



Ежемесячный научный журнал Том 2 №85 / 2022

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Чукмаев Александр Иванович

<https://orcid.org/0000-0002-4271-0305>

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права. Астана, Казахстан

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и

безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Садовская Валентина Степановна

AuthorID: 427133

Доктор педагогических наук, профессор, Заслуженный работник культуры РФ, академик Международной академии Высшей школы, почетный профессор Европейского Института PR (Париж), член Европейского издательского и экспертного совета IEERP.

Ремизов Вячеслав Александрович

AuthorID: 560445

Доктор культурологии, кандидат философских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, академик Международной Академии информатизации, член Союза писателей РФ, лауреат государственной литературной премии им. Мамина-Сибиряка.

Измайлова Марина Алексеевна

AuthorID: 330964

Доктор экономических наук, профессор Департамента корпоративных финансов и корпоративного управления Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

Гайдар Карина Марленовна

AuthorID: 293512

Доктор психологических наук, доцент. Член Российского психологического общества.

Слободчиков Илья Михайлович

AuthorID: 573434

Профессор, доктор психологических наук, кандидат педагогических наук. Член-корреспондент Российской академии естественных наук.

Подольская Татьяна Афанасьевна

AuthorID: 410791

Профессор факультета психологии Гуманитарно-прогностического института. Доктор психологических наук. Профессор.

Пряжникова Елена Юрьевна

AuthorID: 416259

Преподаватель, профессор кафедры теории и практика управления факультета государственного и муниципального управления, профессор кафедры психологии и педагогики дистанционного обучения факультета дистанционного обучения ФБОУ ВО МГППУ

Набойченко Евгения Сергеевна

AuthorID: 391572

Доктор психологических наук, кандидат педагогических наук, профессор. Главный внештатный специалист по медицинской психологии Министерства здравоохранения Свердловской области.

Козлова Наталья Владимировна

AuthorID: 193376

Профессор на кафедре гражданского права юридического факультета МГУ

Крушельницкая Ольга Борисовна

AuthorID: 357563

кандидат психологических наук, доцент, заведующая кафедрой теоретических основ социальной психологии. Московский государственный областной университет.

Артамонова Алла Анатольевна

AuthorID: 681244

кандидат психологических наук, Российский государственный социальный университет, филиал Российского государственного социального университета в г. Тольятти.

Таранова Ольга Владимировна

AuthorID: 1065577

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Уральский гуманитарный институт, Департамент гуманитарного образования студентов инженерно-технических направлений, Кафедра управление персоналом и психологии (Екатеринбург)

Ряшина Вера Викторовна

AuthorID: 425693

Институт изучения детства, семьи и воспитания РАО, лаборатория профессионального развития педагогов (Москва)

Гусова Альбина Дударбековна

AuthorID: 596021

Заведующая кафедрой психологии. Доцент кафедры психологии, кандидат психологических наук Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, психолого-педагогический факультет (Владикавказ).

Минаев Валерий Владимирович

AuthorID: 493205

Российский государственный гуманитарный университет, кафедра мировой политики и международных отношений (общеевропейская) (Москва), доктор экономических наук

Попков Сергей Юрьевич

AuthorID: 750081

Всероссийский научно-исследовательский институт труда, Научно-исследовательский институт труда и социального страхования (Москва), доктор экономических наук

Тимофеев Станислав Владимирович

AuthorID: 450767

Российский государственный гуманитарный университет, юридический факультет, кафедра финансового права (Москва), доктор юридических наук

Васильев Кирилл Андреевич

AuthorID: 1095059

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт (Санкт-Петербург), кандидат экономических наук

Солянкина Любовь Николаевна

AuthorID: 652471

Российский государственный гуманитарный университет (Москва), кандидат экономических наук

Карпенко Юрий Дмитриевич

AuthorID: 338912

Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью ФМБА, Лаборатория экологической оценки отходов (Москва), доктор биологических наук.

Малаховский Владимир Владимирович

AuthorID: 666188

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Факультеты, Факультет послевузовского профессионального образования врачей, кафедра нелекарственных методов терапии и клинической физиологии (Москва), доктор медицинских наук.

Ильясов Олег Рашитович

AuthorID: 331592

Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра техносферной безопасности (Екатеринбург), доктор биологических наук

Косс Виктор Викторович

AuthorID: 563195

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, НИИ спортивной медицины (Москва), кандидат медицинских наук.

Калинина Марина Анатольевна

AuthorID: 666558

Научный центр психического здоровья, Отдел по изучению психической патологии раннего детского возраста (Москва), кандидат медицинских наук.

Сырочкина Мария Александровна

AuthorID: 772151

Пфайзер, вакцины медицинский отдел (Екатеринбург), кандидат медицинских наук

Шукшина Людмила Викторовна

AuthorID: 484309

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Головной вуз: РЭУ им. Г.В. Плеханова, Центр гуманитарной подготовки, Кафедра психологии (Москва), доктор философских наук

Оленев Святослав Михайлович

AuthorID: 400037

Московская государственная академия хореографии, кафедра гуманитарных, социально-экономических дисциплин и

менеджмента исполнительских искусств (Москва), доктор философских наук.

Терентий Ливиу Михайлович

AuthorID: 449829

Московская международная академия, ректорат (Москва), доктор филологических наук

Шкаренков Павел Петрович

AuthorID: 482473

Российский государственный гуманитарный университет (Москва), доктор исторических наук

Шалагина Елена Владимировна

AuthorID: 476878

Уральский государственный педагогический университет, кафедра теоретической и прикладной социологии (Екатеринбург), кандидат социологических наук

Франц Светлана Викторовна

AuthorID: 462855

Московская государственная академия хореографии, научно-методический отдел (Москва), кандидат философских наук

Франц Валерия Андреевна

AuthorID: 767545

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт государственного управления и предпринимательства (Екатеринбург), кандидат философских наук

Глазунов Николай Геннадьевич

AuthorID: 297931

Самарский государственный социально-педагогический университет, кафедра философии, истории и теории мировой культуры (Москва), кандидат философских наук

Романова Илона Евгеньевна

AuthorID: 422218

Гуманитарный университет, факультет социальной психологии (Екатеринбург), кандидат философских наук

Ответственный редактор
Чукмаев Александр Иванович
Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.
(Астана, Казахстан)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:

198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая,
д. 44, к. 1, литера А

Адрес электронной почты: info@national-science.ru

Адрес веб-сайта: <http://national-science.ru/>

Учредитель и издатель ООО «Логика+»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 44

Художник: Венерская Виктория Александровна

Верстка: Коржев Арсений Петрович

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

Samiullah A., Abdulmonir R., Parwiz Qaderi
IDENTIFICATION OF ECOTOURISM DEVELOPMENT
STRATEGIES IN AFGHANISTAN6

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Слепак З.М.
СОЗДАНИЕ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ПРОГНОЗИРУЕМЫХ НЕФТЕНОСНЫХ СТРУКТУР ПО
ГРАВИТАЦИОННЫМ АНОМАЛИЯМ.....17

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Зассеева Л.А., Олисаев С.В.
ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В
ГОРОДАХ И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ ИХ
НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ
СРЕДУ.....21

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Пчелкин В.В., Владимиров С.О., Кузина О.М.
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В
НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ24

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Хохолов Ю.А. Киселев, В.В.
ОЦЕНКА СКОРОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕДЯНЫХ
ЗАКЛАДОЧНЫХ МАССИВОВ В РОССЫПНЫХ
ШАХТАХ КРИОЛИТОЗОНЫ32

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Денисов А.А., Денисова Е.В.
УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА
ЭВОЛЮЦИИ: ТОЧКА «ПРИМИТИВНОЕ
СОЗНАНИЕ»37

Неволин В.Г.
ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН
ВЗРЫВНЫМ ИМПУЛЬСОМ45

Перевозников Е.Н.
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С
ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКОЙ.....49

Чихачев А.С.
ДИНАМИКА СОСТОЯНИЙ С НЕНУЛЕВЫМ
МОМЕНТОМ В СОБСТВЕННОМ ПОЛЕ57

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

IDENTIFICATION OF ECOTOURISM DEVELOPMENT STRATEGIES IN AFGHANISTAN

*Samiullah Aman^A
Abdulmonir Rahimi^B
Parwiz Qaderi^C*

Mobile number: 009370418929

- A. Assistant professor Department of Geography, Faculty of Education, Alberoni University, Kapisa, Afghanistan.
B. Assistant professor Department of Geography, Faculty of Education, Alberoni University, Kapisa, Afghanistan.
C. Assistant professor Department of Geography, Faculty of Education, Alberoni University, Kapisa, Afghanistan.

ВЫЯВЛЕНИЕ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ЭКОТУРИЗМА В АФГАНИСТАНЕ.

*Самиулла Аман^A
Абдул Мунир Рахими^B
Парвиз Кадирик^C*

Mobile number: 0093704189297

- A. Доцент кафедры географии, факультет образования, Университет Ал-Бируни, Каписа, Афганистан.
B. Доцент кафедры географии, факультет образования, Университет Ал-Бируни, Каписа, Афганистан.
C. Доцент кафедры географии, факультет образования, Университет Ал-Бируни, Каписа, Афганистан.

DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2022.2.85.663

ABSTRACT

Ecotourism is an approach to the development of human coexistence and environment. Nowadays, it has become remarkable in the development of regions that its development is required adequate of knowledge and information, it has effective on the economic, social, and cultural problems and factors of each region. Ecotourism has been for intent to visit of origins and natural habitats to protect of heritage as a useful economic option. This kind of tourism consists social, economic, and environmental impacts. Its aim promotes the environment and facilitate in applying measures, creating opportunities of jobs, income, and promote spiritual and cultural values in host communities. This paper has tried introducing Afghanistan important ecotourism attractions examines ecotourism development strategies in Afghanistan. Therefore, in this study, based on strategy partnership approach and using descriptive-analytic methodology (combination of quantitative and qualitative methods) and using SOWT and QSPM models tried until the main strategy to action in the field of Afghanistan ecotourism development from the perspective of 40 experts and 100 people of ecotourism sites as sample identified and presented. The findings show that in order to strengthen and develop sustainable ecotourism in Afghanistan, different strategies need to be considered as strategic set of policies for management and ecotourism planning. The main strategy has shown that people believe in conservative strategy and experts believe in a defensive strategy. In fact, this difference in the focal strategy for ecotourism development only by the external aspect of the factors affecting the ecotourism development is limited in the country. The views of both groups are close together in the inner aspect.

АБСТРАКТНЫЙ

Экотуризм - это подход к развитию человеческого сосуществования и окружающей среды. В настоящее время стало замечательным в развитии регионов, что его развитие требуется достаточным знаниям и информацией, оно эффективно в отношении экономических, социальных и культурных проблем и факторов каждого региона. Экотуризм предназначался для посещения происхождения и естественных мест обитания для защиты наследия как полезный экономический вариант. Этот вид туризма состоит из социальных, экономических и экологических воздействий. Его цель продвигает окружающую среду и способствует применению мер, созданию возможностей рабочих мест, доходов и способствует духовным и культурным ценностям в сообществах принимающих. В этом документе попытался представить Афганистан важные достопримечательности экотуризма, изучающие стратегии развития экотуризма в Афганистане. Поэтому в этом исследовании, основанный на подходе к стратегическому партнерству и использованию описательной аналитической методологии (сочетание количественных и качественных методов) и использования моделей SOWT и QSPM, не предназначенных до основной стратегии действия в области развития экотуризма Афганистана с точки зрения 40 Эксперты и 100 человек из сайтов экотуризма в качестве выборки выявлены и представлены. Результаты показывают, что для укрепления и развития устойчивого экотуризма в Афганистане необходимо рассматривать различные стратегии как

стратегический набор политики для управления и планирования экотуризма. Основная стратегия показала, что люди верят в консервативную стратегию, и эксперты верят в защитную стратегию. Фактически, эта разница в основной стратегии развития экотуризма только по внешнему аспекту факторов, влияющих на развитие экотуризма, ограничена в стране. Взгляды обеих групп близки друг к другу во внутреннем аспекте.

Key words: Ecotourism, strategic planning, SWOT & QSPM Model, Afghanistan.

Ключевые слова: Экотуризм, стратегическое планирование, модель SWOT & QSPM, Афганистан.

Introduction

Natural attractions and geographically diverse climates, along with the heritage of human civilization, and ethnic racial diversification, have provided valuable human capital for human beings. That the exploitation of which requires the provision of various conditions that, in general, depend on the stability of the tourism sector (Drum and Moor, 2009). Today the existence of natural and historical potentials in Afghanistan, have changed this country one of the most attractive tourism areas in the world. The traditional features of Afghanistan have barred recognition of tourism features. Also due to internal disputes and the entry of Western countries in recent years, have increased these disputes and insecurity and caused resulting in inadequate infrastructure and tourism system in the country. The imagination of some tourists about Afghanistan, also some administrative problems in the course of arrival of the tourist and so on up from one side these problems have negative effect on the quality and quantity of tourism industry and from other side the tourism issue does not deserve to be considered serious in the country (Nazari, 2009: 2). It therefore seems to be one of the tourism capacities is the advancement of the tourism industry in Afghanistan. One of the kinds of tourism is ecotourism which in fact, tourism based on environmental sustainability with primary concentration to natural environments experience which is the factor of promoting culture and environment and is more in line with the local community in Afghanistan. Despite tourism industry of Afghanistan faces with more challenges, weaknesses, Shortcomings, and threats. This paper examines weaknesses, shortcomings, threats, and opportunities of Afghanistan tourism development in comprehensive strategies framework analyses in long-term, till after coming peace ability to run in all over of this country (Royan, 2012: 84).

Theoretical

Ecotourism is one of the most economic activities in the various area in the world, that offers the suitable opportunity for visitors until aware from importance of cultures protection and how protect from local and natural cultures.

These conditions can create good incomes for local communities and distant natural area. The ecotourism is this which a good tool for protection of areas is included in.

The executive and ecotourism development follows conclusions, such as:

- Increases the protected areas ecosystem importance, and increases their economic values.
- Creation of direct income for protected areas.
- Creation of direct and indirect income for local communities, and increases their motivation in protection of environment.
- Leading to the formation of coherent from protected areas in the local and national communities.
- Promotion of sustain use culture of natural resources and motivated for decrease threats of communities. (Drum and Moor, 2009: Preface).

According to given what was said, ecotourism is a kind of responsible human of tourism in natural environment that in addition to the material and nonmaterial advantages follows the protection of environment, and its conclusion stability of linkage between sustainability of different dimensions with ecotourism. (Nazari, 2009: 2).

For instance, Butler defines the sustainable tourism a kind of tourism which can in determinant environment in unlimited time continues and according to humanity and physical does not hurt for environment and to the extent possible that no harm for development of other social activities and processes. Then, sustainable tourism is a kind of tourism that facilitated the development (Butler, 1994:4). On the other hand, according to theoretical sustainable tourism approach, ecotourism can do as a kind of sustainable tourism and has benefits for present and future generations (Dovabochesbam, 2005:2). Because today more retained natural areas protect from several ways, that ecotourism is one of them. Mainly ecotourism is a strategy for control protected areas. This kind of tourism with multi-purpose that's mean protection of environment, respect to local communities, and promote cultural components which involved host communities, which these goals have a conversation and its main motto responsible journey to natural areas for protection of environment and improvement of economic conditions of local communities (Drum and Moor, 2009: Introduction).

The tourism of that be according to sustainable ecological that's mean respond the present needs of eco-tourists and for extent and protection of exist opportunities for sustainable future and instead of hurt the ecology tries with a long of ecotourism is called sustainable (table 1).

Table 1

Sustainable Ecotourism Principles	
Using of sustainable resources	Protect and sustainable use from natural, cultural, and social resources are very important and motivate employment and perception in long-term.
Reduce excess consumption and wastes	Reduce excess consumption and avoid from reconstruction of long term environmental hurts and help to quality of tourism.
Management of environmental diversity	Maintain and promote natural, social, and cultural diversity for sustainable tourism and create base in necessary long term.
Resorts in planning	Tourism development is framework strategic planning in coherent national and local. Evaluating of environmental impacts, motivate of increase long term in tourism.
Support of local economies	Tourism which maintain of extent range of economic activities, local and environmental expenditures and estimate long term benefit or economic and avoid to help environmental damage.
Involved local communities	General participation of local communities in part of tourism not only improve the social insurance and environment but also help for quality of tourism projects.
Consultation and general stakeholders	Consultation between tourism industry and local communities' organizations and foundations if necessary which they help together in potential conflict resolution benefits.
Staff training	Staff training and the integration of sustainable tourism in ways, with or personnel recruitment in all levels, and improve quality of tourism product.
Responsible tourism marketing	The general tourism supply marketing and authorities according to natural and social information's and increase cultural environments in destinations area and improve customer satisfaction.

Resource: Blamey, 2001, 21

Area of study

Afghanistan is a mountainous country that has 652225 km² area and it is located in the central heart of Asia under the roof of Pamir at the point of East-West Asia, in the vicinity of the Indian subcontinent and the grassland of Central Asia. Afghanistan in the simplest geographical definition is the mountain blade joined by a coarse and elevated summit from the Pamirs to the great Mountainsides of the Himalayas and Qar-e-Karam, and permanent and temporary snowflakes give it abundant water to the vast rivers, and on each side there are small and large rivers to the stream. Afghanistan country is a diversity land. This variety in all its geographical features seem from humanity problems up to natural features. The various tribes of Afghanistan speak with different languages and live together with different religious, Hindu Kush Mountains with 7485 meters' height and inside Amu Darya beach is located that with lower height from level of sea. Inside the country, surrounded mountainous areas, dander's and sandstones from all sides. With least distance from lush forests east of country arrives to the desert, even desert, steppic lands. Maybe we can say in front of all of these diversity and variety be climates of our country.

In fact, none of geographical features does not show the diversity of spatial and temporal dispersion of climatic elements (Mohammad Azim Azimi, 2012:22). Afghanistan as a developing country which its economic system despite has underground mines and resources and its strategic location, unfortunately due to the lack of planning and lack of expertise after long

wars, it still relies on the assistance of the international community, and to get out of this situation needs to all over sustainable development and also for income alternative new resources, instead of international community assistance, must use from All the features and capabilities available. It is clear Afghanistan has gentle climates and natural, historical, and cultural attractions and Afghanistan is a country that from one side has dependent economy to foreign countries and on other hand has special location in the world (Barbari, 3).

Also the balance of unemployment is increasing. Hence according to economy this country needs to domestic investment in this conditions, it is necessary pay attention for domestic resources. Also improving of domestic economy resources such as tourism activities development can obstacle the regional changes damages and pave the way employment for people. Afghanistan in 1965 become membership in world tourism organization and Afghanistan tourism organization established in 1948. Afghanistan tourism organization had considerable activities by 1978, but after that due to wars become inactive (Mahammad jafari:6).

Due to several decades of war Afghanistan has damaged to ancient monuments and antiquities, despite Afghanistan is one of the countries with a lot of historical monuments and has rich historical background that can attract thousands of tourists yearly. It is expected that, if tourism is paid more attention in Afghanistan, it can earn \$ 4 billion to \$ 7 billion annually. Due to the fact that Afghanistan is considered

one of the most important regions of the region due to geographical location, beautiful nature, historical buildings, and cultural values, there will be significant growth in tourism. Afghanistan is relatively familiar with the modern concept of tourism. More than two times of short term military occupation of this country by UK in 20 centuries, the boundaries of Afghanistan are blocked for foreigners by 1950. Due to 1960 and 1970 years when the American and European eager youth a short opening took place from Istanbul to Katmandu through the dry roads but later in 1978 the February coup took place on the left, followed by the invasion of the Soviet Union the following year, and more than two decades passed before the Afghans could hope for peace in their country again. The April coup took place on the left, followed by the invasion of the Soviet Union the following year, and more than two decades passed before the Afghans could hope for peace in their country again (website Bamyán tourism).

The study of tourism in Afghanistan is important because Afghanistan needs economic growth and economic development as well as tourism-related capabilities. Afghanistan has the capacity to attract tourists because it has ancient monuments, natural landscapes for recreational tourists and religious symbols that can attract many tourists. For example, you can mention the great castles of Balkh, Takht-e Rostam in Samangan province, and the city of Golghlah in Bamyán, as well as the Buddha of Bamiyan and the minaret of Jam, and many other ancient remains that have survived since ancient times. The areas of Bamyán, Balkh, Herat, Kandahar, Ghor, Kabul, Takhar, Parwan, Kapisa, Nuristan, Badakhshan, and Ghazni are among the most popular tourist attractions in Afghanistan. Afghanistan can specifically attract tourists for its natural beauty. Afghanistan is a mountainous country, and according to some surveys, one third of its geographical extent is mountains, so more natural landscapes can be found in the mountains and peaks. The Mountainsides of Pamir Mountains, Hindu Kush, Baba, Firoozkooch, Black Mountain and ... have created beautiful natural scenery. In some areas rivers have added to the natural beauty of natural scenery. This mountain range can attract climbers and tourists. Of the beautiful scenery, the Band e Amir in Bamyán, for example, can be found in less than a part of the world. In addition to natural attractions, there are many monuments, and monuments in different parts of Afghanistan that have added to the tourist attractions of the country, each of which has its own unique features and attractiveness, which can open thousands of tourists to Afghanistan every year. Buddhist statues, Zahak city, Golghah city, Chehelsoton in Herat, Balahshar, Tomb of Soltan Mahmud, Sanayi's tomb and ... In Ghazni, Mobarakeh's cemetery (khairqa Mubarak) and Baba Garden in Kandahar, and Tangi stoon Qalah Berber in Bamyán, Herat's mosque, castle Historical Herat, minarets and tomb of Khoja Abdullah Ansari in Shadian, and pilgrimage of Sakhi in Mazar-i-Sharif can be examples of religious and recreational tourists (website Bamyán tourism).

Islamic Republic of Afghanistan, with many natural attractions, is one of the most beautiful and most

prosperous area in South Asia. In Afghanistan, natural protected areas have been identified by the World Conservation Organization since the 1970s, one of which is a natural ecosystem and a vital variety. In the identified natural habitat that has already been carried out by the organization, it remains unchanged for the first time, and its changes have been exposed of the painful political upheaval and recent years. The following areas are presented:

- Band -e- Amir: it is a national park and one of natural heritages is the world that has 4200- hectares area it was shelter birds to different kinds of fish in 1973.
- Ghazni backwater or standing water: it has 27000 hectares' area and it is shelter of Aquatic, indigenous, and immigrant birds in 1977, now it has not this area, it become very less.
- Ghazni Nawere desert: it has 7500- hectares area in 19700, it is shelter of wild life, indigenous, and immigrant birds.
- Amon pozak: it has 35000 hectares' area it is located in Nemrowz province it was shelter of indigenous and immigrant birds in 1973, now there are a lot of changes and its current area reaches 1600 hectares.
- Hajar valley in Bamyán province: it has 4000 hectares' area in 1978, it is the best shelter of different wild life and plants.
- Large Pamir in Badakhshan province: it has 67938 hectares' area in 1978, it is the best shelter of wild life, medical plants, and provider of the biggest resources of water and rivers of our country. Large and small Pamir that involved Khahan and Wakhan valley, in fact it is one of large ecosystems of country, furthermore it has environmental and vital impacts for our neighbour countries such as: Pakistan, China, Tajikistan and it is called a natural ecosystem between region countries (Aman, 2016:100).

In addition of important diversity life sites that by the World Conservation Organization in the 1970s determinates there are other sites that should protect and they are important, the following areas are presented:

- Natural forests of Amu Darya River beaches Darqad (Darqae island), Khoja Bahoddin, Dashte Qala, Imam sahib, Ashraf valley belongs to Baghlan province, Handerab areas, Shewa Badakhshan, Backwater or standing water of Weghnan belongs to Warsaj district of Takhar province, Natural forests, and beautiful valleys of Nuristan province, Khost province, Laghman province, Paktia province, Paktika province and Kunar province (Royan, Abdul Qadir, 2012:84).

Methodology

According to case of study issue and research objective, descriptive-analytic methodology (combination of quantitative and qualitative methods) and used SOWT and QSPM models in analytic methods. To conduct a field study, two study groups selected, from the views of 40 experts and 100 people of ecotourism sites as sample identified and presented, in both of groups lack for the sake of official statistics used from sampling that its conclusion based on

selected of 40 experts and 100 people of ecotourism sites and stakeholders. The useful analytical techniques of SWOT and QSPM for conditions and decision analysis, the evaluation of conclusions and options are for selection not only now perspective, but also considered opportunities and threats. Therefore, this study is for achieving of goals, first, a questionnaire based on the theoretical framework and situation of our country in the form of a table SWOT, designed for strategic model and offered samples (inclusive of 40 experts and 100 people of ecotourism sites). After that designed the strategic matrix till from this designing to be identified weaknesses and threats and be offered suitable strategies. So in this study not only the strategic model considers the perspectives, but also the threats and opportunities for country's ecotourism development to be considered. The process of implementing the SWOT model is carried out in two external and internal environments, which include: strengths and weaknesses, opportunities and threats. (Figure) The process of accomplishing the work to achieve the result in the strategic model is as follows.

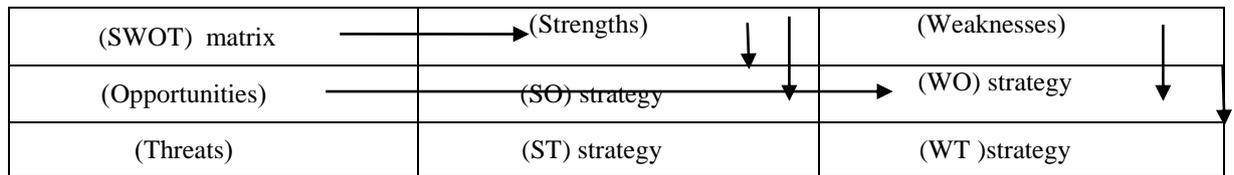
First, internal factors and external factors are identified. After identifying all the weaknesses, strengths, threats and opportunities, the Internal Factor Assessment Matrix (IFE) is a form of external factor assessment matrix (EFE). Then, the strategies adopted are scored using the QSPM matrix and each implementation is prioritized. By using expert interviews, the most important indicators of each of the above criteria will be identified and then categorized as weaknesses and strengths.

Using the hierarchical analysis model, the weight of each of the indicators of internal and external factors is determined. To prepare the IFE evaluation matrix,

first list strengths, then weaknesses, and assign each weight factor between zero (meaningless) and one (very important). In this case, the sum of the assigned weight coefficients should be equal to one. After listing each of the strengths, weaknesses, opportunities and threats, and writing them in their respective cells, the strategies are achieved according to the weighting order from the intersection of each of them. Therefore, this matrix always leads to four categories of ST, WT, WO, and SO strategies. (Figure 2.)

The QSPM matrix is used to assess the feasibility and sustainability of proposed solutions in the face of environmental conditions and status quo. The steps to create the QSPM matrix are as follows:

In the first column, the list of external strategic agents list includes all the threats, opportunities and strategic elements within the organization, including all weaknesses and strengths. These factors are identical to the IFE and EFE matrices. In the second column, the weighted rating of each strategic factor is exactly derived from the IFE and EFE matrices. In the following columns, a variety of strategies are derived from the SWOT matrix including four strategies WO, ST, WT and SO. Each of the columns for each type of strategy is divided into two sub-columns. One under the AS column and one under the column TAS. In the AS column, the attraction is given an appreciation, so that each strategic factor is measured and rated by the strategy. In determining the attractiveness of the attraction, the question should be answered whether this factor affects the choice of strategy? If the answer to this question is positive, then the attraction score should be given in a specific way and given the relative attractiveness of each strategy to another strategy.



Determining of long term and short term development of

Resource: (Movahed, 2013:193)

Analyses and Results

Forty persons of experts that 5 persons were female and 35 persons were male which all of them had higher education and 100 public people of country which 85 persons were male and 15 persons were female that all of them had higher education, education, and diploma which they responded to the questionnaires' by taking data from questioners and classified them at

the first step for accessibility to the most priorities in ecotourism development of Islamic Republic of Afghanistan, formatted factors matrix by two groups, experts and people, based on two in two factors under the opportunities, weaknesses, strengths, and threats groups, four strategies of ecotourism development is identified in country (table 2).

Table 2.

Ecotourism development strategic matrix

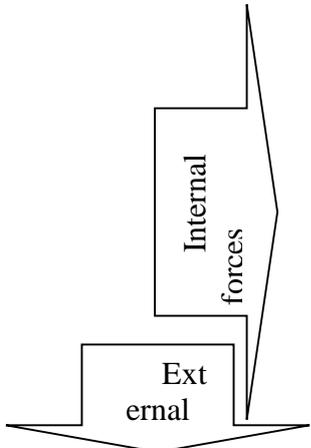
<p>SWOT analysis</p> 	<p>Strengths) S(Existence of hospitality culture among people. Climatic diversity. vegetation diversity Geomorphological location. Ecological landscapes. Provide the fields of happiness and mental health for tourists.</p>	<p>Weaknesses) (W Low importance of tourism in country. Lack of familiarity people with the value of the natural environment and its attractions. Not contributing people in ecotourism investment. The transportation roads in ecotourism site have security problems in the country. Inform about ecotourism sites of country are inadequate. Lack of general services in tourism regions. The relative interest of the general people in preserving the environment and nature.</p>
--	--	--

Table 2

Continue, ecotourism development strategic matrix

<p>Opportunities)O(Being available for capacity in tourism investment sector. Profitability and flow of capital and income to the country. Attention of government to ecotourism and tourism in the country. Opportunity of and cultural communication between different ethnic groups. The formation of new job opportunities for local people in the country. Reconstruction and offer new infrastructures in country(such as transportation,communications roads, hotels, and resturants and etc).</p>	<p>Competitive strategies / Aggressive)SO(Improve the capacity investment according to high potentials of country. Improve and attract invests for advantage and income of country. Improve the investment for creating of employment opportunities of local people according to available capabilities. Improve the social and cultural communications according to people hospitality. Improve and reconstruction of tourism infrastructures and create new infrastructures in country for attract more tourists.</p>	<p>Diversity of strategies)ST(Diversify of invest capacities to earn profits and income. Diversify to social and cultural communications for decrease of tourism social and cultural impacts. Diversify and create new infrastructures such as hotels and restaurants for interest coming of tourists to the country. Diversify and attracting participation of private sector to invest in the country. Diversify to regulations and suitable public policy for attracting supports of private sector. Diversify and initiative in creating of employments and new jobs to attracting tourists.</p>
--	---	--

Table 2

Continue. Ecotourism development strategic matrix

<p>Threats)T(Negative social and cultural impacts tourism in the country.</p> <p>Immigrant and tourism to the country.</p> <p>Disregard for environmental laws.</p> <p>The formation of social insecurities in the country.</p> <p>Unsuitable public policies for ecotourism management in the country.</p> <p>Lack of suitable advertisements and awareness.</p> <p>Lack of suitable infrastructures for attract and retain of tourists in the country.</p>	<p>Review strategies /Clever change direction) WO(Reviewing in government policies in attracting investment.</p> <p>Reviewing in offered services and facilitates related with tourism infrastructures of country.</p> <p>Reviewing the arrival tourists over the country's capacity.</p> <p>Reviewing in regulations and create security for welfare of tourists.</p> <p>Reviewing in using of responsible and indigenous persons for more guides tourists.</p> <p>Review the misleading advertising on the country's security to change the visitor's visibility towards the country.</p>	<p>Defensive strategies) WT(Avoid the intruder and evil people, in order to provide security for tourists.</p> <p>Avoid from environmental degradation due to the emissive arrival tourists to the country.</p> <p>Avoid from the entry and impact of alien cultures for the preservation and customs of the country.</p> <p>Avoid from arrival tourists that do not pay attention about environment regulations.</p> <p>Avoid from misleading advertising about people and security of the country.</p>
--	---	--

So the results based on ecotourism development strategies pattern, organized and their statistics in the total rating templates, the relative weight conducted from views of experts, and people in the country, which is included in Table 3 &4.

Table 3.

SWOT Table of ecotourism development strategies from views of experts and people

Experts	SWOT	Experts			People			
		Normalized Weight	Current situation scores	Weighted Score	Normalized Weight	Current situation scores	Weighted Score	
External factors	Opportunities	O1	0.05	4	0.20	0.1	3	0.3
		O2	0.1	3	0.3	0.1	4	0.4
		O3	0.03	4	0.12	0.1	2	0.2
		O4	0.1	2	0.2	0.05	3	0.15
		O5	0.1	3	0.3	0.1	4	0.4
		O6	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4
		O7	0.1	2	0.2	0.03	3	0.09
	Threats	T1	0.1	2	0.2	0.1	2	0.2
		T2	0.03	2	0.06	0.03	2	0.06
		T3	0.03	3	0.09	0.1	1	0.1
		T4	0.03	1	0.03	0.03	1	0.03
		T5	0.1	1	0.1	0.03	3	0.09
		T6	0.1	2	0.2	0.03	2	0.06
		T7	0.03	2	0.06	0.1	2	0.2
Total		1		2.46	1		2.68	

Table 4.

SWOT Table, pattern ecotourism development strategies from views of experts and people

Experts		SWOT	Experts			People		
			Normalized Weight	Current situation scores	Weighted Score	Normalized Weight	Current situation scores	Weighted Score
Internal factors	Strengths	S1	0.03	4	0.12	0.04	4	0.16
		S2	0.1	3	0.3	0.1	3	0.3
		S3	0.1	3	0.3	0.04	4	0.16
		S4	0.05	4	0.20	0.1	2	0.2
		S5	0.1	4	0.4	0.1	3	0.3
		S6	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4
		S7	0.1	3	0.3	0.1	2	0.2
	Weaknesses	W1	0.1	3	0.3	0.1	2	0.2
		W2	0.03	2	0.06	0.03	2	0.06
		W3	0.1	1	0.1	0.03	3	0.09
		W4	0.03	1	0.03	0.03	1	0.03
		W5	0.1	2	0.2	0.1	1	0.1
		W6	0.03	2	0.06	0.1	2	0.2
		W7	0.03	3	0.09	0.03	2	0.06
Total			1		2.83	1		2.46

The Ecotourism development strategic concept map

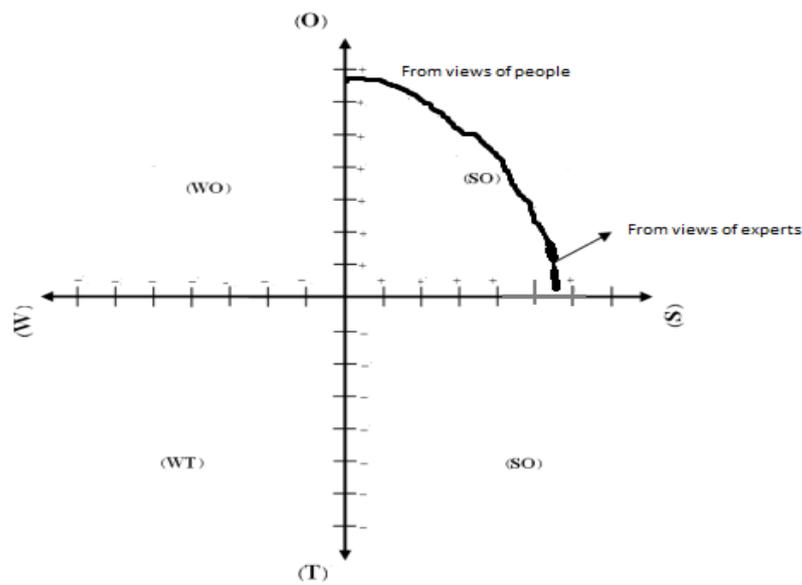


Figure 3. The diagram of strategic analysis of ecotourism development from the point of views experts and people.

Table 5.

QSPM Table, Analysis pattern ecotourism development strategies from views of experts and people

Strategic factors	Weight	SO1		SO2		WO1		WO2		WO3		ST1		ST2		WT	
		A S	TA S														
Opportunities																	
O1	0.1	3	0.3 %	2	0.2 %	3	0.3 %	2	0.2 %	3	0.3 %	3	0.3 %	3	0.3 %	2	0.2 %
O2	0.1	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %
O3	0.1	2	0.2 %	3	0.3 %	2	0.2 %	3	0.3 %	2	0.2 %	3	0.3 %	2	0.2 %	3	0.3 %
O4	0.05	3	0.15 %	3	0.15 %	3	0.15 %	3	0.15 %	3	0.15 %	3	0.15 %	3	0.15 %	3	0.15 %
O5	0.1	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %
O6	0.1	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %
O7	0.03	3	0.06 %	4	0.12 %	3	0.06 %	4	0.12 %	3	0.06 %	4	0.12 %	3	0.06 %	4	0.12 %
Threats																	
T1	0.1	2	0.2 %	3	0.3 %	2	0.2 %	3	0.3 %	2	0.2 %	3	0.3 %	2	0.2 %	3	0.3 %
T2	0.03	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %
T3	0.03	3	0.06 %	2	0.06 %	3	0.06 %	2	0.06 %	3	0.06 %	2	0.06 %	3	0.06 %	2	0.06 %
T4	0.03	1	0.03 %	2	0.06 %	1	0.03 %	2	0.06 %	1	0.03 %	2	0.06 %	1	0.03 %	2	0.06 %
T5	0.1	1	0.1 %	1	0.1 %	1	0.1 %	1	0.1 %	1	0.1 %	1	0.1 %	1	0.1 %	1	0.1 %
T6	0.1	2	0.2 %	2	0.2 %	2	0.2 %	2	0.2 %	2	0.2 %	2	0.2 %	2	0.2 %	2	0.2 %
T7	0.03	2	0.06 %	1	0.03 %	2	0.06 %	1	0.03 %	2	0.06 %	1	0.03 %	2	0.06 %	1	0.03 %
Strengths																	
S1	0.03	4	0.12 %	3	0.12 %	4	0.12 %	3	0.12 %	4	0.12 %	3	0.12 %	4	0.12 %	3	0.12 %
S2	0.1	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %
S3	0.1	3	0.3 %	3	0.3 %	3	0.3 %	3	0.3 %	3	0.3 %	3	0.3 %	3	0.3 %	3	0.3 %
S4	0.05	4	0.20 %	4	0.20 %	4	0.20 %	4	0.20 %	4	0.20 %	4	0.20 %	4	0.20 %	4	0.20 %
S5	0.1	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %
S6	0.1	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %	4	0.4 %
S7	0.1	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %	3	0.3 %	4	0.4 %
Weaknesses																	
W1	0.1	2	0.2 %	1	0.1 %	2	0.2 %	1	0.1 %	2	0.2 %	1	0.1 %	2	0.2 %	3	0.3 %
W2	0.03	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %
W3	0.1	1	0.1 %	2	0.2 %	1	0.1 %	2	0.2 %	1	0.1 %	2	0.2 %	1	0.1 %	2	0.2 %
W4	0.03	1	0.03 %	3	0.09 %	1	0.03 %	3	0.09 %	1	0.03 %	3	0.09 %	1	0.03 %	3	0.09 %

W5	0.1	3	0.3 %	1	0.1 %	3	0.3 %	1	0.1 %	3	0.3 %	1	0.1 %	3	0.3 %	2	0.2 %
W6	0.03	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %
W7	0.03	2	0.06 %	2	0.06 %	4	0.12 %	2	0.06 %	2	0.06 %	2	0.06 %	3	0.09 %	2	0.06 %
Total			5.45		5.27		5.51		5.47		6.65		5.37		5.48		5.57

Table 6.

Selected strategies prioritize.

Selected strategies	Charm score	Priority	Strategy
(WO3)	6.65	1	Reviewing the arrival tourists over the country’s capacity.
(WT)	5.57	2	Avoid the intruder and evil people, in order to provide security for tourists.
(WO1)	5.51	3	Reviewing in government policies in attracting investment.
(ST2)	5.48	4	Diversify to social and cultural communications for decrease of tourism social and cultural impacts.
(WO2)	5.47	5	Reviewing in offered services and facilitates related with tourism infrastructures of country.
(SO1)	5.45	6	Improve the capacity investment according to high potentials of country
(ST1)	5.37	7	Diversify of invest capacities to earn profits and income.
(SO2)	5.27	8	Improve and attract invests for advantage and income of country.

As can be deduced from the diagram and calculations (fig.3), from views of two groups' experts and people of the country, the focal strategy is different for ecotourism development of the country, because the conclusions illustrated which people believe to the conservative strategy and the experts believe to the defensive strategies. In fact, this different is limited only to external factors to the ecotourism development in the focal strategy of the country. The final results of the selected strategies from the QSPM model in Table 6 show that eight strategies are more prioritized. The first strategy shows that Afghanistan has the potential to attract more tourists and is a top priority for ecotourism. The second priority of the strategies is to provide security for tourists. The third priority of Table 6 is the review of changes in government policy within the framework of ecotourism.

Conclusion

Tourism is an old phenomenon which is existed from a long time in the social communities, but today tourism industry especially ecotourism, as a new approach for human coexistence and community development, for economic exploitation, it found a suitable and special position in the area development. Hence the areas have natural perspectives by geographical and environmental situation according to climatic, topographic, and hydrologic creates special attractions. In this research, each one of strengths and weaknesses with opportunity and threat participated from experts and people groups in the strategic model of ecotourism development. From the views of experts for the sake of ecotourism’s opportunities and attractions are high in the country, but the development of ecotourism in the state of affairs in various aspects threatens the country as well. However, from the views of people the existence ecotourism potentials provide suitable opportunity and external conditions in the country. The total calculated scores from the views of

experts in the strategic model illustrate which the strengths and weaknesses according to ecotourism of country. From the views of people also the total calculated scores for ecotourism development weaknesses and strengths are high. So from people views of the country, the bases and capabilities of the ecotourism development in the Islamic Republic of Afghanistan are stronger than its external opportunities. This tendency towards the ecotourism development from the view of the general public leads to the conservative strategy, but from the experts' view, the set of conditions is correct in the image of the people's view and they do not consider the external conditions governing the ecotourism development of country in the current state of affairs. And for this reason, their focal strategy for the ecotourism development lies within the strategic defensive. According to insecurities and Social and ethnic sensitivities, one of the fastest accessibilities in tourism development is ecotourism in the country.

In this context here are some practical suggestions:

- Efforts to attract the full cooperation of government agencies and private organizations related to ecotourism of the country.
- Ensuring security ecotourism sites to attract eco-tourists.
- Promotions for attention all about ecotourism area in the level of country.
- Hold the important sessions for local people from advantages of ecotourism in the country.
- Improve the required infrastructures of ecotourism for tourist’s increasing satisfaction and also access faster and easier to the tourism areas.
- Creating tourism information bank.

References

- Aman, S (2016), Environmental Protection, First Edition, Jalalabad Publishing House, Afghanistan.
- Azimi, M. A (2012), Income on the Natural Geography of Afghanistan, First printing, Khorasan Publications.
- Azimi, M. A (2012), Human Geography of Afghanistan, First Edition, and Publications: Khorasan.
- Badri, Seyed. A, Sajadi. Q Majid and Hassanpour. O (2011), Strategies for Ecotourism Development in Marivan County, Rural Studies, Second Year, summer 2011, pp. 31-54.
- Butler, R.W (1994), Ecotourism, has it Achieved Maturity or Has the Bubble Burst? Burst, Pacific Rim tourism 2000 New Zealand, P, 256.
- Dovabochesbam, B. (2005), Naturalization and Sustainable Development in Costa Rica, Translated by Solmaz Yegana, ads.coo.ir/category.
- Drum, A & Allen .M (2009), Introduction to Ecotourism Planning and Management, translated by Mohsen Zanjbar, Publishing House, Tehran.
- Ebrahimi, .M (2015), Strategic Planning for Tourism Development in Bamyan, Tehran University, Faculty of Geography.
- Hossein pour .M, Movahhed. A, Rashidi Ebrahim hesari. A*, Shamaie. A (2014) Assessment and Feasibility of Tourism Development in the Kanibarazan Wetland of Mahabad, Iran, Journal of Civil Engineering and Urbanism, Volume 4, Issue 4: 415-422.
- Movahed, A, J. malekan (2015) the tourism development strategies QasranRudbar, city Shemiranat using technique Qspm, geography and environmental planning, Volume & Issue: Volume 25, Issue 4, and Winter Page 163-186
- Movahed, A, Kohzadi. S, Abedinzadeh. F, (2013), Strategies for ecotourism development in Kurdistan province using SWOT and QSPM model, Journal of Applied Geosciences Research, No. 32, Spring 93.
- Nazari, f (2009) Ecotourism and Its Role in Sustainable Development, Green Road, No. 54, p.2.
- Royan, Abdul Qadir (2012), Environmental Protection and Natural Resources, First Edition, Kabul, Publications: Nami.
- Zahedi, S al-Sadat, (2003), Challenges for Sustainable Development from the Ecotourism Perspective, Journal of Modares, Volume 7, and Issue 3.
- Zahedi,sadat .s(2006), Sustainable Principles Tourism and Ecotourism (with emphasis on the environment) publications Allameh Tabatabai University, Tehran.
- www.Bamian.tourism
- www.Bamian.tourism15
- www.mosaferan.ir

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 550.312

СОЗДАНИЕ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ НЕФТЕНОСНЫХ СТРУКТУР ПО ГРАВИТАЦИОННЫМ АНОМАЛИЯМ

*Слепак З.М.**Институт геологии и нефтегазовых технологий ИГиНГТ
Казанского федерального университета*

CREATION OF PHYSICO-GEOLOGICAL MODELS OF PREDICTED OIL-BEARING STRUCTURES BASED ON GRAVITATIONAL ANOMALIES

*Slepak Z.M.**Institute of Geology and Oil and Gas Technologies IGAOGT
of Kazan Federal University*

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются результаты геологической интерпретации гравитационных аномалий при прогнозировании нефтеносных структур и других объектов нефтяной геологии.

ABSTRACT

The results of the geological interpretation of gravitational anomalies in forecasting oil-bearing structures and other objects of petroleum geology are considered.

Ключевые слова: гравиразведка, нефтеносная структура, нефтяная геология

Keywords: gravity prospecting, oil structure, petroleum geology

Введение

Решение задач гравиразведки, выполняется автором на количественном уровне по разработанному в ИГиНГТ технологиям и оценкой их достоверности по априорным данным. Это позволяет повышать достоверность выявления нефтеносных структур в отличие от применяемых других методов интерпретации, основанных на трансформированных (математически обработанных) полях, содержащих большие погрешности. Некоторые примеры результатов выявления высокоточной гравиразведкой прогнозируемых нефтеносных структур в Урало-Поволжье и других регионах, приведены в вариантах 2D и 3D.

1. Метод гравитационного моделирования (МГМ) для решения задач нефтяной геологии

Разработанный автором метод геолого-геофизического моделирования (ГГМ) основан на результатах изучения плотностных особенностей земной коры и решении прямых задач. Он нацелен на прогнозирование потенциально нефтеносных структур и изучение блокового строения кристаллического фундамента, которое в статье не рассматривается. Метод ГГМ заключается в решении обратной линейной задачи гравиразведки [1-4] и, исключая применение используемых на практике трансформаций поля, позволяет непосредственно по аномалиям Буге одновременно с подбором полей создавать модели геологических сред и оценивать их геологическую достоверность. Нацеленность метода на установленном закономерном разуплотнении пород на участках нефтеносных структур и создает возможности для их успешного выявления. Основываясь на

выработанных модельных представлениях об объектах прогнозирования и установленных закономерных особенностях изменчивости плотностей в их пределах, автором рассматривается горизонтально-слоистая двухслойная модель земной коры, состоящая из осадочного комплекса и кристаллического фундамента с изменяющейся в латеральном направлении плотностью. Такая модель сравнительно просто отображается двухслойной математической моделью. Верхний слой модели аппроксимирует латеральную изменчивость плотностей в осадочном комплексе, нижний – в подстилающем его кристаллическом фундаменте.

Применение метода ГГМ позволяет извлекать достаточно надёжные сведения об изменчивости плотностей, достоверность которых может быть проконтролирована по лабораторным измерениям и данным ГИС. Создаются геометрическая и математическая модели нефтеносных структур. Глубина поверхности зоны латеральной изменчивости плотностей на участках структур H_1 определяется с требуемой точностью по данным бурения или других геофизических методов. Согласно теоретическим расчётам определение нижней кромки зоны H_2 может определяться достаточно приближенно [1- 6, 8, 9].

Поскольку решается обратная линейная задача задаётся геометрия структуры в осадочном комплексе, которая аппроксимируется набором одинаковых по размерам прямоугольных призм с равномерно распределённой в них плотностью. При определении латеральной изменчивости плотностей на участках нефтеносных структур в осадочном комплексе нижний слой задаётся

призмами более крупного размера для учёта гравитационного влияния масс «вмещающих» пород, позволяющих исключать фоновую составляющую поля.

В процессе решения обратных задач методом ГГМ осуществляется подбор теоретического поля, соответствующего измеренным аномалиям Буге с любой заданной точностью. Это имеет большое значение, поскольку в измеренное поле часто на практике вносятся большие погрешности путем ошибочного введения различных поправок [1-6, 8,9].

2. Примеры прогнозирования нефтеносных структур и результаты оценки их физико-геологической достоверности

Метод геолого-геофизического моделирования (МГГ) успешно применён на многих локальных поднятиях Урало – Поволжья и некоторых регионах с иными особенностями геологического строения. Он показал высокую геологическую достоверность получаемых решений. Ниже приводятся некоторые примеры геологической интерпретации изученных и

прогнозируемых структур по данным высокоточных гравиметрических измерений в вариантах 2Д и 3Д.

Арланская структура (Республика Башкирия) расположена в пределах Арланско-Дюртюлинской зоны валоподобных поднятий северо-западного простирания, приуроченной к краевой части Башкирского девонского палеосвода, а по поверхности кристаллического фундамента - к юго-западному борту Камско-Бельского авлакогена. Кристаллический фундамент здесь находится на глубине более двух километров и перекрывается мощной толщей рифей-вендских отложений. По пермским и каменноугольным отложениям структура представляет собой пологое поднятие второго порядка платформенного типа.

Результаты решения обратной задачи методом ГГМ вдоль профиля, пересекающего структуру в крест простирания, представлены физико-геологической интерпретационной моделью геологического разреза (рис.1).

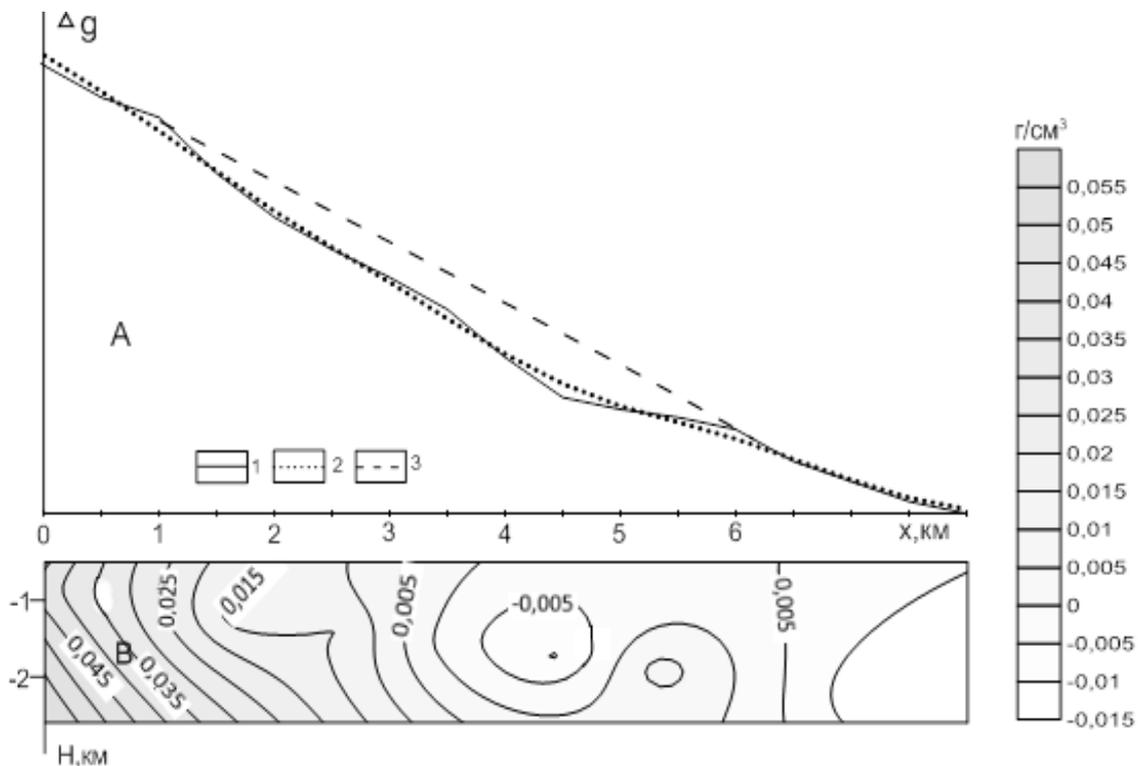


Рис. 1. Физико-геологическая интерпретационная модель Арланской структуры по профилю 1. А - аномальное гравитационное поле; В - плотностная модель разреза; 1-наблюдаемое поле; 2-теоретическое поле; 3-фоновая составляющая локального минимума.

Как видно, над структурой прослеживается достаточно протяженный пологий локальный минимум. Плотностной модели участку минимума соответствует уменьшение плотностей пород на 0.02 г/см^3 , а в начале профиля на западном склоне структуры наблюдается их возрастание, строения структуры второго порядка, приуроченной по поверхности кристаллического фундамента к юго-западному борту Камско-Бельского авлакогена и недоучетом влияния фоновой составляющей поля.

Ямашинская структура (Республика Татарстан) относится к локальным поднятиям второго порядка и располагается на западном склоне Южно-Татарского свода.

На участке структуры проведены профильно-площадные высокоточные гравиметрические измерения и проведены решения обратной задачи в вариантах 2Д и 3Д (рис. 2 и 3).

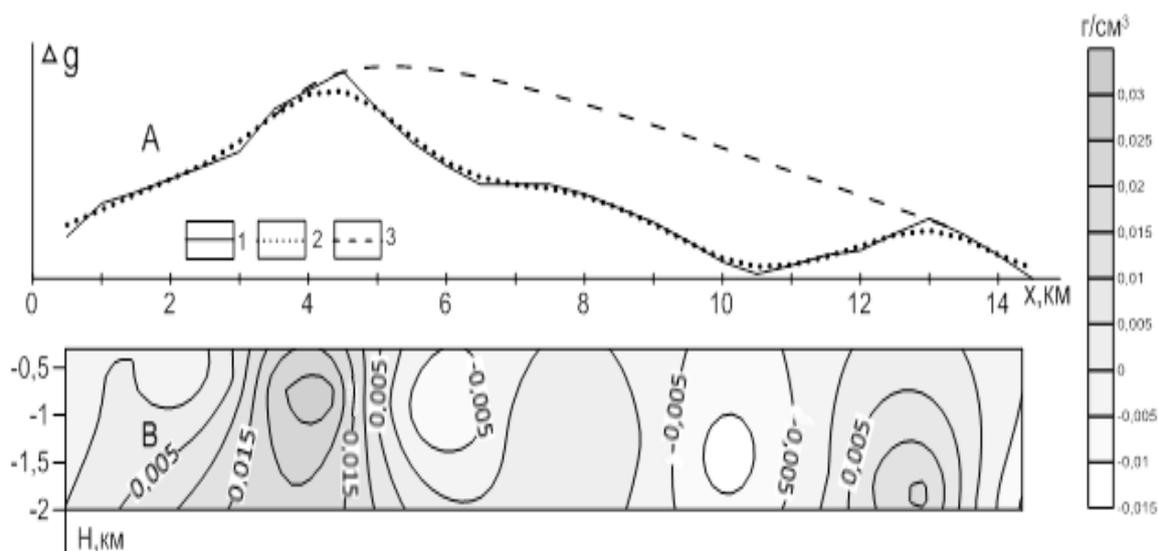


Рис. 2. Физико-геологическая интерпретационная модель Ямашинской структуры по профилю 3. А - аномальное гравитационное поле; В - плотностная модель разреза; 1-наблюденное поле; 2-теоритическое (рассчитанное) поле; 3-фоновая составляющая локального минимум. 3Д модели участка структуры (рис.3):

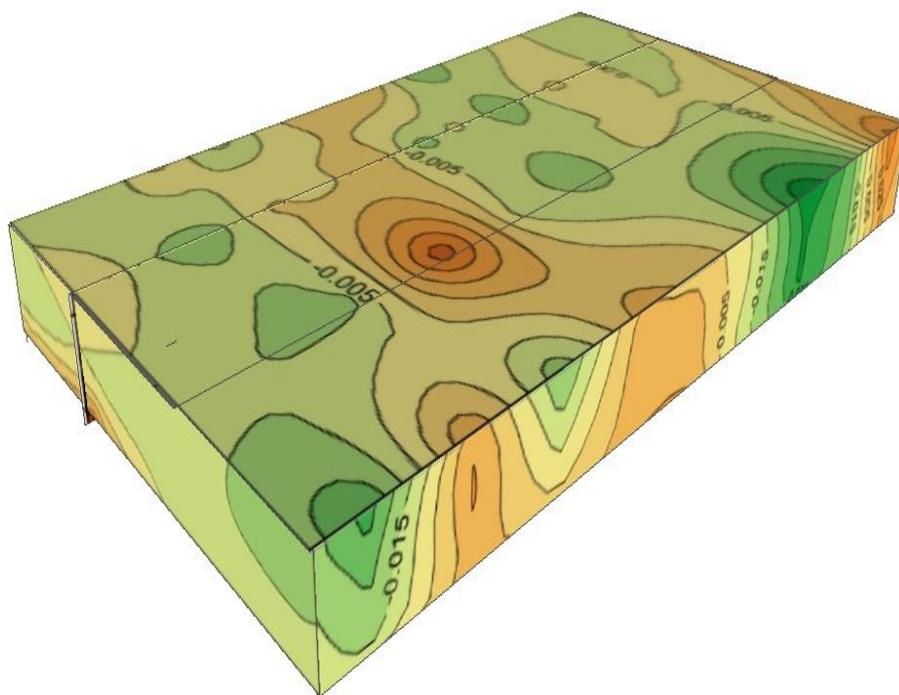


Рис. 3. Плотностная 3Д модель осадочного комплекса на участке Ямашинской нефтеносной структуры (изолинии плотностей в г/см3).

В пределах модели выделяются дополнительные детали латеральной изменчивости плотностей: просматриваются участки разуплотнения пород, соответствующие в плане локальным поднятиям более высокого порядка.

Латеральная изменчивость плотностей, отраженная на модели, подтверждается данными ГИС

Актанышская структура (Республика Татарстан), прогнозируемая по одной скважине № 22, также может служить примером создания 2Д и 3Д моделей по 2Д моделям методом ГГМ. По

пермскому структурному плану ее месторасположение предполагалось в пределах валоподобной зоны поднятий северо-западного простирания, выделенной на востоке Актаныш-Чишминского прогиба. По поверхности кристаллического фундамента она приурочена к северо-восточному склону Южно – Татарского свода, перекрытому отложениями юго-западного борта Камско-Бельского авлакогена.

Структура выявлена автором по результатам профильно-площадных высокоточных гравиметрических измерений. Вдоль четырёх

профилей были выделены локальные минимумы гравитационного поля интенсивностью около 1 мГала, подобные минимумам, наблюдаемым на нефтеносных структурах, характеризующихся разуплотнением плотностей в их сводовых частях, часто прослеживаемые по всему геологическому разрезу. Структура была оконтурена при последующем бурении. [1-5, 9].

Таким образом, приведенные примеры решения обратных задач свидетельствуют о практическом совпадении измеренных полей с подобранными и высокой геологической достоверности создаваемых плотностных моделей методом ГГМ.

Список литературы

1. Слепак З.М. Гравиразведка. Новые технологии прогнозирования нефтяных месторождений. Казань. Изд-во Казанского университета. 2015 г. 168 с.
2. Слепак З.М. Гравиразведка – новые возможности изучения геологического строения и прогнозирования нефтяных месторождений для повышения эффективности бурения. «Бурение и нефть». 2019, № 2, С. 3 - 9.
3. Слепак З.М. Гравиразведка при прогнозировании нефтяных месторождений. Казань. Изд-во Казанского университета. 2019. 204 с.
4. Слепак З.М. Планета Земля, Структура и энергетика планеты, Нефтяная геология, Геофизика, Экология, Зеленые технологии: Электронное издание Казанского федерального университета. 2022. 177 с.
5. Старостенко В.И. Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии. Киев: Наукова думка, 1978, 228 с.
6. Хаин В.Е. Общая геотектоника. - М.: Недра, 1973, 511 с.
7. Z.M. Slepak New Opportunities of High-Resolution Gravimetry for the Studies of Subsurface Geology and Prediction of Oil Fields. -14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference on Science and Technologies in Geology Exploration and Mining. Volume1. Bulgaria, 2014, pp. 743 – 750.
8. Z.M. Slepak New Opportunities of High-Resolution Gravimetry for the Studies of Subsurface Geology and Prediction of Oil Fields. -14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference on Science and Technologies in Geology Exploration and Mining. Volume1. Bulgaria, 2014, pp. 743 – 750.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 502.3

ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДАХ И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ ИХ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

*Зассеева Луиза Алановна
Олисаев Сергей Владимирович
ФГБОУ ВО Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный Технологический Университет)" г. Владикавказ*

TYPES OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN CITIES AND WAYS TO MINIMIZE THEIR NEGATIVE IMPACT ON THE ENVIRONMENT

*Zasseeva Luiza
Olisaev Sergey
FSBEO HE North-Caucasian institute of mining and metallurge
(State Technological University), Vladikavkaz*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах, а также виды загрязнения атмосферного воздуха и пути минимизации их негативного воздействия.

ABSTRACT

The article deals with the problem of air pollution in cities, as well as types of air pollution and ways to minimize their negative impact.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязнение атмосферы, природоохранные мероприятия, выбросы вредных веществ.

Keywords: atmospheric air, atmospheric pollution, environmental protection measures, emissions of harmful substances.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах является очень многогранной. Она затрагивает и проблему заболеваемости населения, и проблему негативного влияния на флору и фауну, и в общем проблему ухудшения экологической ситуации в городах.

Данная проблема является одной из важных в городах. Это связано с тем, что усиливающееся загрязнение воздуха негативно сказывается не только на животных и растениях, но и на человеке.

Источники загрязнения атмосферы могут быть естественными и искусственными.

Естественными источниками загрязнения атмосферы служат извержения вулканов, лесные пожары, пыльные бури, процессы выветривания, разложение органических веществ.

К искусственным (антропогенным) источникам загрязнения атмосферы относятся промышленные и теплоэнергетические предприятия, транспорт, системы отопления жилищ, сельское хозяйство, бытовые отходы.

Естественные источники загрязнения атмосферы представляют собой такие грозные явления природы, как извержения вулканов и пыльные бури. Обычно они имеют катастрофический характер. При извержении вулканов в атмосферу выбрасывается огромное количество газов, паров воды, твердых частиц, пепла и пыли. После прекращения извержения общий баланс газов в атмосфере постепенно восстанавливается.

При извержении вулканов происходит тепловое загрязнение атмосферы, так как в воздух выбрасываются сильно нагретые вещества. Температура их, в том числе паров и газов, такова, что они сжигают все на своем пути.

Существенно загрязняют атмосферу крупные лесные пожары. Чаще всего они возникают в засушливые годы. В России наиболее опасны пожары в Сибири, на Дальнем Востоке, на Урале, в Республике Коми.

Пыльные бури возникают в связи с переносом сильным ветром поднятых с земной поверхности частиц почвы. Сильные ветры – смерчи и ураганы – поднимают в воздух и крупные обломки пород, но долго в воздухе они не держатся. При сильных пыльных бурях в атмосферный воздух поднимается до 50 млн. т пыли. Причинами пыльных бурь являются засуха, суховеи, провоцируют их интенсивная распашка, выпас скота, уничтожение лесов и кустарников. Наиболее часто возникают пыльные бури в степных, полупустынных и пустынных районах.

Катастрофические явления, связанные с извержением вулканов, лесными пожарами и пыльными бурями, приводят к возникновению светозащитного экрана вокруг Земли, который несколько изменяет тепловой баланс планеты. В целом эти явления имеют заметный, но локальный эффект в отношении загрязнения атмосферы. Совсем незначительный, местного характера носит загрязнение атмосферного воздуха, связанное с

выветриванием и разложением органических веществ.

Искусственные источники загрязнения наиболее опасны для атмосферы. Они способствуют поступлению в атмосферный воздух инородных, не свойственных естественным условиям газов и веществ. По агрегатному состоянию все загрязняющие вещества антропогенного происхождения подразделяются на твердые, жидкие и газообразные, причем последние составляют около 90% от общей массы выбрасываемых в атмосферу искусственных загрязняющих веществ.

Длительное время в качестве основных загрязнителей атмосферы в крупных городах рассматривали промышленные предприятия, которые являлись источниками поступления в окружающую среду сернистого газа, окислов азота, сажи, пыли и ряда других веществ. Автомобильному транспорту как источнику загрязнения не уделялось должного внимания, хотя известно, что выхлопные газы автомобилей содержат около 200 вредных компонентов. В среднем, один автомобиль за год выбрасывает около 200 кг окиси углерода, 60 кг окислов азота, 40 кг углеводородов, 3 кг металлической и резиновой пыли. Тем не менее, снижение выбросов, достигаемое за счет совершенствования автомобилей и установки на них различного вида очистных устройств, перекрывается увеличением числа автомашин.

В городах загрязнение воздуха в основном обуславливается наличием оксидов азота, углерода и серы, а также углеводородов за счет значительно возросшего количества автомобильного транспорта. Так, в г. Москве доля вредных веществ, выделяющихся с автомобильными выхлопами, составляет до 90% всего валового выброса в атмосферу.

Автомобильный транспорт загрязняет атмосферу отработанными газами, испарениями из бензобаков и карбюраторов. Все это приводит к дополнительному поступлению в атмосферу вредных веществ, которые при высоких температурах и поступлении солнечной радиации летом могут способствовать возникновению фотохимического смога.

Так, например, лондонский смог 1952 г. унес 4000 человеческих жизней. В Нью-Йорке от смога в том же году погибли 240 человек, в 1963 г. - 170 человек, в 1966 г. - 200 человек. В Японии в 1971 г. около 30 тыс. человек прошли курс лечения в связи с отравлением выхлопными газами.

Загрязнение воздуха на улицах и магистралях городов в связи с ростом автотранспорта представляет большую экологическую опасность, так как выброс газов происходит у поверхности земли (асфальта) и их рассеивание осуществляется намного слабее, чем выбросы предприятий через высокие трубы.

Недостаточное озеленение городских территорий, нерациональная застройка, развитие транспортной сети и другие факторы создают

повышенный шумовой фон города. Борьба с шумом в городах является острой гигиенической проблемой современности, вызванной усиливающимися темпами урбанизации.

Проблема борьбы с атмосферным загрязнением сложна и требует много сил и средств. Однако современный уровень научно-технического прогресса позволяет уменьшить образование опасных веществ и разработать меры, предупреждающие загрязнение ими.

Основными мерами борьбы с загрязнением атмосферы являются:

- грамотное применение экономических санкций, которые предусматривают кратное повышение выплат при превышении предельно допустимых выбросов или несанкционированных выбросах;
- строгий контроль выбросов вредных веществ с использованием государственных и общественных экспертиз;
- обоснованное регулярное финансирование природоохранных мероприятий.

Кроме общих мероприятий существуют и специфические, проводимые в зависимости от вида источника загрязнения.

1. Энергетическая промышленность. Важнейшими способами снижения выбросов являются энергосбережение всеми предприятиями, перевод ТЭЦ на газ, повышение роли безотходных источников энергии (ветровые ЭС, солнечные, приливные и т. п.). Особую роль для предприятий энергетики играет очистка выбросов как от взвешенных твердых частиц, так и от газообразных веществ разного класса опасности.

2. Промышленные предприятия. Основные мероприятия направлены на снижение всех видов отходов за счет совершенствования технологий, замену токсичных исходных продуктов не токсичными, переход на замкнутые технологические циклы, повышение степени очистки выбросов. Немаловажным мероприятием является оптимальное размещение предприятия и соблюдение норм санитарно-защитных зон.

3. Автотранспорт. Один из основных путей снижения вредного воздействия состоит в отказе от использования этилированного бензина, что исключит выбросы соединений свинца и снизит долю непредельных углеводородов. Это возможно при переводе автомобилей на газ или неэтилированный бензин (токсичность выбросов при этом снижается почти в 20 раз). Дальнейшие мероприятия связаны с углублением полноты сгорания бензина посредством автоматического управления процессом и разработки специальных систем и регулировок, что положительно отразится и на расходе бензина. Перспективным кажется решение вопроса по замене карбюраторных двигателей дизельными, дающими менее токсичные выбросы, и перевод общественного транспорта на электрическую тягу.

Значительную роль в работе по снижению количества вредных выбросов промышленно-энергетическими комплексами и автотранспортом

играют архитектурно-планировочные мероприятия. Они предполагают специальные развязки и объезды, улучшение качества дорог, сокращение участков ненужного торможения. Эти мероприятия позволят увеличить среднюю скорость движения транспорта с 20 до 60 км/ч, а общее количество выбросов при этом снизится в среднем в 2 раза. Для снижения уровня загазованности практикуется вынос дорог с интенсивным (транзитным) движением за пределы жилых и рекреационных зон, а также высадка зеленых насаждений вдоль автодорог.

Литература

1. Как улучшить экологическую ситуацию в мегаполисе? // Экологический вестник России. – 2007. - №10. – С. 37-39.

2. Сотникова М. В. Анализ и прогнозирование выбросов загрязняющих веществ от автотранспортного комплекса / М. В. Сотникова, В. С. Демьянова, Р. А. Дечрыкин, А. Ш. Конеева // экология и промышленность России. – июль, 2008. – С. 29

3. Родионов А. И. Охрана окружающей среды: процессы и аппараты защиты атмосферы: учебник / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. — 5-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 218 с

4. Сазонов Э. В. Экология городской среды: учеб. пособие / Э. В. Сазонов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 275 с

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Пчелкин В.В., Владимиров С.О., Кузина О.М.

*Институт мелиорации,
водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова,
РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.*

DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2022.2.85.664

АННОТАЦИЯ

Контекст. В основе расчета режима орошения сельскохозяйственных культур, используется суммарное водопотребление. Анализ известных методов расчета водопотребления кормовых культур, в рассматриваемых условиях показал, что ни один метод не дает результатов необходимой точности. На основании этого были выполнены научные исследования по водопотреблению кормовых культур. Цель. Целью данной статьи является разработка формулы расчета водопотребления кормовых культур и получение соответствующих коэффициентов. Методы. Научные исследования проводились в лизиметрах, на опытных делянках и в лаборатории в 2010...2017 гг. При этом, применялось физическое моделирование, метод водного баланса, теория перетока грунтовых вод и математической статистики. Ключевые результаты. В результате была разработана формула и получены коэффициенты для определения суммарного водопотребления кормовых культур на дерново-подзолистых почвах водоразделов Нечерноземной зоны России. Выводы. Основным выводом является то, что была получена формула для расчета суммарного водопотребления кормовых культур в рассматриваемых условиях, и новые ранее неизвестные научные знания. Определены биологические коэффициенты для овсяно - виковой смеси, многолетних трав, люцерны, красного клевера и коэффициенты, учитывающие снижение влажности почвы от оптимальных значений для данных культур. Последствия. Проектным фирмам при разработке проектов систем орошения и фермерам при эксплуатации данных систем, рекомендуется использовать полученную формулу с соответствующими коэффициентами для расчета суммарного водопотребления кормовых культур.

Ключевые слова: вода, суммарное водопотребление, дерново-подзолистая почва, овсяно - виковые смеси, многолетние травы, люцерна, красный клевер.

1. Введение

Территория южно-таежной подзоны Нечерноземной зоны России занимает площадь 2,45 млн кв. км. Эта подзона делится на две провинции: Прибалтийскую и Среднерусскую. Земельные ресурсы Среднерусской провинции, где проводились научные исследования, включают в себя 9 млн га пашни, которая на 85% расположена на дерново-подзолистых почвах, причем 30% этих почв сформировались на водораздельных площадях.

Получение максимальной продуктивности сельскохозяйственных культур зависит от поддержания в период вегетации оптимального водно-воздушного режима почв, который достигается с помощью современных оросительных систем. В процессе разработки и эксплуатации данных систем возникает задача расчета режима орошения сельскохозяйственных культур. При этом основной расходной статьёй режима орошения является суммарное водопотребление или суммарное испарение растений.

Суммарное водопотребление – это сумма физического испарения и транспирации растений. На испарение с поверхности почвы оказывают влияние только внешние факторы и влажность почвы, а на транспирацию воздействуют как внешние, так и внутренние факторы растений. При оптимальной влажности почвы, а также развитой корневой системе кормовых культур в период

смыкания листьев – это потенциальное суммарное водопотребление растений.

В России были разработаны различные методы определения суммарного водопотребления растений, следующими учеными: Алпатьев А.М., Остапчик В.П. (1971) [1], Будыко М.И. (1956) [3], Данильченко Н.В. (1978) [4], Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Чечко Р.А., (2017) [5], Константинов А.Р. (1968) [6], Костяков А.Н. (1960) [7], Ольгаренко И.В., Эфендиев М.С. (2016) [8], Сафин Х.М., Лукманова А.Д., Зотова Н.А. (2016) [11], Харченко С.И. (1975). [7], и др.

За рубежом вопросами расчета суммарного водопотребления растений занимались: Aboamera M.A., Aly S.M.; Aha Y.M. 2000 [13], Badr A.E.; Bakeer G.A.; El-Tantawy M.T. 2006[14], Eid H.M.; Ainer N.G.; Metwally M.A. (1987) [15], FAO (1985) [16], Klatt F.1967 [17], A.S.Ovchinnikov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov, V.S. Bocharnikov, S.D. Fomin, O.V. Bocharnikova, E.S. Vorontsova [18], Steven R. Evett, Kenneth C. Stone, Robert C. Schwartz, Susan A. O'Shaughnessy, Paul D. Colaizzi, Scott K. [19] Zin El-Abidin T.K.2006 [20] и др.

Однако результаты расчетов и сравнительный анализ показали, что ни одна из известных методик определения водопотребления овсяно - виковых смесей, многолетних трав, люцерны, красного клевера в условиях проведения исследований, не дала результатов необходимой точности [9]. В этой связи возникает задача разработать формулу для расчета водопотребления овсяно - виковых смесей,

многолетних трав, люцерны, красного клевера, а также уточнить коэффициенты, входящие в формулу, для условий проведения научных исследований.

По результатам исследований была получена формула для расчета водопотребления кормовых культур для рассматриваемых условий. Установлены эмпирические коэффициенты для данного уравнения, зависящие от природно-климатической зоны и почв. Определены биологические коэффициенты для овсяно-виковых смесей, многолетних трав, люцерны, красного клевера и коэффициенты, учитывающие отклонение влажности почвы от оптимальных значений для данных культур.

Целью данных исследований является разработка формулы для расчета водопотребления кормовых культур на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий центральной части Нечерноземной зоны России.

2. Материалы и методы

Земельные ресурсы Среднерусской провинции, расположенной в южно-таежной подзоне Нечерноземной зоны России, где проводились научные исследования, включают в себя 9 млн га пашни, которая на 85% расположена на дерново-подзолистых почвах, причем 30% этих почв сформировались на водораздельных площадях.

2.1 Климат и почвы

Климат Среднерусской провинция характеризуется как умеренно-континентальный с относительно мягкой зимой и теплым сравнительно влажным летом. Сумма биологически активных температур воздуха колеблется от 1600 до 2200°C, а продолжительность периода вегетации — 110-140 дней. Количество атмосферных осадков, выпадающих за год, составляет 550 – 650 мм. Летом бывают засушливые периоды без дождей, продолжительность которых составляет от 4 – 6 до 10 – 30 суток, что вызывает дефицит влаги в почве. На опытном участке средняя температура воздуха за период май – сентябрь составила в 2010 г – 20,2°C, 2011 г – 18,2°C, 2012 г – 16,8°C, 2013 г – 17,8°C, 2014 г – 17,3°C, 2015 – 16,0°C, 2016 – 22,1°C, 2017 – 19,3°C, а атмосферные осадки соответственно по годам составили 103, 195, 239, 189, 183, 252, 213, 179 мм.

По температуре воздуха за май – сентябрь 2010, 2016 гг оказался жаркими, 2011, 2013, 2014, 2017 гг – теплыми, 2012, 2015 гг – средними. По количеству выпавших осадков 2010 г был острозасушливым, 2011, 2013, 2014, 2016, 2017 гг – засушливыми, 2012, 2015 гг – средними.

В среднерусской провинции преобладают дерново-подзолистые почвы разной степени

оподзоленности и мощности дернового слоя. Почвенная карта центральной части Нечерноземной зоны России представлена на рис. 1.

Данные литературных источников показывают, что дерново-подзолистые почвы содержат 0,8-2% гумуса, кислотность pH 4,0-5,5, насыщенность основаниями — до 80%, бедны азотом, фосфором, кальцием. Биологическая активность неокультуренных дерново-подзолистых почв низкая. Значительные площади естественных кормовых угодий и пашни в северо-западном и северо-восточном районах засорены камнями. Почвы Нечерноземной зоны по гранулометрическому составу представлены суглинками, супесями и песчаными почвами.

Проведенные научные исследования по водно-физическим и агрохимическим свойствам почв показывают следующие результаты. Изменение плотности естественного сложения почвы по площади и глубине составляет 1,37...1,80 г/см³. Плотность пахотного горизонта почвы меньше, а нижних горизонтов выше. Плотность твердой фазы почвы колеблется по глубине в диапазоне от 2,40 до 2,70 г/см³. Изменение пористости почвы составляет 0,43...0,35 в долях от объема (см³/см³). Значения полной влагоёмкости (ПВ) колеблются от 0,40 до 0,31 в долях от объема. Изменения предельной полевой влагоёмкости (ППВ) составляют 0,37...0,25 в долях от объема (см³/см³). Максимальная гигроскопичность мало меняется по профилю, и изменяется от 0,055 до 0,04 в долях от объема. Водопроницаемость почвы опытного участка низкая; коэффициент фильтрации (К_ф) в верхнем пахотном горизонте составляет 0,23 м/сут, а в более глубоком иллювиальном горизонте (80 см) - 0,42 м/сут.

Изменение содержание гумуса составляет от 1,08 до 3,69 % и в среднем по опытному участку - 2,34 %. Кислотность почвы по pH_{кол} составила 6,6–7,7. Содержание нитратного азота (NO₃) составило 19,9–25,3 мг/кг, аммонийного (NH₄) - 6,43–13,18 мг/кг, фосфора (P₂O₅) - 6,43–13,18 мг/кг, калия (K₂O) 55,49–78,62 мг/кг.

2.2 Характеристика условий проведения полевых исследований

Исследования проводились на стационарной экспериментальной базе, расположенной на водораздельной территории с дерново-подзолистыми почвами в центре Нечерноземной зоны Российской Федерации Московской области Сергиево-Посадского района. Географические координаты экспериментальной базы 56°34' северной широты, 38°09' восточной долготы. Схема экспериментальной базы проведения полевых опытов показано на рис. 2.

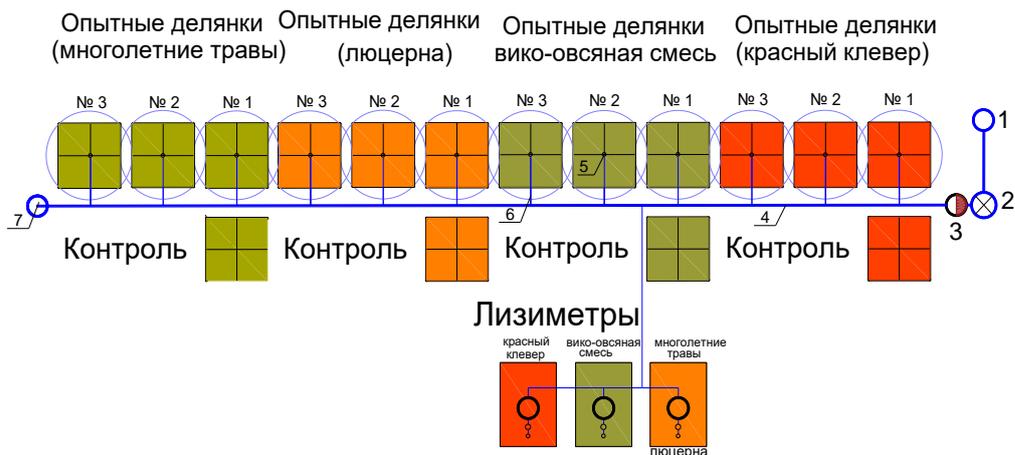


Рис. 2. Схема экспериментальной базы проведения полевых опытов
 1- колодец на поселковой водопроводной сети; 2- накопительный бак 3 м³;
 3- насосная станция (колодезного типа); 4- напорный распределительный водопровод;
 5- гидранты; 6- поливной трубопровод; 7- сбросной колодец

Экспериментальные исследования по режиму орошения овсяно - вико-овсяных смесей, многолетних трав, люцерны и красного клевера были проведены в 2010-2017 гг. на опытном участке РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в Московской области Сергиево-Посадском районе вблизи дер. Селково. Делянки, на которых проводились опыты, были размером 80 м² каждая в трехкратной повторности. Варианты: 1 – диапазон влажности почвы был принят (0,6-0,7) ПВ (ПВ - полная влагоемкость); 2 – тоже в диапазоне (0,7-0,8) ПВ; 3 – тоже в диапазоне (0,8-0,9) ПВ; 4 (контроль) – без орошения.

Участок научных исследований расположен на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве на покровном суглинке. Ежегодно в период вегетации кормовых культур вносились следующие дозы удобрений - N₁₂₀P₈₀K₁₂₀.

Полив дождеванием осуществлялся с помощью системы Rain Bird при использовании распылителей с выдвижной частью (модель 1812), расход распылителя – 0,84 м³/ч, радиус полива – 4,5 м. Замеры влажности почвы проводили до глубины 0,5 м, послойно через 10 см. Для этого использовали электрический влагомер TRIME – FM с трубчатым датчиком – ТЗ. Влагомер тарировали термостатно-весовым методом. По программе Microsoft Office Excel 2007 выполняли математические и статистические расчеты. Для определения суммарного водопотребления исследуемых культур использовались круглые металлические лизиметры с поддоном и трубами инфильтрации и компенсации.

Высота цилиндров лизиметров без поддонов принята 1,8 метра, а площадь поперечного сечения равной двум квадратным метрам. Лизиметры были установлены с монолитами почвы без нарушения ее структуры. Агрохимические и водно-физические

показатели определялись в специализированной лаборатории.

Влажность почвы в лизиметрах регулировалась в пределах от 0,7 до 0,8 полной влагоемкости. Фиксирование грунтовых вод на глубине 1,7 м, при оптимальной влажности почвы, исключило возможность подпитывания зоны аэрации со стороны грунтовых вод [9, 10].

2.3. Расчет водопотребления

Суммарное водопотребление овсяно - вико-овсяных смесей, многолетних трав, люцерны и красного клевера получали с помощью круглых металлических лизиметров с поддоном и трубами компенсации и инфильтрации. Лизиметры имеют следующие параметры: высота без поддона – 1,8 м, площадь поперечного сечения – 2 м². Уравнение водного баланса зоны аэрации лизиметров и расчетного слоя делянок имеет следующий вид (в мм):

$$\Delta W = Oc + m \pm q - E, (1)$$

где $\Delta W = W_k - W_n$ – конечные и начальные влагозапасы почвы; Oc – осадки; m – поливная норма; $\pm q$ – водообмен корнеобитаемого слоя почвы с ниже расположенными слоями; $-q$ – инфильтрация влаги в почву; $+q$ – подпитывание зоны аэрации со стороны грунтовых вод; E – суммарное водопотребление исследуемых культур.

Все элементы водного баланса лизиметров, кроме водопотребления измерялись, а водопотребление овсяно - вико-овсяных смесей, многолетних трав, люцерны и клевера красного определялось как невязка уравнения.

Расчет потенциального суммарного водопотребления кормовых культур осуществлялся с помощью зависимости (2), методика получения

которой была предложена Пчелкиным В.В. (2003) [9].

$$E_{\Pi} = a \sum_{i=1}^{nd} d_{si}^b \quad (2)$$

где E_{Π} – потенциальное водопотребление исследуемых культур, мм/дек;

$\sum d_{si}$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха в i декаду периода вегетации, мб/дек;

nd – количество декад за период вегетации овсяно - виковых смесей, многолетних трав, люцерны и клевера красного;

a, b – эмпирические коэффициенты, зависящие от климатической зоны, типа почвы и культуры.

3. Результаты и их обсуждение

Важным элементом при расчете режима орошения является водопотребление, для расчета которого известен целый ряд формул как в России, так и за рубежом. Возможность использовать ту или иную формулу водопотребления кормовых культур связана с необходимостью иметь биоклиматические и другие коэффициенты, входящие в формулы. Однако данные коэффициенты были получены в конкретных природно-климатических зонах, для конкретных культур, почв и перенос их в другие условия ставит задачу по их корректировке и уточнению. Необходимо отметить, что биологические коэффициенты за декадные периоды для овсяно - виковых смесей, многолетних трав, люцерны и клевера красного на дерново-подзолистых почвах водоразделов Нечерноземной зоны России отсутствуют. Существующие методы расчета

водопотребления не в полной мере или совсем не учитывают уровень увлажненности почвы, которая существенно влияет на величину суммарного водопотребления растений.

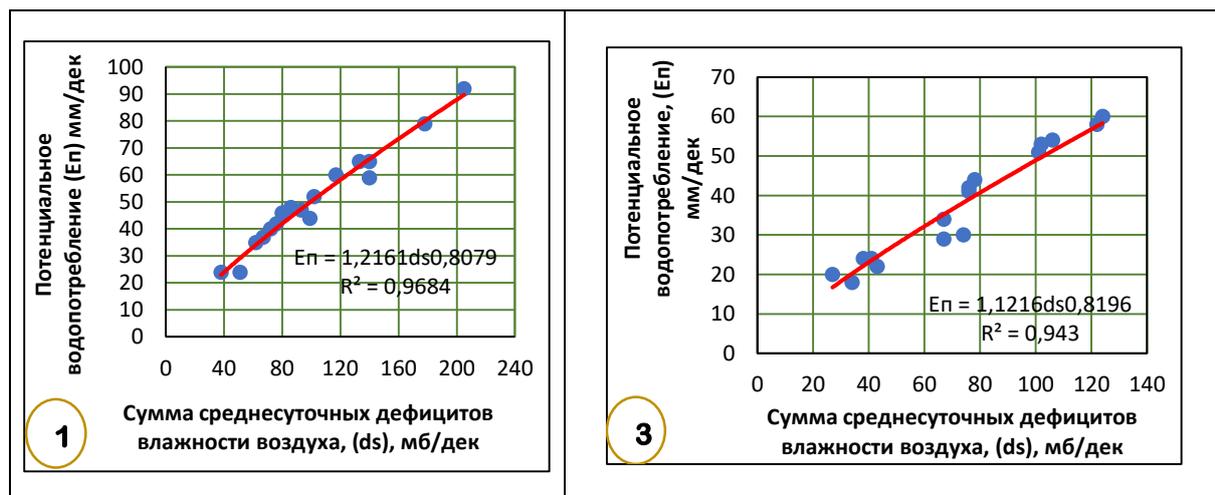
3.1 Получение эмпирических коэффициентов для кормовых культур в формуле (2)

В связи с тем, что анализ известных формул расчета водопотребления кормовых культур для условий проведения исследований показал, что ни одна из них не дала результатов необходимой точности [9]. Поэтому возникла задача получить эмпирическую формулу по расчету водопотребления кормовых культур на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Нечерноземной зоны РФ.

Используя данные потенциального суммарного водопотребления овсяно - виковых смесей, многолетних трав, люцерны и клевера красного и дефицита влажности воздуха за декадные периоды, были составлены статистические ряды из 15 пар для каждой культуры и получены уравнения регрессии. При этом использовали степенную функцию.

Результаты связи потенциального суммарного водопотребления кормовых культур, с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха за 2010-2017 гг. представлены на рис. 4.

Коэффициент корреляции этой связи для овсяно - виковых смесей, равен $0,984 \pm 0,046$, многолетних трав - $0,971 \pm 0,064$, люцерны - $0,947 \pm 0,089$, клевера красного - $0,942 \pm 0,093$, а коэффициент детерминации соответственно 0,97, 0,94, 0,90, 0,89. Это означает, что в 97, 89, 94, 90 % случаев колебания потенциального суммарного водопотребления овсяно - виковых смесей, клевера красного, многолетних трав, люцерны в рассматриваемых условиях обусловлены колебаниями дефицита влажности воздуха.



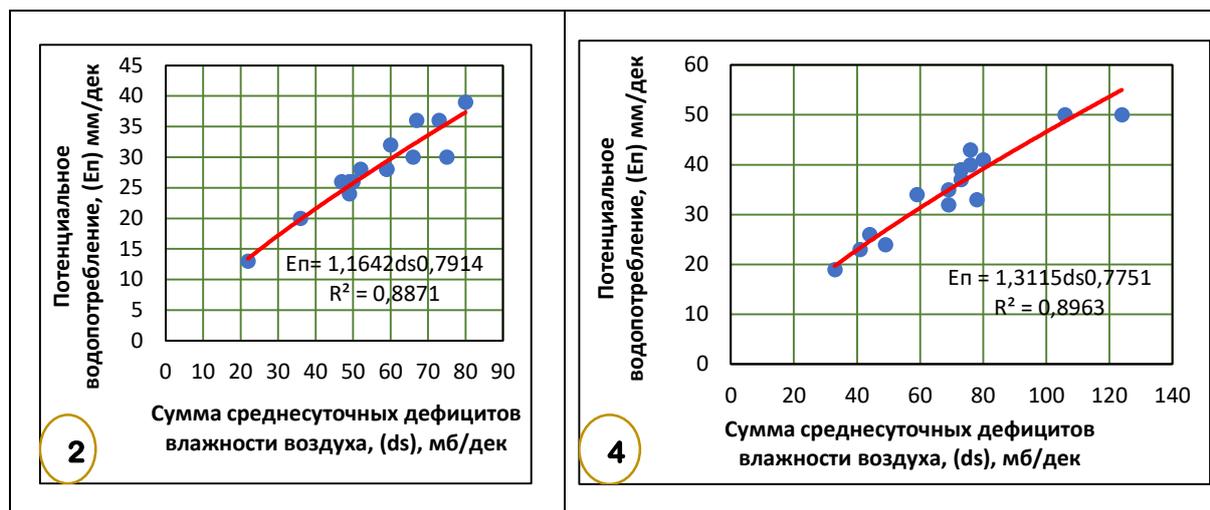


Рис. 4. Связь потенциального водопотребления кормовых культур (E_n) с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха (Σds_i)

1 - овсяно - вико́вые смеси; 2 – красный клевер; 3 – многолетние травы; 4 – люцерна

Связь потенциального водопотребления кормовых культур с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха определялась за период вегетации:

овсяно - ви́ковых смесях 2010-2012 гг; многолетних трав 2012-2014 гг; люцерны, красного клевера 2015-2017 гг.

Необходимо учитывать то, что в статистические ряды были включены декадные значения суммарного водопотребления кормовых культур в периоды с хорошо развитой корневой системой и листовым аппаратом. Учитывая этот факт, в расчеты были включены:

по овсяно - ви́ковым смесям, данные со второй декады июня по 3 декаду июля, а исключались величины водопотребления 3 декады мая и 1-е декады июня и августа 2010 г. В 2011 г. в статистические ряды включались данные со второй декады июня по 2 декаду августа, а исключались величины водопотребления 3 декады мая и 1-е декады июня и 3 декады августа;

по клеверу красному данные с первой декады июня по вторую декаду июля в 2013 году, и с первой декады июня по третью декаду июля в 2014 году. Соответственно исключались величины водопотребления второй и третьей декады мая, третьей декады июля и первой декады августа в 2013 году и второй-третьей декады мая и первой декады августа в 2014 г.

по многолетним травам три декады июня в 2012 году. Это связано с посевом многолетних трав 28 мая 2012 г., первой декады августа в 2013 – 2014 гг. исключали третью декаду мая и вторую декаду июня, а включали первую и третью декады июня и три декады августа;

по люцерне в 2015 г. включали две последних декады июня, а также первую и третью декады июля. В 2016 – 2017 гг. в статистические ряды включали последнюю декаду мая, первую и третью декады июня и две первых декады июля.

Значения эмпирических коэффициентов a и b представлены в таблица 1.

Таблица 1

Эмпирические коэффициенты a и b

	Сельскохозяйственная культура			
	овсяно - ви́ковых смесей	многолетние травы	люцерны	красный клевер
a	1,21	1,12	1,31	1,16
b	0,81	0,82	0,78	0,79

3.2 Определение биологических коэффициентов для кормовых культур в формуле (8)

При расчете водопотребления необходимо учитывать биологические особенности исследуемых культур. С этой целью в формулу (2) необходимо включить биологические коэффициенты, которые определялись по формуле (3).

$$k_b = \frac{E_{\phi}}{E_n}, \quad (3)$$

где E_{ϕ} – водопотребление кормовых культур, определенное по водному балансу лизиметров, мм/дек.;

E_n – потенциальное суммарное водопотребление кормовых культур, рассчитанное по формуле (2), мм/дек.

Для аппроксимации экспериментальных значений биологических коэффициентов ви́ково-овсяной смеси, клевера красного были составлены статические ряды с 1 по 9 декады периода вегетации соответственно для 2010 – 2012 и 2015–2017 гг, многолетних трав с 1 по 10 и люцерны с 1 по 7 декады периода вегетации соответственно для 2013– 2014 и 2016–2017 гг. Определялись

зависимости между номером декады и биологическими коэффициентами. Таким образом, были получены уравнения регрессии для: овсяно - виковых смесей, (4), клевера красного (5), многолетних трав (6), люцерны (7).

$$k_b = 0,0013n^3 - 0,0277n^2 + 0,1901n + 0,5859 \quad (4)$$

$$k_b = -0,012n^2 + 0,1635n + 0,4579 \quad (5)$$

$$k_b = -0,0006n^4 + 0,0156n^3 - 0,1506n^2 + 0,6246n + 0,075 \quad (6)$$

$$k_b = -0,0156n^2 + 0,1915n + 0,4207 \quad (7)$$

где k_b – биологический коэффициент кормовых культур;

n – номер декады периода вегетации.

Результаты расчетов биологических коэффициентов кормовых культур по уравнениям (4), (5), (6), (7), сведены в табл. 2. При введении в формулу (2) значений биологических коэффициентов кормовых культур формула для расчета суммарного водопотребления приобретает следующий вид (мм):

Таблица 2

Биологические коэффициенты кормовых культур по декадам

Сельскохозяйст-венная культура	Номер декады									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
овсяно - виковые смеси	0,73	0,84	0,93	1,00	0,85 1	1	0,99	1	0,85 0,98	-
Красный клевер	0,62	0,74	0,84	0,91	0,85 0,98	1	1,01	1,00	0,83 0,98	-
многолетние травы	0,60	0,80	0,95	1	0,85 1	1	1	1	0,85 1	0,96
люцерна	0,61	0,73	0,83	0,85 0,93	0,97	1	0,85 1	-	-	-

$$E_p = k_b a \sum_{i=1}^{nd} d_{si}^b \quad (8)$$

Определение коэффициентов в формуле (9), учитывающих отклонение влажности почвы от оптимальных значений

Помимо биологических особенностей, суммарное водопотребление растений так же зависит и от влажности корнеобитаемого слоя

почвы. С целью учета влажности почвы в формулу (8) следует ввести соответствующий коэффициент (k_w).

Анализ результатов исследований показывает, что с увеличением влажности почвы увеличивается водопотребление кормовых культур до 0,72 ПВ. Дальнейшее увеличение влажности почвы практически не оказывает влияние на их суммарное водопотребление кормовых культур. Значения коэффициентов, учитывающих снижение влажности почвы даны в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты, учитывающие снижение влажности почвы

Влажность почвы	Кормовая культура			
	овсяно - виковые смеси	Многолетние травы	Люцерна	Красный клевер
0,7-0,9 ПВ	1,0	1,0	1,0	1,0
0,69 ПВ	0,94	0,94	0,93	0,92
0,65 ПВ	0,83	0,83	0,88	0,87
0,60 ПВ	0,63	0,67	0,80	0,82
0,55	0,39	0,45	0,72	0,77

В итоге, эмпирическая формула для расчета водопотребления кормовых культур будет имеет следующий вид:

$$E_p = k_w k_b a \sum_{i=1}^{nd} d_{si}^b \quad (9)$$

На рис. 7 представлен график сходимости фактического водопотребления кормовых культур, с расчетным по формуле (9). Коэффициенты корреляции для различных культур равны: овсяно - виковых смесей $0,954 \pm 0,0642$, красного клевера $0,958 \pm 0,0593$, многолетних трав $0,988 \pm 0,0335$, люцерны $0,953 \pm 0,0752$, что говорит о тесной связи между рассматриваемыми признаками.

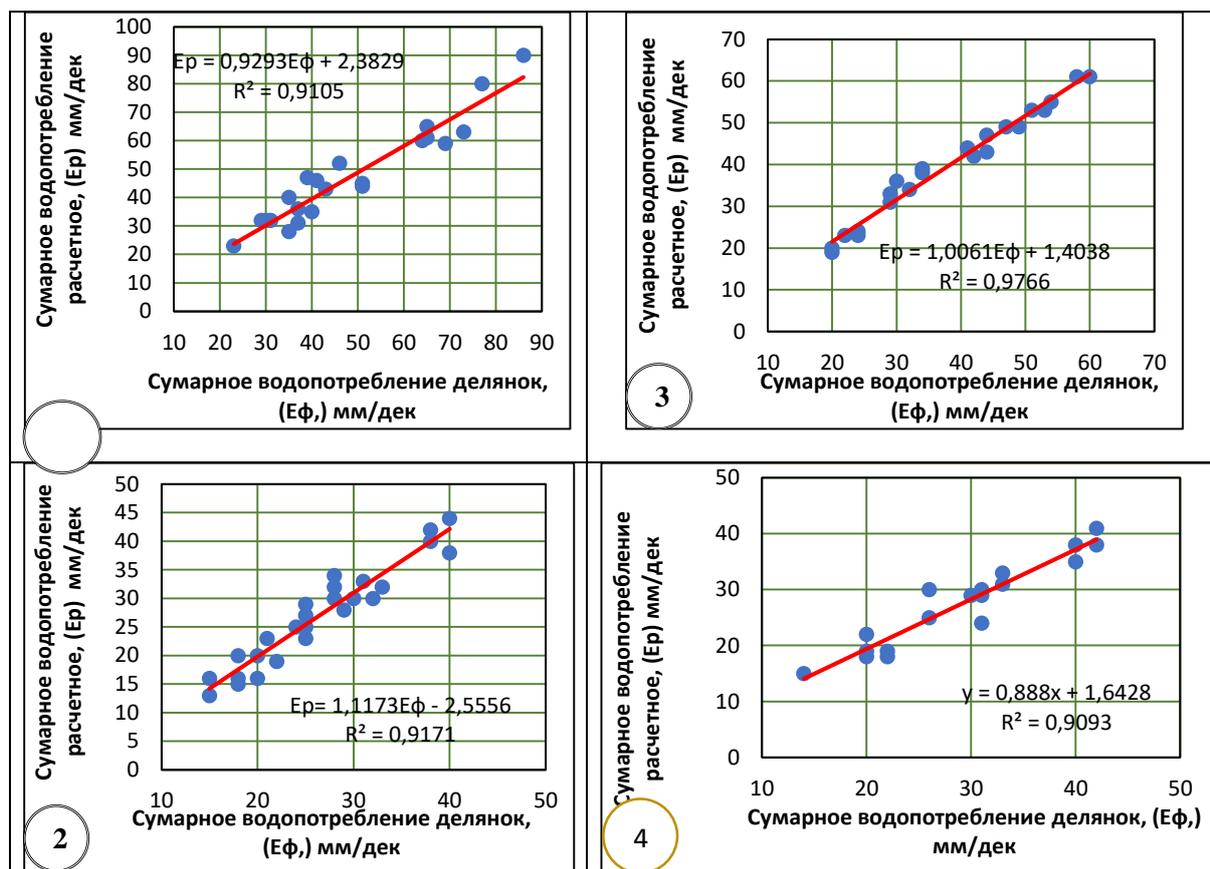


Рис. 7. Сходимость фактического водопотребления кормовых культур (E_f - данные делянок) с расчетным (E_p) по формуле (9).

1 – вико-овсяная смесь; 2 – клевер красный; 3 – многолетние травы; 4 - люцерна

Таким образом, результаты таблиц 1, 2, 3, а также тесная корреляционная связь, представленная на рисунках 1, 2, 3, 4 между рассматриваемыми признаками, позволяют рекомендовать эмпирическую формулу (9) для расчета суммарного водопотребления кормовых культур при определении их режима орошения.

Выводы:

С целью создания стабильной кормовой базы для эффективного ведения животноводства в центральной части Нечерноземной зоны России необходима мелиорация орошаемых земель. Способ полива-дождевание. Проведенное научное исследование уникально потому, что на дерново-подзолистых почвах водоразделов центральной части Нечерноземной зоны России при выращивании овсяно - виковых смесей, многолетних трав, люцерны, красного клевера разработана формула для расчета суммарного водопотребления исследуемых культур, при этом получены цифровые данные по эмпирическим, биологическим коэффициентам и коэффициентам, учитывающим снижение влажности почвы ниже оптимальных значений. Эмпирические коэффициенты следует применять в зависимости от вида сельскохозяйственных культур: овсяно - виковых смесей $a-1,21$, $b-0,81$; многолетних трав $a-1,12$, $b-0,82$; люцерны $a-1,31$, $b-0,78$; красного клевера $a-1,16$, $b-0,79$. Биологические коэффициенты должны быть дифференцированы в зависимости от периода вегетации кормовых

культур. В случае снижения влажности почвы ниже оптимальных пределов необходимо применять коэффициенты, учитывающие уровень снижения влажности почвы и вид сельскохозяйственной культуры. Результаты расчетов по эмпирической формуле должны быть сопоставлены с данными полевых экспериментов.

В результате проведенного исследования научное сообщество получило формулу расчета суммарного водопотребления кормовых культур на дерново-подзолистых почвах водоразделов центральной части Нечерноземной зоны России и новые ранее неизвестные научные знания.

Проектным фирмам рекомендуется использовать формулу для расчета суммарного водопотребления исследуемых культур, эмпирические, биологические коэффициенты и коэффициенты, учитывающие снижение влажности почвы. Фермерам рекомендуется использовать результаты научных исследований при эксплуатации оросительных систем.

Политикам следует ориентировать сельскохозяйственное производство на внедрение подобных научных разработок и экономически их стимулировать.

Законодатели должны принимать законы, позволяющие ускоренно внедрять научные разработки в области мелиорации орошаемых земель в сельскохозяйственное производство.

В будущем планируется расширить научные исследования с другими сельскохозяйственными культурами и иными способами полива.

Список литературы

1. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений // Л.: Гидрометеиздат, 1954. – С.22-130.
2. Алпатьев А.М., Остапчик В.П. К обоснованию формирования поливных норм с использованием биоклиматического метода расчета суммарного испарения // Мелиорация и водное хозяйство. – 1971. – Вып.19. – С.13–17.
3. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности // Л.: Гидрометеиздат, 1956. – с.256.
4. Данильченко Н.В. Методические особенности расчета оросительных норм с.-х. культур в НЧЗ РСФСР. – В кн.: Техника и технология механизированного орошения. – М., 1982. – с.177...186.
5. Дубенок, Н.Н. Малоинтенсивное дождевание картофеля в Нижнем Поволжье.: монография / В.В. Бородычев, Р.А. Чечко; Н.Н. Дубенок. – Москва : Проспект, 2017. – 176 с. ISBN 978-5-392-24871-1.
6. Константинов А.Р. Испарение в природе. Гидрометеиздат, - Л., 1968. – с.307...319.
7. Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960, - с.62...66, 54...62.
8. Ольгаренко И.В. Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур в условиях дефицита водных ресурсов / И.В. Ольгаренко, М.С. Эфендиев // В сборнике: Мелиорация и водное хозяйство. - материалы научно-практической конференции. Издательство: ООО "Лик" (Новочеркасск). - 2016. С. 50-53.
9. Пчелкин В.В. Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных земель. – М.: КолосС, 2003. – 253 с.
10. Разработка природоохранных мероприятий при регулировании водного режима на осушаемых пойменных землях // В.В. Пчелкин, Ф.М. Зимин. Е.С. Кожанов и др./ Научный отчет НИС МГМИ. - № Гос. регистр. 0186.011740. – М. 1990. – 331 с.
11. Сафин Х.М. Оптимизация режима орошения люцерны на сено в почвенно-климатических условиях Башкортостана / Х.М. Сафин, А.Д. Лукманова, Н.А. Зотова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. -2016.-№1.- С. 3-7. - URL: <https://gucont.ru/efd/391422> (дата обращения: 28.07.2021).
12. Харченко С.И. Управление водным режимом на мелиорируемых землях в Нечерноземной зоне. М., Гидрометеиздат, 1987. – с. 206...208.
13. Aboamera M.A.; Aly S.M.; Aha Y.M. (2000). Water relation of pepper grown in polymer treated sandy soil under drip irrigation system. *Misr J. Ag. Eng.*, 17(1): 125-147.
14. Badr A.E.; Bakeer G.A.; El-Tantawy M.T. and A. H. Awwad. (2006). Sprinkler and trickle irrigation affected by climatic conditions in upper Egypt. *Misr J. Ag. Eng.*, 23(2): 346-361.
15. Eid H.M.; Ainer N.G.; Metwally M.A. (1987). Estimation of irrigation and temoerature needs for the new pods in Egypt Conf. of Agri. Sci. On food Deficiency Overcoming Through Autonomous Efforts in Egypt Mannsoura Univ. Pp. 907-914.
16. FAO. (1985). Introductionto Irrigation. Irrigation Water Management. Training Manual No. 1 .1985.
17. Klatt F. Die Steuerung den Beregnung nach dem Beregnungsdiagramm. -Z. Landeskultur, H.2, 1967, s.89–98.
18. Optimum control model of soil water regime under irrigation [Tekst]/ A.S.Ovchinnikov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov, V.S. Bocharnikov, S.D. Fomin, O.V. Bocharnikova, E.S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. – № 24 (5). 2018. – P. 909-913.
19. Steven R. Evett, Kenneth C. Stone, Robert C. Schwartz, Susan A. O’Shaughnessy, Paul D. Colaizzi, Scott K. //Anderson & David J. Anderson Resolving discrepancies between laboratory-determined field capacity values and field water content observations: implications for irrigation management / *Irrigation Science* volume 37, pages751-759(2019) Cite this article.
20. Zin El-Abedin T.K. (2006). Improving moisture distribution pattern of subsurface drip irrigation in sandy soil by using synthetic soil conditioner. *Misr J. Ag. Eng.*, 23(2): 374-399.

Авторы:

Пчелкин Виктор Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорации сельскохозяйственных земель, лесоводства и землеустройства» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет» – МСХА им. К.А. Тимирязева: Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. т. 8-916-976-6793

Владимиров Станислав Олегович – старший преподаватель кафедры «Мелиорации сельскохозяйственных земель, лесоводства и землеустройства» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет» – МСХА им. К.А. Тимирязева: Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. т. 8-926-339-0713

Кузина Оксана Михайловна – старший преподаватель кафедры «Мелиорации сельскохозяйственных земель, лесоводства и землеустройства» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет» – МСХА им. К.А. Тимирязева: Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. т. 8-915-396-2607

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 622.272

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕДЯНЫХ ЗАКЛАДОЧНЫХ МАССИВОВ В РОССЫПНЫХ ШАХТАХ КРИОЛИТОЗОНЫ

*Хохолов Ю.А. Киселев, В.В.**Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН,
ФГБУН ФИЦ "Якутский научный центр СО РАН",
Россия, 677980, г. Якутск, пр-т Ленина, д. 43*

EVALUATION OF THE RATE OF FORMATION OF ICE STOCKING MASSIFS IN PLACER MINES OF THE CRYOLITHOZONE

*Yu.A. Khokholov, V.V. Kiselev**Institute of Mining of the North. N.V. Chersky SB RAS,
FSBSI FRC "Yakut Scientific Center SB RAS",
Russia, 677980, Yakutsk, Lenin Ave., 43
DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2022.2.85.665*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен вопрос формирования ледяных закладочных массивов в выработанном пространстве россыпных шахт криолитозоны. Выполнено математическое моделирование процессов формирования ледяного массива послойным намораживанием. Показано, что для заданной толщины единичного наливаемого слоя существует оптимальное время замораживания, при котором суммарное время формирования закладочного массива минимально. С использованием разработанной математической модели рассчитаны продолжительности сооружения ледяного массива в зависимости от времени начала его формирования, толщины наливаемого слоя и расхода холодного воздуха. Подчеркивается, что обеспечение высокой скорости возведения ледового закладочного массива в россыпной шахте Севера может быть достигнуто увеличением количества нагнетаемого в зимнее время холодного воздуха с поверхности, а так же уменьшением толщины намораживаемых единичных слоев.

ABSTRACT

The issue of formation of ice filling massifs in the worked-out space of alluvial mines in the permafrost zone is considered. Mathematical modeling of the processes of ice mass formation by layer-by-layer freezing has been performed. It is shown that for a given thickness of a single poured layer, there is an optimal freezing time, at which the total time of formation of the filling mass is minimal. Using the developed mathematical model, the duration of the construction of the ice mass was calculated depending on the time of the beginning of its formation, the thickness of the poured layer and the flow of cold air. It is emphasized that ensuring a high rate of construction of the ice backfilling massif in the alluvial mine of the North can be achieved by increasing the amount of cold air injected from the surface in winter, as well as by reducing the thickness of the frozen single layers.

Ключевые слова: Ледяной закладочный массив, россыпная шахта, криолитозона, температура, математическое моделирование, время замораживания.

Key words: Ice filling massif, placer mine, cryolithozone, temperature, mathematical modeling, freezing time.

Введение

Подземная разработка месторождений полезных ископаемых системами с закладкой выработанного пространства позволяет существенно снизить потери и разубоживание ценных руд. На рудниках криолитозоны, в основном, применяют твердеющую закладку на цементной основе для создания искусственных целиков и закладочных массивов. Однако широкое применение данной технологии на горных предприятиях криолитозоны сдерживается дороговизной строительства закладочных комплексов, дефицитом вяжущих материалов, сложностью транспортной схемы их доставки, а также низкой скоростью твердения цементного закладочного массива при отрицательных температурах [1-3]. В то же время, отрицательный

температурный режим мерзлотных горизонтов рудников Севера позволяет формировать в зимний период ледяную или льдопородную закладку, замораживаемую с использованием естественного холода. Данный способ отличается низкими расходами по сравнению с традиционными технологиями закладки выработанного пространства [4-10]. Все это в первую очередь требует разработки методики расчета динамики наращивания толщины ледяного массива с учетом основных параметров.

Цель исследования

Целью является проведение оценки скорости возведения ледяных закладочных массивов на примере опытно-промышленной шахты «Восточная» россыпной шахты (ОПШ) АК «АЛРОСА», разрабатывающей алмазосодержащую

россыпь. Месторождение расположено в зоне сплошного распространения «вялых» многолетнемерзлых пород. По данным замеров в термометрических скважинах температура горных пород на глубинах залегания продуктивного пласта варьировала от -1°С до -1.5°С, т.е. породы имеют относительно высокую температуру, что значительно осложняет горнотехнические условия отработки месторождения.

Принята центрально-отнесенная схема вскрытия месторождения с расположением вскрывающих стволов в центральной части по линии простирания шахтного поля за зоной сдвижения горных пород. Данная схема характеризуется тем, что вскрывающие выработки располагают по линии установленного оптимального створа их заложения. С точки зрения минимизации транспортных затрат и расходов на вентиляцию очистных камер наиболее рациональным расположением наклонных стволов является середина длины простирания шахтного поля. При данной схеме вскрытия свежий воздух

поступает в шахту по одной из вскрывающих выработок, разветвляется на крылья шахты, омывает подготовительные и очистные забои; отработанный воздух движется к центру шахтного поля и выдвигается на поверхность по второй вскрывающей выработке.

Учитывая размеры шахтного поля ($\approx 800 \times 100$ м) и схему вскрытия, предусмотрено деление его на два крыла - северное и южное - с ведением добычных работ обратным ходом по направлению к центральным вскрывающим выработкам. Размеры крыльев по простиранию составляют $\approx 350-400$ м, по ширине - $\approx 80-100$ м. Подготовка шахтного поля осуществляется путем оконтуривания границ ОПШ главным вентиляционным, транспортным и фланговыми (северным и южным) штреками.

Для отработки месторождения принята камерно-лавная система, принципиальная схема подготовки шахтного поля приведена на рис. 1. В качестве крепи очистного пространства ОПШ (камер) решено использовать ледяную закладку.

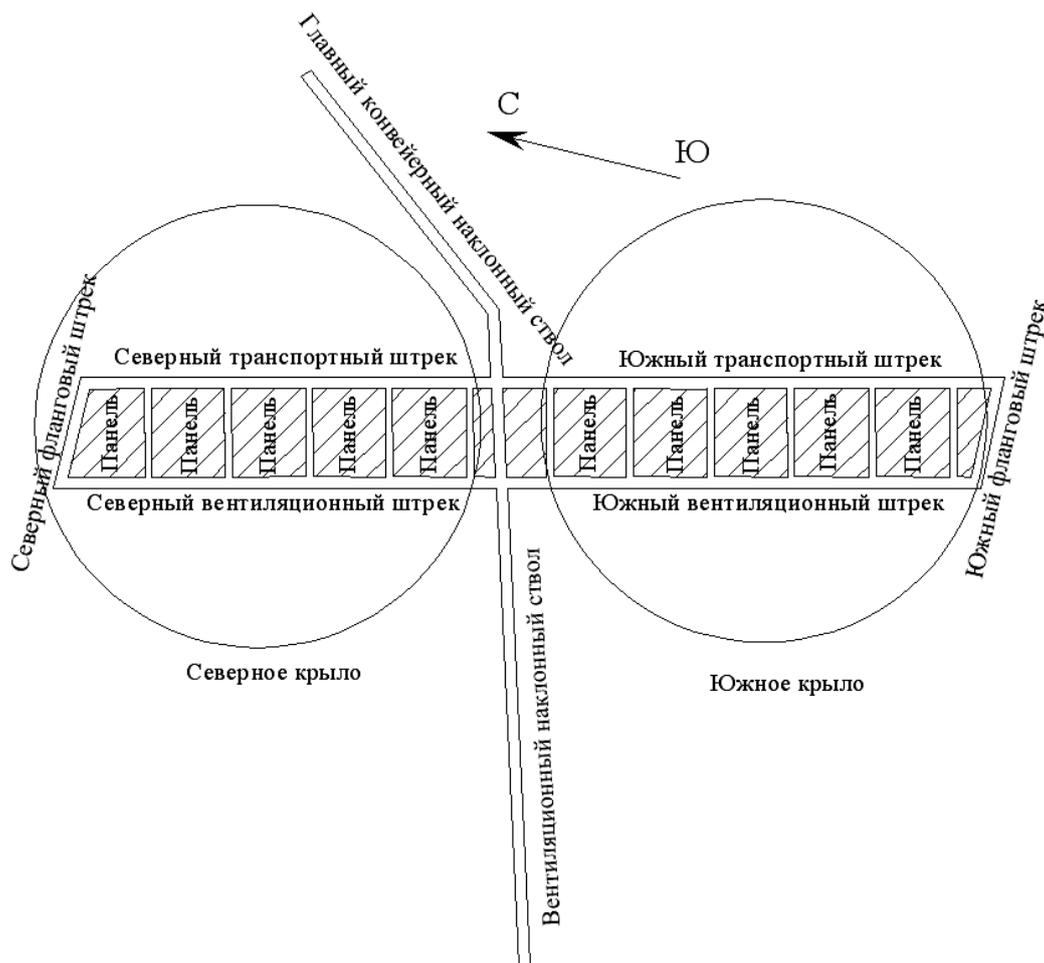


Рис. 1. Принципиальная схема подготовки шахтного поля ОПШ «Восточная».

Для ускорения возведения ледяных закладочных массивов может быть рекомендовано их послойное намораживание в выработанном пространстве россыпной шахты с принудительным обдувом низкотемпературным атмосферным воздухом [8-10]. При этом толщина

намораживаемого ледового массива напрямую зависит от температуры и скорости наружного воздуха нагнетаемого в отработанную камеру. С позиций практики, необходимо установить зависимости динамики наращивания мощности ледяного массива от толщины наливаемого

единичного слоя, времени начала формирования массива, расхода подаваемого холодного воздуха.

Материал и методы исследования

Оптимизация формирования ледяной закладки состоит в минимизации времени послойного замораживания воды и является нестационарной, нелинейной и многопараметрической задачей. На продолжительность намораживания влияют множество факторов, которые необходимо учитывать в их взаимодействии. Это - объем и начальная температура замораживаемой воды, температура рудничного воздуха и скорость его движения, температура горного массива, температура дробленых пород, их количество и

грансостав, требуемая конечная температура закладочного массива. Только при оптимальном соотношении всех этих параметров возможно возвести монолитный искусственный целик (или массив) с необходимыми прочностными свойствами за заданный период времени [10].

Для определения температурного поля ледяного закладочного и породного массивов использована разработанная двухмерная математическая модель теплообмена шахтного воздуха с возводимой ледяной закладкой и окружающим массивом горных пород [9-11]. Рассматривается сечение по длине очистной камеры. Расчетная схема приведена на рис. 2.

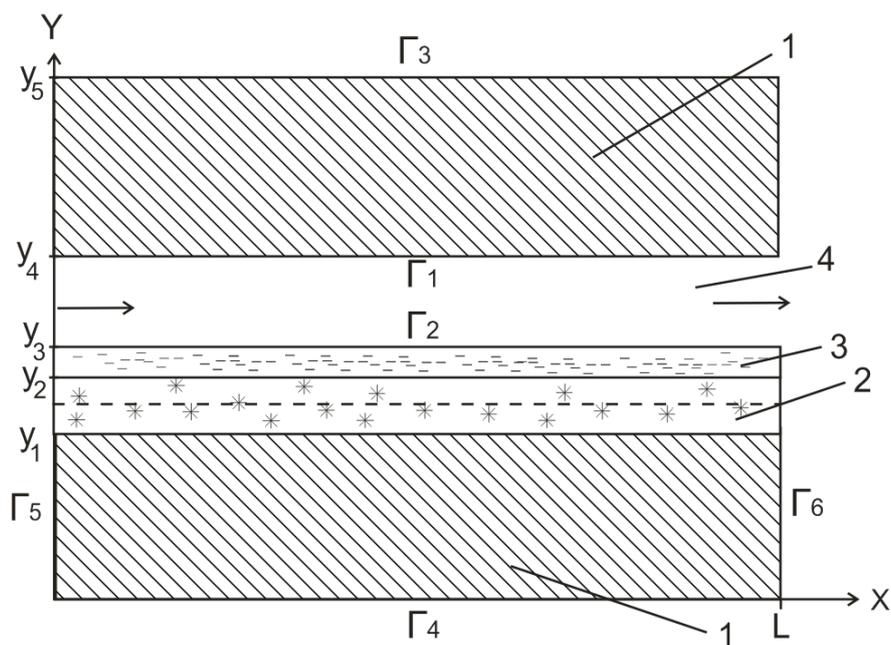


Рис.2. Схема формирования ледяного закладочного массива в отработанной камере ОПШ:
1 - массив горных пород; 2 – намороженный закладочный массив (лед), 3 - слой замораживаемой воды,
4 - выработанное пространство.

Время замораживания единичного слоя задается. Последний слой замерзает за счет аккумулированного холода породами кровли горной выработки и нижних слоях закладочного массива. Время счета останавливается после заливки последнего слоя при достижении температуры закладки заданного значения $-1,5^{\circ}\text{C}$, которая соответствует естественной температуре окружающих пород.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки скорости возведения ледяного закладочного массива проведены расчеты по разработанной методике при следующих исходных данных: высота камеры 1/4 м, длина камеры

соответствует ширине панели и равна 81 м, ширина камеры 14 м, удельная теплоемкость пород $900 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, влажность 5 %, плотность скелета $2500 \text{ кг}/\text{м}^3$, коэффициент теплопроводности мерзлых пород $2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$; талых — $1,8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$; естественная температура пород $-1/5^{\circ}\text{C}$, начальная температура подаваемой воды $+1^{\circ}\text{C}$.

На рис. 3 приведены результаты расчета продолжительности сооружения ледяного массива с 1 декабря при начальной температуре слоя, равной $+1^{\circ}\text{C}$. Из графиков видно, что для заданной толщины слоя существует оптимальное время замораживания, при котором суммарное время формирования закладочного массива минимально.

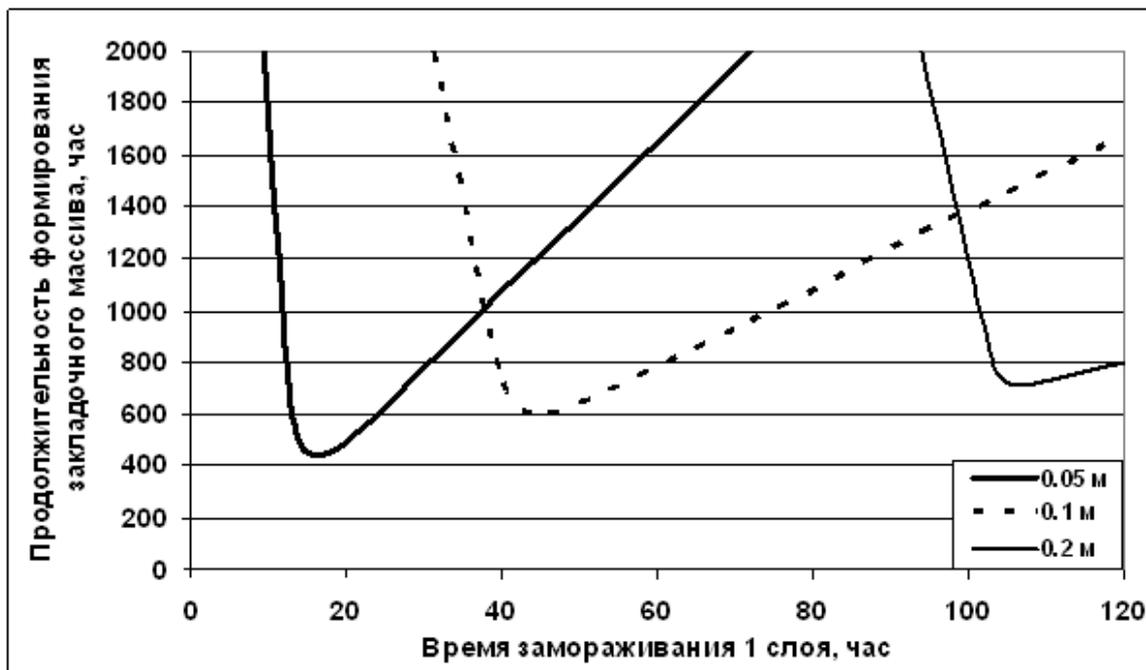


Рис. 3. Продолжительность формирования закладочного массива в зависимости от времени замораживания 1 слоя при различных толщинах единичного слоя.

Необходимо отметить, что даже небольшое отклонение времени замораживания в сторону уменьшения ведет к резкому увеличению общего времени формирования закладочного массива. Увеличение времени проморозки каждого слоя пропорционально увеличивает общее время формирования закладки. Поэтому на практике время замораживания должно выбираться с некоторым запасом, чтобы гарантировать полное промораживание закладочного массива за заданный промежуток времени.

Поскольку температура наружного воздуха является переменной по времени в дальнейших

расчетах принято, что очередной слой заливается после полного промерзания предыдущего по всей площади камеры до заданной температуры (-1,5°C). Были рассчитаны общие продолжительности формирования ледяного закладочного массива до температуры -1,5°C при различных значениях расхода подаваемого воздуха, толщины заливаемого слоя и времени начала возведения закладочного массива (таблица 1). Также определены средние значения времени замораживания единичного слоя.

Таблица 1

Продолжительность формирования ледяного закладочного массива до температуры -1.5°C (в числителе – общая продолжительность, в знаменателе – средняя продолжительность замораживания единичного слоя, час)

Начало возведения	Толщина слоя, м	Расход воздуха, м³/с					
		8	12	16	20	24	28
1 ноября	0,05	1060/38	765/27	602/22	514/18	435/16	387/14
	0,1	1384/99	1079/77	911/65	796/57	714/51	656/47
	0,2	1842/263	1608/230	1565/224	1573/225	1622/232	1686/241
1 декабря	0,05	736/26	394/14	278/10	203/7	152/5	122/4
	0,1	1083/77	790/56	636/45	539/39	464/33	412/29
	0,2	1451/207	1153/165	1008/144	916/131	861/123	837/120
1 января	0,05	526/19	292/10	193/7	129/5	99/4	73/3
	0,1	1016/73	703/50	545/39	448/32	384/27	334/24
	0,2	1475/211	1060/151	872/125	767/110	705/101	667/95
1 февраля	0,05	665/24	321/12	201/7	143/5	99/4	71/3
	0,1	1377/98	823/59	615/44	494/35	422/30	362/26
	0,2	-	1629/233	1210/173	1006/144	882/126	805/115

Анализируя данные таблицы можно сделать заключение, что в начале зимы необходимо заливать слой воды меньшей толщины (порядка 0.05 м) при расходе воздуха должен быть не менее 20 м³/с, а в середине зимы толщину слоя можно

увеличить до 0.1 м при расходе воздуха 12 м³/с. При таких параметрах возможно возвести ледяной массив в отработанной камере ОПШ примерно за 1 зимний месяц.

Таким образом, намораживание ледяного закладочного в отработанной подземной камере массива необходимо производить тонкими слоями при подаче относительно большого количества холодного воздуха под постоянным контролем за температурным состоянием возводимого ледяного закладочного массива. Немаловажным требованием при заливке воды тонкими слоями перед заморозкой является необходимость обеспечения равномерного растекания воды по всей площади камеры. Так как несоблюдение данного условия приведет к тому, что под водоподающими скважинами ледяной массив будет намерзать быстрее, что приведет к образованию пустот в отдаленных участках камеры, наличие которых может привести к обвалу горных пород кровли, что недопустимо по Единым правилам безопасности. Поэтому толщина единичного слоя, определяемая объемом заливаемой воды, должна быть оптимизирована применительно к конкретным условиям.

Выводы

Учитывая небольшой срок существования россыпной шахты (≈ 3 года) и длительность периода возведения ледяной закладки, рекомендуется в целях обеспечения безопасности и поточности вести очистные работы параллельно с закладочными.

В целях интенсификации производственных процессов вентиляция отработанных при ведении закладочных работ должно осуществляться через вентиляционные скважины пробуриваемые с поверхности.

Высокая скорость замораживания послойно возводимого ледяного закладочного массива в отработанной камере может быть достигнута увеличением количества нагнетаемого с поверхности атмосферного воздуха с низкой температурой, а так же уменьшением толщины намораживаемых единичных слоев.

Для обеспечения монолитности льдопородного массива и предупреждения образования в нем пустот и недостаточно промороженных участков в ледяном закладочном массиве снижающих компрессионные характеристики необходим контроль за его температурным состоянием во время возведения.

Расход холодного воздуха атмосферного воздуха необходимого для намораживания ледяного закладочного массива является определяющим фактором и исходным параметром при расчетах количества и диаметра вентиляционных скважин, производительности вентилятора, компоновки вентиляционных потоков и т.д.

Использование методики обеспечит возможность оптимизировать технологические

параметры послойного намораживания при закладке выработанного пространства льдом, позволит формировать закладочный массив в очистных выработках криолитозоны с необходимыми прочностными свойствами, что будет способствовать повышению безопасности ведения горных работ и ускорению сроков отработки месторождения.

Список литературы

увалов Ю.В. Регулирование теплового режима шахт и рудников Севера: Ресурсосберегающие системы. Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. 196 с.

онтянова А.Н. Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитозоне. М.: Изд-во «Горная книга», 2005. 597 с.

охолов Ю.А., Курилко А.С. Теплообмен породных и закладочных массивов при отработке кимберлитов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2004. №1. С.35-

еобутов Г. П., Гринев В. Г. Разработка рудных месторождений с использованием замораживаемой закладки в условиях многолетней мерзлоты. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1997. 104 с.

5. Емельянов В.И., Мамаев Ю.А., Кудлай Е.Д. Подземная разработка многолетнемерзлых россыпей М.: Недра, 1982. 240 с.

6. Шерстов В.А., Сигаев А.И., Кивелева Н.М., Хор Я.М. Совершенствование подземной разработки талых и мерзлых россыпей Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1989. 164 с.

7. Михайлов Ю.В., Михайлов Ю.В., Красников Ю.Д. Ценные руды: Технология и механизация подземной разработки месторождений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 256 с.

8. Никольский А.М., Ордин А.А., Курилко А.С., Клишин В.И., Кулаков В.Н. Бесцеликовая технология подземной разработки россыпных залежей Якутии. Новосибирск: Наука, 2014. 276 с.

9. Каймонов М.В., Хохолов Ю.А., Курилко А.С., Необутов Г.П. Методика расчета послойного намораживания пород при формировании льдопородного массива в горных выработках // Горный информ.-аналит. бюллетень. 2003. №9. С. 47-49.

10. Хохолов, Ю.А., Мамонов А.Ф., Зубков В.П. Оптимизация формирования льдопородного массива в горных выработках // Горный информ.-аналит. бюллетень. 2004. № 10. С. 103-106.

11. Васильев П.Н., Курилко А.С., Хохолов Ю.А., Шерстов В.А. Тепловой режим угольных шахт Якутии и способы его регулирования. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2009. 140 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 658.512 + 330.16 + 355.01

ГРНТИ 28.23.13 + 28.23.23 + 78.03.03

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА ЭВОЛЮЦИИ: ТОЧКА «ПРИМИТИВНОЕ СОЗНАНИЕ»

Денисов Александр Альбертович
Институт конструкторско-технологической информатики РАН
Денисова Елена Васильевна
Специальная информационная сеть «Лабиринт»

UNIVERSAL METROLOGICAL SCALE OF EVOLUTION: «PRIMITIVE CONSCIOUSNESS» POINT

Denisov Aleksandr Albertovich
Institute for Design-technological informatics RAS
Denisova Elena Vasilevna
«Special informational network «Labyrinth»
[DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2022.2.85.666](https://doi.org/10.31618/NAS.2413-5291.2022.2.85.666)

Работа выполнена в Институте конструкторско-технологической информатики РАН, 103055 г. Москва, Вадковский пер., д. 19, стр. 1-А на технологической, кадровой и информационной базе «Специальной информационной сети «Лабиринт», г. Москва.

Research is made in the Institute for Design-technological informatics RAS, 103055, Moscow, Vadkovskiy pereulok, 19, 1-A on the technical, personnel and informational base of "Special informational network "Labyrinth", Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена модель, определяющая условия эквивалентности состояний абстрактных сознаний, соответствующих точке 1 универсальной метрологической шкалы эволюции. Показано, что этот класс абстрактных сознаний является примитивным в том смысле, что любая форма его упрощения невозможна, так как в этом случае математические уравнения его модели становятся эквивалентными уравнениям смерти.

ANNOTATION

In the article it is considered the model that defines the terms of equivalence of the conditions of abstractive consciousnesses that are matched to the point 1 of universal metrological scale of evolution. Demonstrated that this class of abstract consciousnesses is a primitive one: any form of simplification for it is impossible as in this case the mathematic equations of its model become equivalent to the equations of death.

Резюме. Статья посвящена инженерно-физическому и математическому определению точки 1 «примитивное сознание» на универсальной метрологической шкале эволюции. Показано, что абстрактное сознание определяется как примитивное в том случае, когда любое уменьшение числа членов уравнения, описывающего этот класс сознаний, невозможно из-за математических ограничений, налагаемых на это уравнение уравнениями смерти. И все известные формы жизни на нашей планете относятся к классу примитивных абстрактных сознаний. Описан ряд следствий из условий эквивалентности состояний абстрактного сознания в точке 1 «примитивное сознание» шкалы эволюции. В том числе определяющих создание нового глобального конгломерата науки, разведки, политики, бизнеса и армии для достижения монополии власти в постиндустриальных технологических средах.

Summary. The article is dedicated to engineering and physical and mathematical definition of point 1 "primitive consciousness" at the universal metrological scale of evolution. Demonstrated that the abstractive consciousness is defined as a primitive one in a case when any decrease of quality of equation members that describing this class of consciousness is impossible due to mathematical limits come to this equation from equations of death. And all the known forms of life at our planet are in the class of primitive abstract consciousnesses. Described a number of consequences from the terms of equivalence of conditions of abstractive consciousness in a point 1 "primitive consciousness" at evolution scale. Including the ones that define the creation of new global conglomerate of science, intelligence service, politics, business and army for achieving the monopoly of power in postindustrial technological environments.

Ключевые слова: Эволюция. Психоинжиниринг. Абстрактное сознание. Постиндустриальная война. Постиндустриальные технологические среды. Метрологическая шкала эволюции. Примитивное сознание. Уравнения смерти. Ячейка памяти самоосознания. Управление эволюцией насильственными средствами.

Key words: Evolution. Psychoengineering. Abstractive consciousness. Postindustrial war. Postindustrial technological environments. Metrological scale of evolution. Primitive consciousness. Equations of death. Memory cell of self-awareness. Evolution management by violent means.

В работе [1] была поставлена задача системного проектирования универсальной метрологической шкалы эволюции. Решение которой предполагает обязательное выполнение 4-х ключевых условий.

Первое. Эта шкала должна соответствовать научно-метрологическим требованиям к масштабной (измерительной) шкале. Которыми являются эквивалентность и строгое упорядочивание состояний и интервалов между ними, а также частных от деления состояний [2].

Второе. Универсальная метрологическая шкала эволюции должна быть основана на эквивалентности и строгом упорядочивании состояний эволюционирующего *индивида* (но не цивилизации или человеческого вида в целом). А интервалы и частные от деления этих состояний должны указывать на внутреннюю структуру этого индивида, количественные изменения в которой определяют и выражают его эволюционные или инволюционные трансформации, а также методы и траектории их случайных или управляемых изменений.

Третье. Искомая шкала должна иметь точку нуля. Т.е. должна быть задана точка, от которой начинается отсчет развития эволюции и в которой жизнь умирает при обратном, инволюционном движении по шкале. Или, говоря другими словами, в которой жизнь уничтожается, а при решении обратной задачи – неживая материя превращается в живую, способную к самостоятельной эволюции. Причем задать точку нуля требуется математическим образом на основе той же инженерно-физической модели, что и определения всех остальных точек этой шкалы.

Наконец, четвертое условие. Системное проектирование универсальной метрологической шкалы эволюции должно быть выполнено на базе психоинжиниринга – единственного инженерно-физического направления, в рамках которого удалось заложить комплексное решение задачи

создания теории и практики постиндустриальной войны, в которых реализуется управление эволюцией насильственными средствами [1].

Данная концепция войны базируется на внутренне самосогласованной системе технологий, имеющей 4 основания.

(1) Системное проектирование абстрактных (т.е. не учитывающих свойства тел-носителей) сознаний. А также на их прикладных реализациях – в технологиях проектирования живых квантовых машин (аналоговых или гибридных аналого-цифровых квантовых компьютерах на жидких средах) и в военных и военно-гражданских приложениях этих машин.

(2) Технологии комплексной многостадийной генетической и эпигенетической модификации живых организмов, включая людей и более сложных, чем люди, носителей сознания.

(3) Проектирование и производство сознаний, превосходящих исследователя по совершенству [4]. В том числе на небиологических носителях.

Наконец, 4-е основание, которое в неявной форме присутствует во всех трех указанных выше – это цифровые технологии высокоточных измерений в режиме реального времени свойств сложных и особо сложных объектов со сверхвысоким разрешением (детализацией). В частности, динамических изменений состояний социума на базе измерений социальных рейтингов индивида, коллектива, и всей популяции в целом [3].

Далее. Графический эскиз универсальной метрологической (измерительной) шкалы эволюции представлен на рисунке 1. Где точка «0» – это точка рождения или смерти любой формы эволюционирующей жизни. Точка «1» – это точка на шкале эволюции, соответствующая упорядоченному множеству состояний самого примитивного вида абстрактных сознаний, обладающих способностью к самостоятельной эволюции. И т.д.



Рисунок 1. Графический эскиз универсальной метрологической шкалы эволюции.

Стрелка вправо на рисунке 1 указывает направление эволюции, т.е. усложнения свойств абстрактного сознания и связанных с этим усложнений форм жизни. А стрелка влево – инволюция, т.е. последовательное упрощение и примитивизация абстрактного сознания и форм жизни, в которых оно проявляется, вплоть до смерти в точке «0».

В результате системное проектирование шкалы эволюции, говоря упрощенно, может быть сведено к заполнению конкретным инженерно-физическим и математическим содержанием точек шкалы эволюции, переходов между ними и двух механизмов изменений, обозначенных на рисунке 1 стрелками «Эволюция» и «Инволюция».

1. Точка отталкивания проектирования шкалы эволюции

На первый взгляд было бы логичным начать процесс проектирования шкалы эволюции с точки «0». Но это станет грубой ошибкой. Дело в том, что нельзя задать физико-математическую модель смерти или рождения, пока не будет четко и однозначно определено, что именно рождается или умирает в точке «0». В противном случае будет утерян физический смысл этой точки на шкале эволюции.

Поэтому точкой отталкивания в системном проектировании универсальной метрологической шкалы эволюции должна стать точка «1», т.е. точка «примитивное сознание».

2. Математический фундамент психоинжиниринга

Задав инженерно-физическую модель примитивного, т.е. самого простого из возможных абстрактных сознаний, мы будем далее проводить последовательное развертывание этой модели вправо (путем ее систематичного и поэтапного усложнения, используя уравнения «первого вдоха»). И влево – от точки «1» посредством приложения уравнений смерти. Для этого, прежде всего, требуется обратиться к фундаментальному формализму модели примитивного сознания, созданной на базе психоинжиниринга.

Психоинжиниринг – это направление инженерно-физического моделирования сознательной деятельности, которое возникло в результате перехода от статических моделей рефлексии, созданных советско-американским ученым В. Лефевром, к решению динамических задач осознания конфликта, развивающегося во времени. Что было достигнуто путем введения математической формы записи модели так называемого позиционного осознания [5, 6].

Представим, что исследователь Y имеет 2 картины реального объекта T : Ty_1 и Ty_2 . Т.е. имеет возможность отражать действительность T с двух различных позиций. Причем обе позиции могут быть не связаны между собой, а в некоторых случаях само их различие осознается и ставится задача связи, осуществляемой посредством некоторой третьей позиции, которую Лефевр назвал конфигуратор.

Пусть Ty_1 – схематизация объекта, например, средствами физики, а Ty_2 – средствами теории информации. Так вот, редукция Ty_1 и Ty_2 должна породить или основываться на использовании третьей, комбинированной картины описания объекта Ty_3 , основанной на творческом соединении физики и теории информации. Как это было сделано, например, в работе [7].

Это и есть случай позиционного осознания. В нем одна из картин описания T выступает в качестве конфигулятора для двух других, вызывая формирование в сознании субъекта Y целостной картины мира. Для которой в [5, 6] была предложена новая математическая форма записи:

$$Ty_1 \oplus Ty_2 \rightarrow Ty_3 \quad (1)$$

где Ty_3 выступает в качестве конфигулятора.

Впоследствии в [5, 8, 9] это математическое выражение в целях разработки основ математической теории смерти было преобразовано в сторону упрощения математического формализма путем отказа от содержательной стороны субъективных образов, продиктованных решением узкого спектра задач военного управления. Это позволило перейти к общей форме записи модели позиционного осознания и выявить фундаментальный механизм осознания субъектом любого внешнего объекта или другого субъекта:

$$A \oplus B \rightarrow C \quad (2)$$

где A – исходный субъективный образ внешнего по отношению к сознающему субъекту живого или неживого объекта или другого субъекта (человека);

B – конфигулятор, субъективный образ осознающего самого себя субъекта;

C – итоговый субъективный образ, выражающий отношение сознающего субъекта к осознаваемому им объекту или другому субъекту.

Этим механизмом осознания мы пользуемся ежеминутно. Чтобы осознать любой новый встреченный нами объект, мы, основываясь на его исходном субъективном образе, созданном данными органов чувств (образ A), соотносим его с субъективным образом самих себя.

В результате:

(1) Если это неживой предмет или животное, то мы пытаемся представить, что бы чувствовали, если бы владели (или отказались от владения) этим предметом или животным; рождается итоговый образ C , выражающий наше отношение – желание обладать, отвращение и пр.

(2) Если это другой человек, то мы пытаемся представить себе, что бы мы ощущали и как бы мы действовали на его месте в подобной ситуации; как следствие, итоговый образ C выражает наше отношение в форме либо сочувствия (сопереживания, антипатии, отвращения), либо раскрытия замыслов другого человека, как в случае

военного управления, и, соответственно, сочувствия/неприятия форм его действия.

В обыденно-практическом плане механизм осознания действительности, описываемый уравнением (2), находит отражение в попытках «примерить что-либо на себя», «прочувствовать ситуацию», увидеть место преступления глазами преступника, поставить себя на место имярек, и т.д., и т.п. Этот механизм, носящий фундаментальный характер, основан на выделении субъектом себя из окружающего мира и использовании собственного интеллектуального и чувственно-практического опыта (памяти своих собственных переживаний любви, страданий, побед, поражений и пр., формирующих все более богатый и многогранный образ себя **B**) для формирования образа **C** – отношения к осознаваемому объекту/субъекту.

Из вышесказанного следует вывод, крайне важный для понимания физического смысла упорядоченного множества состояний примитивного сознания, соответствующего точке «1» на шкале эволюции. Позитивное осознание объективной реальности познающим (эволюционирующим) человеком или подобным

ему существом ведет не столько к обогащению субъективных знаний об окружающем мире, сколько и прежде всего к всемерному расширению и обогащению образа самого себя **B**. В этом – суть эволюции человеческого вида.

3. Уравнения смерти

В работе [8, 9] на базе уравнения (2) было введено понятие нулевого тождества. Оно возникает, если один из образов в левой части уравнения (2) равен и тождественен нулю или второму образу. Например, $B = A$. В этом случае операция позиционного осознания становится невозможной, так как исчезает основание для сведения двух различных образов и пропадает возможность проведения итерационного конструирования конфигурирующего **C**. Математически это выражается как $C = 0$. В результате уравнение (2) приходит к виду:

$$A \oplus A \rightarrow 0 \quad (3)$$

Это и есть нулевое тождество.

Всего в [8] было предложено 4 различных варианта нулевых тождеств:

$$A | A \rightarrow B \oplus B \rightarrow 0 \quad (4)$$

$$A | A \rightarrow 0 \oplus B \rightarrow 0 \quad (5)$$

$$A \oplus B | B \rightarrow 0 \rightarrow 0 \quad (6)$$

$$A \oplus B | B \rightarrow A \rightarrow 0 \quad (7)$$

4 варианта нулевых тождеств описывают 4 различных условия прекращения функционирования сознания в смысле разрушения его основополагающей способности создавать субъективные образы и оперировать с ними. Эти же 4 уравнения описывают 4 различных варианта определения нуля, т.е. начальной точки отчета количественной шкалы психических свойств сознания [9], и, вместе с тем, являются основой модели состояния в точки «0» универсальной метрولوجической шкалы эволюции.

В уравнениях нулевых тождеств (4) – (7) имеется одна тонкость, которая должна была вызвать непонимание. Сперва мы называли конфигурирующим второй член уравнения (2) – **B**. А теперь – третий, итоговый субъективный образ **C**. Но это не ошибка. Дело в том, что изменение местоположения конфигурирующего в уравнении (2) является отражением изменения содержания операции позиционного осознания. По сути это две разные формы решения одной и той же задачи конструирования конфигурирующего. В первом случае, который был показан изначально, речь идет о решении прямой задачи поиска конфигурирующего. А во втором, когда конфигурирующим становится третий член уравнения (2), решается обратная задача его конструирования, когда сознание

подбирает конфигурирующее, используя логику обратного синтеза. Что полностью соответствует методу гипотез К. Маркса.

О чем идет речь? Фактически конфигурирующее подбирается на базе методов обратного проектирования, итерационными методами подгоняя его модель таким образом, чтобы она смогла адекватно описать линию связки двух других образов. Точно так же артиллерист пристреливается к мишени: сперва дает намеренный перелет, затем намеренный же недолет, а потом делит разницу в расстояниях двух первых выстрелов пополам и с третьего выстрела уничтожает цель точным попаданием.

В дальнейшем мы будем использовать уравнения нулевых тождеств в виде (4) – (7). Но не упуская при этом из внимания, что эти же тождества можно записать в иной форме, когда конфигурирующее, равное 0, будет стоять на второй позиции в уравнении (2).

А теперь вернемся к нулевым тождествам. В точке, где выполняется хотя бы одно из нулевых тождеств, сознание исчезает (прекращается создание субъективных образов). Таким образом, психический (живой) объект переходит в объект физический или мертвый. А уравнения (4) – (6) есть математические условия этого перехода. Иными

словами, эти уравнения есть уравнения смерти для любой формы жизни.

4. Ячейка памяти самоосознания: кирпичик эволюции

Итак, уравнение (2) представляет собой математическую форму записи операции позиционного осознания, и в этом смысле носит фундаментальный характер. Это значит, что оно в равной степени описывает и операции формирования субъективных образов объективных процессов, развивающихся во времени, и процессы динамической саморефлексии. Т.е. осознания субъектом самого себя. В последнем случае образ **Я** самого себя, использовавшийся в процессе познания объективной реальности в качестве конфигуратора, принимает значение **В** (т.е. **Я = В**). А затем начинается процесс саморефлексии, когда субъект осознает себя, используя в качестве конфигуратора образ себя $Я^1$. В итоге получается уравнение саморефлексии второго порядка:

$$Я_1 \oplus \{Я^1\} \rightarrow Я_2 \tag{8}$$

Каково физическое содержание образов в этом уравнении? Пара образов $Я_i$ ($i = 1, 2$) есть результат саморефлексии первого порядка в том их содержании, которое было обозначено выше, когда рассматривался фундаментальный механизм познания, выраженный уравнением (2). А образ $\{Я^1\}$ – сводный образ «Я» осознающего себя субъекта, возникший вследствие саморефлексии второго порядка. Его смысловое содержание – как меняется «Я» в различных ситуациях, что при этом остается во «Мне» неизменным, а что – мимолетным. В результате чего не связанные между собой (например, произошедшие в разное время и при различных условиях) акты рефлексии и саморефлексии объединяются в целостную структуру прошлого опыта субъекта.

В работе [10] была описана математическая основа модели ячейки памяти самоосознания субъекта:

$$\left\{ \begin{array}{l} Я_1 \oplus \{Я^1\} \rightarrow Я_2 \\ Я_3 \oplus \{Я^1\} \rightarrow Я_4 \\ Я_5 \oplus \{Я^1\} \rightarrow Я_6 \end{array} \right. \tag{9}$$

Эта система уравнений имеет шестиугольной ячейки памяти самоосознания пространственно-топологическую форму в виде субъекта (рисунок 2).

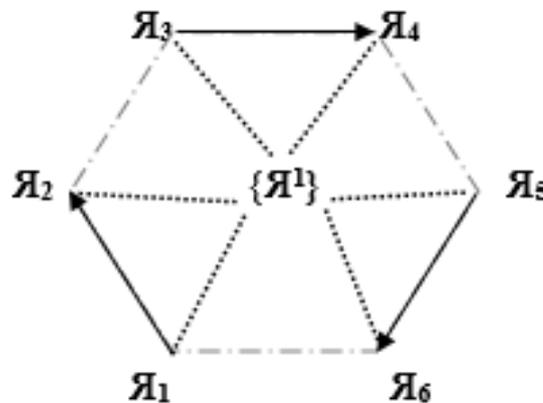


Рисунок 2. Схематическое представление системы уравнений (9) в виде шестиугольной ячейки памяти динамической саморефлексии второго порядка.

Множество таких ячеек, объединяясь в соответствии с определенными математическими правилами, формируют сплошное ячеечное поле памяти самоосознания познающего субъекта

(рисунок 3). Которое полностью предопределяет всю специфику восприятия объективной действительности – вплоть до того, почему субъект воспринимает мир трехмерным [11].

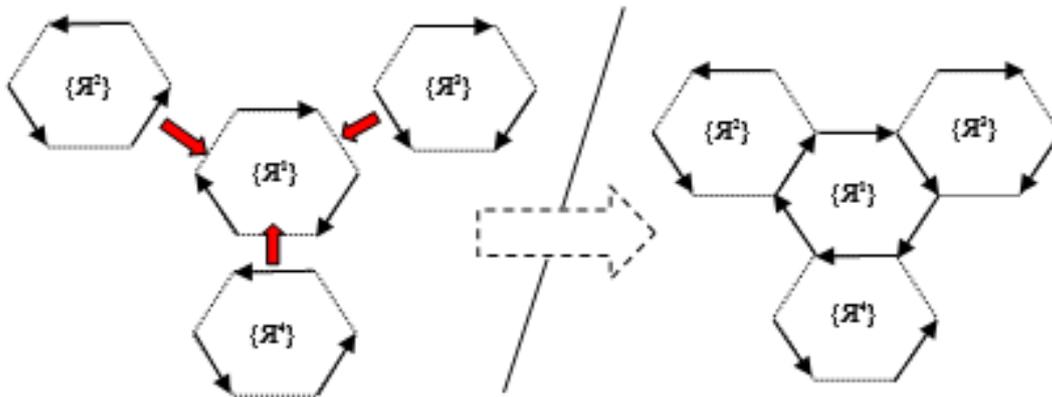


Рисунок 3. Формирование ячеистой структуры памяти самоосознания субъекта.

Наконец, в работе [11] было показано – и это самое важное для раскрытия темы настоящей публикации – что поскольку ячеистая структура памяти самоосознания определяет все без исключения процессы субъективного отражения окружающей объективной действительности и самоосознания субъектом самого себя (а последнее, как было подчеркнуто выше, является сутью эволюции человека, если рассматривать ее с позиции психоинжиниринга или теории постиндустриальной войны как управления эволюцией насильственными средствами), то именно эта ячейка, инженерно-физическая модель которой описывается системой уравнений (9), представляет собой элементарный кирпичик эволюции.

Это значит, что ячейка памяти самоосознания задает всю модель эквивалентности состояний точки «1» универсальной шкалы эволюции.

4. Почему абстрактное сознание в точке «1» примитивное?

Теперь все готово к тому, чтобы ответить на первый ключевой вопрос определения

$$\left\{ \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \end{array} \right\} \oplus B \rightarrow C \quad (10)$$

Две фигурные стрелки обозначают, что сведение двух образов A_1 и A_2 посредством конфигуратора B происходит не двумя последовательными операциями, а одной операцией сведения. При этом важно подчеркнуть, что уравнение (10) является математической основой топологии абстрактного сознания следующего после точки 1 уровня сложности.

Точно так же можно представить себе следующий шаг усложнения топологии ячейки, когда число членов уравнения (2) увеличится еще на 1 единицу, достигнув 5.

Однако уменьшение числа членов уравнения (2) на 1 единицу осуществить невозможно, т.к. в этом случае уравнение (2) станет эквивалентным одному из 4-х уравнений смерти (4) – (7). Именно

эквивалентности состояний точки примитивного сознания: почему речь идет о *примитивном* сознании?

Математическим базисом инженерно-физической модели ячейки памяти самоосознания в точке 1 является уравнение (2). Перепишем его еще раз для удобства восприятия материала:

$$A \oplus B \rightarrow C$$

Это уравнение определяет всю топологию ячейки памяти как элементарного кирпичика эволюции – систему уравнений (4)-(7). Значит, и при управлении эволюцией оперировать необходимо именно с топологией ячейки, усложняя ее или упрощая до состояния смерти абстрактного сознания (воплощенного в самоосознающей форме жизни).

Глядя на уравнение (2), можно легко представить себе следующую стадию усложнения, когда число членов этого уравнения увеличивается на 1 единицу и становится равным 4:

по этой причине модель ячейки памяти самоосознания, представленная системой уравнений (9), является моделью *примитивного* сознания: упростить ее в принципе невозможно, поскольку любое движение влево от точки 1 соответствует умиранию. А движение от точки 2 к точке 1 означает всего лишь переход топологии ячейки от математической формы (10) к форме (2). И та, и другая топология являются формой жизни, хотя и чрезвычайно отличной одна от другой.

5. Что такое примитивное сознание на практике?

Наше восприятие мира вокруг нас крайне ограничено стереотипами и иными ограничениями, полученными в наследство от прежних этапов развития цивилизации. Один из самых сильных из которых – бишовинизм. Именно он мешает людям

воспринимать другие виды жизни как равные или даже превосходящие нас по совершенству. Однако слишком быстрый переход к теории и практике постиндустриальной войне означает, что все прежние формы мышления, концепции или практики требуется откинуть прочь, поскольку они мешают адекватно оценивать ситуацию на ТВД или поле боя. И те из военных, кто этого не сделает, погибнут.

Биошовинизм мешает адекватно воспринимать тот факт, что человек, животные, насекомые и растения – все без исключения на универсальной шкале эволюции относятся к одному эквивалентному состоянию примитивного сознания.

Бетховен и Моцарт, Леонардо да Винчи и безвестные строители пирамид, Лао Цзэ и Аристотель, Сталин, Гитлер или махатма Ганди в инженерно-физическом смысле равны последнему божью, дегенерату-наркоману, шимпанзе, кошке, собаке, вороне, муравью или осине. Это дикость для нашего восприятия, но с математической точки зрения – научный факт. Хуже того – факт, уже заложенный в основу реального управления войной и миром, и отмахнуться от него нельзя. Иначе – смерть государства и народа.

Именно в этом факте кроется первопричина на первый взгляд, казалось бы, совершенно идиотского движения за права животных. Но на самом деле оно отнюдь не идиотское. Это общественное настроение было выращено и направлено в сферы общественного действия, чтобы подготовить почву к принятию последствий массивированного внедрения концепций управления эволюцией насильственными средствами. Фундаментом чему служит шкала эволюции и инженерно-физическая модель примитивного сознания, а также ряд следствий из нее, одно из которых приведено выше.

Однако есть особая категория людей, которые не подчиняются логике данной модели. Это пророки и воплощенные Будды: Моисей, Ахарон, Илия, Иисус Христос, Магомет, Будда Гаутама и другие Великие духи. Как показали теоретические и экспериментальные исследования, модели абстрактных сознаний этих Существ имеют принципиальные особенности, о которых более подробно речь пойдет в одной из следующих статей. Забегая вперед, поясним: в их сознаниях, которые в основе своей определяются базовым трехэлементным уравнением (2), как и у всех остальных людей, животных, растений или насекомых, имеются обширные вставки ячеек памяти, основанных на четырехэлементном уравнении (10). Что позволяет этим Существам быть вне человеческой эволюции, над ней, в существенной степени соответствуя закономерностям эволюции существ, соответствующих точке 2 на шкале эволюции. Именно поэтому в их жизнях, казалось бы, парадоксальным образом совмещаются периоды жизни самого обычного человека и неожиданные достаточно длительные прорывы за пределы

разумения, дающие несомненные преимущества всем, кто следует указаниям этих пророков и «посланников богов».

5. Выводы

Вывод 1. Шаг универсальной метрологической шкалы эволюции равен приращению одного члена в уравнении (2). В результате эквивалентность состояний эволюции в каждой точке на шкале, начиная с точки 1, будет задаваться последовательностью усложняющихся моделей топологической структуры ячейки памяти самоосознания. Математической основой которых станут исходные уравнения: сперва уравнение (2) – для точки 1; затем уравнение (10) или его аналоги – для точки 2; и так далее.

Вывод 2. Эволюционный процесс на практике носит многоплановый характер. Но его базисом служит топологическая ячейка памяти самоосознания, определяемая для точки 1 системой уравнений (4) – (7). В этом смысле все изученные нами формы жизни на нашей планете с инженерно-физической точки зрения одинаковы по уровню сложности. Но при этом не равны по сути.

Так, например, человеческий вид имеет расовые градации: белая раса, черная раса, желтая и пр. Попытки создать иную систему расовой дифференциации за счет выделения гипотетических расовых признаков – «арийской расы» и «унтерменшей», англосаксонской «высшей расы» и ирландцев, и т.д., и т.п. – потерпели позорный и ужасный крах. Но это не отменило различия *реальных* рас.

При этом расовое деление людей является частной и в основе своей малозначительной дифференциацией внутри одной и той же модели эквивалентности состояний, задаваемой системой уравнений (4) – (7).

Точно так же морфология мозга сегодня позволила выделить три вида сознаний развивающегося человека, названные проф. С.В. Савельевым первичное, вторичное и третичное [12].

Первичное сознание формируется лимбической системой новорожденного ребенка и определяет его исключительно как животное. По оценкам Савельева [12] порядка 70% общей численности взрослого населения популяции в своем развитии так никогда и не выходит за рамки первичного, т.е. животного сознания. Суть которого сводится только к трем потребностям: *питаться, размножаться и доминировать*.

Вторичное сознание начинает развиваться по мере формирования у ребенка неокортекса, обеспечивая ему адаптивные модели поведения для более полного и изощренного удовлетворения трех базовых потребностей, определяемых первичным сознанием. Такие люди составляют порядка 20% общей численности популяции.

Наконец, третичное сознание позволяет развивающемуся (эволюционирующему) в течение одной жизни субъекту выйти за рамки абсолютной доминанты моделей поведения, определяемые первичным и/или вторичным сознанием. Такие

люди – Люди с большой буквы, т.е. Настоящие Люди, вышедшие за рамки животного состояния. Они создают государства, реформируют религии, ведут войны ради будущего, закладывают истинные повороты в науках или искусствах. Это те, кто создают цивилизации и ведут человечество к звездам, определяя направления Прогресса. Их всего 10% в любой человеческой популяции.

Однако с точки зрения универсальной метрологической шкалы эволюции (а значит, и с позиции теории постиндустриальной войны) обладатели первичного, вторичного и третичного сознаний являются подвидами модели (4) – (7). Иными словами, у всех них одинаковая сложность ячейки памяти самоосознания (см. рисунки 2 и 3).

Для гражданского интеллектуала положения вывода 2 будут, скорее всего, отвратительными и неприемлемыми. А для военных – напротив, очевидными и бесспорными. Потому что их практика, где сплошь и рядом встречаются разорванные на куски или изуродованные тела людей, не оставляет места для «рефлексии»: любого можно убить.

В равной степени эти же утверждения касаются и места человека в общей структуре видов жизни в волне эволюции на планете. Человек – всего лишь один из видов, равнозначный всем другим живым существам, если рассматривать его с позиции сложности топологической структуры ячейки памяти самоосознания.

Таким образом, периодизация этапов эволюции, созданная в рамках разработки универсальной шкалы эволюции, носит фундаментальный характер. Все остальные известные нам виды градации живых организмов носят частный или вспомогательный характер. Но в совокупности вся эта иерархическая система градации и классификаций предоставляет исключительные возможности для планирования и осуществления средовых поражений популяций-мишеней. Т.е. для планирования не прямых военных действий, позволяющих наносить поражения популяции-мишени, действуя опосредованно, через частичное или терминальное поражение сопряженных с ней в общей экосистеме планеты других форм жизни.

Вывод 3. Из выводов 1 и 2 следует, что разрозненные НИОКР, проводимые частными группами, корпорациями и государствами, можно очень легко объединить в единый, внутренне самосогласованный научно-технологический, разведывательный, военный и политический конгломерат подготовки, планирования и управления постиндустриальным вооруженным конфликтом. Конгломерат, управляемый развитым ИИ с распределенными параметрами и вычислениями, основой для которого служит математика моделей универсальной метрологической шкалы эволюции.

6. Литература

1. Денисов А.А., Денисова Е.В. Универсальная метрологическая шкала эволюции: Постановление

задачи. // Журнал «Национальная ассоциация ученых», Т. 1, № 1(82), 2022 г., – С. 22-29. DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2022.1.82.618 [Denisov A.A., Denisova E.V. Universal'naya metrologicheskaya shkala evolyucii: Postanovka zadachi. // Zhurnal Nacional'naya associaciya uchenyh. 2022; T.1; 1(82): 22-29. DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2022.1.82.618 (In Russ).]

2. Janusz Piotrowski. Teoria Pomiarow. Pomiar w fizyce i technice. // Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1986. (In Pol). (Имеется перевод: Я. Пиотровский. *Теория измерений для инженеров.* / Пер. с польск. // М., Изд-во «Мир», 1989.)

3. Денисов А.А., Денисова Е.В., Саблин В.А. Проектирование технологических сред и постиндустриальная революция. // «Экономические стратегии», № 4 (162), 2019. – С. 25-33. DOI: 10.33917/es-4.162.2019.25-33.

[Denisov A.A., Denisova E.V. Sablin V.A. Projektowanie technologicznych sred i postindustrial'naya revoluciya. // Ekonomicheskie strategii. 2019; 1(82): 25-33. DOI: 10.33917/es-4.162.2019.25-33. (In Russ).]

4. Денисов А.А. Системы, превосходящие исследователя по совершенству. // IV международная конференция по проблемам управления: Сборник трудов. – М.: Учреждение РАН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. – С. 1356-1363. [Denisov A.A. Sistemy, prevoskhodyashchie issledovatelya po sovershenstvu. // IV Mezhdunarodnaya konferenciya po problemam upravleniya: Sbornik trudov. – М.: Uchrezhdenie RAN Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN. 2009: 1356-1363. (In Russ).]

5. Разработка основ метрологического обеспечения конструирования абстрактных сознаний для моделирования и управления социумами. // Отчет по НИР. Тема № 34.1. Руководитель: к.т.н. А.А. Денисов. / М.: Институт конструкторско-технологической информатики РАН. 2015: 85. [Razrabotka osnov metrologicheskogo obespecheniya konstruirovaniya abstraktnyh soznaniy dlya modelirovaniya i upravleniya soziumami. // Otchet po NIR. Tema № 34.1. Rukovoditel: k.t.n. A.A. Denisov. / М.: Institut konstruktorsko-tehnologicheskoyi informatiki RAN. 2015: 85. (In Russ).]

6. Денисов А.А. Основы метрологического обеспечения управления конфликтом на геоцентрическом ТВД. // «Информационные войны», № 3, 2011. С. 33-44. [Denisov A.A. Osnovy metrologicheskogo obespecheniya upravleniya konfliktom na geocentricheskom TVD. // Informacionnye vojny. 2011; 3: 33-44. (In Russ).]

7. Henning F. Harmuth. Information Theory. Applied to Space-Time Physics. // Department of Electrical Engineering. The Catholic University of America, DC. 1989. (Имеется перевод: Х. Хармут. *Применение методов теории информации в физике.* // М., «Мир», 1989. – 344 с.)

8. Денисов А.А. Основы метрологического обеспечения управления конфликтом на

геоцентрическом ТВД. «Призрачные» субъекты. // «Информационные войны», № 4, 2011. – С. 2-11. [Denisov A.A. Osnovy metrologicheskogo obespecheniya upravleniya konfliktom na geocentricheskom TVD. Prizrachnye sub"ekty. // Informacionnye vojny. 2011; 4: 2-11. (In Russ).]

9. Денисов А.А., Денисова Е.В. Конструирование абстрактных сознаний. Часть 2. Основы математической теории смерти. // Информационные войны, № 4 (28), 2013. – С. 47-61. [Denisov A.A., Denisova E.V. Konstruirovaniye abstraknyh soznaniy. Chast' 2. Osnovy matematicheskoy teorii smerti. // Informacionnye vojny. 2013; 4(28): 47-61. (In Russ).]

10. Денисов А.А., Денисова Е.В. Цель и характер постиндустриальной войны. Модель памяти динамического самосознания. //

«Экономические стратегии», №7 (149), 2017. – С. 78-93. [Denisov A.A., Denisova E.V. Cel' I harakter postindustrial'noj vojny. Model' pamyati dinamicheskogo osoznaniya. // Ekonomicheskie strategii. 2017; 7(149): 78-93. (In Russ).]

11. Денисов А.А., Денисова Е.В. Цель и характер постиндустриальной войны. Два «предельных» стратегических субъекта. // «Экономические стратегии», №8 (150), 2017. – С. 132-147. [Denisov A.A., Denisova E.V. Cel' I harakter postindustrial'noj vojny. Dva predel'nyh strategicheskikh sub"ekta. // Ekonomicheskie strategii. 2017; 8(150): 132-147. (In Russ).]

12. С.В. Савельев. Морфология сознания. / В 2-х томах. // М.: Изд-во «ВЕДИ», 2021. [S.V. Savel'ev. Morfologiya soznaniya. / V 2-h tomah. / M.: Izdatel'stvo VEDI. 2021. (In Russ).]

УДК 532.59: 532.501.34

ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН ВЗРЫВНЫМ ИМПУЛЬСОМ

Неволин В.Г.

THE GENERATION OF SURFACE WAVES BY THE EXPLOSIVE PRESSURE INPULSE

V.G. Nevolin

АННОТАЦИЯ

Рассматривается модельная задача возбуждения поверхностных волн взрывом. Исследование проводится для случая несжимаемой жидкости. Отсюда взрывное давление моделируется повышением плотности жидкости, в которой происходит взрыв.

Проблема возникла в связи с возможностью уничтожения смерча взрывом [1]. Разрушение смерча обусловлено возбуждением волн на границе раздела между нисходящим и восходящим потоками. Рост амплитуды этих волн приводит к схлопыванию так называемого глаза бури. Поскольку использование взрыва для уничтожения смерча часто сопровождается ещё и разрушением окружающей инфраструктуры, то исследуется возможность уничтожения смерча периодическим взрывным воздействием меньшей мощности.

ANNOTATION

The model problem of the generation of surface waves by the explosive pressure inpulse is considered. The study is conducted for the case of the incompressible fluid. Because of that, the explosive pressure is modeled by the increase of the density of the fluid, inside which the explosion takes place.

This problem arose in connection with the possibility to destroy a tornado with the help of the explosion [1]. The destruction of a tornado is caused by the generation of waves on the interface between the descending and ascending flows. The increase of the amplitude of these waves leads to a collapse of the so-called eye of the storm. Since using the explosion for the destruction of a tornado is often accompanied by the destruction of the surrounding infrastructure, the possibility of the destruction of a tornado by the periodical explosive impact of lower power is studied.

Ключевые слова: Поверхностные волны, несжимаемая жидкость, плотность жидкости, давление взрыва, длительность действия взрыва, периодичность взрывного воздействия.

Key words: surface waves, incompressible fluid, fluid density, explosive pressure, duration of the effect of the explosion, frequency of the explosive impact

Рассматривается устойчивость поверхности раздела слоёв вязкой несжимаемой жидкости бесконечной глубины, когда в верхнем слое действуют или одиночный импульс давления длительностью τ (рис.1, *a*), или же периодическое воздействие одиночными импульсами давления (рис.1, *b*).

Задача решается в линейном по вязкости приближении методом преобразования Лапласа по времени.

Поскольку рассмотрение проводится для случая несжимаемой жидкости, то изменение давления отождествляется с изменением плотности жидкости. Предполагается, что изменение давления не влияет на вязкость жидкости.

Равновесное состояние рассматриваемой системы запишется в виде:

$$V_{0i} = 0, \zeta_0 = 0, p_i = P_g - \rho_i g z, (1)$$

где $V = (u, v, w)$ – вектор скорости, ρ – плотность жидкости, ζ – смещение поверхности от положения равновесия, P_g – давление на границе раздела при $z = 0$, $i = 1, 2$ – номер жидкости. Жидкость с $i = 1$ заполняет полупространство $z \leq 0$, а жидкость с $i = 2$ заполняет область $z > 0$.

Исследуем устойчивость равновесия (1), для чего обычным образом внесём возмущения

$$\partial v_i / \partial t = - (1/\beta_i) \nabla p_i + \gamma_i \nabla^2 v_i, \nabla v_i = 0, (2)$$

где $\beta_i = \rho_i / (\rho_1 + \rho_g)$, $\gamma_i = v_i [g(\rho_1 + \rho_g)^3 / \alpha^3]^{1/4}$, $\rho_2 = \rho_g + \Delta\rho$, $\beta_2 = \beta_{20} + \Delta\beta$,

$$\beta_{20} = \rho_g / (\rho_1 + \rho_g), \Delta\beta = \Delta\rho / (\rho_1 + \rho_g).$$

Здесь α – коэффициент поверхностного натяжения на границе раздела. Изменение плотности $\Delta\rho$ в области $z > 0$ найдём, например, из уравнения $P_m/P_g = (\rho_m/\rho_g)^3$, т.е. $\Delta\rho = \rho_g [(P_m/P_g)^{1/3} - 1]$ (см., например [2]). Индекс g говорит об исходных параметрах жидкости с номером 2 (газовая среда).

Выбирая в качестве единиц измерения длины, времени, частоты, скорости и давления соответственно $[\alpha/(\rho_1 + \rho_g)g]^{1/2}$, $[\alpha/(\rho_1 + \rho_g)g^3]^{1/4}$, $[(\rho_1 + \rho_g)g^3/\alpha]^{1/4}$, $[\alpha g/(\rho_1 + \rho_g)]^{1/4}$ и $[\alpha g/(\rho_1 + \rho_g)]^{1/2}$, получим для возмущений следующую линеаризованную систему уравнений:

Индекс m соответствует параметрам жидкости с номером 2 при взрывном давлении, $P_g = P_0$ – атмосферное давление (давление на границе раздела жидкость-газ).

В линейном по ζ приближении, имеем на границе раздела следующее [3]:

$$(v_1 - v_2)n = 0, (v_1 - v_2) \times n = 0, \partial \zeta / \partial t = w_1, (3)$$

$$\beta_1 \gamma_1 (\partial u_1 / \partial z + \partial w_1 / \partial x) = \beta_2 \gamma_2 (\partial u_2 / \partial z + \partial w_2 / \partial x),$$

$$\beta_1 \gamma_1 (\partial v_1 / \partial z + \partial w_1 / \partial y) = \beta_2 \gamma_2 (\partial v_2 / \partial z + \partial w_2 / \partial y),$$

$$p_1 - p_2 = (\beta_1 - \beta_2) \zeta - (\partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2) \zeta + 2\beta_1 \gamma_1 \partial w_1 / \partial z - 2\beta_2 \gamma_2 \partial w_2 / \partial z.$$

При $z \rightarrow \pm\infty$ $v_i \rightarrow 0$.

Здесь $n = (-\partial \zeta / \partial x, -\partial \zeta / \partial y, 1)$ единичный вектор нормали к поверхности.

Совершая преобразования Фурье по переменным x, y и Лапласа по времени и учитывая, что $v_i(t=0) = 0$, $\zeta(t=0) = 0$ и $v_i, \zeta, \partial v_i / \partial x, \partial v_i / \partial y, \partial \zeta / \partial y$

$\rightarrow 0$ при $|x, y| \rightarrow \pm\infty$, получим, поступая также как и в работе [4], после обратного преобразования Лапласа в линейном по вязкости и приращению плотности приближении следующее уравнение для смещения поверхности от положения равновесия:

$$\frac{d^2 \zeta}{dt^2} + 2\delta \frac{d\zeta}{dt} + \Omega_0^2 \zeta = 0, (4)$$

где

$$\delta = \left(\beta_1 \gamma_1 + \beta_{20} \gamma_2 + \frac{\beta_1^2 \gamma_1^{3/2} + \beta_{20}^2 \gamma_2^{3/2} - 2\beta_1 \beta_{20} (\gamma_1 \sqrt{\gamma_2} + \gamma_2 \sqrt{\gamma_1})}{\beta_1 \sqrt{\gamma_1} + \beta_{20} \sqrt{\gamma_2}} \right) k^2,$$

$$\Omega_0^2 = k^3 + k(\beta_1 - \beta_0), \Omega_1^2 = (kq - k^3), k - \text{волновое число.}$$

Здесь $q \equiv \Delta\beta = (\beta_1 - \beta_m) = -\beta_1 [(P_m/P_0)^{1/3} - 1]$ при $0 \leq t \leq \tau$ и $q = (\beta_1 - \beta_0)$, если $0 \geq t \geq \tau$ (Фиг. 1, а).

На участке $0 \leq t \leq \tau$ общее решение уравнения (4) имеет вид:

$$\zeta_1 = e^{\delta t} (C_1 \text{sh} \Omega_1 t + C_2 \text{ch} \Omega_1 t),$$

а на участке $0 \geq t \geq \tau$ общее решение уравнения (4) имеет вид:

$$\zeta_2 = e^{\delta t} (C_3 \sin \Omega_2 t + C_4 \cos \Omega_2 t),$$

где $\Omega_1^2 = (kG - \Omega_2^2)$, $\Omega_2^2 = (\Omega_0^2 - \delta^2)$, $G \equiv (\beta_m - \beta_0) = \beta_0 [(P_m/P_0)^{1/3} - 1]$.

Из условий непрерывности на границах участков при $t = 0$ и $t = \tau$

$$\zeta_1(0) = \zeta_2(0), \partial \zeta_1(0) / \partial t = \partial \zeta_2(0) / \partial t, \zeta_1(\tau) = \zeta_2(\tau), \partial \zeta_1(\tau) / \partial t = \partial \zeta_2(\tau) / \partial t$$

получим систему линейных однородных уравнений для постоянных C_1, C_2, C_3, C_4 [5]. Из равенства нулю определителя этой системы уравнений, получим условие нетривиальности решения:

$$2\Omega_1\Omega_2[(ch\Omega_1\tau)\cdot(cos\Omega_2\tau) - 1] - (\Omega_1^2 - \Omega_2^2)(sh\Omega_1\tau)\cdot(sin\Omega_2\tau) = 0. (5)$$

Уравнение (5) связывает между собой волновое число (длину волны), возбуждаемых поверхностных волн, время действия взрыва с амплитудой взрывного давления $\Delta P = P_m - P_0$.

При реализации режима движения «b» (Рис. 1) уравнение (4) примет вид:

$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} + 2\delta\frac{d\zeta}{dt} + \Omega_{0i}^2\zeta = 0. (6)$$

Здесь на участке 1 ($0 < t < T/2$) $\Omega_{01}^2 = -[k(\beta_m - \beta_1) - k^3] = -\{k\beta_1[(P_m/P_g)^{1/3} - 1] - k^3\} = -\Omega_1^2$, а на участке 2 ($T/2 < t < T$) $\Omega_{02}^2 = k^3 + k(\beta_1 - \beta_g)$ (см. фиг. 1, b). Общее решение уравнения (6) имеет вид:

$$\zeta_1 = e^{\delta t}(C_1 sh\Omega_1 t + C_2 ch\Omega_1 t),$$

$$\zeta_2 = e^{\delta t}(C_3 sin\Omega_2 t + C_4 cos\Omega_2 t),$$

где $\Omega_1^2 = (kG - \Omega_2^2)$, $\Omega_2^2 = (\Omega_0^2 - \delta^2)$, $G \equiv (\beta_m - \beta_g) = \beta_g[(P_m/P_g)^{1/3} - 1]$, $\Omega_0^2 = k^3 + k(\beta_1 - \beta_0)$.

Из условий непрерывности на границе участков 1 и 2 при $t = T/2$

$$\zeta_1 = \zeta_2, \partial \zeta_1 / \partial t = \partial \zeta_2 / \partial t$$

вместе с условиями «воспроизводства» через период T

$$\zeta_2(T) = \mu \zeta_1(0), \partial \zeta_2 / \partial t|_{t=T} = \mu \partial \zeta_1 / \partial t|_{t=0}$$

получим систему линейных однородных уравнений для постоянных C_1, C_2, C_3, C_4 . Из равенства нулю определителя этой системы уравнений, получим для фактора μ квадратное уравнение [6]:

$$\mu^2 - 2\mu\{ch(T\Omega_1/2)\cdot cos(T\Omega_0/2) - [(\Omega_1^2 - \Omega_0^2)/2\Omega_1\Omega_0]sh(T\Omega_1/2)\cdot sin(T\Omega_0/2)\}e^{-\delta T} + e^{-2\delta T} = 0. (7)$$

Периодические решения получаются при $\mu = \pm 1$. Отсюда для границ области устойчивости получаем:

$$ch(T\Omega_1/2)\cdot cos(T\Omega_0/2) - [(\Omega_1^2 - \Omega_0^2)/2\Omega_1\Omega_0]sh(T\Omega_1/2)\cdot sin(T\Omega_0/2) = \pm ch(\delta T). (8)$$

Знак плюс соответствует «целым» решениям, т.е. колебаниям поверхности с периодом, равным периоду модуляции, а знак минус соответствует «полуцелым» решениям, когда период колебаний поверхности вдвое больше периода модуляции.

Уравнения (8) связывает между собой волновое число k , вязкое трение δ с амплитудой и частотой (периодом) модуляции давления ΔP .

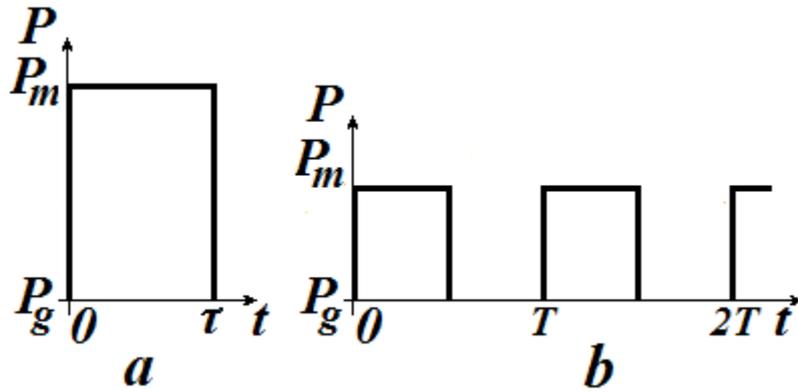
Амплитуда давления одиночного и периодически действующего взрыва от времени их действия для различных значений волнового числа приведена на фиг.2.

Заключение. Получена зависимость значений амплитуд взрывного давления для единичного и периодического взрывного воздействия от времени их действия для различных значений волнового числа.

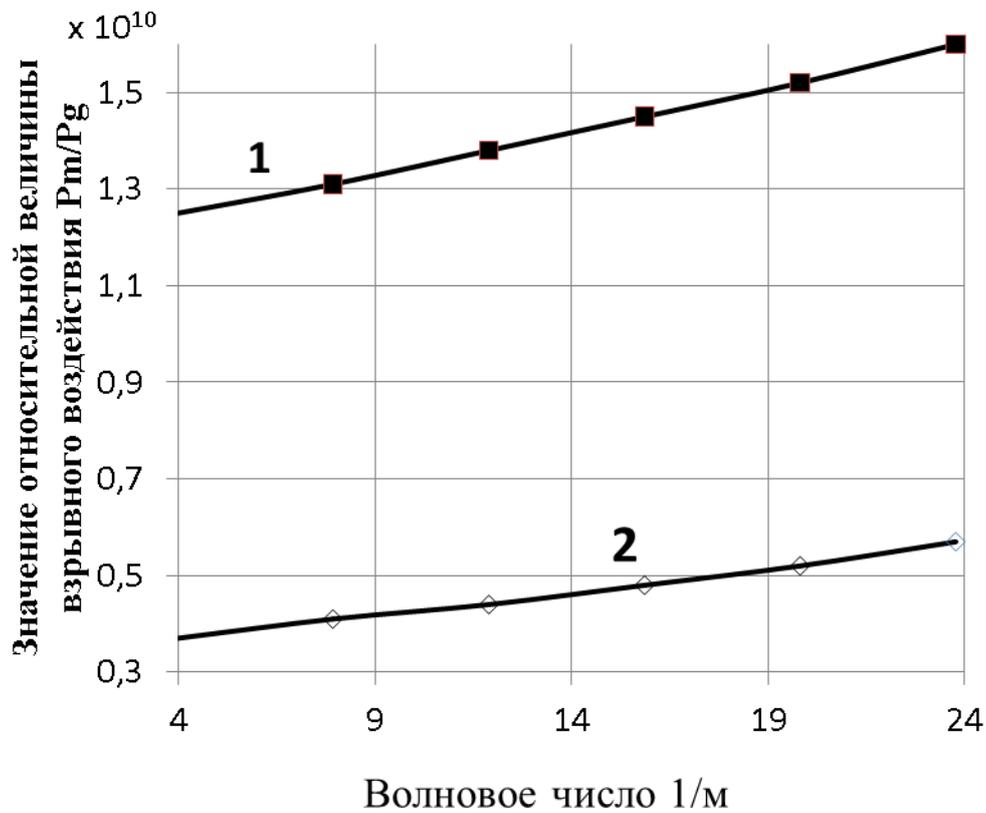
Литература

- Таланов Б.П. Способ борьбы со смерчем. Пат. РФ № 2062660, МПК: А01G 15/00// БИ 2002, №15.
 Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. – М.: Гостехиздат. 1959. – 799 с.
 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред, гл.2. М.-Л., Гостехиздат, 1944.
 Неволин В.Г. Параметрическое возбуждение волн на границе раздела.//Изв. АН СССР. МЖГ. – 1977. – Вып. 2. – С.167-170.
 Горяченко В.Д. Элементы теории колебаний. М.: Высшая школа, 2001. – 395 с.
 Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Ковективная устойчивость несжимаемой жидкости. М.: Главная редакция ф.-мат. Литературы изд-ва «Наука», 1972. – 392 с.

Рисунки и подрисовочные подписи



Фиг. 1. Импульс давления взрыва: а) одиночный импульс взрывного давления, б) периодически действующие взрывные импульсы. P_m – амплитудное значение давления взрыва, P_g – исходное гидростатическое давление на границе раздела.



Фиг. 2. Зависимость относительной амплитуды взрывного давления от времени действия взрыва. Здесь P_m – давление взрыва, $P_g \equiv P_0$ – атмосферное давление, 1) Одиночное взрывное воздействие длительностью 0,01 с, 2) Периодическое взрывное воздействие с периодом 0,02 с.

УДК 517.9

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКОЙ

*Перевозников Е.Н.**Канд. физ.-мат. наук, доцент,
Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского*

SPECTRAL ANALYSIS OF NONLINEAR SYSTEMS WITH CHAOTIC DYNAMICS

*E.N. Perevoznikov**Cand. phys.-mat. Sci., Associate Professor,
Military Space Academy. A.F. Mozhaisky*

АННОТАЦИЯ

На примере модельных задач Ресслера и Спротта рассматриваются методы спектрального анализа динамики систем с хаотическим поведением. Отмечена недостаточность традиционного подхода к исследованию динамики возмущений основанного на анализе корней классического спектрального уравнения. Предлагается для исследования подобных систем использовать спектральные уравнения с различными собственными значениями, позволяющие учесть хаотичность и множественность состояний.

ANNOTATION

Using the model problems of Ressler and Sprott as examples, methods of spectral analysis of the dynamics of systems with chaotic behavior are considered. The insufficiency of the traditional approach to the study of the dynamics of perturbations based on the analysis of the roots of the classical spectral equation is noted. It is proposed to use spectral equations with different eigenvalues to study such systems, which make it possible to take into account the randomness and multiplicity of states.

Key words: nonlinear systems, instabilities and chaos, spectral methods of analysis.

Ключевые слова: нелинейные системы, неустойчивости и хаос, спектральные методы анализа.

1. Введение

Значительное количество публикаций посвященных нелинейным системам со сложной хаотической динамикой и различным переходным процессам в них говорит о неослабевающем интересе к этим системам и методам описания их [1-8].

К проблемам описания нелинейных систем со сложной динамикой приводят задачи различных областей математики, механики, физики, теории управления и других наук. Например: возникновение хаоса в детерминированной задаче трех тел; неустойчивость фазовых траекторий в задачах статистической физики; проблема перехода к турбулентности в гидродинамике; возникновение хаотических колебаний в нелинейных задачах радиотехники и электроники и др.

У истоков методов описания сложной динамики стояли стояли такие классики, как Пуанкаре, Ферми, Ляпунов, Колмогоров, Андронов. Много сделано в изучении и понимании процессов сложной динамики и возникновения

хаоса в работах Синяя, Шильникова, Гапонова-Грехова, Ланде, Лоренца, Кузнецова, Рабиновича, Анищенко и др. [1-8].

Одним из основных методов анализа сложной динамики и условий возникновения хаоса является расчет показателей Ляпунова [7,8]. Определение Ляпуновских показателей является непростой задачей в основном реализуемой численными методами. В настоящей работе рассматриваются спектральные методы – классический и предлагаемая его модификация- метод различных собственных значений (РСЗ). Возможности методов сравниваются на модельных задачах Ресслера и Спротта явно демонстрирующих хаотическое поведение.

2. Классический спектральный метод анализа устойчивости.

Пусть уравнения (1), описывающие исследуемую на устойчивость систему, представляют собой совокупность нелинейных автономных уравнений

$$d_t a_\alpha \equiv \frac{da_\alpha}{dt} = F_\alpha(\{a_\alpha\}) \quad (1)$$

Динамика возмущений системы (1) в этом случае описывается уравнениями

$$d_t \delta a_\alpha = \sum_\beta \frac{\delta F_\alpha}{\delta a_\beta} \cdot \delta a_\beta \equiv E_{\alpha\beta} \delta a_\beta \quad , \quad \alpha, \beta = 1 \dots n. \quad (2)$$

где $E_{\alpha\beta}(\{a_\alpha(t)\})$ - элементы эволюционной матрицы, зависящие от динамических переменных $\{a_\alpha\}$ и времени t .

Если все временные производные в (2) отрицательны, то возмущения затухают и система устойчива по Ляпунову. Если существует хотя бы

одна положительная производная, то фазовые траектории разбегаются, система неустойчива. Соотношение знаков временных производных позволяет также определить возможность хаотического поведения и образования в фазовом пространстве сложных локализованных конструкций – аттракторов [1,8] (см. рис.1)

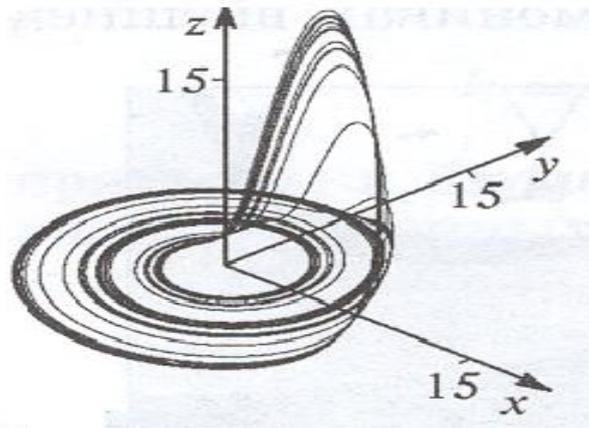


Рис.1 Аттрактор Ресслера при $e = d = 0.2$ $r = 5.7$

А именно : если знаки собственных значений $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ - временных производных (для трехмерных систем) равны

$$a) \text{Sgn}(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \Rightarrow (-, -, -)$$

$$b) \text{Sgn}(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \Rightarrow (0, -, -)_{(3)}$$

$$c) \text{Sgn}(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \Rightarrow (-, 0, +)$$

то динамический режим имеет характер соответственно

- a – устойчивой точки;
- b – предельного цикла;
- c – аттрактора (хаотической динамики).

Т.е. хаотическое поведение характеризуется наличием в спектре особой точки седло-фокуса и выражается в нерегулярных неустойчивых колебаниях. Хаос подразделяется на диссипативный и активный. Диссипативный хаос

связан с наличием притягивающих центров и уменьшением фазового объема системы (напр. хаос в модели Лоренца), при активном хаосе фазовые траектории разбегаются и фазовый объем увеличивается (см. рис.1).

Условием диссипативности- активности хаоса является дивергенция вектора скоростей -системы $\vec{B}(\partial_x, \partial_y, \partial_z)$ одновременно являющаяся одним из условий устойчивости

$$\text{div}B = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} \quad (4)$$

Если $\text{div}B < 0$ фазовый объем уменьшается, траектории сближаются - хаос диссипативный. Если $\text{div}B > 0$ то фазовый объем увеличивается, траектории разбегаются – система активна

соответствуют знакам корней спектрального уравнения - (СУ), которое представляет собой условие разрешимости системы (2) и имеет вид полинома относительно спектрального параметра λ

Согласно классическому спектральному методу знаки временных производных в системе (2)

$$D = \det[\delta_{\alpha\beta}\lambda - E_{\alpha\beta}] = \lambda^n + \sum_{i=1}^n a_i \cdot \lambda^{n-i} = 0 \quad (5)$$

Поэтому классический спектральный анализ сводится к анализу корней спектрального уравнения. А работах [9,10] сформулированы

критерии нейтральности, которые позволяют не решая спектральные уравнения по коэффициентам динамических или спектральных уравнений

получать условия возникновения неустойчивости и хаоса линейных систем (нейтральность-промежуточное состояние между устойчивыми и неустойчивыми состояниями, условие нейтральности- $\lambda=0$).

$$\begin{aligned} (\delta_{im}\lambda_k - e_{im}) \cdot \chi_{im}(\lambda_k) &= 0 \\ a_i &= C_m \cdot \chi_{im}(\lambda_k) \cdot \exp(\lambda_k t) \end{aligned} \quad (6)$$

Этот подход хорошо применим для линейных систем (их можно свести к одному уравнению высшего порядка с одним спектральным параметром). Однако, применение классического спектрального метода к нелинейным системам, особенно к системам с хаотической динамикой вызывает ряд вопросов:

а) n -мерные системы с хаотической динамикой характеризуются n числом вещественных параметров - показателей Ляпунова, тогда как спектральный метод дает меньшее количество (например для трехсистем с хаосом – три показателя Ляпунова, а по спектральному методу- один вещественный корень и два комплексно сопряженных т.е. два вещественных параметра);

б) из (5) следует, что все компоненты собственного вектора одинаково зависят от времени, тогда как в действительности поведение компонент различно (см.рис.1). В традиционном анализе это частично снимается линейной комбинацией собственных векторов (5);

в) классический подход указывает лишь границу устойчивости-неустойчивости (в том числе перехода к хаосу) а действительности имеется чередование областей регулярной и

Уравнения для собственных векторов эволюционной матрицы $\{\chi_i(\lambda_k)\}$ и решений системы (2), в этом случае, соответственно имеют вид

хаотической динамик, т.е. несколько различных динамических режимов.

Выше отмеченное указывает на недостаточность в традиционном варианте спектрального метода для описания систем с хаотической динамикой и необходимости его модернизации.

Заметим, что метод L-критерия [9] описывает динамику n -мерных систем n -вещественными параметрами.

Сформулируем для описания систем с хаотической динамикой метод различных собственных значений – РСЗ.

3 Метод РСЗ

Предварительно отметим следующее: известно, что системы третьего порядка отражают основные особенности динамики нелинейных систем, поэтому далее для определенности будем говорить только о них.

Предположим, что в уравнении для возмущений (2) временные производные характеризуются различными спектральными параметрами λ , тогда спектральное уравнение для трех системы принимает вид

$$\begin{aligned} \det[\delta_{ik}\lambda_i - e_{ik}] &= \lambda_1\lambda_2\lambda_3 - (\lambda_1\lambda_3e_{22} + \lambda_1\lambda_2e_{33} + \lambda_3\lambda_2e_{11}) + \sum_{i=1}^3 \lambda_i A_i + D = 0 \\ A_1 &= e_{22}e_{33} - e_{23}e_{32}, A_2 = e_{11}e_{33} - e_{13}e_{31}, A_3 = e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21}, \\ D &= e_{11}(e_{23}e_{32} - e_{22}e_{33}) + e_{33}e_{12}e_{21} + e_{22}e_{13}e_{31} - e_{12}e_{23}e_{31} - e_{13}e_{32}e_{21} \end{aligned} \quad (7,a)$$

Отметим что, спектральное уравнение в этом случае не имеет вид полинома относительно одного спектрального параметра λ , а представляет собой алгебраическую функцию трех взаимозависимых спектральных параметров $-\lambda_i$.

Полагая, например, $\lambda_1 = Re \lambda_1 = \lambda$, $\lambda_{2,3} = \alpha \pm i\omega$ из СУ (7) после выделения вещественной и мнимой частей уравнения получаем:

$$\begin{aligned} (\alpha^2 + \omega^2) \cdot (\lambda - e_{11}) - \lambda\alpha(e_{22} + e_{33}) + A_1\lambda + \alpha(A_2 + A_3) + D &= 0 \\ \omega[\lambda(e_{22} - e_{33}) + (A_2 - A_3)] &= 0 \end{aligned} \quad (7,b)$$

Из (7,б) для λ_1 , α имеем

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{A_3 - A_2}{e_{22} - e_{33}}, \quad \alpha_{2,3} = \frac{-M \pm \sqrt{M^2 - 4NG}}{2N} \\ N &= \lambda_1 - e_{11}, M = -\lambda_1(e_{22} + e_{33}) + A_2 + A_3, G = \omega^2(\lambda_1 - e_{11}) + \lambda_1 A_1 + D \end{aligned} \quad (8)$$

Соотношения (8) дают нам три вещественных параметра, два из которых зависят от частоты- ω и ограничение для ω - ($M^2 - 4NG \geq 0$). Также можно получить аналогичные (7,8) уравнения для случаев $\lambda_2 = Re \lambda_2 = \lambda$, $\lambda_3 = Re \lambda_3 = \lambda$. Это дает дополнительно еще два динамических режима.

Таким образом, зависимость спектральных параметров от частоты и дополнительные

динамические режимы образуют области неустойчивости и хаоса.

Продемонстрируем на модельных задачах Ресслера и Спротта эти методы (классический спектральный и РСЗ).

4. Модельная задача Ресслера - нелинейная задача имеющая явно выраженную область хаотического поведения с аттрактором представленным на рис.1. см. [7,8].

Уравнения модели Ресслера имеют вид

$$\begin{aligned}\partial_t x &= -y - z \\ \partial_t y &= x + e \cdot y \\ \partial_t z &= d - r \cdot z + x \cdot z .(9)\end{aligned}$$

x, y, z - динамические переменные; e, d, r - параметры, r - управляющий параметр. Дивергенция вектора скоростей

$\vec{B}(\partial_t x, \partial_t y, \partial_t z)$ характеризующая диссипативность системы равна

$$div B = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = e - r + x = \begin{matrix} > 0 \\ < 0 \end{matrix} .(10)$$

Из (10) следует, что система Ресслера диссипативна только в ограниченной области.

Система (9) имеет два стационарных решения - стационарных состояния (x_s, y_s, z_s)

$$\begin{aligned}\partial_t x &= 0 & y_s &= -z_s \\ \partial_t y &= 0 & x_s &= e \cdot z_s \\ \partial_t z &= 0 & z_{s\pm} &= \frac{r}{2e} \pm \sqrt{\left(\frac{r}{2e}\right)^2 - \frac{d}{e}} .(11)\end{aligned}$$

которые возможны при условии $r \geq 2e \cdot d$. Для параметров Ресслера

$e = d = 0.2, r = 5.7$ стационарные решения имеют вид $st(1) = st(z_{-s}), st(2) = st(z_{+s})$

$$st(1) \quad x_s = 0.01 \quad z_s = -y_s = 0.05 ; \quad st(2) \quad x_s = 5.69 \quad z_s = -y_s = 28.95 .(12)$$

Линеаризация уравнений (9) относительно решения ($\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z}$), в качестве которого может

быть выбрано любое решение в том числе и стационарное, дает систему уравнений для возмущений (2), где эволюционная матрица равна

$$\hat{E} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & e & 0 \\ \tilde{z} & 0 & \tilde{x} - r \end{pmatrix} .(13)$$

Классическое спектральное уравнение системы (9) и его коэффициенты соответственно равны

$$\det[\delta_{\alpha,\beta} \lambda - E_{\alpha,\beta}] = \lambda^3 + a_1 \lambda^2 + a_2 \lambda + a_3 = 0 ;$$

$$a_1 = -(e + x_s - r) \quad , \quad a_2 = [1 + x_s (e^{-1} + e) - re] \quad , \quad a_3 = -(2x_s - r) .(14)$$

Критерий НРИ [9] для СУ (14) дает два критических (нейтральных режима), критическая

частота в которых и условие нейтральности имеют вид

$$\begin{aligned} 1) \quad \omega_{cr} = 0 \quad , \quad 2x_s - r = 0 \\ 2) \quad \omega_{cr} = \sqrt{1 + x_s(e^{-1} + e) - re} \quad , \quad e(x_s - r)(x_s - r + e) = 0 \end{aligned} \quad .(15)$$

Анализ условий (15) совместно с условиями стационарности (11) показывают, что при $r = 2e = 0.4$ оба условия (15) совпадают а, корни СУ (14) равны

$$\lambda_1 = 0 \quad ; \quad \lambda_{2,3} = 0 \pm 1.7i \quad .(16)$$

Первый критический режим реализуется только для второго стационарного состояния ($r \geq 2e = 0.4$) , которое при $r > 0.4$ становится неустойчивым, а корни СУ, например при $r = 0.5$ соответственно равны

$$\lambda_1 = -0.215 \quad ; \quad \lambda_{2,3} = 0.00546 \pm 1.19i \quad .(17)$$

Второй критический режим реализуется для первого стационарного состояния, которое также неустойчиво при $r > 0.4$. И при $r = 0.5$ корни СУ становятся равными

$$\lambda_1 = 0.101 \quad ; \quad \lambda_{2,3} = -0.0054 \pm 1.7i \quad .(18)$$

Такими образом оба стационарных состояния по-разному являются неустойчивыми. Спектральное уравнение по методу РСЗ (7а) для задачи Ресслера с эволюционной матрицей (13) принимает вид $(x_+ \equiv x_s - r)$

$$\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 - (\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot x_+ + \lambda_1 \cdot \lambda_3 \cdot e) + (\lambda_1 \cdot e \cdot x_+ + \lambda_2 \cdot z_s + \lambda_3) - (x_+ + e \cdot z_s) = 0 \quad .(19)$$

а) первый динамический режим ($\lambda_1 = Re \lambda_1 = \lambda$, $\lambda_{2,3} = \alpha \pm i\omega$) из СУ (19) разделяя вещественную и мнимую части получаем

$$\begin{aligned} \lambda(\alpha^2 + \omega^2) - \lambda\alpha(x_+ + e) + \lambda \cdot e \cdot x_+ + \alpha(z_s + 1) - (x_+ + e \cdot z_s) = 0 \\ \omega\{\lambda(e - x_+) + (z_s - 1)\} = 0 \end{aligned} \quad .(20)$$

Из (20) находим

$$\begin{aligned} \lambda = \frac{z_s - 1}{x_+ - e} \quad ; \quad \alpha_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4\lambda \cdot G}}{2\lambda} \\ B = -\lambda(x_+ + e) + z_s + 1 \quad ; \quad G = \lambda(\omega^2 + e \cdot x_+) - (x_+ + e \cdot z_s) \end{aligned} \quad (21)$$

спектральные параметры и верхнюю границу частоты в этом режиме

$$B^2 - 4\lambda \cdot G \geq 0 \quad \rightarrow \quad \omega_{\max}^2 \leq \frac{1}{\lambda} \left[\frac{B^2}{4\lambda} - \lambda \cdot e \cdot x_+ + (x_+ + e \cdot z_s) \right] \quad .(22)$$

Из (20,21) следует, что при $z_s = 1$ ($r = 2e$) $\lambda = \alpha = 0$,это совпадает с условием нейтральности (15,2;16). Т.е. формулы, полученные по методу РСЗ включают в себя и результаты классического спектрального анализа.

Можно показать, что динамические режимы $\lambda_2 = Re \lambda_2 = \lambda$, $\lambda_3 = Re \lambda_3 = \lambda$ в данной задаче не

реализуются, стационарных состояний в них не существует.

В таблицах 1,2 приведены результаты расчета спектральных параметров и граничной частоты по формулам (21,22) в зависимости от параметров r/e для стационарных состояний st(1), st(2).

Таблица 1.

Зависимость спектральных характеристик модели Ресслера от параметров g, e для $st(1)$

r/e	λ	ω_{max}^2	ω^2	α_1	α_2
1/0.2	0.681	0.447	0.44	-1.18	-1.35
-	-	-	0.3	-0.881	-1.65
3/0.2	0.297	0.781	0.5	-2.68	-3.75
-	-	-	0.3	-2.52	-3.51
5.7/0.2	0.164	1.312	1.30	-5.91	-5.93
-	-	-	1.0	-5.35	-6.46

Таблица 2.

Зависимость спектральных характеристик модели Ресслера от параметров g, e для $st(2)$

r/e	λ	ω_{max}^2	ω^2	α_1	α_2
1/0.2	-15.7	0.0194	0.019	0.241	0.266
-	-	-	0.001	0.124	0.404
3/0.2	-65.3	0.0035	0.0034	0.214	0.217
-	-	-	0.001	0.165	0.265
5.7/0.2	-132	0.00161	0.001	0.182	0.232

Из таблиц следует, что оба стационарных состояния неустойчивы. В первом состоянии

(Табл.1) неустойчивость связана с одной модой она заметно возрастает, две другие представляют собой затухающие колебания – это соответствует картине на фазовой плоскости (см. рис.1). Во втором состоянии (Табл.2) одна мода возмущений быстро затухает две другие представляют собой низкочастотные усиливающие

колебания. Хаотические колебания (хаос) присутствуют в обоих стационарных состояниях, причем в первом состоянии он диссипативен во втором активен (см.10,12). Из таблиц также видна зависимость скорости изменения колебаний от частоты.

5. Модельная задача Спротта

Уравнения модели Спротта равны

$$\begin{aligned}\partial_t x &= x \cdot y - z \\ \partial_t y &= x - y \\ \partial_t z &= x + a \cdot z\end{aligned}, (23)$$

где x, y, z – динамические переменные; a – параметр. Дивергенция вектора скоростей

$\vec{B}(\partial_t x, \partial_t y, \partial_t z)$, характеризующая диссипативность системы равна

$$\text{div} B = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = y - 1 + a = \begin{matrix} > 0 \\ < 0 \end{matrix} . (24)$$

Из (24) следует, что в зависимости от параметра a система может быть активной так и диссипативной.

Система (23) имеет два стационарных решения – стационарных состояния (x_s, y_s, z_s)

$$\begin{aligned}\partial_t x &= 0 \\ \partial_t y &= 0 \\ \partial_t z &= 0\end{aligned} \rightarrow st(1) = (0, 0, 0), \quad st(2) = \left(-\frac{1}{a}, -\frac{1}{a}, -\frac{1}{a}\right), . (25)$$

Эволюционная матрица для возмущений системы (23) имеет вид

$$\hat{E} = \begin{pmatrix} y & x & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & a \end{pmatrix}. (26)$$

Классическое спектральное уравнение системы (23) и его коэффициенты соответственно равны

$$\det[\delta_{\alpha,\beta}\lambda - E_{\alpha,\beta}] = \lambda^3 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda + a_3 = 0; \quad (27)$$

$$a_1 = (1 - a - y), \quad a_2 = -x + (1 - y) \cdot (1 - a), \quad a_3 = 1 + a(y + x)$$

Для st(1) СУ (27) и его корни соответственно равны

$$(\lambda + 1) \cdot (\lambda^2 - a \cdot \lambda + 1); \quad \lambda_1 = -1, \quad \lambda_{2,3} = \frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} - 1}. \quad (28)$$

Из (28) следует, что при $a \in (0, 2)$ состояние st(1) неустойчиво и испытывает слаборастущие хаотические колебания. При $a > 2$ состояние

неустойчиво, две моды апериодически растут. При $a < 0$ состояние устойчиво.

Для st(2) СУ (27) приобретает вид

$$\lambda^3 + \left(1 + \frac{1}{a} - a\right)\lambda^2 + \left(\frac{2}{a} - a\right)\lambda - 1 = 0. \quad (29)$$

Критерий ПРИ [9] для этого состояния дает

$$\left(1 - a + \frac{1}{a}\right)\left(\frac{2}{a} - a\right) + 1 = \frac{> 0 (Y)}{< 0 (HY)}; \quad \omega_{cr}^2 = \frac{-1}{(1 - a + a^{-1})}. \quad (30)$$

Из (30) следует, что при $a > 1.7$ система неустойчива, в ней возникают нарастающие колебания частотой ω_{ck} . При $a < 0$ этот режим не реализуется.

Спектральное уравнение по методу РСЗ системы (23) равно (31)

$$\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 + (\lambda_1 \cdot \lambda_3 - y \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 - a \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2) + (-a \cdot \lambda_1 + a \cdot y \cdot \lambda_3 - \lambda_3(x + y) + \lambda_2) + [a \cdot (x + y) + 1] = 0$$

а) первый динамический режим ,разделяя на вещественную и мнимую части $(\lambda_1 = Re \lambda_1 = \lambda, \lambda_{2,3} = \alpha \pm i\omega)$ из СУ (31) аналогично (20,21) для $\lambda_1, \alpha_{2,3}$ получаем

$$\lambda = a \cdot (y - 1) + (x + y) + 1; \quad \alpha_{2,3} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4A \cdot G}}{2A} \quad (32)$$

$$A = \lambda - y, \quad B = \lambda(1 - a) + ay + 1 - (x + y); \quad G = \omega^2 A + a \cdot (x + y) + 1.$$

Для st(1) из (32) получаем

$$\lambda = 1 - a; \quad \alpha_{2,3} = \frac{-(\lambda^2 + 1) \pm \sqrt{(\lambda^2 + 1)^2 - 4\lambda(\omega^2 \lambda + 1)}}{2\lambda}; \quad \omega^2 \leq \left[\frac{(\lambda^2 + 1)^2}{4\lambda^2} - \frac{1}{\lambda} \right]. \quad (33)$$

Из (33) следует, что при $a < 1 \rightarrow \lambda > 0, \alpha_{2,3} < 0$ система неустойчива, присутствуют затухающие колебания. При $a > 1 \rightarrow \lambda < 0, \alpha_+ < 0, \alpha_- > 0$ в системе существуют слаборастущие хаотические колебания.

б) второй динамический режим $\lambda_2 = Re \lambda = \lambda, \lambda_{1,3} = \alpha \pm i\omega$ устойчив и представляет собой затухающие колебания; третий динамический режим не реализуется.

Для st(2) (25) и первого динамического режима $(\lambda_1 = Re \lambda_1 = \lambda, \lambda_{2,3} = \alpha \pm i\omega)$ из (32) получаем (34)

$$\lambda = -\left(a + \frac{2}{a}\right), \quad \alpha_{2,3} = \frac{a \pm \sqrt{a^2 - 4(a + a^{-1}) \cdot [\omega^2(a + a^{-1}) + 1]}}{-2(a + a^{-1})}, \quad \omega^2 \leq \left[\frac{a^2}{4(a + a^{-1})^2} - \frac{1}{(a + a^{-1})} \right]$$

Из (34) следует, что при $a > 0 \rightarrow \lambda < 0$, $\alpha_{2,3} < 0$ все возмущения затухают - состояние устойчиво. При $a < 0$ значения λ , $\alpha_{2,3}$, ω в зависимости от параметра a приведены в таблице 3

Таблица 3.

Зависимость спектральных характеристик модели Спротта от параметра a для первого динамического режима в st(2)

a	λ	ω_{max}^2	ω^2	α_1	α_2
-1	3	0.583	0.2	-1.95	0.446
-2	3	0.56	0.5	-1.94	0.314
-3	3.67	0.503	0.5	-1.90	0.105
-5	5.4	0.423	0.2	-2.20	0.277
-7	7.29	0.39	0.2	-2.15	0.186

Из таблицы следует, что в этом состоянии система неустойчива и существуют разной интенсивности хаотические колебания.

Заключение

Таким образом, из выше рассмотренного следует, что

а) Предлагаемый метод РСЗ дает более сложную картину динамики в моделях Ресслера Спротта чем классический спектральный, в частности указывает дополнительные области неустойчивости и хаоса, что не показывает классический (например в модели Спротта неустойчивости при $a < 0$), а также включает в себя часть результатов классического анализа.

б) Хаос в задачах присутствует во всей области изменения параметров и в зависимости от последних в диссипативной или в активной форме.

в) Наличие интервалов возможных частот и параметров a также множественность динамических режимов указывает на существование в нелинейных задачах областей неустойчивости и хаоса, что есть в действительности (см. также [10])

г) В целом предлагаемый метод РСЗ изучении динамики нелинейных систем можно рассматривать как дополнительный к методам основанным на расчетах показателей Ляпунова и классическому спектральному.

Литература

1. Шильников Л.П., Теория бифуркаций и модель Лоренца, сб. Бифуркации рождения цикла, М.Мир,1980,386 с.
2. Андронов В.А., Витт В.А., Хайкин С.Б., Теория колебаний, М. Наука, 1981.
3. Гапонов-Грехов А.В., Рабинович М.И. Нелинейная физика, стохастичность и структура, сб. физика XX века, М.Наука,1984,с.(219-280).
4. Неймарк Ю.И., Ланда П.С., Стохастические и хаотические колебания, М.Наука, 1987,424 с.
5. Мун Ф., Хаотические колебания, Мир,1990,312 с.
6. Анищенко В.С., Сложные колебания в простых системах, М.Наука, 1990, 312 с.
7. Анищенко В.С., Аттракторы динамических систем, Изв. Вузов, прикладная нелинейная динамика,1997,т.5№1,(109-127).
8. Кузнецов С.П. Динамический хаос, ФМ. М. Физматгиз,2006.355 с.
9. Перевозников Е.Н., Методы анализа устойчивости неравновесных систем, Изв. Вузов, Физика, 2006, №10, с (34-39).
10. Перевозников Е.Н., Особенности спектра систем с хаотической динамикой, Сб. трудов LXXIII научной конференции «Герценовские чтения, Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования», Санкт-Петербург 7-10 апреля 2020. Изд РГПУ им.А.И.Герцена,(46-52)с.

УДК 537

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЙ С НЕНУЛЕВЫМ МОМЕНТОМ В СОБСТВЕННОМ ПОЛЕ

Чихачев А.С.

Вэи, филиал ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина

DYNAMICS OF STATES WITH NON-ZERO MOMENT IN OWN FIELD

A.S. Chikhachev

Vei, branch of VNIITF named after E.I. Zababakhin

DOI: 10.31618/NAS.2413-5291.2022.2.85.667

ABSTRACT

The work studies a non-stationary self-consistent quantum system that interacts intensively with its own field. At a non-zero moment, the psi function cannot be independent of the angles of the spherical coordinate system. In the work, a superposition of angular distributions was found, leading to a spherical symmetric charge distribution with an overall torque value ($l = 1$). For half-integer values of the moment ($l = \pm \frac{1}{2}$), the problems characterized by the density depending on the angle are solved.

In the final section, a classical collisionless one-component system of charged particles characterized by a nonzero moment is considered.

АННОТАЦИЯ

В работе изучается нестационарная самосогласованная квантовая система, интенсивно взаимодействующая с собственным полем. При ненулевом моменте пси-функция не может быть независимой от углов сферической системы координат. В работе найдена суперпозиция угловых распределений, приводящая к сферически симметричному распределению заряда при целом значении момента ($l=1$). При полуцелых значениях момента ($l = \pm \frac{1}{2}$) решены задачи, характеризующиеся плотностью, зависящей от угла.

В заключительном разделе рассмотрена классическая бесстолкновительная однокомпонентная система заряженных частиц, характеризующаяся ненулевым моментом.

Keywords: Schrodinger equation, orbital moment, nonstationary coordinates, kinetic equation.

Ключевые слова: уравнение Шредингера, орбитальный момент, нестационарные координаты, кинетическое уравнение.

Введение

Изучение нестационарных систем, интенсивно взаимодействующих с собственным полем представляет большой интерес как с экспериментальной, так и с теоретической точек зрения. Особый интерес представляет квантовомеханическая система, использующая нестационарный гамильтониан. В настоящей работе будет использован нестационарный гамильтониан, следующий из работ Мещерского [1]. Этот гамильтониан использован в работе [2] для решения квантовомеханической задачи. В работах [3,4] решались задачи в одномерной конфигурации и сферически симметричная проблема при нулевом орбитальном моменте $l=0$.

В настоящей работе приведено решение уравнения Шредингера в сферических координатах при ненулевом орбитальном моменте, причем рассмотрены задачи с целым ($l=1$) и полуцелым

$l = \pm \frac{1}{2}$ орбитальным моментом. Так же, как и в работах [3,4] точное решение сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений 4-го порядка.

Заметим здесь, что используемый нестационарный гамильтониан может быть использован как для квантовых, так и для классических систем. Кинетическое уравнение с использованием модельного нестационарного гамильтониана, впервые, по-видимому, сформулировано в работе [5]. В дальнейшем динамика нестационарных самосогласованных систем в плоской сферической геометрии изучались в работах [6],[7],[8].

Состояния с моментом $l=1$

Состояние квантовой системы с ненулевым моментом в центральном поле описывается уравнением Шредингера:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} - \frac{\hat{L}}{r^2} \Psi \right) + U(r,t) \Psi(r,t) \quad (1.1)$$

Здесь
$$\hat{L} = \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$$

Положим $\Psi = \psi(r, t)Y(\theta, \varphi)$. При этом $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} - \frac{\hat{L}}{r^2} \Psi \right) + U(r, t)\Psi(r, t)$

$\hat{L}Y = -LY$, где $L = l(l+1)$ - квадрат полного момента. При $L \neq 0$ в уравнении присутствуют производные по угловым переменным, что означает отсутствие сферической симметрии изучаемого состояния, что является существенным обстоятельством для систем с собственным полем.

Рассмотрим, далее, случай, когда $L = l(l+1)$ и введем функцию ψ_1 посредством равенства $\psi(r, t) = \psi_1(r, t)r^l$, причем будем изучать нестационарную систему, описываемую потенциалом вида:

$\frac{1}{\xi(t)^2} U\left(\frac{r}{\xi(t)}\right)$, получим:

$$i\hbar \frac{\partial \psi_1}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_1}{\partial r^2} + \frac{2(l+1)}{r} \frac{\partial \psi_1}{\partial r} \right) + \frac{1}{\xi(t)^2} U\left(\frac{r}{\xi(t)}\right) \psi_1(r, t). \quad (1.2)$$

Здесь $\xi(t)$ функция, удовлетворяющая уравнению: $\ddot{\xi} = \frac{\lambda}{\xi^3}$, $\frac{U}{\xi^2}$ - потенциал собственного поля, r, θ, φ - координаты сферической системы.

Введем новые переменные: $\tau = \int \frac{dt'}{\xi(t')^2}$, $\rho = \frac{r}{\xi}$.

Тогда (1.2) приводится к виду:

$$i\hbar \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial \tau} - \rho \frac{\dot{\xi}}{\xi} \frac{\partial \psi_1}{\partial \rho} \right) = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_1}{\partial \rho^2} + \frac{2(l+1)}{\rho} \frac{\partial \psi_1}{\partial \rho} \right) + U(\rho) \psi_1(\rho, \tau) \quad (1.3)$$

Произведем следующее преобразование, положим $\psi_1 = \Lambda \psi_2$ где $\Lambda = \exp\left(\frac{im}{2\hbar} \frac{\dot{\xi}}{\xi} \rho^2\right)$. Для ψ_2 следует уравнение:

$$i\hbar \frac{\partial \psi_2}{\partial \tau} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_2}{\partial \rho^2} + \frac{2(l+1)}{\rho} \frac{\partial \psi_2}{\partial \rho} \right) + U(\rho) \psi_2(\rho, \tau) + \frac{\lambda m \rho^2}{2} \psi_2 - \frac{i\hbar}{2} \frac{\dot{\xi}}{\xi} \left(l + \frac{3}{2} \right) \psi_2. \quad (1.4)$$

При решении самосогласованной задачи с $l = 1$ удобно ввести функцию $\psi_3 : \psi_2 = \psi_3 / \xi^3$. Получим:

$$i\hbar \frac{\partial \psi_3}{\partial \tau} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_3}{\partial \rho^2} + \frac{4}{\rho} \frac{\partial \psi_3}{\partial \rho} \right) + U(\rho) \psi_3 + \frac{\lambda m \rho^2}{2} \psi_3 + \frac{i\hbar}{2} \frac{\dot{\xi}}{\xi} \psi_3. \quad (1.5)$$

В (1.5) положим $\psi_3 = \exp\left(-\frac{iE\tau}{\hbar}\right) \psi(\rho)$, $\frac{\dot{\xi}}{\xi} \equiv const = \frac{1}{2\tau_0}$, $\lambda = -\frac{1}{4\tau_0^2}$. Тогда

$$E\psi = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial \rho^2} + \frac{4}{\rho} \frac{\partial \psi}{\partial \rho} \right) + U\psi - \frac{m\rho^2}{8\tau_0^2} \psi + \frac{i\hbar}{4\tau_0} \psi \quad (1.6)$$

При этом плотность заряда определяется выражением $|\Psi|^2 = \rho^2 |\psi|^2 |Y|^2 / \xi^4$.

В случае $l = 1$ угловую часть пси-функции можно рассматривать как состояние со спином единица, описываемое трехчленным столбцом: $Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix}$, соответственно Y^+ -это строка (Y_1^*, Y_2^*, Y_3^*) . Положим

$$Y_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \theta e^{i\varphi}, Y_2 = \cos \theta, Y_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \theta e^{-i\varphi},$$

При таком выборе представления $\bar{M}_z = Y^+ M_z Y = 0$, а плотность частиц, определяемая произведением $Y^+ Y$, не зависит от углов: $Y^+ Y = 1$.

В этом случае уравнение для потенциала можно записать в виде:

$$\frac{1}{\xi^4} \frac{1}{\rho^2} \frac{d}{d\rho} \rho^2 \frac{dU}{d\rho} = -\kappa_* \rho^2 |\psi|^2 \frac{1}{\xi^4}. \quad (1.7)$$

Здесь κ_* - константа связи.

Положим, далее, $\psi(\rho) = e^{i\theta(\rho)} R(\rho)$. Получим систему уравнений:

$$ER = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(R'' - R\theta'^2 + \frac{4}{\rho} R' \right) + R \left(U - \frac{m\rho^2}{8\tau_0^2} \right). \quad (1.8)$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left(2R'\theta' + R\theta'' + \frac{4}{\rho} R\theta' \right) + \frac{\hbar}{4\tau_0} R = 0. \quad (1.9)$$

Вместо ρ введем безразмерную переменную s : $\rho = l_0 s, l_0 = \frac{2\hbar\tau_0}{m}$. Обозначим $y = \theta' l_0$. Тогда система принимает вид:

$$R'' - R\theta'^2 + \frac{4\tau_0}{\hbar} (U - E) R - s^2 R = V(s) R - s^2 R, \quad (1.10)$$

$$2R'y + Ry' + \frac{4}{s} Ry = R, \quad (1.11)$$

$$\frac{d^2V}{ds^2} + \frac{2}{s} \frac{dV}{ds} = -\kappa_0 s^2 R^2. \quad (1.12)$$

Можно переписать (1.11) в виде: $(R^2 y s^4)' = R^2 s^4$, а (1.12)-в виде $\frac{d}{ds} s^2 \frac{d}{ds} V(s) = -\kappa_0 R^2 s^4 = -\kappa_0 (R^2 s^4 y)'$. Тогда $s^2 \frac{dV}{ds} = -\kappa_0 R^2 y s^2 + C_*$. Полагая $C_* = 0$ получим уравнение:

$$\frac{dV}{ds} = -\kappa_0 R^2 y s^2. \quad (1.13)$$

Уравнение(1.10) удобно переписать в виде:

$$\frac{R''}{R} + \frac{4}{s} \frac{R'}{R} = V + y^2 - s^2, \quad (1.14)$$

а (1.11)-в виде

$$y' = -2y \frac{R'}{R} - \frac{4}{s} Ry + 1. \quad (1.15)$$

Т.е. имеем систему (1.13)-(1.15).

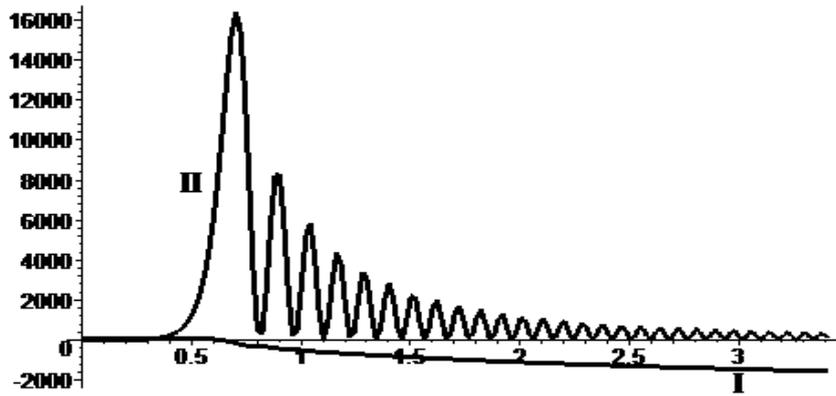


Рис.1 Зависимость потенциала (I) и плотности заряда (II) от автомодельной переменной.

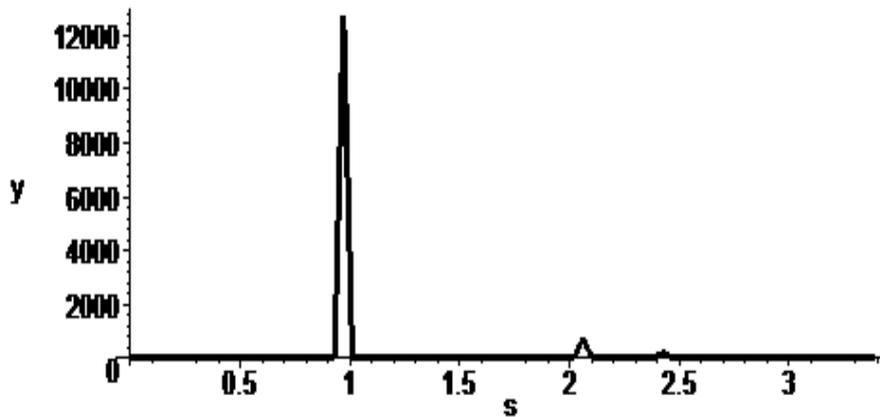


Рис.2 Зависимость $y(s)$

На рисунках 1 и 2 изображены результаты решения системы (1.13), (1.14) и (1.15). В качестве начальных условий использовались соотношения: $R(0) = 10, R'(0) = 0, V(0) = 100, y(0) = 0$. Полагалось $\kappa_* = 1$. Зависимость $y(s)$ характеризуется наличием резких и узких максимумов, плотность заряда быстро осциллирует и стремится к нулю, а потенциал убывает монотонно.

Состояния с моментом $l=1/2$

В отличие от предыдущего раздела рассмотрим, далее, случай, когда $L=3/4$. Как и в предыдущем разделе положим $\Psi(\vec{r}, t) = \psi(r, t)Y(\theta, \varphi)$. Введем функцию ψ_1 посредством равенства $\psi(r, t) = \psi_1(r, t)\sqrt{r}$, причем также будем изучать нестационарную систему, описываемую потенциалом вида:

$\frac{1}{\xi(t)^2}U\left(\frac{r}{\xi(t)}\right)$, получим:

$$i\hbar \frac{\partial \psi_1}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_1}{\partial r^2} + \frac{3}{r} \frac{\partial \psi_1}{\partial r} \right) + \frac{1}{\xi(t)^2} U \left(\frac{r}{\xi(t)} \right) \psi_1(r, t). \quad (2.1)$$

Введем переменные $\tau = \int \frac{dt'}{\xi(t')^2}, \rho = \frac{r}{\xi}$. Тогда (2.1) приводится к виду:

$$i\hbar \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial \tau} - \rho \frac{\dot{\xi}}{\xi} \frac{\partial \psi_1}{\partial \rho} \right) = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_1}{\partial \rho^2} + \frac{3}{\rho} \frac{\partial \psi_1}{\partial \rho} \right) + U(\rho) \psi_1(\rho, \tau) \quad (2.2)$$

Произведем следующее преобразование: положим $\psi_1 = \Lambda \psi_2$, где $\Lambda = \exp\left(\frac{im\dot{\xi}}{2\hbar\xi}\rho^2\right)$. Можно получить

уравнение для ψ_2 :

$$i\hbar \frac{\partial \psi_2}{\partial \tau} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_2}{\partial \rho^2} + \frac{3}{\rho} \frac{\partial \psi_2}{\partial \rho} \right) + U(\rho) \psi_2 + \frac{\lambda m \rho^2}{2} \psi_2 - 2i\hbar \frac{\dot{\xi}}{\xi} \psi_2. \quad (2.3)$$

Положим $\psi_3 = \psi_2 / \xi^{5/2}$. Получим

$$i\hbar \frac{\partial \psi_3}{\partial \tau} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_3}{\partial \rho^2} + \frac{3}{\rho} \frac{\partial \psi_3}{\partial \rho} \right) + U(\rho) \psi_3 - \frac{m \rho^2}{8\tau_0^2} \psi_3 + i\hbar \frac{\dot{\xi}}{2\xi} \psi_3.$$

Плотность заряда имеет вид:

$$Q = |\Psi|^2 = |\psi_3|^2 \rho / \xi^4$$

Представим ψ_2 в виде: $\psi_2 = R(\rho, \tau) Y(\theta, \varphi)$, где Y удовлетворяет уравнению:

$$\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \sin \theta \frac{\partial Y}{\partial \theta} + \frac{3}{4} Y + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2 Y}{\partial \varphi^2} = 0. \quad (2.4)$$

Вместо переменной θ введем $\eta = \ln\left(\operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)$. Тогда уравнение принимает вид:

$$ch^2 \eta \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 Y}{\partial \varphi^2} \right) = -\frac{3}{4} Y. \quad (2.5)$$

Далее будем учитывать спинорный характер Ψ -функции и представлять Y в -виде столбца:
 $Y = \sqrt{\Omega(\eta)/2} \begin{pmatrix} e^{i\varphi/2} \\ e^{-i\varphi/2} \end{pmatrix}$, соответственно Y^+ - это строка

$Y^+ = \sqrt{\Omega(\eta)/2} (e^{-i\varphi/2}, e^{i\varphi/2})$. Зависимость плотности от углов определяется произведением $Y^+ Y$ и при выбранном представлении плотность не зависит от угла φ : $Y^+ Y = \Omega(\eta)$.

Перейдем, далее, к уравнению для потенциала. Представим потенциал в виде произведения функции от радиуса на функцию от угловых переменных, поскольку плотность заряда не зависит от φ , потенциал V также не зависит от φ : $V = \Delta(\eta) U(\rho)$. Используя переменную η вместо θ получим:

$$\Delta(\eta) \frac{1}{\rho^2} \frac{d}{d\rho} \rho^2 \frac{dU(\rho)}{d\rho} + \frac{U(\rho)}{\rho^2} ch^2(\eta) \left(\frac{d^2 \Delta}{d\eta^2} \right) = Q \quad (2.6)$$

Здесь Q - плотность заряда. В случае взаимодействия с собственным полем $Q = -\mu |\Psi|^2$, μ - константа связи. Полное отделение функции радиуса от функции угла может быть достигнуто, если выполнены условия: $ch^2(\eta) \frac{d^2 \Delta}{d\eta^2} = \nu \Delta$ (ν - константа) и $\Omega \equiv \Delta$. В дальнейшем рассмотрим именно этот случай. Из (2.5) можно получить:

$$ch^2 \eta (2\Omega'' \Omega - \Omega'^2 - \Omega^2) = -3\Omega^2. \quad (2.7)$$

Подставляя в это уравнение выражение $\text{ch}^2 \eta = \frac{\nu \Omega}{\Omega''}$ получим уравнение для $\Omega(\eta)$.

$$\Omega'' \Omega (2\nu + 3) = \nu (\Omega'^2 + \Omega^2). \quad (2.8)$$

Это уравнение имеет интеграл: $C_1 = \Omega^{-\frac{2\nu}{2\nu+3}} \left(\Omega'^2 - \frac{\nu}{\nu+3} \Omega^2 \right)$ а также частные решения: $\Omega(\eta) = \exp(\pm a\eta)$, где $a^2 = \frac{\nu}{\nu+3}$. При $\nu = -2$ $S = 1/\Omega$, $C_1 = S'^2 + 2S^2$. В этом случае условие положительности $\Omega > 0$ ограничивает область возможных значений η .

Из (2.6) следует уравнение:

$$\frac{1}{\rho^2} \frac{d}{d\rho} \rho^2 \frac{dU}{d\rho} + \nu \frac{U}{\rho^2} = -\kappa_0 |\psi_3|^2 \rho. \quad (2.9)$$

В уравнении (2.3) сделаем замену:

$$\psi_2 = \exp\left(-\frac{iE\tau}{\hbar}\right) R(\rho) \exp(i\theta(\rho)), \quad (2.10)$$

где E - действительная величина, $R(\rho), \theta(\rho)$ - действительные функции. Положим $\frac{\xi}{\xi} \equiv \text{const} = \frac{1}{2\tau_0}$. Получим систему:

$$ER = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(R'' - R\theta'^2 + \frac{3}{\rho} R' \right) + R \left(U + \frac{\lambda m \rho^2}{2} \right) \quad (2.11)$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left(2R'\theta' + R\theta'' + \frac{3}{\rho} R\theta' \right) - \frac{\hbar}{\tau_0} R = 0. \quad (2.12)$$

Уравнение (2.9) (с заменой $|\psi_2|^2$ на R^2) и (2.11), (2.12) образуют замкнутую систему, описывающую динамику системы. Вместо ρ введем безразмерную переменную s : $\rho = l_0 s, l_0^2 = \frac{2\hbar \tau_0}{m}$. Обозначим

$y = \theta' l_0, V = \frac{4\tau_0}{\hbar} U, \varepsilon = \frac{4\tau_0 E}{\hbar}, \kappa_1 = \kappa_0 \frac{4\tau_0}{\hbar} \left(\frac{2\hbar \tau_0}{m} \right)^2$. Тогда система принимает вид:

$$R'' - Ry^2 + \frac{3R'}{s} = (V(s) - \varepsilon) R - s^2 R, \quad (2.13)$$

$$2R'y + Ry' + \frac{3}{s} Ry = -R, \quad (2.14)$$

$$\frac{d^2V}{ds^2} + \frac{2}{s} \frac{dV}{ds} + \nu \frac{V(s)}{s^2} = -\kappa_1 s R^2. \quad (2.15)$$

Приведем решение этой системы в частном случае $\nu = -2$. Используем замену $V(s) = V_1(s)s$, и начальные условия: $R(0) = 1, R'(0) = 0, V_1(0) = 1, V_1'(0) = 0$. Результаты представлены на рис.3. При выборе $\nu = -2$ появляется возможность получения аналитического в нуле решения, однако функция $\Omega(\theta)$ удовлетворяет условию положительности не при всех θ в промежутке от 0 до π .

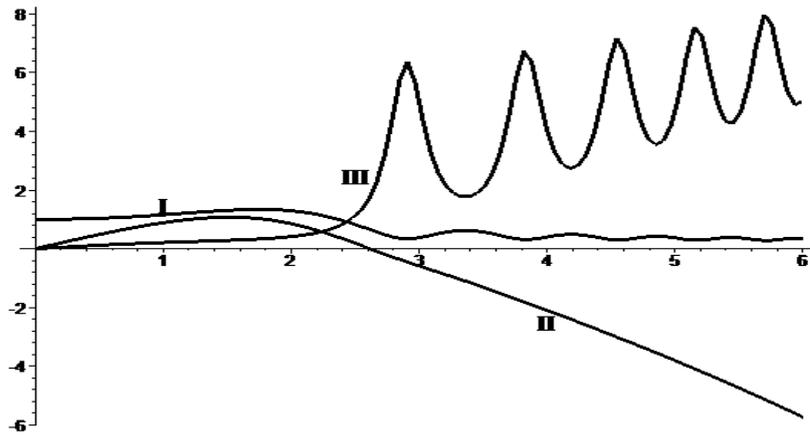


Рис.3 Зависимости $V(s)$ (I), $R(s)$ (II), $y(s)$ (III)/

Состояния с моментом $l=-1/2$

В отличие от предыдущего раздела рассмотрим, далее, случай, когда $L = -\frac{1}{4}$ ($l = -\frac{1}{2}$). Как и в предыдущем разделе положим функцию ψ_1 посредством равенства $\psi(r, t) = \psi_1(r, t)\sqrt{r}$, причем также будем изучать нестационарную систему, описываемую потенциалом вида: $\frac{1}{\xi(t)^2}U\left(\frac{r}{\xi(t)}\right)$, получим:

$$i\hbar \frac{\partial \psi_1}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \psi_1}{\partial r} \right) + \frac{1}{\xi(t)^2} U\left(\frac{r}{\xi(t)}\right) \psi_1(r, t). \tag{3.1}$$

Введем переменные $\tau = \int \frac{dt'}{\xi(t')^2}, \rho = \frac{r}{\xi}$.

Положим $\psi_1 = \Lambda \psi_2$, где $\Lambda = \exp\left(\frac{im}{2\hbar} \frac{\dot{\xi}}{\xi} \rho^2\right)$. Можно получить уравнение для ψ_2 :

$$i\hbar \frac{\partial \psi_2}{\partial \tau} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi_2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \psi_2}{\partial \rho} \right) + U(\rho) \psi_2 + \frac{\lambda m \rho^2}{2} \psi_2 - i\hbar \frac{\dot{\xi}}{\xi} \psi_2. \tag{3.2}$$

Представим ψ_2 в виде: $\psi_2 = R(\rho, \tau)Y(\theta, \varphi)$, где Y удовлетворяет уравнению:

$$\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \sin \theta \frac{\partial Y}{\partial \theta} - \frac{1}{4} Y + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2 Y}{\partial \varphi^2} = 0. \tag{3.3}$$

Вместо переменной θ введем $\eta = \ln\left(t g\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)$. Тогда уравнение принимает вид:

$$\text{ch}^2 \eta \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 Y}{\partial \varphi^2} \right) = \frac{1}{4} Y. \tag{3.4}$$

Далее будем представлять функцию Y в виде столбца: $Y = \sqrt{\Omega(\eta)/2} \begin{pmatrix} e^{i\varphi/2} \\ e^{-i\varphi/2} \end{pmatrix}$, соответственно Y^+ -

этого строка

$Y^+ = \sqrt{\Omega(\eta)/2} (e^{-i\varphi/2}, e^{i\varphi/2})$. Зависимость плотности от углов определяется произведением Y^+Y и при выбранном представлении плотность не зависит от угла φ : $Y^+Y = \Omega(\eta)$.

Представим потенциал в виде произведения функции от радиуса на функцию от угловых переменных, поскольку плотность заряда не зависит от угла φ , потенциал V также не зависит от φ : $V = U(\rho)\Delta(\eta)$. Используя переменную η вместо θ получим:

$$\Delta(\eta) \frac{1}{\rho^2} \frac{d}{d\rho} \rho^2 \frac{dU(\rho)}{d\rho} + \frac{U(\rho)}{\rho^2} \text{ch}^2(\eta) \left(\frac{d^2\Delta}{d\eta^2} \right) = Q \quad (3.5)$$

Здесь Q - плотность заряда. В случае взаимодействия с собственным полем $Q = -\mu |\Psi|^2 = -\mu \frac{|\psi_2|^2}{\rho}$, μ - константа связи. Полное отделение функции радиуса от функции угла может быть достигнуто, если выполнены условия: $\text{ch}^2(\eta) \frac{d^2\Delta}{d\eta^2} = \nu\Delta$ (ν - константа) и $\Omega \equiv \Delta$. В дальнейшем рассмотрим именно этот случай. Из (3.4) можно получить:

$$\text{ch}^2 \eta (2\Omega''\Omega - \Omega'^2 - \Omega^2) = \Omega^2. \quad (3.6)$$

Получим уравнение для $\Omega(\eta)$: $\Omega\Omega'' = \frac{\nu}{2\nu-1}(\Omega'^2 + \Omega^2)$. Это уравнение имеет интеграл:

$$C_0 = \Omega^{-\frac{2\nu}{2\nu-1}} \left(\Omega'^2 + \frac{\nu}{1-\nu} \Omega^2 \right). \quad (3.7)$$

Уравнение (3.7) определяет зависимость пси-функции и, вместе с тем, потенциала от угла. Из (3.5) следует уравнение:

$$\frac{1}{\rho^2} \frac{d}{d\rho} \rho^2 \frac{dU}{d\rho} + \nu \frac{U}{\rho^2} = -\kappa_0 \frac{|\psi_3|^2}{\rho}. \quad (3.8)$$

Далее, делая замены переменных, как в предыдущем разделе, можно получить, с некоторыми изменениями, систему, аналогичную системе (2.13)-(2.15):

$$R'' - Ry^2 + \frac{R'}{s} = (V(s) - \varepsilon)R - s^2R, \quad (3.9)$$

$$2R'y + Ry' + \frac{1}{s}Ry = R, \quad (3.10)$$

$$\frac{d^2V}{ds^2} + \frac{2}{s} \frac{dV}{ds} + \nu \frac{V(s)}{s^2} = -\kappa_1 \frac{R^2}{s}. \quad (3.11)$$

На рис.4 и рис.5 приведены результаты решения этой системы. При этом полагалось $V = V_1s, V_1(0) = 10, V_1'(0) = 0, \kappa_1 = 1, \nu = -0.1, R(0) = 1, R'(0) = 0$.

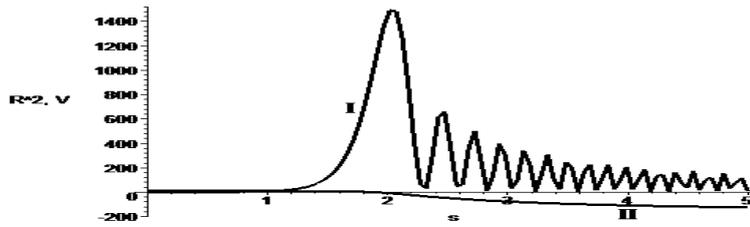


Рис.4. Зависимости $R^2(s)$ (I) и потенциала $V(s)$ (II).

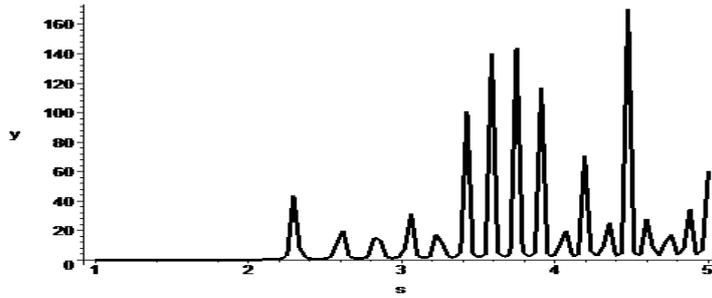


Рис.5. Зависимость $y(s)$

Кинетическая модель сферически симметричной системы зарядов

Нестационарный гамильтониан сферически симметричной системы точечных зарядов имеет вид:

$$H = \frac{p_r^2}{2m} + \frac{L}{2mr^2} + \frac{1}{\xi^2(t)} U\left(\frac{r}{\xi(t)}\right). \tag{4.1}$$

Здесь $p_r = m\dot{r}$, L -квадрат полного момента количества движения, $\xi(t)$ -вспомогательная функция, удовлетворяющая уравнению $\ddot{\xi} = \frac{\lambda}{\xi^3}$, λ -константа. Используя выражение для нестационарного гамильтониана можно получить выражение для инварианта:

$$I = \frac{m}{2} (\dot{r}\xi - r\dot{\xi})^2 + U\left(\frac{r}{\xi(t)}\right) + \frac{\lambda m r^2}{2 \xi^2} + \frac{L}{2m r^2}. \tag{4.2}$$

Рассмотрим уравнение для $\xi(t)$ подробнее. Из него следует $\dot{\xi}^2 - \xi_0^2 = -\frac{\lambda}{\xi^2} + \frac{\lambda}{\xi_0^2}$. Далее будем полагать $\lambda = -\frac{1}{4\tau_0^2}$, а вместо t введем переменную $\tau = \int_0^t \frac{dt'}{\xi(t')^2}$. Получим:

$\frac{d\xi}{dt} = \pm \sqrt{\left(\xi_0^2 - \frac{1}{4\tau_0^2 \xi^2}\right) \xi^2 + \frac{1}{4\tau_0^2}}$. В дальнейшем рассматривается случай, когда $\xi_0^2 - \frac{1}{4\tau_0^2 \xi^2} = 0$. При этом

$\xi(t) = \sqrt{\xi_0^2 \pm \frac{t}{\tau_0}}$, $\xi(\tau) = \xi_0 \exp\left(\pm \frac{\tau}{\tau_0}\right)$. Подставим в (4.2) τ вместо t и введем переменную $\rho = \frac{r}{\xi}$. Тогда

инвариант I приводится к виду, аналогичному гамильтониану:

$$I = \frac{m}{2} \dot{\rho}^2 + U(\rho) - \frac{m}{8\tau_0^2} \rho^2 + \frac{L}{2m\rho^2}. \tag{4.3}$$

В (4.3) точка означает производную по τ .

Можно, далее, построить интеграл J_I , сопряженный с I . смотрим выражение :

$$J_I = -\tau + \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{d\rho' \sigma \left(\frac{2}{m} \left(I - U(\rho') + \frac{m\rho'^2}{8\tau_0^2} - \frac{L}{2m\rho'^2} \right) \right)}{\sqrt{\frac{2}{m} \left(I - U(\rho') + \frac{m\rho'^2}{8\tau_0^2} - \frac{L}{2m\rho'^2} \right)}} . \quad (4.4)$$

Здесь $\rho > \rho_0$, ρ_0 - стартовая точка частицы. Выполнение равенства $\frac{dJ_I}{d\tau} \equiv 0$ является очевидным, если частицы движутся от центра, именно это предполагается в дальнейшем.

Плотность частиц выражается интегралом в фазовом пространстве:

$$n = \int d\tilde{q} f(I, J_I, L) \quad (4.5)$$

Элемент фазового объёма представим в виде:

$$d\tilde{q} = dq_r dq_\theta dq_\varphi, dq_\theta = \frac{dM_\varphi}{r \sin \theta}, dq_r = mdr = \frac{dI}{\xi \sqrt{\frac{2}{m} (I-U) + \frac{r^2}{4\xi^2 \tau_0^2} - \frac{L\xi^2}{m^2 r^2}}}, dq_\varphi = \frac{dL}{2r \sqrt{L - \frac{M_\varphi^2}{\sin^2 \theta}}}.$$

Усреднение по M_φ приводит к выражению:

$$n = \frac{\pi}{2r^2} \int \frac{dIdLf(I, L, J_I) \sigma \left(\frac{2}{m} (I-U) + \frac{r^2}{4\tau_0^2 \xi^2} - \frac{L\xi^2}{m^2 r^2} \right)}{\xi \sqrt{\frac{2}{m} (I-U) + \frac{r^2}{4\tau_0^2 \xi^2} - \frac{L\xi^2}{m^2 r^2}}} .$$

В переменных ρ, τ уравнение Пуассона принимает вид:

$$\frac{1}{\xi^4(\tau)} \frac{1}{\rho^2} \frac{d}{d\rho} \rho^2 \frac{dU}{d\rho} = - \frac{4\pi e^2}{\xi^2(\tau) \rho^2} \int \frac{dIdLf(I, L, J_I) \sigma \left(\frac{2}{m} (I-U) + \frac{r^2}{4\tau_0^2 \xi^2} - \frac{L\xi^2}{m^2 r^2} \right)}{\xi \sqrt{\frac{2}{m} (I-U) + \frac{r^2}{4\tau_0^2 \xi^2} - \frac{L\xi^2}{m^2 r^2}}} \quad (4.6)$$

Функцию распределения определим следующим образом: $f = \kappa \delta(I - I_0) \delta(L - L_0) \exp\left(-\frac{1}{2\tau_0} J_I\right)$. Если выполнено условие $\xi \exp\left(\frac{\tau}{2\tau_0}\right) \equiv \xi_0$, (т.е. рассмотрим случай, когда $\xi(\tau)$ убывает), то в уравнение Пуассона

в качестве независимой переменной входит только ρ . При этом $\xi(t) = \sqrt{\xi_0^2 - \frac{t}{\tau_0}}$. Введем обозначения:

$$v_0^2 = \frac{2I_0}{m}, s = \frac{\rho}{2v_0\tau_0}, y = \frac{2U}{mv_0^2}, l = \frac{L}{4m^2\tau_0^2 v_0^2}, u(s) = \int_0^s \frac{ds' \sigma(1 - y(s') + s'^2 - l/s'^2)}{\sqrt{1 - y(s') + s'^2 - l/s'^2}}.$$

Из уравнения Пуассона следует

$$\frac{d}{ds} s^2 \frac{d}{ds} y(s) = -\mathcal{G} u' \exp(-u(s)), u'(s) = \frac{\sigma(1-y(s)+s^2-l/s^2)}{\sqrt{1-y(s)+s^2-l/s^2}}. \quad (4.7)$$

Константа \mathcal{G} определяется параметрами задачи- κ_*, m, v_0, τ_0 изрядом e : $\mathcal{G} = \frac{8\pi e^2 \kappa_*}{m v_0^2} \xi_0$.

Система (4.7) интегрируется:

$$s^2 \frac{d}{ds} y(s) = \mathcal{G} \exp(-u(s)) + C_1, u'(s) = \frac{\sigma(1-y(s)+s^2-l/s^2)}{\sqrt{1-y(s)+s^2-l/s^2}}. \quad (4.8)$$

Эта система решалась при следующих условиях: $C_1 = -1, y(0) = 0, u(0) = 0, l = 1, \mathcal{G} = 1$.

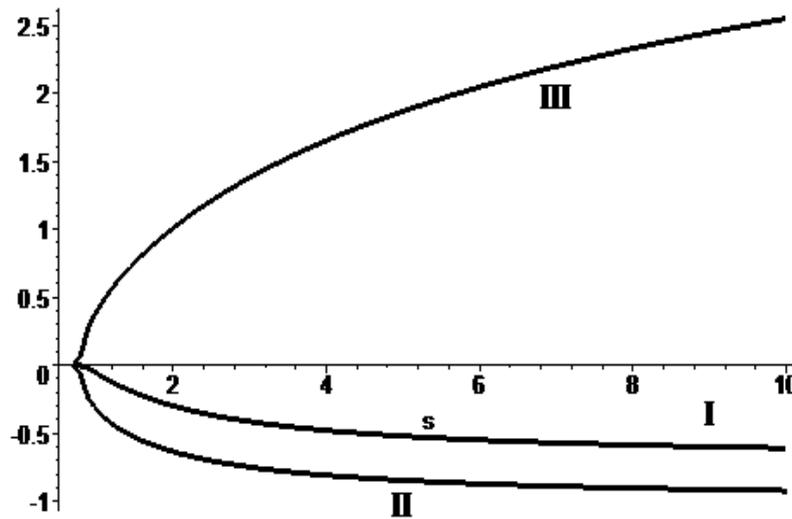


Рис.6 Решение системы (4.8). Кривая I-потенциал $y(s)$, кривая II -функция $u(s)$, кривая III- полный заряд внутри сферы радиуса s ($e^{-u(s)} - 1$).

Следует отметить, что полный заряд сгустка при $s \rightarrow \infty$ остается конечным ($e^{-u} - 1 \rightarrow -1$).

Заключение

Таким образом, в работе найдены частные решения модельных нестационарных задач, характеризующихся ненулевым моментом. Показана возможность построения пси-функции, приводящей к сферически симметричной плотности заряда при $l = 1$. При $l = \pm \frac{1}{2}$ получены решения, характеризующиеся плотностью заряда, зависящей от угла. Решение кинетической задачи показывает возможность существования сгустка с конечным значением заряда при больших значениях автомодельной переменной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. Mestschersky *Über die Integration der Bewegungsgleichungen im Probleme zweier Korpervonverändlicher Masse*, Ch.Phil.Lett.A, 1992, v.162, 359-364 \\\

3. A.S. Chikhachev, *Quantum Problem on the Dynamics of an Electric Charge in Its Own Field*. PEPA, Letters, 2020, V.17, N3, с. 266-270.

4. Чихачева А.С. *Нестационарная динамика системы зарядов в собственном поле*. ЕНО, 2021, №1(71), с.69-76.

5. Чихачева А.С. *Нестационарная самосогласованная модель ансамбля в собственном поле*. ЖТФ, 2014, е.84, №4, с.19-25.

6. Chikhachev A.S. *Electric Charge Dynamics in Self-Consistent Field*, PEPA, Letters, 2020, V17, N3, с. 271-275.

7. Chikhachev A.S. *IPAC-2018, Vancouver, TUPMK012*, pp.1516-1518

8. Chikhachev A.S. *RuPAC-2021, Alushta, TUPSB17*, pp.265-267.

Ежемесячный научный журнал

Том 2 №85 / 2022

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Чукмаев Александр Иванович

<https://orcid.org/0000-0002-4271-0305>

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права. Астана, Казахстан

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Садовская Валентина Степановна

AuthorID: 427133

Доктор педагогических наук, профессор, Заслуженный работник культуры РФ, академик Международной академии Высшей школы, почетный профессор Европейского Института PR (Париж), член Европейского издательского и экспертного совета IEERP.

Ремизов Вячеслав Александрович

AuthorID: 560445

Доктор культурологии, кандидат философских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, академик Международной Академии информатизации, член Союза писателей РФ, лауреат государственной литературной премии им. Мамина-Сибиряка.

Измайлова Марина Алексеевна

AuthorID: 330964

Доктор экономических наук, профессор Департамента корпоративных финансов и корпоративного управления Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

Гайдар Карина Марленовна

AuthorID: 293512

Доктор психологических наук, доцент. Член Российского психологического общества.

Слободчиков Илья Михайлович

AuthorID: 573434

Профессор, доктор психологических наук, кандидат педагогических наук.

Член-корреспондент Российской академии естественных наук.

Подольская Татьяна Афанасьевна

AuthorID: 410791

Профессор факультета психологии Гуманитарно-прогностического института. Доктор психологических наук. Профессор.

Пряжникова Елена Юрьевна

AuthorID: 416259

Преподаватель, профессор кафедры теории и практика управления факультета государственного и муниципального управления, профессор кафедры психологии и педагогики дистанционного обучения факультета дистанционного обучения ФБОУ ВО МГППУ

Набойченко Евгения Сергеевна

AuthorID: 391572

Доктор психологических наук, кандидат педагогических наук, профессор. Главный внештатный специалист по медицинской психологии Министерства здравоохранения Свердловской области.

Козлова Наталья Владимировна

AuthorID: 193376

Профессор на кафедре гражданского права юридического факультета МГУ

Крушельницкая Ольга Борисовна

AuthorID: 357563

кандидат психологических наук, доцент, заведующая кафедрой теоретических основ социальной психологии. Московский государственный областной университет.

Артамонова Алла Анатольевна

AuthorID: 681244

кандидат психологических наук, Российский государственный социальный университет, филиал Российского государственного социального университета в г. Тольятти.

Таранова Ольга Владимировна

AuthorID: 1065577

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Уральский гуманитарный институт, Департамент гуманитарного образования студентов инженерно-технических направлений, Кафедра управление персоналом и психологии (Екатеринбург)

Ряшина Вера Викторовна

AuthorID: 425693

Институт изучения детства, семьи и воспитания РАО, лаборатория

профессионального развития педагогов (Москва)

Гусова Альбина Дударбековна

AuthorID: 596021

Заведующая кафедрой психологии. Доцент кафедры психологии, кандидат психологических наук Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, психолого-педагогический факультет (Владикавказ).

Минаев Валерий Владимирович

AuthorID: 493205

Российский государственный гуманитарный университет, кафедра мировой политики и международных отношений (общеуниверситетская) (Москва), доктор экономических наук

Попков Сергей Юрьевич

AuthorID: 750081

Всероссийский научно-исследовательский институт труда, Научно-исследовательский институт труда и социального страхования (Москва), доктор экономических наук

Тимофеев Станислав Владимирович

AuthorID: 450767

Российский государственный гуманитарный университет, юридический факультет, кафедра финансового права (Москва), доктор юридических наук

Васильев Кирилл Андреевич

AuthorID: 1095059

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт (Санкт-Петербург), кандидат экономических наук

Солянкина Любовь Николаевна

AuthorID: 652471

Российский государственный гуманитарный университет (Москва), кандидат экономических наук

Карпенко Юрий Дмитриевич

AuthorID: 338912

Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью ФМБА, Лаборатория экологической оценки отходов (Москва), доктор биологических наук.

Малаховский Владимир Владимирович

AuthorID: 666188

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Факультеты, Факультет послевузовского профессионального образования врачей,

кафедра нелекарственных методов терапии и клинической физиологии (Москва), доктор медицинских наук.

Ильясов Олег Рашитович

AuthorID: 331592

Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра техносферной безопасности (Екатеринбург), доктор биологических наук

Косс Виктор Викторович

AuthorID: 563195

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, НИИ спортивной медицины (Москва), кандидат медицинских наук.

Калинина Марина Анатольевна

AuthorID: 666558

Научный центр психического здоровья, Отдел по изучению психической патологии раннего детского возраста (Москва), кандидат медицинских наук.

Сырочкина Мария Александровна

AuthorID: 772151

Пфайзер, вакцины медицинский отдел (Екатеринбург), кандидат медицинских наук

Шукшина Людмила Викторовна

AuthorID: 484309

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Головной вуз: РЭУ им. Г.В. Плеханова, Центр гуманитарной подготовки, Кафедра психологии (Москва), доктор философских наук

Оленев Святослав Михайлович

AuthorID: 400037

Московская государственная академия хореографии, кафедра гуманитарных, социально-экономических дисциплин и менеджмента исполнительских искусств (Москва), доктор философских наук.

Терентий Ливиу Михайлович

AuthorID: 449829

Московская международная академия, ректорат (Москва), доктор филологических наук

Шкаренков Павел Петрович

AuthorID: 482473

Российский государственный гуманитарный университет (Москва), доктор исторических наук

Шалагина Елена Владимировна

AuthorID: 476878

Уральский государственный педагогический университет, кафедра теоретической и прикладной социологии (Екатеринбург), кандидат социологических наук

Франц Светлана Викторовна

AuthorID: 462855

Московская государственная академия хореографии, научно-методический отдел (Москва), кандидат философских наук

Франц Валерия Андреевна

AuthorID: 767545

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт государственного управления и предпринимательства (Екатеринбург), кандидат философских наук

Глазунов Николай Геннадьевич

AuthorID: 297931

Самарский государственный социально-педагогический университет, кафедра философии, истории и теории мировой культуры (Москва), кандидат философских наук

Романова Илона Евгеньевна

AuthorID: 422218

Гуманитарный университет, факультет социальной психологии (Екатеринбург), кандидат философских наук

Ответственный редактор
Чукмаев Александр Иванович
Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.
(Астана, Казахстан)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:

198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая,
д. 44, к. 1, литера А

Адрес электронной почты: info@national-science.ru

Адрес веб-сайта: <http://national-science.ru/>

Учредитель и издатель ООО «Логика+»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 44

Художник: Венерская Виктория Александровна

Верстка: Коржев Арсений Петрович

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.