatorname{div}(A \nabla(\phi \xi_1)) dx dt - \\
 & - \int_{Q_1'} \frac{C_1}{|x|^2} u \phi \xi_1 dx dt = - \int_{Q_1'} u \xi_1 \frac{\partial \phi}{\partial t} dx dt - \int_{Q_1'} u \xi_1 \operatorname{div}(A \nabla \phi) dx dt - \\
 & - \int_{Q_1'} u (\nabla \phi, A \nabla \xi_1) dx dt - \int_{Q_1'} u \phi \left(\operatorname{div}(A \nabla \xi_1) + \frac{C_1}{|x|^2} \xi_1 \right) dx dt = \\
 & = - \int_{Q_1'} u \xi_1 \frac{\partial \phi}{\partial t} dx dt - 2 \int_{Q_1'} u (A \nabla \phi, \nabla \xi_1) dx dt - \\
 & - \int_{Q_1'} u \xi_1 \operatorname{div}(A \nabla \phi) dx dt.
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

Здесь мы воспользовались тем, что ξ_1 Аналогично, умножая второе уравнение
 удовлетворяет уравнение (2.1) и $(\nabla \phi, A \nabla \xi_1) =$ системы (1.1) на функции $\phi(x, t) \xi_2(x)$ можем
 $(A \nabla \phi, \nabla \xi_1)$. получить, что

$$\begin{aligned}
 G_2 & \equiv \int_{Q_1'} |x|^{\sigma_2} |u|^{q_2} \phi(x, t) \xi_2 dx dt \leq \\
 & \leq - \int_{Q_1'} v \xi_2 \frac{\partial \phi}{\partial t} dx dt - 2 \int_{Q_1'} v (A \nabla \phi, \nabla \xi_2) dx dt - \int_{Q_1'} v \xi_2 \operatorname{div}(A \nabla \phi) dx dt.
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Используя неравенство Гельдера оценим правые части (2.3), (2.4).

$$G_1 \leq \left(\int_{\rho^2 < t + |x|^2 < 2\rho^2} |x|^{\sigma_2} |u|^{q_2} \phi \xi_2 dxdt \right)^{\frac{1}{q_2}} \left[\left(\int_{Q'_1} \frac{\xi_1^{q'_2} \left| \frac{\partial \phi}{\partial t} \right|^{q'_2}}{\xi_2^{q'_2-1} |x|^{\sigma_2(q'_2-1)} \phi^{q'_2-1}} dxdt \right)^{\frac{1}{q'_2}} + \left(\int_{Q'_1} \frac{|2(A\nabla \phi, \nabla \xi_1) + \xi_1 \operatorname{div}(A\nabla \phi)|^{q'_2}}{\xi_2^{q'_2-1} |x|^{\sigma_2(q'_2-1)} \phi^{q'_2-1}} dxdt \right)^{\frac{1}{q'_2}} \right] \leq \leq CG_2^{\frac{1}{q_2}} \left[I_2^{\frac{1}{q_2}} + J_2^{\frac{1}{q_2}} \right], \tag{2.5}$$

$$G_2 \leq \left(\int_{\rho^2 < t + |x|^2 < 2\rho^2} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \phi \xi_1 dxdt \right)^{\frac{1}{q_1}} \left[\left(\int_{Q'_1} \frac{\xi_2^{q'_1} \left| \frac{\partial \phi}{\partial t} \right|^{q'_1}}{\xi_1^{q'_1-1} |x|^{\sigma_1(q'_1-1)} \phi^{q'_1-1}} dxdt \right)^{\frac{1}{q'_1}} + \left(\int_{Q'_1} \frac{|2(A\nabla \phi, \nabla \xi_2) + \xi_2 \operatorname{div}(A\nabla \phi)|^{q'_1}}{\xi_1^{q'_1-1} |x|^{\sigma_1(q'_1-1)} \phi^{q'_1-1}} dxdt \right)^{\frac{1}{q'_1}} \right] \leq \leq CG_1^{\frac{1}{q_1}} \left[I_1^{\frac{1}{q_1}} + J_1^{\frac{1}{q_1}} \right], \tag{2.6}$$

где через I_2, J_2 обозначены первое и второе слагаемое в квадратной скобке в (2.5), а через I_1, J_1 первое и второе слагаемое в квадратной скобке в (2.6).

Тогда подставляя (2.6) в (2.5) и (2.5) в (2.6) получим следующие соотношения

$$G_1 \leq CG_1^{\frac{1}{q_1 q_2}} \left[I_1^{q_1} + J_1^{q_1} \right]^{\frac{1}{q_2}} \left[I_2^{\frac{1}{q_2}} + J_2^{\frac{1}{q_2}} \right]$$

$$G_2 \leq CG_2^{\frac{1}{q_1 q_2}} \left[I_1^{q_1} + J_1^{q_1} \right] \left[I_2^{\frac{1}{q_2}} + J_2^{\frac{1}{q_2}} \right]^{\frac{1}{q_1}}$$

Отсюда имеем, что

$$G_1 \leq C \left[I_1^{q_1} + J_1^{q_1} \right]^{\frac{q_1}{q_1 q_2 - 1}} \left[I_2^{\frac{1}{q_2}} + J_2^{\frac{1}{q_2}} \right]^{\frac{q_1 q_2}{q_1 q_2 - 1}} \tag{2.7}$$

$$G_2 \leq C \left[I_1^{q_1} + J_1^{q_1} \right]^{\frac{q_1 q_2}{q_1 q_2 - 1}} \left[I_2^{\frac{1}{q_2}} + J_2^{\frac{1}{q_2}} \right]^{\frac{q_2}{q_1 q_2 - 1}} \tag{2.8}$$

Сделаю замены $t = \rho^2 \tau, x = \rho y, s = \frac{t + |x|^2}{\rho^2}$, $\phi_0(\tau, y) = \phi(\rho^2 \tau, \rho y) = \phi_0(\tau + |y|^2)$ оценим интегралы I_1, I_2, J_1, J_2 .

$$\begin{aligned}
 I_1 &\equiv \int_{Q'_1} \frac{\xi_2^{q'_1} \left| \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right|^{q'_1}}{\xi_1^{q'_1-1} |x|^{\sigma_1(q'_1-1)} \varphi^{q'_1-1}} dx dt = \int_{\rho^2 < t+|x|^2 < 2\rho^2} \frac{|x|^{\lambda_2^+ q'_1 (1-|x|^{-2D_2})} \left| \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right|^{q'_1}}{|x|^{\lambda_1^+ (q'_1-1) (1-|x|^{-2D_1})} \varphi^{q'_1-1} |x|^{\sigma_1(q'_1-1)} \varphi^{q'_1-1}} dx dt = \\
 &= C \rho^{-2q'_1+2+n+\lambda_2^+ q'_1 - \lambda_1^+ (q'_1-1) - \sigma_1(q'_1-1)} \int_{1 < \tau+|y|^2 < 2} \frac{\left| \frac{\partial \varphi_0}{\partial \tau} \right|^{q'_1}}{|y|^{(\lambda_1^+ + \sigma_1)(q'_1-1)} \varphi_0^{q'_1-1}} dy d\tau \leq \\
 &C \rho^{-(\sigma_1+2)(q'_1-1) + \lambda_2^+ q'_1 - \lambda_1^+ (q'_1-1) + n} \tilde{I}_1, \tag{2.9}
 \end{aligned}$$

где через \tilde{I}_1 обозначен последний интеграл в (2.9).

$$\begin{aligned}
 J_1 &= \int_{Q_1} \frac{|2(A\nabla\phi, \nabla\xi_2)\phi + \xi_2 \operatorname{div}(A\nabla\phi)|^{q'_1}}{\xi_1^{q'_1-1} |x|^{\sigma_1(q'_1-1)} \varphi^{q'_1-1}} dx dt = \\
 &= \int_{\rho^2 < t+|x|^2 < 2\rho^2} \frac{\left| 2 \sum_{i,j=1}^n a_{ij}(x) \frac{\partial \varphi_0}{\partial s} \frac{2x_j x_i}{\rho^2} (\lambda_2^+ |x|^{\lambda_2^+ - 2} - \lambda_2^- |x|^{\lambda_2^- - 2}) \varphi + \xi_2 \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \left(a_{ij} \frac{\partial \varphi_0}{\partial s} \frac{2x_j}{\rho^2} \right) \right|^{q'_1}}{\xi_1^{q'_1-1} |x|^{\sigma_1(q'_1-1)} \varphi^{q'_1-1}} dx dt = \\
 &= \int_{\rho^2 < t+|x|^2 < 2\rho^2} \frac{\rho^{-2q'_1} \left| 4 \frac{\partial \varphi_0}{\partial s} |x|^{\lambda_2^+} (\lambda_2^+ - \lambda_2^- |x|^{-2D_2}) \varphi_0 + 2(1+\gamma) \xi_2 \left(\frac{\partial \varphi_0}{\partial s} + 2 \frac{|x|^2 \partial^2 x}{\rho^2 \partial s^2} \right) \right|^{q'_1}}{|x|^{\lambda_1^+ (q'_1-1) + \sigma_1(q'_1-1)} (1-|x|^{-2D_1})^{q'_1-1} \varphi_0^{q'_1-1}} dx dt \leq \\
 &\leq \rho^{-2q'_1 + \lambda_2^+ q'_1 + n + 2 - \lambda_1^+ (q'_1-1) - \sigma_1(q'_1-1)} \times \\
 &\times \int_{1 < \tau+|y|^2 < 2} \frac{\left| \frac{\partial \varphi_0}{\partial s} |y|^{\lambda_2^+} + \frac{\partial^2 \varphi_0}{\partial s^2} |y|^{\lambda_2^+ + 2} \right|^{q'_1}}{|y|^{(\lambda_1^+ + \sigma_1)(q'_1-1)} \varphi_0^{q'_1-1}} dy d\tau \leq \\
 &\leq \rho^{-(\sigma_1+2)(q'_1-1) + \lambda_2^+ q'_1 - \lambda_1^+ (q'_1-1) + n} \tilde{J}_1, \tag{2.10}
 \end{aligned}$$

где через \tilde{J}_1 обозначен последний интеграл в этом равенстве.

Аналогично можем получить, что

$$I_2 \leq C \rho^{-(\sigma_2+2)(q'_2-1) + \lambda_1^+ q'_2 - \lambda_2^+ (q'_2-1) + n} \tilde{I}_2, \tag{2.11}$$

$$J_2 \leq C \rho^{-(\sigma_2+2)(q'_2-1) + \lambda_1^+ q'_2 - \lambda_2^+ (q'_2-1) + n} \tilde{J}_2, \tag{2.12}$$

где

$$\begin{aligned}
 \tilde{I}_2 &= \int_{1 < \tau+|y|^2 < 2} \frac{\left| \frac{\partial \varphi_0}{\partial s} \right|^{q'_2}}{|y|^{(\lambda_2^+ + \sigma_2)(q'_2-1)} \varphi_0^{q'_2-1}} dy d\tau, \\
 \tilde{J}_2 &= \int_{1 < \tau+|y|^2 < 2} \frac{\left| \frac{\partial \varphi_0}{\partial s} |y|^{\lambda_2^+} + |y|^{\lambda_2^+ + 2} \frac{\partial^2 \varphi_0}{\partial s^2} \right|^{q'_2}}{|y|^{(\lambda_2^+ + \sigma_2)(q'_2-1)} \varphi_0^{q'_2-1}} dy d\tau
 \end{aligned}$$

Известно, что если взять β достаточно большое положительное число, то интегралы (2.7), (2.8) получим, что $\tilde{I}_1, \tilde{I}_2, \tilde{J}_1, \tilde{J}_2$ будут ограниченными (см. [5]).

$$\begin{aligned}
 G_1 &\leq C \rho \left(-(\sigma_1 + 2) \frac{1}{q_1} + \lambda_2^t - \lambda_1^t \frac{1}{q_1} - (\sigma_2 + 2)(q'_2 - 1) + \lambda_1^t q'_2 - \lambda_2^t (q'_2 - 1) + n \left(\frac{1}{q_1} + 1 \right) \right)^{\frac{q_1 q_2}{q_1 q_2 - 1}} = \\
 &= C \rho^{-\theta_1} \tag{2.13}
 \end{aligned}$$

$$G_2 \leq C \rho \left(-(\sigma_2+2) \frac{1}{q_2} + \lambda_1^+ - \lambda_2^+ \frac{1}{q_2} - (\sigma_1+2)(q'_1-1) + \lambda_2^+ q'_1 - \lambda_1^+ (q'_1-1) + n \left(\frac{1}{q_2} + 1 \right) \right)^{\frac{q_1 q_2}{q_1 q_2 - 1}} = C \rho^{-\theta_2}. \tag{2.14}$$

Пусть $\max(\theta_1, \theta_2) > 0$. Например, пусть $\max(\theta_1, \theta_2) = \theta_1 > 0$. Тогда переходя к пределу при $\rho \rightarrow +\infty$ из (2.13) получим, что

$$\int_{Q'_1} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \xi_1 dx dt \leq 0$$

Отсюда следует, что $v \equiv 0$. Тогда из второго уравнения системы (1.1) получаем, что и $u \equiv 0$. Аналогично, при $\max(\theta_1, \theta_2) = \theta_2 > 0$ из (2.14)

при $\rho \rightarrow +\infty$ следует, что $u \equiv 0$ и соответственно из первого уравнения системы получается, что $v \equiv 0$.

Пусть теперь $\max(\theta_1, \theta_2) = 0$. К примеру, возьмем $\theta_1 = 0$. Тогда из (2.13) следует, что

$$\int_{Q_1} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \xi_1 dxdt \leq C. \quad (2.15)$$

Отсюда и из свойства определенного интеграла имеем, что

$$\int_{\rho^2 < t + |x|^2 < 2\rho^2} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \xi_1 dxdt \rightarrow 0 \text{ при } \rho \rightarrow +\infty. \quad (2.16)$$

Используя (2.6) в (2.5) получим следующие:

$$\begin{aligned} G_1 &\leq \left(\int_{\rho^2 < t + |x|^2 < 2\rho^2} |x|^{\sigma_2} |u|^{q_2} \phi \xi_2 dxdt \right)^{\frac{1}{q_2}} \left[J_2^{q_2} + J_2 \right] \leq \\ &\leq \left(\int_{\rho^2 < t + |x|^2 < 2\rho^2} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \phi \xi_1 dxdt \right)^{\frac{1}{q_1 q_2}} \left[J_1^{q_1} + J_1 \right]^{\frac{1}{q_2}} \left[J_2^{q_2} + J_2 \right] \end{aligned}$$

Возведя каждую сторону в степень $\frac{q_1 q_2}{q_1 q_2 - 1}$ и используя (2.9), (2.10), (2.11), (2.12) из этого неравенства получим, что

$$\begin{aligned} G_1^{\frac{q_1 q_2}{q_1 q_2 - 1}} &\leq \left(\int_{\rho^2 < t + |x|^2 < 2\rho^2} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \xi_1 dxdt \right)^{\frac{1}{q_1 q_2} \left[J_1^{q_1} + J_1 \right]^{\frac{q_1}{q_1 q_2 - 1}} \left[J_2^{q_2} + J_2 \right]^{\frac{q_1 q_2}{q_1 q_2 - 1}}} \leq \\ &\leq C \left(\int_{\rho^2 < t + |x|^2 < 2\rho^2} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \xi_1 dxdt \right)^{\frac{1}{q_1 q_2 - 1}} \rho^{-\theta_1} \end{aligned}$$

Отсюда учитывая, что $\theta_1 = 0$ получаем, что

$$G \leq C \left(\int_{\rho^2 < t + |x|^2 < 2\rho^2} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \xi_1 dxdt \right)^{\frac{1}{q_1 q_2}} \quad (2.17)$$

Переходя к пределу при $\rho \rightarrow +\infty$ в (2.17) и используя (2.16) получим, что

$$\int_{Q_1} |x|^{\sigma_1} |v|^{q_1} \xi_1 dxdt \leq 0.$$

Это значит, что $v \equiv 0$. Тогда из второго уравнения системы (1.1) получим, что и $u \equiv 0$. Если $\max(\theta_1, \theta_2) = \theta_2 = 0$, то аналогично получим, что $u \equiv 0$, $v \equiv 0$. Этим теорема полностью доказана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fujita H. On the blowing-up of solutions of the Cauchy problem for $u_t = \Delta u + u^{1+\alpha}$ // J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sect. I, 13, 1966, p.109-124.
2. Hayakawa K. On non-existence of global solutions of some semi-linear parabolic equations, Proc. Japan. Acad. 49, 1973, p.503-505.
3. Kobayashi K., Siaro T., Tanaka H. On the blowing up problem of semi linear heat equations // J. Math. Soc. Japan, 29, 1977, p.407-424.
4. Levine H.A. The role of critical exponents in blowup theorems // SIAM Review, 32.2, 1990, p.262-288.
5. Митидиеры Э., Похожаев С.И. Априорные оценки и отсутствие решений нелинейных уравнений и неравенств в частных производных //

Тр. мат. ин-та. им. Стеклова РАН, 2001, т.234, с.9-234.

6. Самарский А.А., Галактионов В.А. Курдюмов С.П., Михайлов А.П. Режимы с обострением в задачах для квазилинейных параболических уравнений. М.: Наука, 1987, 480 с.

7. M. Escobedo, M.A. Herrero, Boundedness and blow up for a semilinear reaction diffusion system, J. Differential Equations, 89 (1991), 176-202.

8. Gabriella Caristi, Existence and nonexistence of global solutions of degenerate and singular parabolic system, Abstr. Appl. Anal., 5(2000), no. 4, 265-284

9. K. Mochizuki, Q. Huang, Existence and behavior of solutions for a weakly coupled system of reaction-diffusion equations, Methods Appl. Anal., 5 (1998), 109-124.

10. Y. Uda, The critical exponent for a weakly coupled system of the generalized Fujita type reaction-diffusion equations, Z. Angew. Math. Phys. 46 (1995), no. 3, 366-383.

11. P. Baras and J. Goldstein, The heat equation with a singular potential, Trans. Amer. Math. Soc. 284(1), (1984), 121-139.

12. Лаптев Г.Г., Об отсутствии решений одного класса сингулярных полулинейных дифференциальных неравенств // Труды.

Математического института им. В.А. Стеклова 2001, вып. 232, с.223-235

13. R. Suzuki; Existence and nonexistence of global solutions to quasilinear parabolic equations with convection, Hokkaido Math. J., 27 (1) (1998), 147-196.

14. C. P. Wang, S. N. Zheng; Critical Fujita exponents of degenerate and singular parabolic equations, Proc. Roy. Soc. Edinburgh Sect. A, 136 (2) (2006), 415-430.

15. L. Dupaigne, A nonlinear elliptic PDE with the inverse square potential, J. d'Analyse Mathématique, 86, (2002), 359-398.

16. Vladimir Kondratiev, Vitali Liskevich, Zeev Sobol, Positive solutions to semi-linear and quasilinear elliptic equations on unbounded domains // Handbook of differential equations: Stationary partial differential equations, volume 6, 2008, pages 177-267.

17. Митидиери Э., Похожаев С.И. Отсутствие положительных решений для квазилинейных эллиптических задач в R^n // Труды МИАН, 1999, т.227, с.192-222.

#9 (49), 2019 część 3
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

#9 (49), 2019 part 3
East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner(Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001
Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner(Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland»

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw,
Poland

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com>