



#3 (31), 2018 część 3

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

(Warszawa, Polska)

Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w

Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze

wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo

publikowane jest w języku polskim, angielskim,

niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego
miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz
czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej
czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet
Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków
Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michałak (Uniwersytet
Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet
Jagielloński)

Kolub Frennen (University of
Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków
Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet
Warszawski)

#3 (31), 2018 part 3

East European Scientific Journal

(Warsaw, Poland)

The journal is registered and published in Poland. The
journal is registered and published in Poland.

Articles in all spheres of sciences are published in the

journal. Journal is published in **English, German, Polish**

and Russian.

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

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the
journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet
Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków
Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michałak (Uniwersytet
Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet
Jagielloński)

Kolub Frennen (University of
Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków
Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet
Warszawski)

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
**Peter Clarkwood(University College
London)**
Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)
**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**
**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**
Kehan Schreiner(Hebrew University)
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**
**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**
**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**
Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

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

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo
Naukowe**

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

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

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

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
**Peter Clarkwood(University College
London)**
Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)
**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**
**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**
Kehan Schreiner(Hebrew University)
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**
**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**
**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

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

East European Scientific Journal

**Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Po-
land**

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

Мубаракшина Ф.Д., Саляхова М.Р.

ОБЪЕКТЫ ИЗ ЛЬДА И СНЕГА В СФЕРЕ КУЛЬТУРНОГО ТУРИЗМА: РОССИЙСКИЙ ОПЫТ 4

Леонова В.А., Гришанова О.В., Фролова А.В.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИСТВЕННОЙ АЛЛЕИ В
БОТАНИЧЕСКОМ САДУ «ХУТОР ГОРКА» НА СОЛОВКАХ..... 10

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Kulikowska O. Y., Atamanenko Y. Y., Kopyahora O. K.

INNOVATIVE SOLUTION OF MAPPING PROCESS OF ACCIDENT SITE 15

Глушанкова Н.И.

ПАЛЕОПЕДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЛЁССОВОГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА ВОСТОЧНО-
ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ 22

Петриченко С.А., Новицкий М.А., Терёб Л.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ANW ДЛЯ ПРОГНОЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ
..... 34

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Abyzbaev N.I., Karabelskaya I.V., Rakhmatullin D.V., Absaliyeva D.M., Abyzbaev I.I.

MODELLING ELECTRIC FIELDS IN ENVIRONMENTS OF COMPLEX SHAPE 42

Барыкин Г.М.

КОНЦЕПЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ И НЕКОТОРЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА.
..... 49

Карпенко В.А.

О ВОЗМОЖНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ ОТ ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ..... 56

Вдовин С.И., Лобаев А.Н., Харитонова И.Ю.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА
УСТОЙЧИВОСТЬ ЖИДКОСОЛЕВОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА 66

Pavle I. Premović

IRIDIUM AND THE CHICXULUB IMPACT DUST 71

АРХИТЕКТУРА

Mubarakshina F.D.

*candidate of architecture, associate professor,
Kazan State University of Architecture and Engineering*

Salyakhova M.R.

*senior lecturer of the «Building design» department,
Kazan State University of Architecture and Engineering*

Мубаракишина Фирдания Дамировна

*кандидат архитектуры, доцент кафедры «Проектирование зданий»,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет*

Салыхова Маргарита Ракифовна

*старший преподаватель кафедры «Проектирование зданий»,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет*

OBJECTS FROM ICE AND SNOW IN THE SPHERE OF CULTURAL TOURISM: RUSSIAN EXPERIENCE

ОБЪЕКТЫ ИЗ ЛЬДА И СНЕГА В СФЕРЕ КУЛЬТУРНОГО ТУРИЗМА: РОССИЙСКИЙ ОПЫТ

Summary: The article is devoted to the study of cultural tourism directions in Russia. The domestic experience of architecture objects construction, and ice and snow sculptures production is considered. A number of the winter architecture and sculpture festivals-competitions organizing examples are presented. The photo illustrations of the examples are given. The conclusions and prospects are indicated.

Key words: cultural tourism, architecture and sculpture from ice and snow.

Аннотация: Статья посвящена исследованию направлений культурного туризма в России. Рассмотрен отечественный опыт строительства объектов архитектуры и производства скульптуры из льда и снега. Представлен ряд примеров организации зимних фестивалей-конкурсов архитектуры и скульптуры. Приведены фотоиллюстрации примеров. Обозначены выводы и перспективы.

Ключевые слова: культурный туризм, архитектура и скульптура из льда и снега.

Постановка проблемы. По данным Всемирной Туристской Организации (ВТО), культурный туризм сегодня является главным направлением туристской деятельности в мире. Доходы от сферы культурного туризма так велики, что способны полностью обеспечить финансирование мероприятий по сохранению и развитию культурного наследия, что отмечалось в 1998 году на Международной конференции ЮНЕСКО в Стокгольме (Швеция).

Культурный туризм – это путешествия за пределы постоянного места жительства, цель его – знакомство с материальной и нематериальной культурой коренного населения, проживающего на территориях отдыха. К современным подвидам культурного туризма, раскрывающим потенциал периодических культурных событий, относятся обзорный, культурно-познавательный, экскурсионный, *событийный туризм*, а также *туризм впечатлений* [1], которые раскрывают ценность и актуализируют сохранение культурного наследия местностей, организующих туристскую деятельность.

Событийный туризм (event/festival tourism) предназначен реализовать интерес туристов к культурным событиям в местах отдыха. Для этого организовываются фестивали, выставки, конкурсы, ярмарки, традиционные и религиозные праздники, концерты и так далее. Основная часть организуемых событий, изначально ориентированная только

на местных жителей, со временем приобрела популярность для внутренних туристов, а затем постепенно оказалась привлекательной и для внешних туристов.

Туризм впечатлений (experience tourism) погружает туристов в культурную среду территорий отдыха, дает возможность познакомиться с мероприятиями, выходящими за рамки стандартных туров, а также сформировать навыки посредством личного участия туриста в исторических реконструкциях, интерактивных музейных программах, в ремесленных мастер-классах, в том числе, в конкурсах ледяных скульптур, а также в традиционных праздниках, ярмарках, гуляниях и фестивалях.

Анализ последних исследований и публикаций. В России потенциал культурного туризма обеспечивается уникальным культурно-историческим наследием и широким этническим составом населения с богатыми культурными традициями. Рост спроса туристов на событийный туризм и на туризм впечатлений свидетельствует о необходимости архитектурной организации особых объектов, предназначенных к вовлечению туристов в событийный туризм. В контексте всего выше сказанного, освоение ледовой архитектуры и скульптуры, с одной стороны, – один из кратчайших путей решения проблемы, а с другой стороны, – наиболее доступный и в то же время востребованный способ организации досуга коренного населения.

Практическая деятельность по освоению снега и льда как перспективных строительных материалов в последние 10-15 лет ведется в России достаточно активно. Что касается теоретических разработок, то публикаций по ледовым объектам немного, ряд работ издан авторами настоящей статьи [2-4].

Цель статьи. Выше перечисленное актуализирует исследование проблем и особенностей практики использования снега и льда при возведении архитектурных объектов и изготовлении скульптур. Поэтому необходимы изучение и анализ отечественного опыта ледового строительства последних лет, что и является основной целью настоящей статьи.

Изложение основного материала. В контексте заявленных вопросов рассмотрим несколько объектов, построенных в ряде крупных городов России.

Москва, композиции из ледяных сооружений и скульптур [5].

В канун новогодних праздников в столице каждый год создаются новые ледовые композиции на пяти площадках: на Поклонной горе, на Красной Пресне, на ВДНХ, в Сокольниках и в Лужниках (фото 1). Москва преобразается, главной ее зимней достопримечательностью становятся переливающиеся всеми цветами радуги ледяные объекты, надолго остающиеся в памяти москвичей.



Фото 1. Ледяные композиции на площадках Москвы

Этой зимой ледяной фестиваль в парке Победы на Поклонной горе посвящен грядущему чемпионату мира по футболу. Ледовые мастера установили более 40 ледяных объектов и скульптур, объединенных в восемь композиций – по количеству групп ЧМ-2018. Гости могут полежать на русской печи, посидеть на царском троне, забраться на дракона или в голландскую мельницу.

Посетители увидят караван из Саудовской Аравии, идущий мимо египетских пирамид. Рядом построены русские избы и церкви, знаменитый уругвайский монумент «Пальцы». Еще на выставке представлены мини-копии Биг-Бена, ледяные миниатюры Панамского канала, Эйфелевой башни и собора Парижской Богоматери, ледяная пирамида Кукулькана индейцев Майя в Мексике, ледяная копия замка белой цапли Химедзи в Японии и другие символы стран-участниц ЧМ-2018. Центральной фигурой является ледяная копия Московского

Кремля с пятью башнями. Высота скульптур составляет три-шесть метров.

Русские скульптуры из льда представлены в Галерее на Красной Пресне. В здании площадью 450 кв. метров круглогодично сохраняется минусовая температура, поддерживается профессиональная подсветка и звучит музыка. Лучшими скульптурами России изготовлены фигуры персонажей произведений русской литературы: басен Крылова, сказок Пушкина и Ершова. Экспозиция может быть интересна и взрослым, и детям, соотечественникам и туристам. Проект уникальный, на создание экспозиции ушло девяносто тонн льда из родниковой воды.

В районе ВДНХ зимой традиционно заливается каток, который считается самым большим в мире. Все катаются вокруг знаменитых фонтанов «Каменный цветок» и «Дружба народов». В 2017

году посреди озера воздвигнут ледяной мост «Северное сияние». Программа фестиваля снежных скульптур «Вьюговей» настолько насыщена, здесь каждый найдет занятие по душе: сани, сноуборды, лыжи, коньки. Вокруг елки устраиваются новогодние забавы, организуются ярмарки, народные гуляния, выступают народные коллективы. Здесь же можно отведать национальные кулинарные угощения и попить горячий чай.

В знаменитом парке в Сокольниках работает музей ледяных скульптур «Полярная звезда», где москвичи и гости столицы смогут познакомиться с традиционными жилищами народов Севера, собачьими упряжками, атрибутами жизни северян. Здесь же можно увидеть фигуры пингвинов, тюленей, китов, белых медведей, моржей, касаток. Ландшафт Северного полюса и многое другое заставит посетителей по-новому взглянуть на многие вещи.



Фото 2. Ледяной дом Анны Иоанновны, воспроизведенный в Санкт-Петербурге в наши дни

Именно в этом Ледяном дворце 6 февраля 1740 года состоялась знаменитая свадьба шутов князя Голицына и вдовы Бужениновой. Проект Ледяного дома был разработан архитектором Петром Михайловичем Еропкиным, а сама постройка производилась под личным наблюдением Анны Иоанновны несмотря на сорокаградусные морозы.

Современный ледовый комплекс 2006 года состоял из дворца, бани, двух слонов и других исторических ледовых композиций, воссозданных по описанию академика Петербургской Академии наук Георга Вольфганга Крафта [6]. Высота дворца около шести метров, а общая площадь – примерно сто квадратных метров. Для его комнат была изготовлена мебель из льда – столы, стулья, кровать, посуда и зеркала. Восстановленный «памятник архитектуры» посетили тысячи петербуржцев. 12

Фестиваль «Ледниковый период» в Лужниках проходит ежегодно с начала зимы и до весны. Территория делится на две половины. В одной расположены детские аттракционы: ледяные пещеры, ледяной аквариум, лабиринт, ловушки и горки. Другая часть посвящена мультфильму «Ледниковый период», также здесь размещена галерея «Камелот» с рыцарями, замками, драконами. Всего для фестиваля в Лужниках изготавливается более 70 фигур из льда и снега.

Санкт-Петербург, исторический Ледяной дворец [6].

В 2006 году в Петербурге на Дворцовой площади был построен ледяной дворец – точная копия хором, возведенных во времена Анны Иоанновны в Петербурге в 1740 году (фото 2). Тогда в первый раз в России лед использовали в качестве строительного материала, а возведение Ледяного дома было посвящено 10-летию восхождения на престол русской императрицы Анны Иоанновны и победе в войне над Турцией.



марта 2006 года с наступлением весны и в связи с опасностью обрушения Ледяной дворец был снесен.

Якутск, Всероссийский фестиваль «Зима начинается в Якутии» [7].

В ледовом парке «Северное сияние» г. Якутска в шестой раз, а в статусе международного – второй раз, проводится международный конкурс ледовых и снежных скульптур «Бриллианты Якутии» (фото 3). Участниками стали более 30 команд из Китая, Монголии, Голландии, Франции, Белоруссии, Башкортостана, Республики Тыва, Чувашии, Санкт-Петербурга, Московской области, Якутии. Это профессиональные и самодеятельные художники, скульпторы, мастера прикладного искусства, работающие с такими не простыми материалами как лед и снег.



Фото 3. Работы конкурса ледовых фигур «Бриллианты Якутии»

Среди них преподаватели и студенты вузов, колледжей, училищ РФ и из зарубежья. Возраст участников – от 18 лет и старше, из них формировались команды по два человека. Устроители и участники были довольны: якутский лед самый лучший – плотный и одновременно чистый, прозрачный, без всякой желтизны и песка.

Конкурсы проводились в главных номинациях «Ледовая скульптура» и «Снежная скульптура», а также победителям были присвоены премии спонсоров в номинациях «Традиции и самобытность», «Мастер снега и льда», «Творческий полет», «Оригинальность композиции» и «Мастерство резьбы».

Фестиваль направлен на организацию культурного отдыха жителей и гостей Якутска в зимнее и весеннее время, а также создание привлекательного имиджа города Якутска как центра Арктической культуры.

Хабаровск, конкурс ледовых скульптур «Амурский хрусталь» [8].

В Хабаровске ежегодный конкурс ледовых скульптур «Амурский хрусталь» проводится в 15-й раз. Творческие соревнования проходят у нарядной новогодней елки в городском парке отдыха «Динамо». Как обычно, в «ледовом сражении» участвуют 10 команд, состоящие из двух человек каждая. Среди 20 конкурсантов профессиональные и самодеятельные хабаровские художники и скульпторы. Многие авторы скульптур принимают участие в творческом первенстве не первый год. Некоторые

из мастеров, побеждавших в конкурсах прошлых лет, представляли Хабаровск в Харбине (Китай) на Международном фестивале снега и льда.

Главная тема ледовых скульптур за все время существования конкурса остается неизменной – «Зимняя сказка». Для воплощения своих замыслов каждая команда получает ледяной блок размером 2х2х0,5 метра. На изготовление объемной, двухсторонней скульптуры участникам дается три дня. Скульптуры оцениваются по ряду критериев: учитываются техника и мастерство обработки льда, степень законченности произведения, рациональное использование материала, оригинальность композиционного решения и общее впечатление от произведения, складывающееся у публики (фото 4).

Условия работы: при создании скульптур можно применять лед, воду, а также материалы, полученные при обработке льда (авторы имеют право намораживать на основной блок ледяные части и детали из кусков, ранее отколотых от него). Нельзя использовать искусственные опоры, декоративные элементы и покраску льда. По завершении конкурса все скульптуры оснащаются цветной подсветкой и остаются на местах в парке до конца февраля, где их могут обозревать посетители и гости.

Команды, занявшие первое и второе места в конкурсе «Амурский хрусталь», отправятся на Международный фестиваль снега и льда в город Харбин.



*Фото 4. Ледяные работы участников
конкурса «Амурский хрусталь» в г. Хабаровске*

Красноярск, фестиваль-конкурс «Волшебный лёд Сибири» [9].

«Волшебный лёд Сибири» проходит в Красноярске с 2013 года. Первый фестиваль был посвящен 165-ой годовщине со дня рождения В.И. Сурикова и 385-ой годовщине со дня основания г. Красноярска. В последующие годы художники творили на свободные темы.

В Красноярске в рамках VI международного фестиваля-конкурса «Волшебный лёд Сибири» за призовые места боролись по 10 команд: мастера из Японии, Латвии, Беларуси, Якутии и городов России – Москвы, Перми, Шелехова, Хабаровска, Красноярска и Сосновоборска (фото 5). В следующем году планируется, что фестиваль-конкурс станет частью культурной программы Универсиады 2019 года.

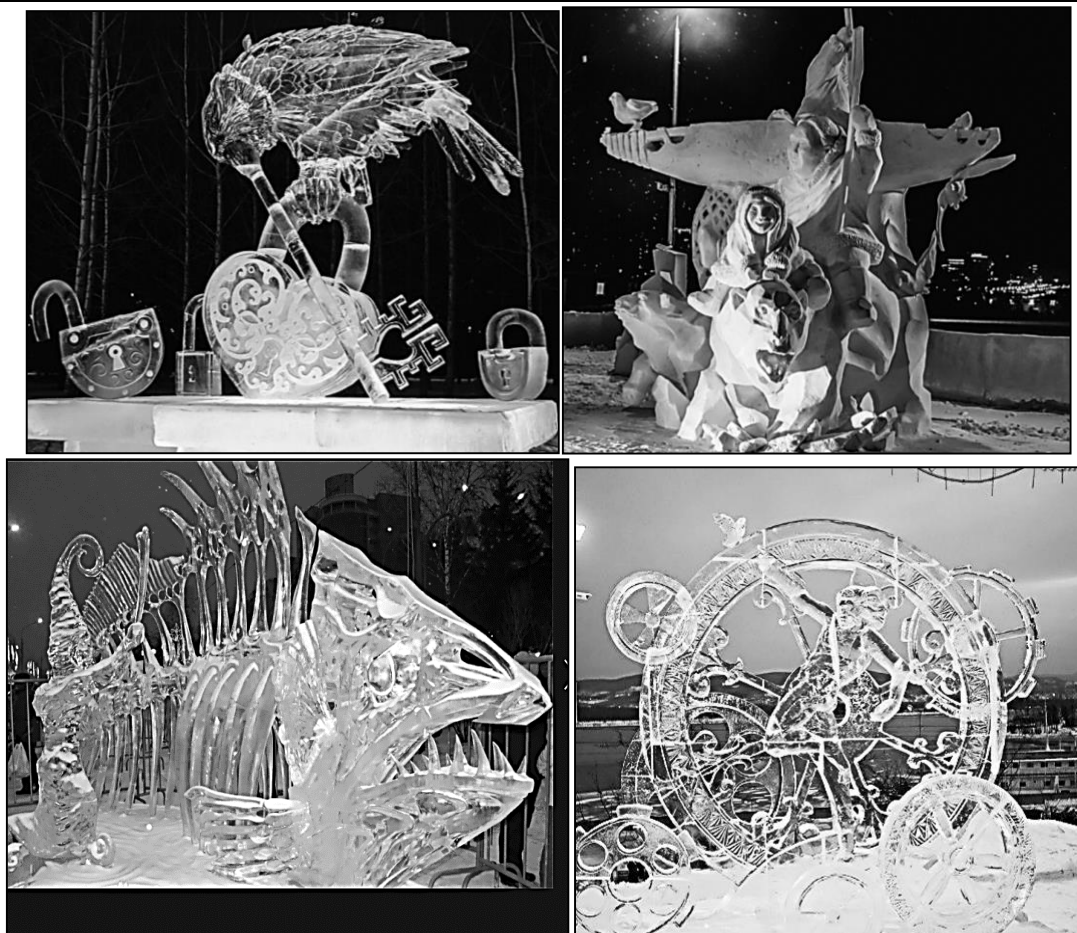


Фото 5. Ледяные композиции,
конкурса «Волшебный лёд Сибири» (г. Красноярск, 2016-2018 гг.)

Выводы и предложения. Известен многолетний положительный мировой опыт организации конкурсов ледовых объектов, Япония и Китай – это те страны, где были заложены основы традиций и темы для создания изделий из льда и снега. Тематика этих конкурсов с каждым годом расширяется, включая в себя изготовление произведений от мелкого штучного масштаба до производства огромных архитектурных комплексов, памятников архитектуры, что позволяет повысить познавательный эффект и расширить интерес участников и населения, а также, соответственно, повысить экономический эффект от проведения мероприятий.

Как показывает практика, технический и художественный уровень скульптур отечественных фестивалей ледяной архитектуры и скульптур несколько ниже зарубежных, поэтому очевиден вектор развития на повышение технических возможностей, расширение тематики конкурсных работ и укрепление интереса населения. Отечественные фестивали ледяных и снежных произведений кроме того, способствуют укреплению межкультурных контактов: в российских фестивалях все чаще участвуют зарубежные скульпторы и художники, а наши специалисты стараются принимать участие в мероприятиях стран Европы и Азии [7-9].

Обобщение опыта отечественных фестивалей ледяной архитектуры и снежных скульптур позво-

лило выделить главные цели этих мероприятий, которые направлены на популяризацию и совершенствование искусства мастеров художественной обработки льда и снега, поддержку художественного потенциала талантливых молодых художников и скульпторов, вовлечение взрослого населения и молодежи в интересный и познавательный досуг; на развитие конкурентоспособной отечественной туристической индустрии, призванной повысить интерес к национальной культуре, привлечение интереса к самобытным традициям местного населения как у своих жителей, так и у гостей; формирование структуры организации культурного отдыха населения в зимнее время: организации народных гуляний, ярмарок, приуроченных к зимним фестивалям и традиционным национальным и религиозным праздникам, таким, например, как Масленица и Крещение; достижение высокого экономического эффекта от посещения населением и туристами ледовых фестивалей.

Список литературы:

1. Степанчук А.В. Принципы архитектурной организации объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией (на примере Республики Татарстан) / А.В. Степанчук // Автореферат на соиск. уч. ст. канд. archit. / Н. Новгород, 2017. – 22 с.
2. Мубаракшина Ф.Д. Архитектура из льда и снега: исчезающая красота / Ф.Д. Мубаракшина //

Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета / Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Казань, 2017. – №3(41). – С. 41-48.

3. Саяхова М.Р., Мубаракшина, Ф.Д. Исторические примеры снежной и ледяной архитектуры в России / М.Р. Саяхова, Ф.Д. Мубаракшина // Роль образования и науки в развитии российского общества: сборник статей Международной научно-практической конференции (13.11.2017 г., г. Москва). [Электронный ресурс]. – М.: Импульс, 2017. – С. 77-81.

4. Мубаракшина, Ф.Д., Саяхова М.Р. К истории вопроса строительства из снега и льда / Ф.Д. Мубаракшина, М.Р. Саяхова // Творческие и инновационные подходы в образовании, науке и искусстве: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, 13 ноября 2017 г., г. Санкт-Петербург: НОО Профессиональная наука, 2017. – С. 290-296.

5. Ледяные скульптуры в Москве // Электронный ресурс. URL: <http://god2018.su/ledyanye-skulptury-v-moskve-> (дата обращения: 25.02.2018).

6. Ледяной дворец в Санкт-Петербурге // Электронный ресурс. URL: <http://fisnyak.ru/news/1/2010-12-20-3257> (дата обращения: 26.02.2018).

7. Зима начинается в Якутии // Электронный ресурс. URL: <https://news.rambler.ru/other/35414965-zima-nachinaetsya-s-yakutii-ledovykh-del-mastera-vozvodyat-skazochnyy-gorodok/> (дата обращения: 26.02.2018).

8. Конкурс ледовых скульптур «Амурский хрусталь» // Электронный ресурс. URL: <https://27r.ru/news/khabarovsk/81426-v-khabarovskem-nachalsya-chetyrnadtsatyj-ezhegodnyj-konkurs-ledovykh-skulptur-amurskij-khrustal-2016> (дата обращения: 28.02.2018).

9. «Волшебный лед Сибири» // Электронный ресурс. URL: <http://1line.info/novosti-sibiri/novosti-krasnoyarskogo-kрая/item/74502-volshebnyy-led-sibiri> (дата обращения: 27.02.2018).

Leonova V.A.

*candidate of agricultural Sciences, professor
FGBOU VO MGTU N.E. Bauman*

Grishanova O.V.

head of the Botanical garden of the Solovetsky Museum-reserve

Frolova A.V.

magistr the 2-year

FGBOU VO MGTU N.E. Bauman

Леонова Валентина Алексеевна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана

Гришанова Ольга Васильевна

Заведующая ботаническим садом Соловецкого музея-заповедника

Фролова Анна Владимировна

магистрант 2 курса,

ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана

THE HISTORY OF THE CREATION AND THE PRESENT STATE OF THE LARCH ALLEY IN THE BOTANICAL GARDEN «KHUTOR GORKA» ON SOLOVKI ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИСТВЕННИЧНОЙ АЛЛЕИ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ «ХУТОР ГОРКА» НА СОЛОВКАХ

Annotation: The Solovki world is the image of human existence, the interrelationship of the cultural and natural heritage. The object of our study is the botanical garden of the Solovetsky Museum-Reserve, and the object of study is a larch alley planted with the hands of prisoners.

The avenue is a unique memorial to the unyielding creative spirit of the Russian people and is preserved as a planning and de-corer element in the garden.

Key words: botanical garden, larch alley, camp period, Makaryevskaya desert, Khutor Gorka, Solovki.

Аннотация: Соловецкий мир – это образ человеческого бытия, взаимосвязь культурного и природного наследия. Объектом нашего исследования является ботанический сад Соловецкого музея – заповедника, а предметом изучения - лиственничная аллея, посаженная руками заключённых.

Аллея является уникальным мемориальным памятником нестигаемого творческого духа русского человека и сохраняется как планировочный и декоративный элемент на территории сада.

Ключевые слова: ботанический сад, лиственничная аллея, лагерный период, Макарьевская пустынь, Хутор Горка, Соловки.

Solovetsky archipelago includes more than two hundred islands. Ancestors called the surrounding White Sea Frozen: the water temperature in it only reaches the maximum + 8°C by the end of summer. The

archipelago is associated with the Valdai glaciation about 9 thousand years ago.

Solovetsky Islands, with all their natural originality, initially were of little use for the permanent life of

people. And people began to transform the islands for the convenience of life, creating what was not intended by nature.

The Solovetsky State Historical, Architectural and Natural Museum-Reserve was established in 1967 as one of the largest museum-reserves in Russia.

In 1992 was included in the list of objects of cultural and natural heritage of UNESCO as an outstanding monument of world culture, where a great variety of town-planning, architectural, historical and hydro-technical monuments of the 16th-20th centuries remained.

Botanical Garden " Khutor Gorka " (Makaryevskaya Pustyn) - a place in the Russian North that is rare in beauty, microclimate and rich history.

In his book "Solovetsky Islands" even G.A. Boguslavsky wrote: "Do not forget visit Khutor Gorka and admire the larch alley and cedar grove" [1].

The history of the Makaryevskaya desert (Khutor Gorka was named in camp time) is closely connected with its development and at present is a complex formation, including the remaining fragments of planning, elements of plantations of different historical period and the exposition of plants of the modern Botanical Garden.

Four main periods are distinguished in the study of the territory: "Monastic" - 1822-1920; "Campground" - 1923-1939; "School" - 1959-1968 gg.; "Museum" - 1974 to the present.

In 1822, Archimandrite Makarii chose this place for poustinia and solitude from monastic fuss. Presumably, it was then that the main layout of the area was laid: on the southwestern hill, a forest was cleared and the road to the nearest lake was laid, a wooden clock on the top of the hill was created, and below it were two cells [2].

One of the first channels of the monastery, created at the end of the XV century, connected Lake Nizhny Perth (Lake Khutorskoye) with Lake Melnichny. The first monastery mill, using water energy, was working on the canal [3].

The new arrangement of the territory had already begun under the rector Archimandrite Alexandra in 1854. It included the construction of a stone staircase from the chapel down to the main entrance road, the installation of a worship cross. Perhaps, at the same time, on the opposite Alexander hill was placed the Poklonnaya Cross, viewed from it and so the mountain began to be called Poklonnaya [1].

In the 60s of the XIX century, under the rector of Archimandrite Porphyry, a house that had been preserved to the present time and was called the Archimandrite's Dacha was built.

Not far from the dacha was built a small chapel for the solitary mole-tion of the abbot of the monastery. At the same time, various exotic species were brought from different parts of the world. In the second half of the XIX century, greenhouses, greenhouses were built, vegetable gardens and flower gardens were broken.

A new stage came with the appearance on the islands of the Solovetsky camp of the SLON in 1923 - 1939. The head of the camp was accommodated in the Archimandrite's dacha, the commandant's house was

built, and neighboring areas around it began to be used for growing crops. Prisoners performed garden work. From this period, the following plantings were preserved: the alley from Siberian larch, Siberian fir, *Mensis falsi*, small-leaved poplar, Balsamic poplar, Pennsylvania cherry, ordinary ash, common hazel, etc.

After the closure of the camp, in 1939, they placed the training unit of the Northern Fleet - this was the period of desolation of the garden. After the abandonment of the Northern Fleet, in 1959 an ode on the territory under study housed the training and experimental farm of the Solovetsky secondary school. The children with the teachers cleared the overgrown areas and looked after the preserved plantations [2].

In 1974, the Solovetsky State Historical, Architectural and Natural Museum Reserve was established, which included the garden in its structure. The works on introduction and prophylactic care of plants were resumed. In 1982, the garden was included in the system of botanical gardens in Russia and was given the status of Botanical [3].

A feature of the Botanical Gardens "Khutor Gorka" is the geomorphological features of the territory, which determined the uniqueness of this botanical and historical and cultural object. It is located in a hilly - hollow glacial plain and is located at the intersection of two differently oriented moraine ridges. It is always several degrees warmer and creates a microclimate, as the hills protect against the penetration of cold northern winds.

Therefore, the period of the monastic development of the territory of the Botanical Garden "Khutor Gorka" was a clear example of the rational and thought-out use of natural potential. The natural harmony was not disturbed by the presence of man, but on the contrary it was supplemented by it and acquired features of expressiveness and comprehension.

In the days of the Gulag, in the camp, on the territory of Khutor Gork, the Solovki Society of Local History was active, and natural science work was conducted. Then the first nurseries were laid in the area of the Green Lakes, on Varvarka and in other places of the Solovetsky Island. It is likely that during this activity, Siberian larch saplings were planted in the period from 1933 to 1936 [4].

To date, the larch alley is a historical and cultural monument and a memorial to the "camp" period. It represents a 138 m long road, on two sides lined with 2-2.5 m steps.

The first research was conducted by L.F. Ipatov, he has counted 83 trees, and Boguslavsky in 1978 has already recorded 80 Siberian larch. There is evidence that in 1978, at the age of 47, the average height of the leaf was 20 m, which corresponded to the 1st class of bonitet [5].

In 2001 LLC Landscape Restoration Workshop "Russian Garden" conducted a felling inventory of the larch alley. It is the main entrance road, which has become one of the most interesting natural features of the territory in the perception of the historical landscape, and one of the most important visual connections is the view of the Alexander chapel - the Poklonnaya cross (Fig. 1).



Figure 1. Relief of Makaryevskaya desert (Khutor Gorka):

1- Archimandrite's dacha, 2- Alexander mountain,
3- Bowed cross, 4- Larch alley.

The plan-scheme was completed by LLC LRM. The "Russian Garden" in 2001.

So, when examining a larch alley, V.A. Agaltsova and L.M. Fursov recorded 76 trees - Siberian larch and 2 pcs. leaf-wreath of the Daurian (young planting). In 2001 (70 years), the maximum height of the larch was 22 m and the minimum height was 14 m. The maximum trunk thickness was 66 cm and the minimum height was 18 cm. The alley condition was good, the growth and development corresponded to the I and II bonitet boundary [5].

Sixteen years later, in August 2017, a larch alley was surveyed by the staff of the Department of Landscape Architecture of the Moscow State Technical University. N.E. Bau-mana, together with the head of the botanical garden, Grishanova O.V. She reported that as a result of a strong wind, on September 30, 2016 there were five piled up (No. 37, No. 38, No. 39, No. 48, No. 49).

Methods of research. The collection of historical materials was carried out on the basis of archival and literary sources.

The inventory of the larch alley was carried out according to the generally accepted methodology developed by the Academy of Public Utilities named after K.D. Pam-filov. Measurements of the diameter of the trunk were carried out at an altitude of 1.3 m (at the chest level of an adult person), using a tape measure followed by a transition from the circumference to the diameter. The altitude was measured with the Suunto altimeter to within $\pm 1-2\%$, and the length of the crown was measured with an ordinary measuring tape.

Results. Inventory in 2017, showed that at present the total amount of Siberian larch is - 71 pcs, age - about 86 years. In 2017, the minimum stem diameter was 26 cm and the maximum diameter was 80 cm. The condition of the alley is good, but sanitary pruning of dry branches is required (Fig. 2).



Figure 2. The current state of the botanical garden on Solovki:

1 - Archimandrite's dacha, 2 - Alexander Hill, 3 - The bowed cross,
4 - Cedar Grove, 5 - Larch Alley, 6 - Khutorskoye Lake ("Lower Perth").

The remaining trees have all the vertices intact, but copies of No. 11, No. 27, No. 29, No. 42 have a double-top. The crowns of all trees are turned to the side of the world and have a flag-shaped form. The reason for the appearance of one-sided crown in larches is the effect of unilateral winds blowing from Lake Nizhny Perth. Some trees lose their branches and branches from the leeward side.

A lunge from the larch tree alley is possible because the root system is mostly surface and wood plants are very tightly connected to the earth's surface due to long roots. Therefore, more often from strong winds the barrel breaks, than the tree with a root is turned out.

The area of the larch avenue is about 1.09 ha.

We conducted a comparative analysis of data on the larch alley in 2001 and 2017, which are presented in Table 1.

Table 1. The size of Siberian larch on the «Khutor Gorka» (2001 and 2017).

Year of survey	Age (indicative), years	Number of trees	The height of trees, m.		The diameter of the trunk	
			medium	limits	medium	limits
L.M. Fursova, V.A. Agaltsova						
2001	70	76	20,49	14 – 22	42,90	18 – 66
V.A. Leonova, A.V. Frolova						
2017	86	71	29.02	11,9 – 46,4	51.00	26 – 80

From Table 1, we see that in 2001 the average height of the tree is 20.49 m, and in 2017 - 29.02 m, and the average diameter of the larch tree in 2001 is 42.90 cm, and 16 years later - 51 cm. The increase in the diameter of the trunks for 16 years on the average is 9.31 cm. The ratio of height and diameter of the leaf is very wide.

In the course of the survey, we found a slight discrepancy between the diameters of the trunks: in 2017 the diameters were less than in 2001. three trees: No. 33, No. 57, No. 64, which may be due to some technical error in the design of data for 2001.

Data on the diameter of the crown in 2001. but we made measurements in 2017. The smallest diameter of

the crown is 2.2 meters, the largest diameter is 12 meters, the average diameter of the crown is 5.58 meters.

On the basis of the collected data, we see that of the 76 investigated Siberian leaflets, marked in 2001, there are only 71 trees left. In 2016 five trees were turned out by a hurricane together with the root system.

In addition, a survey of larches showed that they have morphological and logical changes: in 2001, two peaks were broken at two trees (No. 37, No. 66), and specimen No. 67 has two peaks. In many trees, the crowns are deformed due to lack of light and are oriented to the north-east and south.

We also analyzed the diameters of larch on the steps of thickness, the results are shown in Table 2.

Table 2. Distribution of trees according to the steps of thickness in the larch alley on the «Khutor Gorka» Farm-house according to the data of the 2001 and 2017 accounts

No	Stages of thickness	Number of trees and survey years		Number of trees in %
		2001г.	2017 г.	
1	10 – 20	1	-	0,68
2	21 – 30	9	2	7,48
3	31 – 40	20	12	21,77
4	41 – 50	31	21	35,37
5	51 – 60	14	22	24,50
6	61 – 70	1	11	8,16
7	71 – 80	-	3	2,04
	Итого:	76	71	100%

From Table 2 it can be seen that almost 90% of all larches account for the thickness of the steps from 31 to 70 cm.

Conclusions. On the basis of the conducted research it is possible to draw the following conclusions:

1. The state of trees is good, which is facilitated by the biological period of maturity of larch and annual sanitary pruning of dry branches inside the alley.

2. The height of trees has almost doubled since 2001. This suggests that the development of the tree goes to the height, since a small step of planting restricts the area of root nutrition and does not allow the development of the crown in width.

3. Most trees form an uneven shape of the crown: the main part of it is stretched to the illuminated side, and the inner part is covered by branches of other trees obscuring each other. In addition, in the alley twice was sanitized and treated by biologists, hundreds of people (a company from Moscow), after which the tree crowns became flag-shaped.

4. To date, the larch alley is preserved as one of the important and decorative elements of the planning structure of the garden. On both sides of the avenue the thick-leaved bean - one of the first introduced species of the 19th century - is preserved and grows well, and forms a kind of biogeocenosis in combination with the Siberian larch.

List of used information sources:

1. G.A. Boguslavsky. Solovetsky Islands: Essays. 3rd ed., Archangel-Gel'sk, 1966;
2. Agaltsova V.A., Fursova L.M. Archive LLC "Landscape Master-skaya named. V.A. Agaltsova "Russian Garden" Moscow;
3. Grishanova O.V., Novinskaya T.V. Makarevskaya desert Solovetsky Monastery-Botanical

Garden of the Solovetsky Museum-Reserve / Solovki-Kisei;

4. Project to restore the channel system of the Solovetsky Islands. / / Historical reference. Lengi-provodka, 1992. Archive SGIAPMZ F. 137. Op. 1;

5. Ipatov L.F., Kosarev V.P., Prourzin L.I., Torkhov S.V. / Forests of the Solovetsky Archipelago / Archangel. region. societies. Fund "Museum of the Forest", 2009.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Kulikovska O. Y.

*Doctor of Technical Sciences, professor
State Higher Educational Institution "Kryvyi Rih National University"*

Atamanenko Y. Y.

*Research fellow of
Donetsk Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine*

Kopayhora O. K.

*Assistant Professor at the Department of higher mathematics and information systems
Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky*

INNOVATIVE SOLUTION OF MAPPING PROCESS OF ACCIDENT SITE

Abstract. This article presents theoretical justification of the methodological foundations for the use of unmanned aerial vehicles and GIS technologies during registration and mapping of road accidents. A technological scheme for registering road accidents was created; a structural and functional model of the portal "Information and Analytical Center for RTA Monitoring" was developed and implemented, which allows the full use of aerial photographs of an unmanned aerial vehicle to improve the efficiency of mapping technology of road traffic accidents.

Key words: road accident, technological scheme, geoinformation technology, web portal, registration, mapping.

Problem statement. The relevance of the chosen topic is explained by the social and economic significance of the tasks of increasing the accuracy, efficiency and complexity of registration the place, conditions, causes and consequences of road traffic accidents (RTA), the number of which has recently increased with the growth of motorization in the country. The quality of data on RTA affects not only the quality of administrative and legal decisions regarding RTA participants, but also the analysis quality of the causes of accidents, the determination of places of RTA concentration and the engineering solutions making in order to improve traffic management schemes.

A brief review of publications on the subject. It should be noted that the problems of creating a geoinformation system and the tasks of photogrammetric processing of aerial photographs of this article were the subject of study of such scientists as V. Glotov [1], S. Derekh [2], Y. Karpynskyi [3], V. Katushkov [4], P. Krelshtein [5], A. Lanovyi [6], A. Liashchenko [7], A. Salamanov [8] and others.

Identifying of previously unresolved parts of the general problem. Despite the existence of a significant theoretical basis on the research question, in the domestic scientific practice there are still no fundamental studies on the automation of the process of registration and mapping of accidents based on geoinformation technology using unmanned aerial vehicles.

The goal. The purpose of this research is to improve the efficiency, operability and quality of registration and mapping of road traffic accidents in modern

conditions based on the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and GIS technologies.

Results and discussions. The use of UAVs for mapping purposes has great potential in comparison with alternative land geodetic and topographic methods, and therefore they are increasingly used in geodetic and cartographic production, especially work that involves regulatory compliance. Unmanned vehicles with a digital camera make it possible to obtain cartographic products, the quality of which depends on the processing methods.

One of the leading companies that produce UAVs for aerial photography is DJI, which is known for the quality of its products and the high level of innovativeness of its platforms [9]. To study the developed geoinformation technology of RTA registration and mapping the model Phantom 3 Professional was used.

The developed technological scheme of RTA registration and mapping is shown in Fig. 1.

The police inspector, who is a member of the police patrol department of RTA documenting, before starting the RTA registering using a UAV must to:

- 1) be trained on special UAV Management courses;
- 2) familiarize himself with the technology of registration and mapping of accidents with the help of UAV;
- 3) study in detail the recommendations on the choice of altitude for the registration of accidents and parameters related to the use of UAVs during various weather conditions.

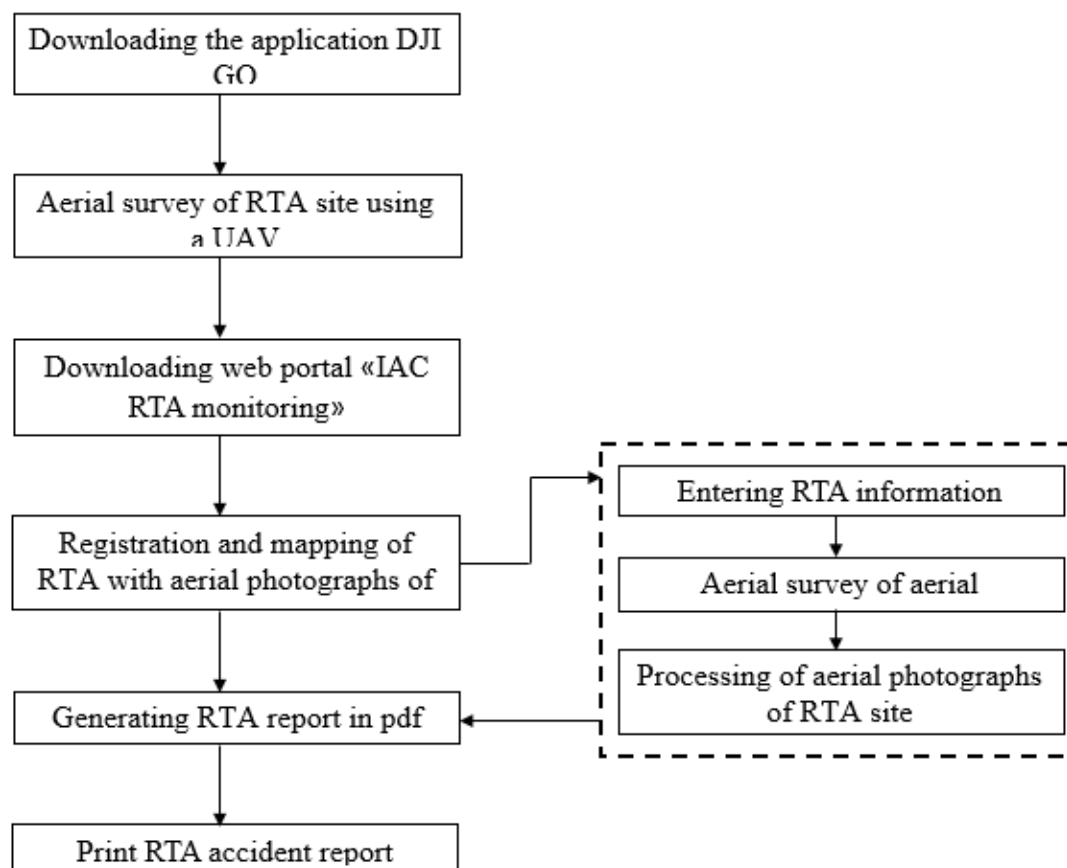


Fig. 1. Technological scheme of RTA registration and mapping.

The police patrol car should be ensured with: a quadcopter with a camera resolution of 4K; a tablet and a portable printer; paper; pen and USB cable.

At the RTA scene, the inspector performs an accident registration according to the proposed scenario for recording RTA using a UAV (Figure 2).

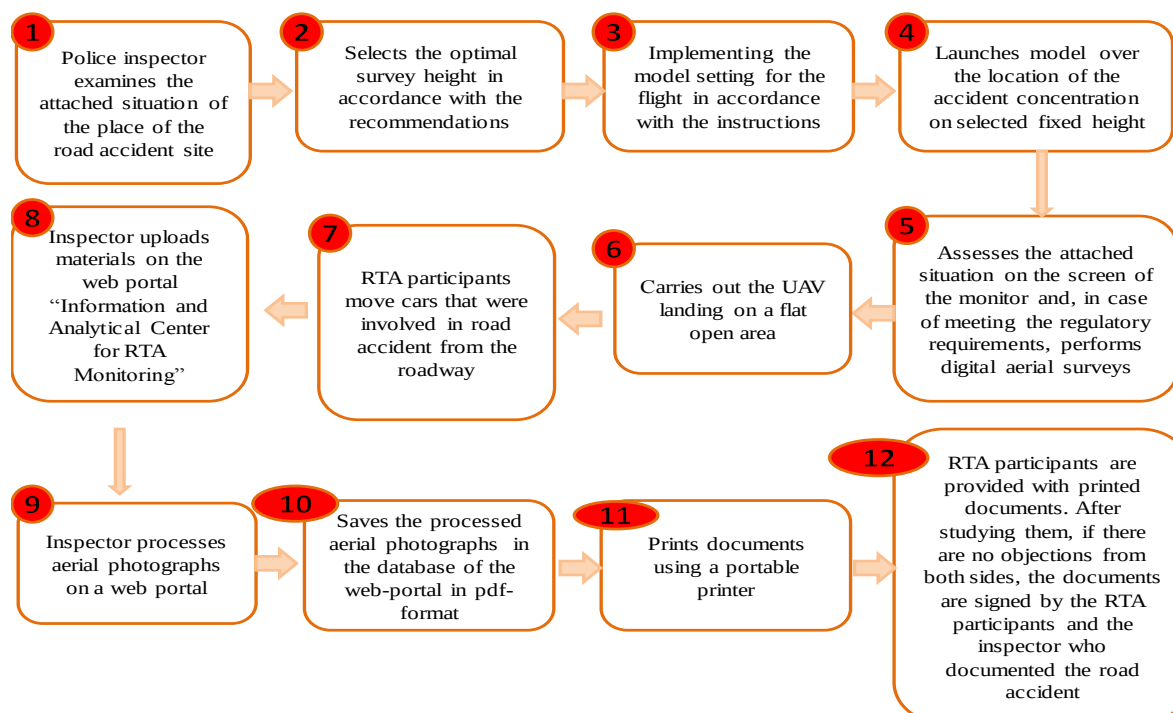


Fig. 2. Scenario for RTA registration with the use of UAV

In order to register RTA and obtain a report, the inspector must process the resulting RTA digital materials on a computer device that has a downloaded web portal or has an Internet access.

The source address of the "Information and analytical center for RTA monitoring" web portal (IAC for RTA monitoring) - DTP-BPLA.dp.ua (Fig. 3).

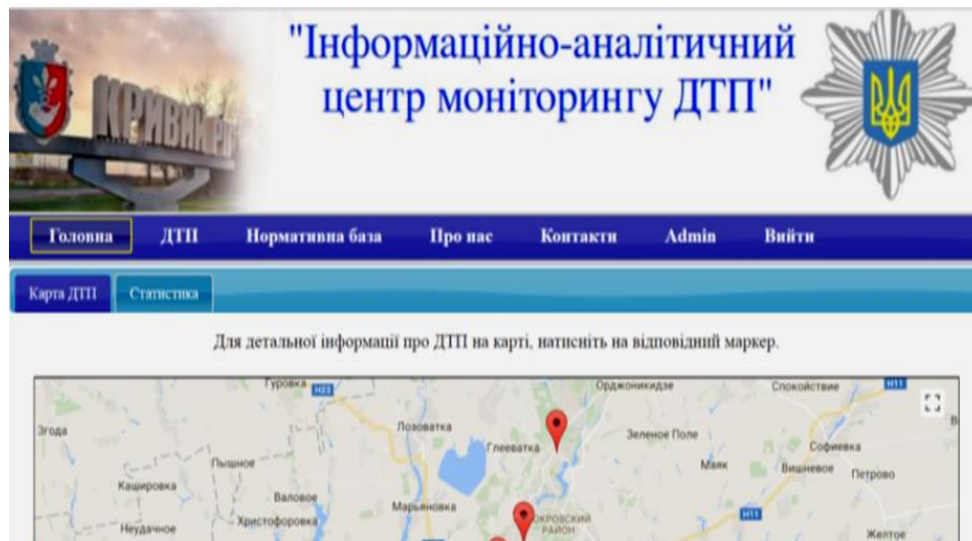


Fig. 3. Main page of the web portal "IAC for RTA monitoring"

The process of processing an aerial photograph begins with the click on "Add an aerial photograph" subsection (Figure 4).

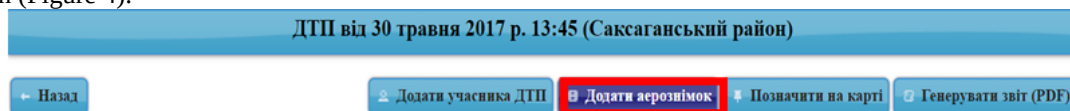


Fig. 4. Window of the command "Add an aerial photograph"

As a result, a window is opened (Figure 5), in which you should click on "Select file" and chose the required RTA aerial photograph (Figure 6).

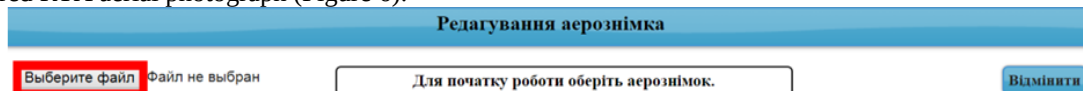


Fig. 5. "Add an aerial photograph" window

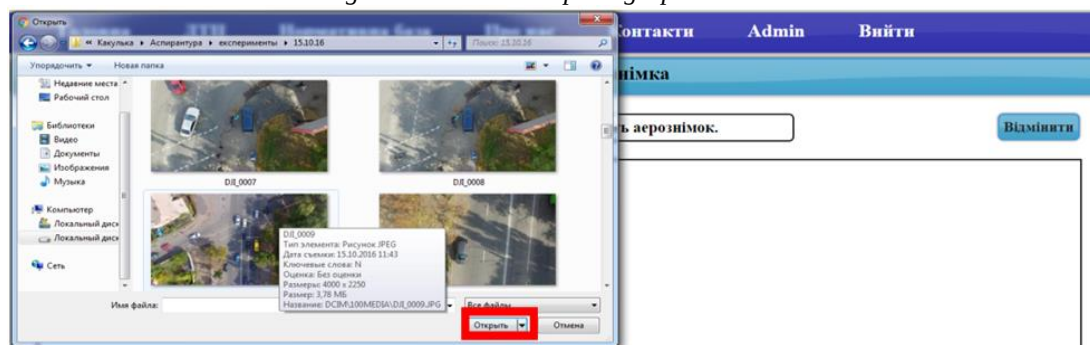


Fig. 6. Window of the process of choosing RTA aerial photograph

When uploading digital aerial photographs, the size of the photograph changes to $l_p = 960$ pixel

(length), $w_p = 540$ pixel (width), preserving the aspect ratio ($k = \frac{16}{9} = 1,77$) (fig. 7).



Fig. 7. An example of an aerial photograph prepared on a web portal for processing

Distance between given points 1 and 2 with coordinates $(1(X_1, Y_1); 2(X_2, Y_2))$, which has to be shown on the aerial photograph is calculated by the formula in pixel

$$S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}. \quad (1)$$

Subsequently, the algorithm of the program allows you to automatically convert the pixel of the adapted digital aerial photograph into the meters of the terrain area. To achieve the task, you have to enter the height of the survey, and then the program calculates the length l_m and width w_m (in meters) of the area, which is captured in the digital image.

$$l_m = 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$

$$w_m = \frac{2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{1,77}. \quad (3)$$

Where α – field-of-view angle of the camera, H – UAV flight altitude.

In order to find the scale m , that is, the number of pixel per meter, the program compares the length and width (in pixel) with the corresponding values in meters and finds the average value of two results.

$$m = \frac{\left(\frac{l_p}{l_m} + \frac{w_p}{w_m}\right)}{2}. \quad (4)$$

In this case, 1 meter of the terrain area corresponds to 12.77 pixels of the adapted digital aerial photograph (Fig. 8).

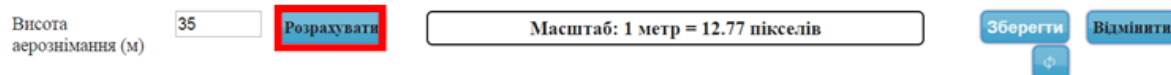


Fig. 8. Window of the flight altitude entry process

The following is an example of the program determines the scale m and the area of covered territory S in a digital aerial photograph.

Let's assume that the flight height of the UAV over the accident site is $H = 20$ m, α is the field-of-view angle of the camera (94°), then

$$\begin{aligned} l_m &= 2 \cdot 20 \cdot \operatorname{tg} \frac{94^\circ}{2} = 42,88 \text{ м}, \\ w_m &= \frac{2 \cdot 20 \cdot \operatorname{tg} \frac{94^\circ}{2}}{1,77} = 24,23 \text{ м}, \\ m &= \frac{\left(\frac{960}{42,88} + \frac{540}{24,23}\right)}{2} = 22,34 \text{ м}, \\ S &= \frac{4 \cdot 20^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{94^\circ}{2}\right)}{1,77} \approx 1039 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Thus, after processing the digital aerial photograph obtained as a result of aerial survey from the flight altitude of the UAV $H = 20$ m, the following parameters of the surveyed area were obtained: the length

of the area $l_m = 42.88$ m; width $w_m = 24.23$ m; 1 meter long terrain corresponds to 22.34 pixel of adapted digital aerial photograph; 1039 m² covered the UAV at a given survey altitude.

On the downloaded aerial photograph, after the completion of above actions, starts the process of plotting the distances, which in accordance with the requirements [10] must necessarily be reflected on the created RTA scheme. To do this, you need to click once at the beginning of the distance: one point appears in the digital picture, press a second time (in another place, namely at the end of the distance) than the second point is fixed. So, for the two obtained points in the aerial photograph, the distance in meters is calculated and displayed.

After processing the aerial photograph you need to "Save" it. Thus, a scheme is created for the accident site with the calculated and plotted distances to the aerial photograph (Fig. 9).

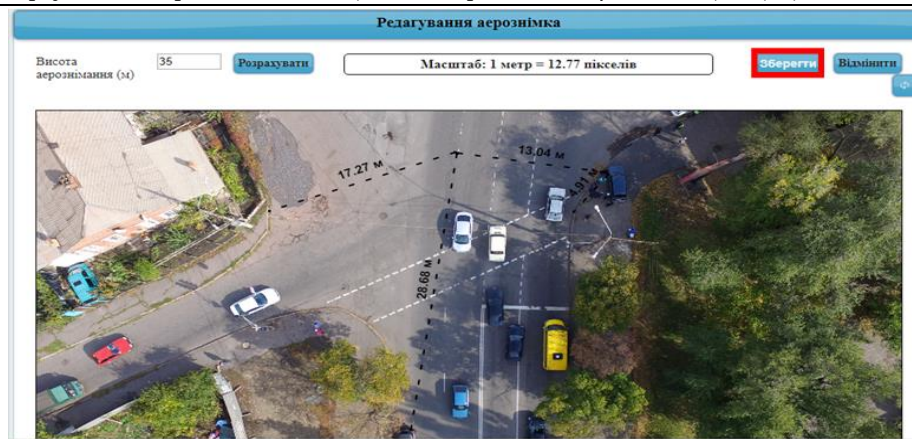


Fig. 9. Window of the processed aerial photograph of the accident site

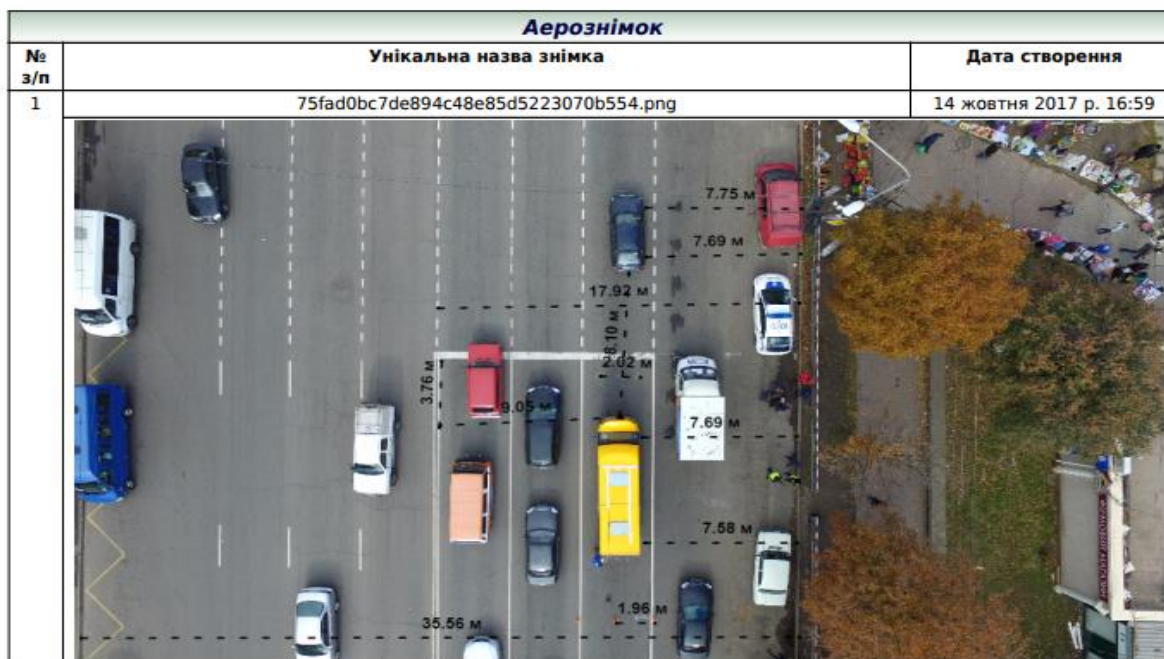
The result of the road accident recording on a web portal is documentation of a registered RTA, which includes the personal materials of the RTA participants

and the cartographic materials of the accident site. The report on the road traffic accident corresponds to the "Europrotocol" form (Fig. 10).

Повідомлення про дорожньо-транспортну пригоду

Загальні відомості															
Дата та час ДТП:	15 жовтня 2016 р. 13:30														
Місце знаходження:	пр-т 200-річчя Кривому Рогу														
Адміністративний район:	Саксаганський														
ПІБ інспектора, що заповнює картку:	Головенко Петро Вадимович														
Шкода, заподіяна життю та здоров'ю, навіть, якщо не значна:	Ні														
Шкода заподіяна майну крім шкоди транспортним засобам:	Ні														
Об'єктам крім транспортних засобів:	Ні														
Учасники ДТП															
№ з/п	Водій														
1	<table border="1"> <tr> <td>Прізвище, ім'я:</td> <td>Зайцев Вадим Андійович</td> </tr> <tr> <td>Дата народження:</td> <td>14 червня 1974 р.</td> </tr> <tr> <td>Адреса:</td> <td>вул. Співдружності 34/3</td> </tr> <tr> <td>Країна:</td> <td>Україна</td> </tr> <tr> <td>Телефон:</td> <td>0634679000</td> </tr> <tr> <td>Номер посвідчення водія:</td> <td>АЕ1145666</td> </tr> <tr> <td>Категорія:</td> <td>відсутні</td> </tr> </table>	Прізвище, ім'я:	Зайцев Вадим Андійович	Дата народження:	14 червня 1974 р.	Адреса:	вул. Співдружності 34/3	Країна:	Україна	Телефон:	0634679000	Номер посвідчення водія:	АЕ1145666	Категорія:	відсутні
Прізвище, ім'я:	Зайцев Вадим Андійович														
Дата народження:	14 червня 1974 р.														
Адреса:	вул. Співдружності 34/3														
Країна:	Україна														
Телефон:	0634679000														
Номер посвідчення водія:	АЕ1145666														
Категорія:	відсутні														
Транспортний засіб															
Марка, тип:	ГАЗ														
Державний реєстраційний номерний знак:	АЕ 2344 ВН														
Країна реєстрації:	Україна														
Причини та обставини															
Обставини ДТП:	відсутні														
Причини ДТП:	відсутні														
Страховальник / власник полісу (див.сертифікат страхування)															
Прізвище та ім'я:	Зайцев Вадим Андійович														
Адреса:	Співдружності 34/3														
Поштовий індекс:	50042														
Телефон:	0634679000														
Страхова компанія (див. сертифікат страхування)															
Назва компанії:	ВУСО														
Номер полісу:	АН/6787554														
Сертифікат або "зелена картка" дійсні з:	1 жовтня 2015 р.														
Сертифікат або "зелена картка" дійсні до:	1 жовтня 2016 р.														
Агенство (або бюро, або брокер):	агенство														

	Назва агентства:	ВУСО
	Адреса агентства:	проспект Гагаріна, 3
	Країна:	Україна
	Телефон:	0564765441
	Чи покриває поліс шкоду транспортному засобу:	Ні
2	Водій	
	Прізвище, ім'я:	Волошин Людмила Іванівна
	Дата народження:	5 квітня 1985 р.
	Адреса:	Старовокзальна 35/75
	Країна:	Україна
	Телефон:	0987653413
	Номер посвідчення водія:	АЕ1245433
	Категорія:	В
	Транспортний засіб	
	Марка, тип:	ВАЗ пріора
	Державний реєстраційний номерний знак:	АЕ 6546 АА
	Країна реєстрації:	Україна
	Причини та обставини	
	Обставини ДТП:	відсутні
	Причини ДТП:	Порушення правил обгону
	Страховальник / власник полісу (див.сертифікат страхування)	
	Прізвище та ім'я:	Волошин Сергій Давидович
	Адреса:	вул Старовокзальна 35/75
	Поштовий індекс:	50040
	Телефон:	0634569909
	Страхова компанія (див. сертифікат страхування)	
	Назва компанії:	АСКА
	Номер полісу:	АК/345655444
	Агенство (або бюро, або брокер):	агенство
	Назва агентства:	АСКА
	Адреса агентства:	проспект Металургів, 18
	Країна:	Україна
	Телефон:	0564047988
	Чи покриває поліс шкоду транспортному засобу:	Так



Підпис інспектора: _____ (Головенко Петро Вадимович)

Підпис водія : _____ (Зайцев Вадим Андійович)

Підпис водія : _____ (Волошин Людмила Іванівна)

Fig. 10. Protocol of registered RTA

The model of the web portal "Information and Analytical Center for RTA Monitoring" was developed on the basis of the PHP Framework software platform, namely the version – Yii Framework 1.1.16 and has a tree structure.

The main used languages are HTML, CSS, Javascript and PHP [11]. HTML was applied to markup a document (page), namely to write in order all elements (text, pictures, blocks) that are on this page. CSS was used to implement the design of these elements: color, background, sizes, indents, frames, shadows, transparency, and the like. Similarly, in CSS, the positioning is written, that is, the place of the elements on the page has been determined, animation, namely, some mobility, which with the development of IT technologies acquires more and more opportunities. Javascript has added very interesting features (comments, password), and much more that is related to the appearance and functionality of the web portal. PHP was used to write applications (website engines, plugins and themes).

To work with a web portal, you need a web browser of one of the versions:

- Google Chrome 24 and higher;
- Internet Explorer 9 and higher;

- Opera 12 and higher;
- Mozilla FireFox 17 and higher.

The mechanism of depicting points on the RTA aerial photograph with a UAV and the calculation of distances between them is implemented in Javascript and JQuery. The choice of JQuery - JavaScript Framework, is due to the ease of understanding and convenience in use [12, 13].

JQuery is the most popular library of ready-made solutions that focuses on the interaction of JavaScript and HTML [14]. The JQuery library has made it easy to access any DOM element, access the attributes and contents of DOM elements, and manipulate them.

Also, the JQuery library provided a convenient API for working with AJAX. In order to implement some action or effect on the page, it is not necessary to write the whole code, it is enough to make a short request to the library and the necessary code will be inserted in the specified place, at the time of the solution implementation.

Fig. 11 shows the codes of the mechanism of web portal operation "Information and Analytical Center for RTA Monitoring" when processing the aerial photograph of accidents.

<pre>functional calculate (h) { if (!\$.isNumeric(h)) { alert ('The height must be a number, an integer or a decimal with a point!'); return false; } scale=((canvas.width/(tan*h))+ (canvas.height/((tan*h)/1.77)))/2.toFixed(2); marked=1/scale; \$('#state').html('span style=\''font-size:16px;\'Scale:'); }</pre>	1. File code, with which the scale is determined
<pre>point_b = [e.layerX, e.layerY]; line_len = Math.sqrt(Math.pow((point_b[0] - point_a[0]), 2) + (Math.pow((point_b[1] - point_a[1]), 2))); ctx.beginPath(); marked=1/line_len; marked=marked.toFixed(3);</pre>	2. The principle of constructing a segment
<pre>(line_len = Math.sqrt(Math.pow((point_b[0] - point_a[0]), 2) + (Math.pow((point_b[1] - point_a[1]), 2))));</pre>	3. The length of a segment is calculated by coordinates
<pre>(cent_line['x'] = (point_a[0] + point_b[0]) / 2; cent_line['y'] = (point_a[1] + point_b[1]) / 2);</pre>	4. The center of the segment itself is calculated to output from this point an inscription with a calculated length
<pre>(rot_angle = Math.atan((point_b[1] - point_a[1]) / (point_b[0] - point_a[0])).toFixed(2));</pre>	5. The slope angle of the segment and the text with the length of this segment is calculated
<pre>(line_meter = line_len.toFixed(2)*marked + 0.05);</pre>	6. Amendments are introduced in calculating the distance due to the wheel axis

Fig. 11. Code files of the mechanism of web portal operation

The edited image (with distances segments plotted on it) is saved in a separate directory and is attached to the corresponding road accident due to a record in the

geospatial database, implemented on the basis of the MySQL DBMS [15] and supports the relational data model.

Conclusions and suggestions. It can be argued that the developed geoinformation support of the web portal "Information and Analytical Center for RTA Monitoring" is intended for collecting, recording, mapping, generating and issuing relevant documentation on the state of the accident site.

Application of this innovative solution to the process of registration and mapping of RTA allows solving a number of issues related to the process of registration and mapping of RTA, namely: the problem of traffic jams will be solved; the process of RTA registration will be automated; the accuracy and reliability of the created schemes of the accident site will be increased; the number of disputable issues will decrease; the received materials could be used for other purposes (making motivated decisions on court cases, implementation of reasoned payments by insurance companies), and accordingly the corruption component will be decreased. Thus, the collecting and scientifically based processing of information makes it possible to assess the overall state of accident rate not only in certain administrative regions, but also in Ukraine as a whole.

Reference

1. Hlotov V. M. Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles for aerial photographing processes / V. M. Hlotov, A. Hunina // Modern achievements of geodetic science and industry. – 2014. – Issue II (28). – C. 65 – 70.
2. Derekh Z. D. Thesis. Development of methodical bases of geoinformation mapping and RTA analysis / Z. D. Derekh // Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. – Kiev. – 2001.
3. Karpinskyi Y. O. From the cartographic production infrastructure to the geospatial data infrastructure [Text] / Y. O. Karpinskyi, A. A. Liashchenko // Collection of scientific works "Development of the thematic component of the geospatial data infrastructure in Ukraine". – 2011. – P. 39-61.
4. Katushkov V. O. The general case of surveying for compiling frontal digital models / A. Katushkov // Bulletin of Geodesy and Cartography. – 2008. – №4. – P. 31 – 34.
5. Krelshtein P. D. Technology of mapping and monitoring using light aerial vehicles: Thesis abstract of PhD. – Kiev, 2009. – 16 p.
6. Lanovyi O. T. Thesis. Theoretical bases and practical methods of providing conditions for continuous, safe and convenient traffic flow by road network / O. T. Lanovyi // National Transport University. – Kiev – 2017.
7. Liashchenko A. A. The reference model of the architecture of the geoportal and the means of its implementation [Text] / A. A. Liashchenko, A.G. Cherin // Engineering geodesy: scientific and technical collection. – 2008. – №54. – P. 124-134.
8. Salmanova O. Y. Thesis. Administrative and legal means of ensuring the road safety by the police / O. Y. Salmanova // National University of Internal Affairs. – Kharkiv. – 2002.
9. DJI Phantom 3: improved Phantom 2 with 4K camera [Electronic resource]. – Access mode: <http://quadrocoptery.ru>.
10. Resolution of the Minister of Internal Affairs of Ukraine No. 1395 of 07.11.2015. On approval of the Instruction on Administrative Offenses in the Sphere of Ensuring Road Safety, that was fixed not automatically.
11. Nixon R. "We create dynamic websites using PHP, MySQL, JavaScript and CSS." – St. Petersburg. – 2013. – 356 p.
12. Keith Wood. "Extension of the jQuery library". – DMK Press. – 2014. – 400 p.
13. David Flanagan. "JavaScript. A detailed guide". – Trans. from eng. – St. Pb: Symbol - plus. – 2013. – 119 p.
14. Petzold Charles, Esposito Dino "Programming for Microsoft Windows 8. Build Windows 8 Apps with HTML5 and JavaScript (set of 2 books)". – St. Petersburg. – 2014. – 492 c.
15. Benken E. "PHP, MySQL, XML. Programming for the Internet". – BHW- Petersburg. – 2013. – 352 p.

Глушанкова Н.И.

*Доктор географических наук, ведущий научный сотрудник
МГУ имени М.В. Ломоносова*

ПАЛЕОПЕДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЛЁССОВОГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

Glushankova N.I.

Lomonosow Moscow State University, Russia

PALEOPEDOLOGICHESKY ASPECT OF THE LOESSIAL NEOPLEISTOCENE OF THE EAST EUROPEAN PLAIN

Аннотация

В результате комплексных междисциплинарных исследований, с применением методов четвертичной геологии, палеогеографии и генетического почвоведения, проведено ритмоклиматическое обоснование стратиграфического расчленения новейших отложений и выполнены палеогеографические реконструкции почвенного покрова и природной среды на протяжении от раннего неоплейстоцена до голоцена на значительной территории Восточно-Европейской равнины.

Abstract

As a result of complex interdisciplinary researches with use of methods of

Quaternary geology, paleogeographic, soil science, ritmoklimaticesky justification of a stratigrafichesky partition of the latest deposits is given and paleogeografichesky of reconstruction of environment on an extent from an early Neopleistocene till the Holocene in the considerable territory of the East European Plain are executed.

Ключевые слова: Неоплейстоцен, голоцен, лёссово-почвенная формация, опорные разрезы, палеопочвы, эволюция.

Keywords: Neopleistocene, Holocene, loessial and soil formation, basic cuts, fossil soils, evolution

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе среди проблем четвертичной геологии и палеогеографии неоплейстоцена по-прежнему актуальной остается задача всестороннего изучения новейших отложений в целях: 1) палеогеографического обоснования детальных стратиграфических схем, широко используемых в геолого-съемочных и поисковых работах; 2) понимания общих тенденций развития природной среды в последний миллион лет, необходимых для создания прогностических сценариев возможных изменений в первой половине XXI века, в связи с ожидаемыми глобальными изменениями климата. Наиболее перспективным при этом является изучение отложений, накопление которых происходило на протяжении длительных периодов. Именно с этим связана уникальная роль результатов исследования лёссовых покровов и сопряженных с ними ископаемых почв, отражающих в строении и вещественном составе условия осадконакопления, почвообразования, и часто содержащих в едином, почти непрерывном разрезе, геохронологическую и палеогеографическую информацию о важнейших событиях неоплейстоцена, столь необходимую для стратиграфических построений. Вместе с тем, несмотря на длительную историю изучения многоплановой лёссовой проблемы и достигнутые результаты плодотворных реконструкций, всё ещё остается ряд дискуссионных и нерешенных вопросов, касающихся генезиса, расчленения и корреляции стратиграфических подразделений лёссового комплекса, определения хроностратиграфических позиции конкретных горизонтов разновозрастной лёссово-почвенной формации.

Территория Восточно-Европейской равнины является областью наибольшего распространения лёссовых покровов неоплейстоцена в пределах Евразии. Трудami многочисленных исследователей (Н.И. Кригер, И.П. Герасимов, А.А. Величко, М.Ф. Веклич, Т.Д. Морозова, Н.И. Глушанкова, Н.А. Сиренко и др.) было получено достаточно полное представление об их строении и пространственных закономерностях развития. Было установлено, что лёссы, имеющие почти сплошное распространение к югу от линии Львов-Киeв-Рязань, образуют единый пояс, протягивающийся от Карпат до Заволжья, аккумулируясь в пределах, как крупных аллювиальных низменностей (Днепровская, Окско-Донская, Тамбовская), так и возвышенностей (Среднерусская, Приволжская). Наиболее полно лёссовые отложения представлены в центральном и юго-западном секторах равнины, где выделяются главные ареалы лёссовых пород, изученных нами в

серии опорных и стратотипических разрезов на территории Деснинско-Днепровской, Среднерусской, Окской, Окско-Донской, Приволжской, Заволжской и Камской лёссовых провинций [15]. Здесь имело место неоднократное чередование ледниковых и межледниковых обстановок со сложным сочетанием гляциодинамических процессов с процессами лёссонакопления, почвообразования, криоморфогенеза, отражающих особенности природно-климатических изменений на протяжении неоплейстоценовой истории. На юге равнины лёссы распространены до побережий Черного и Азовского морей и прослеживаются в пределах их акватории. На востоке граница сплошного и прерывистого распространения разновозрастных лёссов в общих чертах совпадает с восточной периферией Окско-Донской равнины, а далее, вплоть до южного Предуралья, лёссовые покровы представлены в редких небольших массивах, где они имеют малые мощности [5]. Исключение составляет территория Заволжья и Прикамья, где встречаются ареалы лёссовых покровов, занимающих значительные площади и существенную часть стратиграфической колонки неоплейстоцена.

В статье в краткой форме излагаются основные данные, полученные в итоге изучения перигляциально-лёссовой формации на территории бассейнов Днепра, Дона, Волги, дополненные новым фактическим материалом, полученным в последнее время. В основу сопоставлений и обобщений положен значительный массив данных, собранный в процессе полевых, аналитических, сравнительно-географических исследований стратотипических и опорных разрезов на территории бассейнов Днепра, Дона, Волги, отличающихся друг от друга строением новейших отложений и историей палеогеографического развития. В статье принято двучленное деление квартера на голоцен и плейстоцена, а последний делится на эоплейстоцен (2,58-0,8 млн. лет назад) и неоплейстоцен (0,8-0,01 млн. лет назад). Основание неоплейстоцена совпадает с рубежом палеомагнитных эпох Матуяма и Брюнес 0,78 млн. лет назад [20].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными объектами систематического изучения лёссово-почвенной формации в бассейнах Днепра, Дона, Волги послужили более 70 стратотипических и опорных разрезов естественных обнажений по древним речным долинам, придолинным частям древних водораздельных поверхностей и оврагам. Это позволило получить наиболее полное представление о геологическом строении и оптимальные условия для описания, зарисовок, отбора

более 500 образцов из всех генетических горизонтов палеопочв и из всех слоев вмещающих их отложений, различающихся комплексом признаков. Для корреляции и детализации отложений закладывалась серия дополнительных геологических разрезов, намного превосходящих число опорных и стратотипических разрезов. С их помощью подтверждался неслучайный характер свойств и особенностей горизонтов ископаемых почв, обладающих морфотипическими признаками. Последние включают, помимо морфологических признаков почвенных профилей, также генетические типы и мощности перекрывающих и подстилающих пород, характер деформаций и вторичных изменений почв и лёссовых отложений. С целью выяснения литологических и фациальных изменений отдельных горизонтов по простиранию закладывались фронтальные расчистки, на основании которых можно было достаточно уверенно судить о последовательности их залегания, имеющее первостепенное значение при разработке стратиграфических схем.

Учитывая неразрывную связь (в диапазоне неоплейстоцена) горизонтов лёссов и сопряженных с ними ископаемых почв, а также криогенных явлений, хронологические и палеогеографические построения даются в сочетании с указанными компонентами, т.е. рассматриваются как лёссово-почвенные или лёссово-почвенно-криогенные серии. В основу стратиграфического расчленения лёссовых отложений были положены: установленные естественноисторические этапы развития лёссово-почвенной формации, выявленный комплекс диагностических показателей, типологическое своеобразие и генетическая неповторимость почвенных горизонтов, являющихся главными маркирующими реперами отдельных геохронологических этапов неоплейстоцена. Выявленное своеобразие позволило уверенно распознавать разновозрастные ископаемые почвы и их комплексы не только в одном разрезе, но и благодаря генетической связи в древних почвенных покровах, проследить неразрывно на значительные расстояния.

Для определения хронологической приуроченности палеопочв к тому или иному отрезку неоплейстоцена, установления возраста древнего почвообразования, корреляции горизонтов разновозрастных почв использовались, как данные абсолютного (радиоуглеродного), так и относительного датирования (данные микротериологического, малакофаунистического, орнитологического, палинологического методов). Результаты микротериологического метода являлись во многих случаях связующим звеном, обосновывающим однообразие стратиграфических горизонтов, представленных разными генетическими типами осадков.

Основанием для сравнительно-аналитического метода является адекватность совокупности признаков современного и древнего почвообразования. Выявление особенностей последнего, с учетом сохранности устойчивых признаков их первоначальных свойств, достаточно четко проявляется при использовании в диагностике почвообразовательных процессов комплекса показателей: органического вещества (общего содержания, распределения и соотношения групп гумусовых веществ, природы гумусовых кислот и др.), гранулометрического состава, валового химического состава, карбонатности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

НИЖНИЙ НЕОПЛЕЙСТОЦЕН.

Петропавловский термохрон. Основание неоплейстоцена совпадает с рубежом палеомагнитных эпох Матуяма и Брюнес (0,78 млн. лет назад). В принятых стратиграфических схемах нижняя граница плейстоцена проводится в основании петропавловского горизонта, относящегося к палеомагнитной эпохе Матуяма (таблица 1) [33]. Соответствующие ему аллювиальные отложения, изученные авторами в бассейне Верхнего Дона, содержат микротериофауну переходную от таманской к тираспольской. Облик сообщества Петропавловка-2 определяют полёвки, с преобладанием среди них корнезубых форм рода *Mimomys*, при высокой численности некорнезубых особей. По экологическому облику эта фауна лесостепного типа, существовавшая в условиях тёплого и умеренно влажного климата [1,2]. Об аналогичных условиях свидетельствует малакофауна. Этому времени в составе лёссово-почвенной формации соответствует балашовская почва (ИКС 19), выделяемая в низах новопокровской лёссово-почвенной серии и отвечающей зоне обратной полярности Матуяма. В ней обнаружена микротериофауна с преобладанием сусликов рода *Citellus*, которую исследователи относят к самым низам эпохи Брюнес или к заключительной фазе эпохи Матуяма. Выявленные диагностические данные указывают на наличие в ней признаков субтропического почвообразования. Основной фон в почвенном покрове этого времени на территории бассейнов Днепра (на самом юге) и Днестра составляли палеопочвы с текстурно-дифференцированным профилем и наличием плазмы braunlehm в горизонте Bt, а также полигенетические красноцветные образования с признаками процессов рубефикации и ожелезнения. Согласно палинологическим данным в бассейне Днестра в это время пониженные участки были заняты лесами, в которых постоянными

Таблица 1 Стратиграфическая схема неоплейстоцена Центра Восточно-Европейской равнины

Общая стратиграф. шкала		Возраст млн. лет	ИКС	Надгоризон-ты	Горизонты, подгоризонты (Шик, 2014)		Лёссово-почвенные образования (ЛПК - лёссово-почвенные комплексы; ПК – педокомплексы) (Глушанкова, 2008)		Криогенные горизонты (Величко, 1997)	Фаунистические комплексы мелких млекопитающих
Голоцен		0,1	1	Валдайский	Современная почва					Верхнепалеолитический
Верхнее звено	2		Остапковский		Гололобовский ЛПК		Ярославский Владимирский			
	3		Ленинградский		Брянская почва					
	4		Калининский		Хотылевский лёсс		Смоленский фаза «б»			
					Крутицкая почва					
	5				a - d	Севский лёсс		Смоленский фаза «а»		
	e		Микулинский			Салынская почва				
Среднее звено	0,2	6	Московский (днепровский) ЛПК	Железно-горский ЛПК	Мерцаловский лёсс	Днепроовский	Хазарский			
				Курская почва						
				Цинский лёсс						
	7	Горкинский	Роменская почва							
	8	Вологодский	Орчикский лёсс		Игоревский					
	0,3	9	Чекалинский	Каменская почва						
		10	Калужский	Борисоглебский лёсс		Клиновидные структуры				
	0,4	11	Лихвинский	Инжавинский ПК			Сингильский			
		12	Мичуринский	Окский	Коростелёвский лёсс		Клиновидные структуры	Тираспольский		
				Мучкапский	Воронский ПК					
Донской				Донской лёсс		Клиновидные структуры				
17				Ильинский	Ржаксинский ПК					
?		Южноворонежский	Покровский + Б	Бобровский (троснянский) лёсс		Клиновидные структуры				
Эоплейстоцен		?		Петропавловский - М	Балашовская почва			Петропавловский		

компонентами, наряду с липой, орехом, буком, дубом и кленом и др., были кипарис лох, сумах, виноград, маслиновые. Открытые пространства были заняты ксерофильной растительностью с преобладанием маревых, полыни и значительной примесью злаков и мезофильного разнотравья. [9,14,15].

Покровское похолодание. В бассейне Верхнего Дона покровское похолодание сопровождалось лёссонакоплением и значительным усилением криогенных процессов, о чём свидетельствуют клиновидные структуры в основании бобровского лёсса, рассекающие залегающую ниже балашовскую почву (табл.1). О суровости климата свидетельствует также тот факт, что даже на крайнем юге

могли встречаться биотопы с участием криофитов. В Подмоскowie в это время были развиты березовые редколесья. Растительный покров Нижнего Дона был представлен тундро-лесостепями. В перигляциальных ландшафтах на юге Восточно-Европейской равнины, наряду со степными и лесными представителями малакофауны, существовали криофильные аркто - бореальные элементы с участием видов, обитающих сейчас в альпийских (тундрово-высокогорных) ландшафтах [7,17].

Ильинское время. По комплексу данных, полученных в бассейне Дона, сложный в палеогеографическом отношении *ильинский тёплый интервал*

(~ 780-660 т.л.н., ИКС 17), пришедший на смену покровскому похолоданию, характеризовался неоднократными колебаниями ландшафтно-климатических условий, приведших к формированию трёх аллювиальных комплексов с раннетираспольской микротериофауной и теплолюбивыми моллюсками, двух, разделенных лёссом тяжелосуглинистых почв (ранне - позднеильинской), коррелируемых с двумя оптимума ржаксинского почвенного комплекса. Особенности морфологического строения, физико-химические свойства палеопочв ука-

зывают на определённое их сходство при некотором их различии. Они позволяют предположить, что формирование их происходило на фоне достаточной тепло-, влагообеспеченности при активном участии дернового процесса (таблица 2). Доминирующую роль в формировании раннеильинской почвы, в условиях смены степных фитоценозов лесостепными, играли гумусово-аккумулятивные процессы, а в позднеильинской – наряду с гумусово-аккумулятивными, в лесостепных ландшафтах имели место процессы лессиважа [1-3,7,14,15].

Таблица 2

Изменение зональных типов палеопочв в неоплейстоценовых ландшафтах Восточно-Европейской равнины (Глушанкова, 2008)

Возраст тыс. лет (Величко и др., 2005)	Эпохи педогенеза	Плейстоценовый почвенный покров. Современные аналоги палеопочв и ареалы их распространения	Палеоландшафты	ИКС
~ 32-23	Брянский (дунаевский) интерстадиал. Брянская почва.	Мерзлотно-глеевые, тундрово-глеевые, дерново-мерзлотно-глеевые. Центральная Якутия.	Тундровые, открытые перигляциальные	3
~ 98	Верхневолжский интерстадиал. Крутицкая почва	Чернозёмовидные	Безлесные с травянистым покровом, холодные степные и лесостепные	5b
~ 135-117	Микулинское межледниковье. Салынская почва	Лювисоли, бурые лессивированные, бурые лесные псевдоглеевые, чернозёмовидные. Центральная и Средняя Европа	Лесные суббореального пояса, лесостепные, лугово-степные	5e
~260	Роменское межледниковье. Роменская почва	Тундрово-глеевые (глеезёмы), мерзлотно-глеевые. Север Зап. Сибири	Лесные, тундровые	7
~330-290	Каменское межледниковье. Каменская почва	Серые лесные, бурые лесные лессивированные, чернозёмовидные, выщелоченные чернозёмы. Западная и Центральная Европа	Лесные (широколиственные леса), лесостепные, степные	9
~ 410-390	Лихвинское межледниковье. Инжавинская почва	Лювисоли, псевдоглеи, элювиально-глеевые, бурые лесные лессивированные, бурые лесные, чернозёмовидные. Западная Европа	Лесные (хвойно-широколиственные) суббореального пояса, лесостепные, степные	11
~ 480	Мучапское межледниковье. Воронская почва	Бурые лесные, бурые лессивированные, брioni-зёмы Сев. Америка, Дальний Восток	Лесные (широколиственные леса с субтропическими элементами), лесостепные с участками хвойно-широколиственных лесов	15
~780-660	Ильинское межледниковье. Ржаксинская почва	Темноцветные луговые, бурые лесные	Лесные (хвойно-широколиственные и широколиственные), лесостепные, степные	17-19

В теплоумеренном климате оптимумов ильинского межледниковья широкое развитие получили смешанные хвойно-широколиственные и широколиственные леса с участками неогеновых реликтов. Растительный покров в период развития раннеильинской почвы характеризовался сменой фитоценозов степи → лесостепи. Доминирующим типом растительности в период формирования позднеильинской палеопочвы были лесостепи: в раннюю фазу с преобладанием открытых пространств из злаково-разнотравных и марево-попынных сообществ и участками березово-елово-сосновых лесов, с редкой примесью дуба и ивняков. В последующую фазу лесостепи отличались широким развитием, в условиях более теплого и влажного климата, смешанных елово-кедрово-сосново-широколиственных (липово-вязово-дубовых) лесов с примесью березы и сокращением роли марево-попынных сообществ [6].

Донское оледенение. Теплые эпохи первой половины раннего плейстоцена сменяются холодной эпохой, сопровождавшейся максимальным донским оледенением (~ 660-610 т.л.н., ИКС 16), возраст которого определяется по положению морены в разрезах между слоями с находками тираспольской микрофауны. Покровный ледник огромным «языком» шириной более 400 км продвигался по Окско-Донской равнине - области наибольшего развития, южнее 50°с.ш. Мощность трёхслойной морены, оставленной ледником, в бассейнах Верхнего Дона (разрезы Урыв, Коротояк, Коростелёво, Моисеево и др.), Верхней Оки (разрезы Заплатино, Павлово и др.), Тёши (разрез Берёзовка), Велуги (разрез Красные Баки) колеблется в пределах 1,5-16,4 м, иногда достигая 20 и более метров. Визуально цветовая гамма её меняется от тёмно-серой в основании толщи, через желтовато-серовато-бурую в средней части, до красновато-бурой в верхнем слое. Преимущественно в верхнем слое сосредоточен крупнообломочный материал кристаллических пород. В гранулометрическом составе мелкозёма ледниковых осадков доминирует пелитовая фракция, а алевроитовая, уступая ей, составляет 20-33%. Вся толща донской морены характеризуется относительно близким химическим составом с заметной тенденцией увеличения содержания полуторных оксидов и щелочных металлов вниз по разрезу. В распределении углекислых солей по толще ясно выраженных закономерностей не наблюдается [3,37,38,41].

Значительное похолодание в эпоху донского оледенения, влияние которого прослеживается до низовий Дона, фиксируется в экологическом облике мелких млекопитающих, представленных субарктическими видами: *Lemmus ex gr. sibiricus*, копытного лемминга *Dicrostonyx sp.* и северо-сибирской полёвки *Microtus ex gr. Hyperboreus*, архаичной узкочерепной полёвки *Microtus (Stenocranium) gregaloides*. В растительном покрове в ледниковье на Окско-Донской равнине доминировали перигляциальные степи с господством осоково-злаковых и попынно-маревых сообществ [1,7,24].

Мучкапское (рославльское, беловежское) межледниковье. Выше горизонта донской морены и коррелятного ей донского лёсса в разрезах Верхнего Дона (Коростелёво, Урыв, Моисеево и др.) залегает сложно построенная пачка отложений, относящаяся к мучкапскому межледниковью (~ 610-535 т.л.н., ИКС 15), выделенная на основании находок позднетираспольской фауны грызунов в разрезах Вольная Вершина, Коротояк-4, Коростелёво, Кузнецовка, пос. Мучкапский и др. и коррелируемая с отложениями разреза Фердинандув в Польше [39]. В климатическом отношении это существенное потепление на территории Восточно-Европейской равнины отличалось от двух предшествующих межледниковий значительной влагообеспеченностью. Внутри него выделяются, по крайней мере, два хорошо выраженных оптимума, разделенных похолоданием. Большую часть Восточно-Европейской равнины в это время занимала лесная зона, в составе которой доминировали леса с участием плиоценовых реликтов. В фаунах млекопитающих отсутствуют субарктические виды мелких млекопитающих. Во всех аллювиальных свитах на юге Окско-Донской равнины (разрезы Жердевка, Вольная Вершина, Кузнецовка, Коростелёво-2), а также в бассейнах Оскола и Северного Донца были обнаружены прогрессивные корнезубые полёвки *Miomys intermedius* Newton при отсутствии других древних корнезубых полёвок. По своему экологическому составу фауны соответствуют тёплым условиям межледниковья и характеризуются разнообразием видового состава, присутствием большого количества насекомоядных, заметным количеством лесных грызунов. Кроме того, во всех сообществах отмечены виды степных биот: суслики, пеструшки, тушканчики [1,2,7].

В разрезах Верхнего Дона (разрезы Коростелёво, Урыв, Моисеево и др.) в раннеплейстоценовой лёссово-почвенной серии мучкапскому межледниковью соответствует полигенетический воронский педокомплекс с двумя фазами оптимального почвообразования. Педогенез их отличался высокой интенсивностью, обусловившей образование мощных, оглиненных почвенных образований. В ранний оптимум в почвенном покрове автономных ландшафтов преобладали бурые лесные, брουνизёмы и олуговелые слитые разности почв; в южной части Восточно-Европейской равнины – почвы красноцветного облика, а на западе – бурозёмоподобные. Развитие палеопочв происходило под покровом полидоминантных широколиственных лесов, простиравшихся к северу примерно до 59°с.ш. и к югу до 51°с.ш. В подчинённых ландшафтах основной фон почвенного покрова составляли темноцветные гидроморфные разности почв. Для формирования почв позднего оптимума, сопоставляемых с чернозёмовидными почвами, характерно сочетание процессов гумусонакопления, оглеения и слабых признаков иллювиирования на фоне значительной рубефикации. В южных районах Восточно-Европейской равнины реконструируется лесостепь и степь. В интервалах между оптимумами расселялась бореальная растительность с

доминирующими в отдельные этапы заболоченными еловыми и елово-сосновыми лесами [14,15,17].

Окское оледенение. Ранний плейстоцен в соответствии с региональной хроностратиграфической схемой центральных районов завершает окское оледенение, сопоставляемое с эльстерским в Средней Европе (536-455 тыс. лет назад, ИКС 12) (табл.1). Ледниковые отложения буровато-серой окраски часто имеют фрагментарное распространение, будучи уничтоженными экзарационными процессами последующих ледников. Вопрос о положении границы распространения ледника до сих пор вызывает дискуссии [13,29]. В относительно недавнее время, в результате изучения разреза Мастоженка в бассейне р. Икорец близ Новохопёрска, выше отложений мучкапского межледниковья были выделены доокские отложения, включающие костные остатки древнейших *Arvicola mosbachensis* Schm. Эволюционный уровень полёвок соответствует заключительному этапу кромерского времени. Состав фауны млекопитающих, видовой состав рептилий и птиц свидетельствует о тёплом и умеренно-влажном климате межледниковья, названного икорецким (ИКС 13). К сожалению, пока отсутствует детальная палинологическая и палеопедологическая характеристика отложений этого межледниковья, что делает невозможным его сопоставление с другими тёплыми эпохами. В палиноспектрах отложений, отнесённых к предшествующему холодному навлинскому горизонту, до 60% составляет недревесная пыльца, в которой преобладают лебедовые (до 30%) и полынь (до 40%). Среди микротиерофауны присутствуют *Dicrostonyx* sp. и *Lemmus lemmus* [22].

Согласно последним данным, окское (эльстерское) оледенение было значительно меньше предшествующего донского. Несмотря на его ограниченные размеры, в перигляциальных регионах Восточно-Европейской равнины реконструируются суровые ландшафтно-климатические условия, которые Е. Н. Ананова [6] характеризует как «совершенно особый, в основном безлесный ландшафт, в котором, может быть в непосредственной близости, произрастали представители сухих степей и тундр». О перигляциальных ландшафтах окского времени свидетельствует широкое распространение на Восточно-Европейской равнине копытного и обыкновенного лемминга, ареалы которых спустились на юг до 50-55° с.ш. [24,34].

СРЕДНИЙ НЕОПЛЕЙСТОЦЕН

В последние годы появляется всё больше данных, свидетельствующих о сложной периодизации палеогеографических событий в среднем неоплейстоцене. Разногласия существуют относительно как крупных ледниковых этапов, так количества и ранга тёплых интервалов.

Лихвинское межледниковье. Наступившее после окского оледенения лихвинское межледниковье (~ 455-360 т.л.н., ИКС 11), коррелируемое с межледниковьем гольштейн Западной Европы, является одним из наиболее значительных потеплений среднего неоплейстоцена. Принадлежность его к

первой половине среднего неоплейстоцена подтверждается находками фауны из лихвинского стратотипа у г. Чекалин, в которых присутствует архаичная *Arvicola mosbachensis* Schmidtgen, сменявшаяся *Mimomis intermedius* Newton [29]. Большей части межледниковья были свойственны более мягкие климатические условия, чем в мучкапское межледниковье, которые благоприятствовали развитию теплолюбивой растительности с представителями в лесах реликтовой неогеновой флоры, широкому развитию лесостепей и степей (таблица 2). Растительность тундрового типа отсутствовала даже на крайнем севере Восточно-Европейской равнины [18].

Формирование инжавинского педокомплекса, лихвинский возраст которого определяется микротиерофауной сингильского комплекса, происходило в условиях лесной зоны суббореального пояса. Широкое распространение в почвенном покрове имели почвы с генетическим профилем, дифференцированным по элювиально-иллювиальному типу с признаками поверхностного оглеения. Ведущую роль в их формировании играли лессиваж и элювиально-глеевые процессы. Близкими современными аналогами могли быть лювисоли, псевдоглеи или элювиально-глеевые почвы, широко распространённые в настоящее время в Западной Европе (в сочетании с бурными лесными и бурными лессивированными почвами). Южнее 52° с.ш., в почвенном покрове лесостепных ландшафтов преобладали текстурно-дифференцированные оглиненные почвы с признаками лессиважа, древние аналоги бурых лесных лессивированных, выщелоченных чернозёмов. На границе лесостепи и степи в почвенном покрове доминировали почвы, близкие современным чернозёмам. Южная граница лесостепи в эпоху формирования инжавинской почвы примерно совпадала с её современным положением [14,15].

ЛИХВИНСКО-ДНЕПРОВСКИЕ ТЁПЛЫЕ И ХОЛОДНЫЕ ЭТАПЫ.

Переход от лихвинского межледниковья к последующей днепровской (московской) ледниковой эпохе на Восточно-Европейской равнине характеризовался чередованием похолоданий и потеплений на протяжении длительного этапа (~ 340-200 т.л.н.).

Эпоха калужского оледенения (360-340 тыс. лет назад, ИКС 10) началась с этапа, который привёл к развитию мелко полигонального растрескивания, свидетельствующего об усилении континентальности климата, а возможно, его аридизации на завершающих стадиях лихвинского межледниковья. Литологические и палинологические данные указывают на существование в это время ледникового покрова. Морена калужского оледенения распространялась на северную часть Тверской и Ярославской областей. В наиболее холодные фазы на территории Верхней Оки и Верхнего Дона господствовали ландшафты перигляциальной тундры, лесотундры, тундро-лесостепей и тундро-степей. Приледниковые районы были ареной расселения бореально-лесных растений, крио- и ксерофитов. В

южной части внеледниковой зоны Восточно-Европейской равнины в это время доминировали ландшафты лесостепей и степей [7].

Каменское межледниковье. Калужское оледенение сменилось каменной межледниковой эпохой (~ 340-280 т.л.н. ИКС 9), уступающей предшествующему лихвинскому межледниковью по теплообеспеченности (табл.1). В составе дендрофлоры, по сравнению с флорами предыдущих межледниковий, резко сократилось участие плиоценовых реликтов. На протяжении межледниковья сформировался почвенный покров, представленный в разрезах горизонтом полигенетической каменной почвы, содержащий микротериофауну хазарского комплекса, включающей остатки лагуриды с доминирующими «лагурусными» морфотипами зубов. На севере Восточно-Европейской равнины в почвенном покрове доминировали почвы – древние аналоги современных дерново-подзолистых, серых лесных почв. Ведущую роль в их формировании играл комплекс элювиально-иллювиальных процессов, к которому южнее присоединилось оглинение *in situ* и гумусонакопление. Основным фон почвенного покрова в ландшафтах бассейнов Верхнего и Среднего Дона, Средней Волги, Нижней Камы составляли почвы возможные аналоги современных серых лесных, бурых лесных лессивированных, чернозёмовидных почв луговых степей, выщелоченных чернозёмов. На протяжении всего межледниковья формирование почвенного покрова в бассейне Верхней Оки происходило в условиях лесных ландшафтов, в бассейне Верхнего Дона в ландшафтах лесостепи на ранней стадии развития, а на последующей – под разнотравно-злаковыми степями [4,18,24].

На достаточно холодные условия последующего палеогеографического этапа, сопровождавшегося накоплением орчикского лёсса, указывают палинологические данные, свидетельствующие о господстве в северных ледниково-перигляциальных ландшафтах Восточно-Европейской равнины перигляциальных тундр, лесотундр и степей. Флора доминировавшей на Верхней Оке перигляциальной лесотундры была близка флоре предшествующего похолодания, отличаясь от него меньшим разнообразием криофитов [29].

Роменское межледниковье. В последнюю эпоху среднеледникового потепления (~260-220 т.л.н., ИКС 7), предшествующей днепровскому оледенению, в почвенном покрове исследуемой территории формировались почвы с монокристаллическим, слабо дифференцированным профилем (A1-C; A1-Bt-BCa) без признаков иллювирующего материала, в различной степени оглеенные и криотурбированные. Палеопочва залегает в подошве днепровского лёсса и в разрезе Верхнего Дона, Нижней Камы и, как правило, сближена с более древними почвами. В опорных разрезах бассейнов Сейма, Суры (разрез Чирково) и Нижней Камы (разрезы Коминтерн, Раздольный, Татарская Чирма и др.) она образует самостоятельный стратиграфический горизонт, отделяясь от нижележащей каменной почвы слоем лёссовидного суглинка (0,6-0,7м), в значительной

степени изменённого педогенными процессами. По сравнению с более древними среднеледниковыми почвами, они менее четко характеризуются, как в генетическом, так и в климатостратиграфическом плане. Некоторые исследователи выделяют их как самостоятельное образование, придавая им межледниковый ранг [7,8,14,22], другие трактуют их как межстадиальное образование [8-10,19,28]. Пространственная неоднородность почв менее отчетливо выражена по сравнению с почвами более древних среднеледниковых эпох. Можно предположить, что изменение их связано не со сменой характера почвообразования, а с условиями седиментации мелкозёма и деформации профиля криогенной природы. В северных разрезах Окско-Донской равнины почва сильно нарушена и на этом уровне выделяется оглеенное, криотурбированное образование со слабой сохранностью профиля. Возможно, это связано с активным последующим воздействием на профиль почвы экзогенных процессов в перигляциальной зоне днепровского оледенения. Вблизи верхнего контакта роменской почвы В.П. Нечаевым были описаны фестончатые криогенные деформации, аналогичные сходным образованиям в современном деятельном слое на западе полуострова Ямал. Можно предположить, что современные аналоги тундрово-глеевых почв (глеезёмов) заключительной эпохи среднеледниковой педогенеза находятся в ландшафтах Западно-Сибирской тундры [26].

Чёткие морфотипические признаки роменской почвы установлены в почвенном покрове южной половины Восточно-Европейской равнины, где она представлена ярко бурой или красновато-бурой толщей с кротовинами и карбонатным горизонтом в основании. В ней выявлены микроморфологические признаки процессов оглинения *in situ*, без перемещения продуктов почвообразования по профилю. На юго-западе равнины им свойственна значительная выветрелость минеральной массы, оглинение, аккумуляция углекислых солей, высокая биогенная активность на фоне слабого гумусонакопления. Бедная по составу хазарская микротериофауна, извлеченная из кротовинного горизонта роменской почвы в разрезе Прилуки, указывает на существование в долине р. Сулы, во время формирования почвенного покрова, открытых ландшафтов. Согласно палинологическим данным, обледенённость ландшафтов центральных и западных регионов Восточно-Европейской равнины в эпоху формирования роменской почвы была значительной. В средней полосе Восточно-Европейской равнины содержание пыли широколиственных пород в палеопочве не превышает 20-25% (в других межледниковьях оно достигает 60-80%), что свидетельствует о климате лишь немного теплее современного [33].

Днепровское оледенение. Днепровская ледниковая эпоха (~ 200-130 т.л.н., ИКС 6) была максимальной в среднем неоплейстоцене. Она аналогизирована с заальской эпохой в Центральной Европе. В максимальную стадию развития ледниковый покров занимал обширные площади в северной части

Восточно-Европейской равнины, проникая по долине Днепра на юг до устья р. Орели [8]. Ранние криогенные деформации днепровской ледниковой эпохи отмечаются в роменской почве. В наиболее полных разрезах, оставленная ледником красновато-коричневая морена достигает мощности нескольких десятков метров. В ледниковую эпоху ландшафты Верхней Волги представляли собой перигляциальные тундры и лесотундры. Значительные изменения наблюдаются в видовом составе и распространении мелких млекопитающих, отнесенных к хазарскому фаунистическому комплексу. В ряде местонахождений в бассейнах Сейма, Оки, Десны, Волги были обнаружены остатки типичных животных Субарктики и перигляциальных степей: *Dicrostonyx simplicior*, *Lemmus sibiricus*, *Lagurus ex gr. lagurus*, *Microtus gregalis* [1,2,24].

ВЕРХНИЙ НЕОПЛЕЙСТОЦЕН

Этот этап является наиболее изученным в истории палеогеографического развития Восточно-Европейской равнины. Тем не менее, остаётся множество вопросов относительно хронологии и ландшафтно-климатических особенностей тёплых и холодных этапов разного ранга, реконструируемых для последних ~ 130 тыс. лет. Прежде всего, они касаются интервала, отвечающего подстадиям 5d – 5a изотопно-кислородной шкалы. Этот интервал отличается своеобразными климатическими условиями – чередованием значительных похолоданий, возможно, с развитием небольших материковых оледенений, с потеплениями. При этом климат в средних широтах всё это время оставался холоднее современного. Большинство исследователей относит его к вюрмской (валдайской, вислинской) ледниковой эпохе, с ранне- и поздневалдайскими мегастадиями (ИКС 4 и 2), разделёнными продолжительным (около 25 тыс. лет) мегаинтерстадиалом (ИКС 3). Некоторые считают возможным включить его в состав микулинского межледниковья [20,27,30,33].

Максимальная мощность и наиболее сложное строение поздненеоплейстоценовых лёссов характерно для зоны оптимального накопления их в западной и средней части Восточно-Европейской равнины. Эта зона включает в себя три уровня лёсса и три уровня ископаемых почв, два нижние из которых образуют мезинский педокомплекс. Южнее мощность поздненеоплейстоценовой лёссовой толщи значительно сокращается, упрощается ее строение. Исходя из стратиграфического положения, морфотипических показателей разновозрастных почв, подтвержденных биостратиграфическими данными, установлено их соответствие микулинскому (эемскому, ррисс-вюрмскому, сангамонскому) межледниковью, сопоставляемому с подтадией 5е стадии 5 ИКС, а также, судя по последним данным, возможно, с началом подстадии 5d; интерстадиалу начала валдайской ледниковой эпохи (верхневолжский, крутицкий, ИКС 5b), хронологически сопоставляемому с интерстадиалом брёруп; дунаевскому интерстадиалу [32].

Микулинское межледниковье. В опорных разрезах древних междуречных пространств почвы ранневалдайского интерстадила и микулинского

межледниковья, как правило, наложены одна на другую и образуют мощный (1,0-3,95м), сложнопостроенный мезинский педокомплекс, нарушенный деформациями фазы «б» смоленского криогенного горизонта. Он залегает в основании поздненеоплейстоценовой лессово-почвенной серии и имеет наибольшую стратиграфическую выдержанность по площади среди неоплейстоценовых почв. Тёплые эпохи почвообразования разделены периодом похолодания, сопровождавшимся лёссонакоплением (севский лёсс мощностью 0,3-1,0м) и формированием деформаций фазы «а» смоленского криогенного горизонта (табл.1). Стратиграфическое положение педокомплекса определяется развитием нижней (салынской) почвы либо непосредственно на ледниковых отложениях днепровского возраста, к примеру в бассейне Верхней Оки (Лихвинский разрез), либо на их возрастных аналогах – лёссах и лёссовидных суглинках в разрезах Окско-Донской равнины (разрезы Коротояк, Урыв, Коростелево и др.), Приволжской возвышенности (разрез Чирково и др.), в бассейнах Средней Волги и Нижней Камы (разрезы Коминтерн, Татарская Чижма, Тиганы, Раздольный и др.).

Отсутствие сохранившихся почв микулинского межледниковья не позволило реконструировать строение почвенного покрова на северной территории Восточно-Европейской равнины. В то же время палеоботанические данные В.П. Гричука свидетельствуют об отсутствии тундровой зоны и широком распространении севернее 60° с.ш. берёзовых и еловых лесов с большим или меньшим участием дуба, граба и вяза. На территории бассейнов Верхнего и Среднего Дона, Средней Волги, Нижней Камы в ландшафтах микулинского межледниковья преобладало лесное суббореальное почвообразование, при активном участии процессов лессиважа, оглинения, поверхностного оглеения. Основной фон почвенного покрова в лесной зоне составляли почвы с текстурно-дифференцированным профилем (A1-A2-B₁-C), возможные аналоги современных лювисолей, а на юго-западе – бурых лесных лессивированных, бурых лесных псевдоглеевых почв. В настоящее время они составляют основной фон почвенного покрова в Центральной и Средней Европе. В лесостепных ландшафтах почвенный покров был представлен комбинациями почв лугово-чернозёмного генезиса и западных почв с резко дифференцированным по элювиально-иллювиальному типу профилем. Степная зона с чернозёмовидными почвами занимала пространства на самом юге равнины. В почвенном покрове микулинского межледниковья чётко проявляется широтная зональность. Общий план почвенных зон обнаруживает сходство с существующими ныне зонами. Основное отличие заключается в значительном расширении зоны лесных почв, сокращении степной зоны, смещении к югу границы между лесной и лесостепной зонами.

Валдайское оледенение. Постепенно тёплый климат микулинского межледниковья сменился ранневалдайским похолоданием с первой ещё не

очень суровой волной распространения мерзлотных процессов, с возникновением многолетней мерзлоты не только на севере, но и в средней части Восточно-Европейской равнины. Внутри валдайского ледникового климатического периода (70-10 т.л.н., ИКС 4-2), характеризующегося сменой нескольких потеплений и похолоданий, реконструировано две интерстадиальные эпохи педогенеза – ранневалдайская крутицкая (ИКС 5b) и средневалдайская брянская (ИКС 3). Хроностратиграфическое положение почв ранневалдайского интерстадиала (верхнего члена мезинского педокомплекса), последовавшего вслед за микулинским межледниковьем и кратковременным (внутримезинским) похолоданием, свидетельствует о времени их формирования, совпадающим с периодом смягчения климата, по термическим показателям уступающего микулинскому межледниковью. К этому временному интервалу в пределах Средней Европы зарубежные исследователи относят формирование верхних гумусированных почв полигенетических комплексов (аналогов мезинского комплекса), залегающих в основании вюрмских (вислинских) лёссов.

Основной фон почвенного покрова в крутицкий интерстадиал на Восточно-Европейской равнине, в значительной степени отличавшийся от межледникового, составляли почвы, в формировании которых доминирующую роль играли гумусово-аккумулятивные процессы. Они приводили к образованию своеобразных почв чернозёмного генезиса в условиях открытых безлесных ландшафтов с травянистым покровом, состоящим из разнотравно-злаковых и марево польных группировок. Аналоги этих почв в современном почвенном покрове отсутствуют. Большинство зарубежных исследователей относят их к черноземам, однако отсутствие в профиле карбонатного иллювиального горизонта противоречит этому [35,36,40]. Коренное отличие этой эпохи заключалось не только в образии почвенного покрова и общей выравненности природных условий на значительных площадях, но и в принципиально иной зональной структуре по сравнению с микулинским межледниковьем и с современностью. В это время отсутствуют широтные изменения почв, наблюдается деградация лесной зоны и ослабление структуры природной зональности.

Вслед за фазой интерстадиального почвообразования наступает эпоха средневалдайского похолодания, сопровождавшаяся лёссонакоплением (хотылевский лёсс) в обстановке длительного господства холодных гиперзональных условий в перигляциальной зоне. В интервале 25-45 (50) т.л.н. фиксируется этап смягчения климата с внутренними колебаниями от более тёплых к более холодным условиям, который в целом рассматривается как средневалдайский мегаинтерстадиал. В ледниковой области он включает дунаевский интерстадиал – 25-31 т.л.н., а в перигляциально-лессовой – брянский интерстадиал, сопоставляемый с верхней частью средневалдайского мегаинтерстадиала (поздней фазой ИКС 3), представленный *брянской*

ископаемой почвой. Своеобразный почвенный покров средневалдайского этапа, детально изученный на территории бассейнов Верхнего и Среднего Дона, Оки, Средней Волги, Нижней Камы, где уровень брянской ископаемой почвы, диагностируемый на последней стадии развития как мерзлотно-глеевый, хорошо прослеживается в лёссовых разрезах уже к югу от границы валдайского оледенения, а также в пределах днепровского и донского ледниковых языков. Он отличается от межледникового и современного почвенного покрова отсутствием почв, развитых в настоящее время на территории Восточно-Европейской равнины, древние аналоги которых составляли основной фон почвенных покровов в микулинское межледниковье. Отсутствие прямых аналогов среди современных почв, противоречивость в сочетании признаков в строении профиля брянской почвы, свойственных широкому спектру типологически различных почв, педогенез которых определяется контрастными экологическими условиями, привели к различному, часто противоречивому, толкованию их генезиса, условий их образования и возрастных аналогов. Так, фульватный состав гумуса и упрощённое строение молекул гуминовых кислот, свойственные рассматриваемой почве, характерны для органического вещества широкого ряда современных почв от тундровых и до пустынных сероземов, а также подзолистых почв. Но отсутствие в палеопочве признаков иллювиирования исключает их сопоставление с последними. Наличие в большинстве случаев хорошо оформленного карбонатного иллювиального горизонта в профиле палеопочвы присуще также как степным, так и палевым мерзлотным почвам Центральной Якутии, лугово-лесным почвам Восточной Сибири. Известно, что развитие первых происходит в условиях суббореального слабо аридного климата с хорошо выраженной сезонной контрастностью, а формирование вторых связано с экстраконтинентальными криоаридными условиями [15,20]. Принимая во внимание сказанное выше, и исходя из полученных результатов, генетическая общность почв средневалдайского интервала на территории бассейнов Дона, Оки, Средней Волги, Нижней Камы установлена в наличии: 1) гумусового горизонта с фульватным типом органического вещества – отношение углерода гуминовых кислот (Сгк) к углероду фульвокислот (Сфк) колеблется в пределах 0,20-0,49; 2) иллювиально-карбонатного горизонта в основании профиля и ниже – признаков глеевого горизонта, не всегда чётко проявляющегося; 3) увеличения глинистой фракции в профиле почв. В формировании почвенного покрова активное участие принимали процессы относительного гумусонакопления, внутрисочвенного выветривания и накопления углекислых солей. Перечисленные показатели обнаруживаются в палевых мерзлотных почвах, развитых в современности на лёссовидных карбонатных суглинках в экстраконтинентальных, криоаридных районах Центральной Якутии [15]. Сочетание ряда признаков указывает на развитие почв в условиях провинциального изменения увлажнения. Специфической

чертой природных условий этой эпохи является полная деградация почв лесного генезиса как зонального элемента.

Исследования, проведенные в последнее время в бассейне Десны, позволили установить в указанном выше диапазоне радиоуглеродных датировок не менее двух фаз педогенеза, а в бассейне Среднего Дона они подтвердили их разновозрастность и выявили более ранние уровни педогенеза в интервале ИКС 3. Исходя из сказанного, брянский горизонт следует рассматривать как интегральный уровень, отражающий сложные события средневалдайского интерстадиала. Брянский интервал завершается распространением волны криогенеза, зафиксированной в структуре владимирского криогенного горизонта, нарушившего палеопочву и совпадающей, вероятно, с начальными этапами поздевалдайского оледенения. В это время за пределами ледника располагалась обширная перигляциальная область. На водораздельных пространствах в субэразмской обстановке шло интенсивное накопление лёссов. В долинах рек происходило формирование перигляциального аллювия, наблюдается деструкция лесной зоны. Наступает господство открытых перигляциальных ландшафтов со слабо выраженной широтной дифференциацией.

Толща отложений, залегающая между брянской и голоценовой почвами, наблюдаемая в ряде опорных разрезов, включает деснинский и алтынковский горизонты лёссов, разделенные уровнем слабого почвообразования – трубчевской почвой. Время их формирования сопоставляется со стадией ИКС 2. На суровые условия этого времени указывают мощные псевдоморфозы по ледяным и льдогрунтовым жилам ярославского криогенного горизонта, отражающих существование криогенных условий, близких к тем, которые сейчас господствуют в Восточной Сибири. К этому времени произошла кардинальная перестройка в структуре природной среды с абсолютным преобладанием лёссонакопления. Повсеместное развитие получили криогенные полигональные системы, сплошь покрывавшие междуречные пространства. Климат этого этапа характеризуется как экстрааридный, суровый [21].

Формирование современных ландшафтных зон на Восточно-Европейской равнине, начатое по завершению последней ледниковой эпохи, как и везде в умеренных широтах, относится к голоцену – современному межледниковью. Оно связано с крупнейшим климатическим рубежом, имевшим место около 10-12 т.л.н. В это время, в связи с потеплением климата, сократилась интенсивность геологических и мерзлотных процессов, началось формирование современного почвенного покрова на фоне существенных изменений природной среды: от холодных перигляциальных условий позднеледниковья, до условий с высокой тепло- и влагообеспеченностью в середине голоцена (атлантическое время), и к более низкому уровню термообеспеченности современного этапа [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение материалов детального исследования ряда стратотипических и опорных разрезов неоплейстоцена в ледниковых и перигляциальных областях на территории бассейнов Днепра, Дона, Волги, с применением комплекса методов четвертичной геологии, палеогеографии, генетического почвоведения, позволило: 1) оценить общее строение лёссовых покровов, представляющих достаточно полную стратиграфическую колонку, свойственную неоплейстоцену центральных и восточных регионов равнины; 2) провести расчленение лёссово-почвенной формации; 3) установить надежные стратиграфические и временные реперы, отражающие глобальные изменения палеогеографической обстановки; 4) выполнить межрегиональную корреляцию выделенных горизонтов; 5) восстановить и охарактеризовать основные палеогеографические события последних 0,7-0,8 млн. лет на значительной территории Восточно-Европейской равнины; 6) проследить сложную последовательность ландшафтно-климатических изменений внутри межледниковых эпох. Палеопедологические материалы по ильинскому, мучапскому, ляховскому, каменскому, микулинскому межледниковьям свидетельствуют о существовании внутри их структуры нескольких фаз педогенеза, отвечающих двум или более оптимумам. 7) Выявленная структура природно-климатических событий в неоплейстоценовой истории бассейнов Днепра, Дона, Волги может быть использована для корреляции палеогеографических событий, этапов осадконакопления и почвообразования различных регионов Восточной и Западной Европы.

Список литературы

- [1] Агаджанян А.К., Глушанкова Н.И. Палеогеография плейстоцена Окско-Донской равнины // Теоретические и методические проблемы палеогеографии. М.: МГУ. 1987. С. 145-170.
- [2] Агаджанян А. К., Глушанкова Н. И. Стратиграфия и палеогеография бассейнов Днепра, Дона, Средней Волги // Четвертичный период. Стратиграфия. М.: Наука. 1989. С. 103-113.
- [3] Агаджанян А.К., Глушанкова Н.И. Строение, состав и условия формирования плиоцен-плейстоценовых отложений в бассейне Верхнего Дона // Известия РГО. 2005. Т. 137. Вып. 1.
- [4] Агаджанян А.К., Глушанкова Н.И. Четвертичная стратиграфия и история развития Средне-волжского региона // Исследование территориальных систем: теоретические, методологические и прикладные аспекты. Киров. Изд-во КГГУ. 2012.
- [5] Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука. 2005. 223 с.
- [6] Ананова Е.Н. Новые данные о флоре ляховского межледниковья // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1964. Т. 69. Вып. 6. С. 78-90.
- [7] Болиховская Н. С. Основные этапы развития растительности и климата в плейстоцене // Гео-

графия, общество, окружающая среда. Ч. 3. Природная среда в плейстоцене. Изд. дом «Городец». 2004. С. 561-582.

[8] Величко А.А., Маркова А.К., Морозова Т.Д., Ударцев В.П. Хроностратиграфия лёссово-почвенной формации и её значение в корреляции и периодизации ледниковой, перигляциальной и приморской областей // Четвертичный период, палеогеография и литология. Кишинёв. Штиинца. 1989. С. 14-21.

[9] Величко А.А., Грибченко Ю.Н., Губонина З.П. и др. Лёссово-почвенная формация Восточно-Европейской равнины. М.: ИГРАН. 1997. 140 с.

[10] Величко А. А., Морозова Т.Д. Эволюция почвообразования в плейстоцене // Многоликая география. М.: ИГРАН. 2005. С. 65-75.

[11] Глушанкова Н.И. Четвертичная стратиграфия и история развития бассейнов Средней Волги и Нижней Камы // Стратиграфия. Геологическая корреляция. М.: Наука. 1998. С. 91-107.

[12] Глушанкова Н.И. Строение, состав и условия формирования четвертичных отложений в бассейне Верхней Оки // Известия РГО. 1999. Т. 131. Выпуск 4. С. 30-42.

[13] Глушанкова Н.И. Использование спектрофотометрического анализа цветности морен для расчленения и корреляции ледникового комплекса Восточно-Европейской равнины // Известия РГО. 2001. Т. 133. Выпуск 3. С. 76-85.

[14] Глушанкова Н. И. Развитие почвенного покрова в плейстоцене // География, общество, окружающая среда. Ч. 3. Природная среда в плейстоцене. М.: Изд. дом «Городец», 2004. С. 538-560.

[15] Глушанкова Н. И. Палеопедогенез и природная среда Восточной Европы в плейстоцене. Смоленск-Москва: Изд-во Маджента, 2008. 348 с.

[16] Глушанкова Н.И. Геологическое строение и палеогеография неоплейстоцена в бассейне Нижней Камы (по материалам изучения опорных разрезов) // Проблемы стратиграфии и палеогеографии плейстоцена. М.: Изд-во географического ф-та МГУ. 2011. С. 134-155.

[17] Глушанкова Н.И. Строение, состав и условия формирования новейших отложений в бассейне Верхнего Дона (по материалам изучения разреза Коростелево) // Литология и полезные ископаемые. 2012. № 3. С. 1-14.

[18] Гричук В. П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука, 1989. 183 с.

[19] Длусский К.Г. Среднеплейстоценовое почвообразование центра Восточно-Европейской равнины. Автореф. дис. канд. геогр. наук. М.: ИГРАН. 2001. 24 с.

[20] Евзеров В.Я. Валдайское оледенение в Кольском регионе // Материалы Третьего Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Т. 1. Смоленск: Ойкумена, 2002. С. 71-75.

[21] Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена). Под ред. А.А. Величко. М.: ГЕОС, 1999. 260 с.

[22] Иосифова Ю.И., Агаджанян А.К., Ратников В.Ю. и др. Об икоречской свите и горизонте в верхах нижнего неоплейстоцена в разрезе Мастоженка (Воронежская область) // Бюлл. Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. М.: Российская академия естественных наук. 2009. Вып. 4. С. 123-152.

[23] Кондратене О. О стратиграфии и палеогеографии квартера Литвы по палеоботаническим данным. Вильнюс: Academia, 1996. 213 с.

[24] Маркова А. К. Плейстоценовые фауны млекопитающих Восточной Европы // Структура, динамика и эволюция природных геосистем. Ч.3. Природная среда в плейстоцене. М.: Изд. дом «Городец», 2004.

[25] Морозова Т.Д. Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене. М.: Наука. 1981. 282 с.

[26] Нечаев В.П. Субэдральная криолитозона в структуре природной зональности Земли // Материалы третьей конференции геокриологов России. Т. 3. М.: Изд-во Моск. ун-та. 2005. С. 39-42.

[27] Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен-голоцен. М.: ГЕОС. 2009. 120с.

[28] Панин П.Г. Особенности строения межледниковых и интерстадиальных почвенных комплексов позднего и среднего плейстоцена // Почвоведение, 2007. № 2.

[29] Разрезы отложений ледниковых районов Русской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1977. 198 с.

[30] Спиридонова Е.А. Палинологическая характеристика средневалдайского мегаинтерстадиала и её значение для восстановления истории развития флоры и растительности Русской равнины // Бюл. Комис. по изучению четвертич. периода. 1983.

[31] Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Восточной Европы. М.: ИГРАН, 1992. 245 с.

[32] Чеботарёва Н.С., Макарычева И.А. Последнее оледенение Европы и его геохронология. М.: Наука, 1974. 216 с.

[33] Шик С.М. Некоторые проблемы стратиграфии и палеогеографии квартера // Бюлл. Комис. по изучению четвертич. периода. 2008. № 68. С. 40-49.

[34] Шик С.М. Неоплейстоцен Центра Европейской России: современные представления о стратиграфии и палеогеографии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014, том 22, № 2. С. 108-120.

[35] Bronger Z. Zur klimageschichte des Quarters von siidbaden auf bodengeographischer grundlage // Petermanns geogr. Mitt. 1969. Jg. 113. H. 2. P. 112-126.

[36] Fink J. Le loess en Autriche // La stratigraphie des loess d'Europe. 1969/ P. 28-41.

[37] Glushankova N., Sudakova N. Glacial stratigraphy of the Lower Pleistocene in the Oka-Don Region // Glacial deposits in north-east Europe. A.A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield/ 1995. P. 157-160.

[38] Glushankova N., Gribchenko Y., Sudakova N. Lithology of the Lower Pleistocene tills in the southern glaciated area of Russia // Glacial deposits in north-east Europe. A.A. Balkema / Rotterdam/ Brookfield/ 1995. P. 161-166.

[39] Janczyk-Kopikova Z. The Ferdinandow Igtterglacial in Poland // Geol. Quarterly. 1991. V. 35. P. 71-80.

[40] Liberoch I. Einige Bemerkungen zu paleopedologischen Problemen bei der Gliederung der Losse // Ber. Geol. Ges. DDR. 1964. Dd. 9. H. 6. P. 54-69.

[41] Sudakova N., Nemtsova G., Andreicheva L., Bolshakov V., Glushankova N. Lithology of the Middle Pleistocene tills in the central and southern Russian Plain // Glacial deposits in north-east Europe. A.A. Balkema / Rotterdam/ Brookfield/ 1995. P. 171-178.

Petrichenko S. A.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Research and Production Association "Typhoon", Obninsk, Russia.

Novitsky M. A.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of Laboratory, Research and Production Association "Typhoon", Obninsk, Russia.

Tereb L. A.

Research Fellow, Research and Production Association "Typhoon", Obninsk, Russia.

Петриченко Сергей Алексеевич

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник научно-производственного объединения "Тайфун", Обнинск, Россия.

Новицкий Михаил Александрович

доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией научно-производственного объединения "Тайфун", Обнинск, Россия.

Тереб Людмила Адамовна

научный сотрудник научно-производственного объединения "Тайфун", Обнинск, Россия.

USING THE AHW MODEL FOR FORECASTING THE MOVEMENT OF TROPICAL CYCLONES

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ АНУ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ

Summary: Presents the results of diagnostic and prognostic calculations of the trajectories of several tropical cyclone seasons 2013 – 2015 for the two sets of parameterizations of the processes of energy exchange between the ocean and atmosphere in the TC, boundary and surface layers of the TC, radiative fluxes, microphysics and convection. With a view of minimizing the estimated error of the forecast movement of the TC formed the optimum operating configuration of the model AHW. It is shown that forecast errors of trajectories of tropical cyclones made from the proposed configuration is not worse than the consensus forecast errors of JTWC.

Key words: tropical cyclones, movement, modeling, forecast, diagnosis, WRF model, AHW, parametrization, prediction errors.

Аннотация: Представлены результаты диагностических и прогностических расчетов траекторий ряда тропических циклонов сезонов 2013 – 2015 годов для двух комплектов схем параметризации процессов энергообмена между океаном и атмосферой в ТЦ, пограничного и приводного слоев ТЦ, радиационных потоков, микрофизики и конвекции. С учетом минимизации оценок ошибок прогноза перемещения ТЦ сформирована оптимальная рабочая конфигурация модели АНУ. Показано, что ошибки прогноза траекторий тропических циклонов, сделанных при помощи предложенной конфигурации не хуже ошибок консенсусного прогноза JTWC.

Ключевые слова: тропические циклоны, перемещение, моделирование, прогноз, диагноз, модель WRF, АНУ, параметризация, ошибки прогноза

1. Введение

Тропические циклоны (ТЦ) относятся к наиболее интенсивным вихрям синоптического масштаба тропической атмосферы, образующимся, в основном, над поверхностью океана. Скорость ветра в них может превышать 50 м/с, что зачастую приводит к значительному экономическому ущербу и человеческим жертвам в случае выхода ТЦ на сушу. Прогноз траекторий тропических циклонов позволяет заблаговременно произвести эвакуационные и подготовительные мероприятия в районе, на который надвигается стихийное бедствие. В связи с этим возможность своевременного и достаточно

детализированного прогноза траектории ТЦ позволит проводить локальную, а не широкомасштабную подготовку обеспечения безопасности людей и объектов инфраструктуры от разрушительного воздействия ТЦ.

Прогноз траекторий ТЦ в последнее время производится достаточно успешно, однако исследования в этой области продолжаются. В настоящее время все более широкое применение получают модели семейства Weather Research and Forecasting (WRF) с ядрами Advanced Research WRF (ARW) и Nonhydrostatic Mesoscale Model (NMM) [22, 24] для решения исследовательских и

прогностических задач, связанных с генезисом ТЦ (см., например, [3, 6, 7, 9, 12, 25, 26]). Однако в оперативном режиме эти модели для прогноза ТЦ пока мало используются. Поэтому, по нашему мнению, полезен любой опыт применения моделей WRF для прогноза перемещения и интенсивности тропических циклонов.

В "тайфунном" варианте модели WRF – модели ANW (Advanced Hurricane WRF) с динамическим ядром ARW - предусмотрена возможность использования расширенного набора схем параметризации турбулентных потоков в пограничном слое и подключения одномерной модели квазиоднородного слоя океана. В ядре поддерживается моделирование с помощью вложенных расчетных сеток. В каждой области счета допускается неограниченное число вложенных областей при условии, что области одинакового уровня вложенности не перекрываются. Перемещение любой вложенной области счета на области моделирования возможно с использованием алгоритма отслеживания вихря для автоматического перемещения вложенной сетки, что позволяет ей следовать за движением тропического циклона с достаточно четкой структурой.

Нами ранее были проведены работы по исследованию влияния наборов схем параметризации физических процессов на подсеточном масштабе на степень совпадения модельных траекторий конкретных ТЦ северо-западной части Тихого океана с реальными траекториями с целью определения оптимальной конфигурации модели ANW [4, 5]. Выполненные исследования позволили сформировать конфигурацию модели, с ограниченным количеством используемых наборов параметризационных схем, дающую незначительные отклонения модельных траекторий от реальных при расчетах с использованием в качестве входных данных - данных объективного анализа.

В настоящей статье представлены результаты продолжения проведенных исследований.

2. Конфигурации модели и организация расчетов.

Целью настоящей работы является статистически обеспеченный выбор конфигурации модели ANW для прогнозов перемещения тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана.

Для проведения расчетов нами использовалась модель WRF-ARW, которая была установлена на кластере SGI Altix ICE 8200 (на базе процессорных ядер Intel Xeon e5440) главного вычислительного центра (ГВЦ) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации (Росгидромета).

При моделировании конкретных циклонов с использованием движущихся вложенных мелко-масштабных сеток и инициализацией первоначального вихря напрямую из данных глобальной модели в качестве внешних данных для создания файлов начальных и граничных условий были использованы как диагностические так и прогностические данные. Диагностические данные (Final Analyses из CISL Research Data Archive, рассчитанные с помощью NCEP FNL Operational Model Global Tropospheric Analyses) были получены на сайте <http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/index.html#!access>. В качестве прогностических были

отобраны результаты моделирования при помощи GLOBAL FORECAST SYSTEM (GFS) - Global Spectral Model (GSM), доступные на сайте <http://nomads.ncdc.noaa.gov/data/gfs4>. Данные использовались в формате GRIB2, таблицы соответствия для которого входят в комплект модели.

По результатам проведенных ранее работ [4] нами предполагалось отработать два комплекта схем параметризации физических процессов на подсеточном масштабе, включающих параметризацию процессов энергообмена между океаном и атмосферой в ТЦ, пограничного и приводного слоев ТЦ, радиационных потоков и микрофизики.

Использовались следующие наборы параметризационных схем (далее называются термином Параметризация):

Параметризация 1.

Микрофизика (mp_physics = 8). Параметризация Томпсона [23]. Представляет собой модификацию параметризации использовавшейся в модели MM5. В частности, включает в себя следующие моменты: учитывается образование облачных кристаллов вследствие гетерогенного и гомогенного замерзаний облачных капель; параметризуется увеличение концентрации облачных кристаллов вследствие их дробления при столкновении, рост облачных кристаллов из-за отложения на них водяного пара и обмерзания; при образовании снега учитывают переход облачных кристаллов в снег под действием отложения, аккреции и агрегации, учитывается также таяние и сублимация снега и ряд других процессов [1].

Приземный слой (sf_sfclay_physics = 2). Параметризационная схема, использовавшаяся в модели Eta [15], основана на теории подобия Монина - Обухова с вязким подслоем по Яничу [14], с параметризацией термической шероховатости по Зилитинкевичу [27]. Потоки от поверхности включены в схему (isfflx = 1). Коэффициент трения достигает максимума при ураганных ветрах (схема Донелана [10])

Пограничный слой (bl_pbl_physics = 2). Схема Меллора - Ямады - Янича (MYJ) [16] – одномерная прогностическая схема, построенная с помощью уравнения турбулентной кинетической энергии, в которой перемешивание определяется локальными градиентами.

Облачность (cu_physics = 1). Схема Каина - Фритша [17-19]. Простая модель облака с восходящими и нисходящими потоками влажного воздуха, включающая эффект вовлечения (истечения) смеси, имеющей положительную (отрицательную) плавучесть.

Коротковолновая радиация (ra_sw_physics = 2). Схема Годдарда основана на подходе [20], использовавшемся в глобальной модели GISS (Goddard Institute for Space Studies). Данная схема имеет в общей сложности 11 спектральных полос. Рассматривается диффузное и прямое солнечное излучение двухлучевым методом, который учитывает рассеиваемые и отраженные компоненты. Озон учитывается по климатическим данным.

Длинноволновая радиация (ra_lw_physics = 1). Схема RRTM [21] (модель MM5). В схеме используется метод коррелированных коэффициентов по-

глощения, учитывается поглощение излучения водяным паром, озоном, CO_2 и другими газовыми примесями. Эта схема параметризации длинноволнового излучения использовалась нами во всех наборах.

Параметризация 2.

Использовался тот же набор параметризационных схем что и в предыдущем комплекте, кроме параметризации микрофизики и коротковолновой радиации:

Микрофизика (mp_physics = 3). Параметризация WSM3 [13] - простая одномоментная WRF схема 3-го класса для мезомасштабной сетки, включающая седиментацию льда. Основное отличие от других подходов заключается в том, что диагностическое соотношение для концентрации льда базируется на массовом содержании льда, а не на температуре.

Коротковолновая радиация (ra_sw_physics = 1). Схема Дудья [11] - простая интегральная схема, использовавшаяся в модели MM5, в которой при расчете нисходящей коротковолновой радиации учитывается зенитный угол Солнца, поглощающие и отражающие свойства облачности и водяного пара в безоблачной атмосфере [1].

Расчеты проводились на двух сетках. Шаг внешней сетки составлял 9 км, шаг внутренней подвижной сетки, привязанной к центру вихря, - 3 км. Инициализация первоначального вихря, как уже упоминалось, проводилась напрямую из данных глобальной модели.

Кроме расчетов траекторий ТЦ с использованием описанных выше комплектов параметризационных схем дополнительно просчитывались варианты с теми же комплектами, но с отказом от параметризации конвекции на внутренней сетке. В этом случае конвекция считалась непосредственно, поскольку при шаге 3 км такая возможность была показана ранее [2].

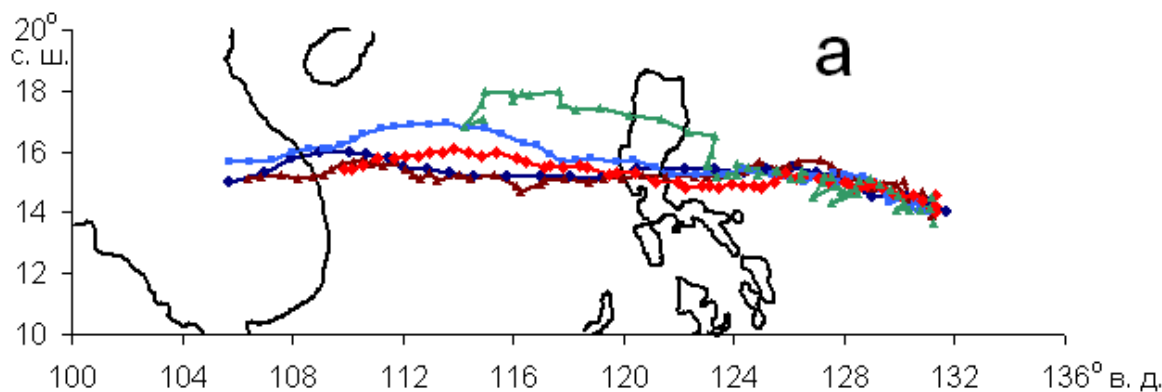
Всего были проведены расчеты траекторий пяти тропических циклонов сезона 2013 года: 201312 Трами, 201319 Юсаги, 201323 Фитоу, 201324 Данас, 201325 Нари; четырех тропических циклонов сезона 2014 года: 201408 Неогури, 201409 Раммасан, 201410 Матмо, 201411 Халонг и пяти тропических циклонов сезона 2015 года: 201501 Мекхала, 201504 Мэйсак, 201506 Ноул, 201507 Долфин и 201509 Чан-Хом, для которых был создан рабочий архив внешних данных (диагностических и прогностических) для создания файлов начальных и граничных условий.

Для каждого ТЦ выполнялось последовательно от четырех до семи прогонов (расчетов траектории). Первый - начинался, как правило, с момента зарождения ТЦ (со стадии депрессии), каждый последующий - через сутки - двое. Длительность каждого прогона максимально возможная, но не более 8-ми суток.

3. Результаты численных экспериментов

Для двух комплектов схем параметризаций, описанных выше, с включением и без параметризации конвекции на внутренней сетке, расчеты по указанной выше схеме проводились для тайфунов сезонов 2013 и 2014 годов.

На рис. 1 и 2 в качестве примеров приведены расчеты перемещения двух ТЦ: ТЦ Нари, который в период с 8 по 15 октября 2013 года в акваториях Филиппинского и Южно-Китайского морей двигался по практически прямолинейной, достаточно редкой траектории, и ТЦ Данас, который в период с 2 по 8 октября 2013 года перемещался в акваториях Филиппинского, Восточно-Китайского и Японского морей по классической параболической траектории.



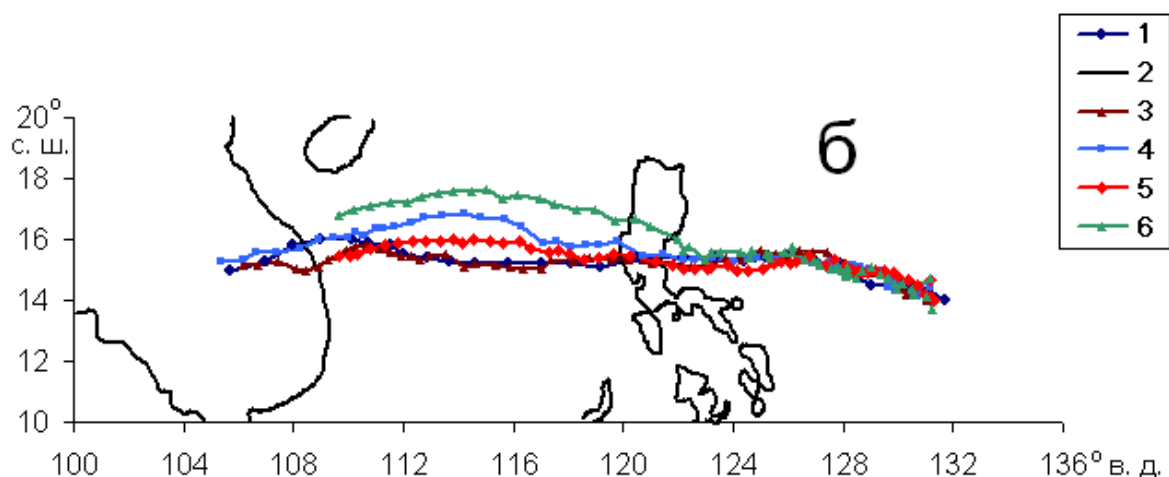
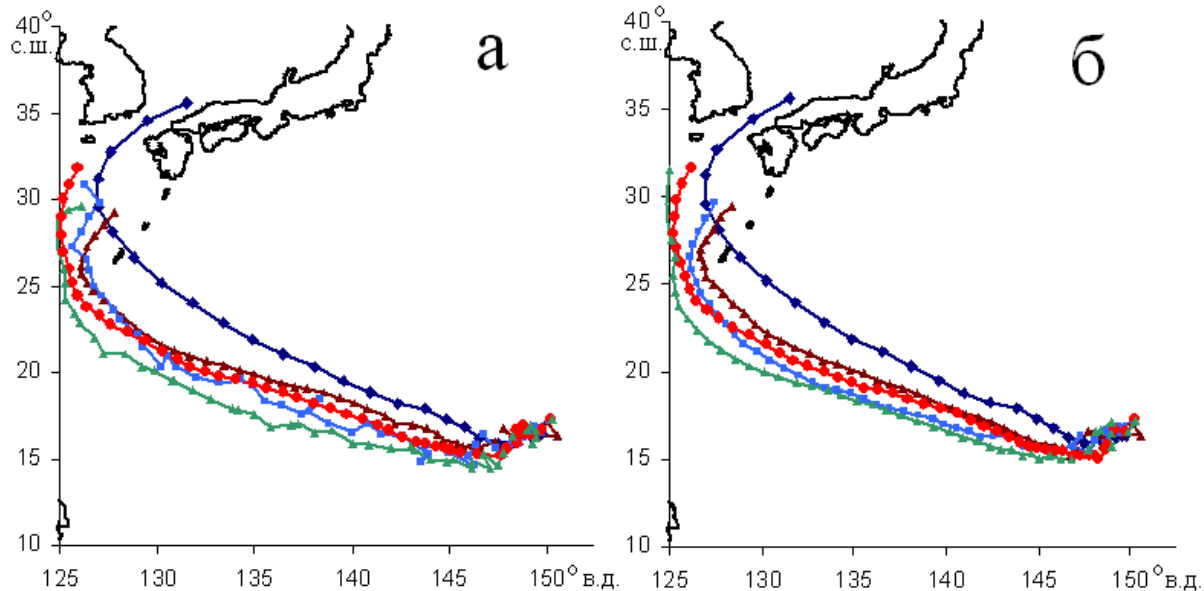


Рис. 1. Реальная и расчетные траектории ТЦ Нари (8 - 15 октября 2013 года).

а - моделирование без параметризации конвекции на внутренней сетке; б - моделирование с параметризацией конвекции на внутренней сетке; 1 – реальная траектория; 2 – береговая линия; 3 – расчет по диагностическим данным с использованием Параметризации 1; 4 – расчет по диагностическим данным с использованием Параметризации 2; 5 – расчет по прогностическим данным с использованием Параметризации 1; 6 – расчет по прогностическим данным с использованием Параметризации 2.

На рис. 1 даны варианты расчетов с момента зарождения ТЦ Нари (со стадии депрессии, максимальная скорость ветра 10 м/с) без (а) и с параметризацией (б) конвекции на внутренней сетке. Уже на этом рисунке хорошо видно, что как диагностические, так и прогностические траектории, рассчитанные с использованием Параметризации 1, суще-

ственно лучше моделируют перемещение реального циклона, чем траектории, рассчитанные с использованием Параметризации 2. Влияние включения / исключения параметризации конвекции на внутренней сетке на результаты, полученные в этом примере с использованием Параметризации 1, оказывается незначительным.



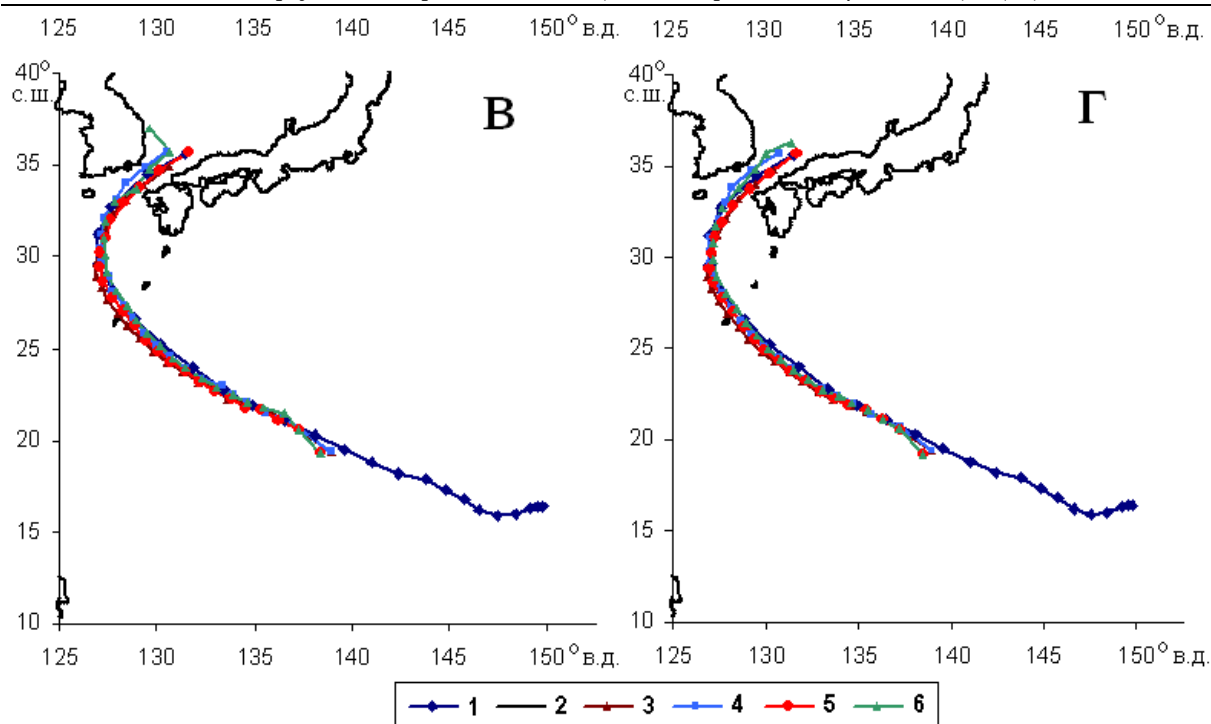


Рис. 2. Реальная и расчетные траектории ТЦ Данас (2 - 8 октября 2013 года).

а - моделирование без параметризации конвекции на внутренней сетке со стадии депрессии; б - моделирование с параметризацией конвекции на внутренней сетке со стадии депрессии; в - моделирование без параметризации конвекции на внутренней сетке со стадии развивающегося тайфуна; г - моделирование с параметризацией конвекции на внутренней сетке со стадии развивающегося тайфуна; 1 – реальная траектория; 2 – береговая линия; 3 – расчет по диагностическим данным с использованием Параметризации 1; 4 – расчет по диагностическим данным с использованием Параметризации 2; 5 – расчет по прогностическим данным с использованием Параметризации 1; 6 – расчет по прогностическим данным с использованием Параметризации 2.

На рис. 2 приведены результаты расчетов ТЦ Данас, начинающиеся со стадии депрессии (максимальная скорость ветра 10 м/с) без (а) и с параметризацией (б) конвекции на внутренней сетке, а также со стадии развивающегося тайфуна (максимальная скорость ветра 37 м/с) тоже без (в) и с включением параметризации (г) конвекции. Сравнивая на этом рисунке результаты расчетов для одного ТЦ, но начатые на разных стадиях его развития, видно, что для ТЦ на ранних стадиях, лучшие результаты, как для диагностических, так и для прогностических траекторий дает Параметризация 1, причем с включенной параметризацией конвекции. А вот на стадии тайфуна разница между результатами, полученными с использованием любого из перечисленных вариантов практически не заметна.

Однако делать серьезные заключения о применимости той или иной конфигурации модели на примере даже двух ТЦ невозможно. Поэтому были рассмотрены все расчеты траекторий ТЦ для сезонов 2013 и 2014 годов. Всего для девяти тайфунов этих сезонов было сделано по 37 расчетов траектории для каждого из вариантов конфигурации при различных стадиях развития начального вихря, что уже позволяло сделать некоторые статистические оценки.

На рис. 3 представлены ошибки прогноза траекторий ТЦ различной заблаговременности для указанных выше сезонов и вариантов конфигурации модели. На этом рисунке хорошо видна разница в качестве прогноза для конфигураций модели с различными комплектами параметризаций. Очевидно, что в дальнейшем необходимо использовать комплект Параметризация 1. В то же время, включение / выключение параметризации конвекции на внутренней сетке для этого комплекта и шаге сетки 3 км практически не оказывает влияния на результаты прогноза. Оценки среднего отклонения прогностической траектории ТЦ от реальной без параметризации конвекции при заблаговременности 4 суток составляют 291 км, с параметризацией – 281 км. А для заблаговременности 5 суток – 470 км и 472 км соответственно. Подобная разница уже не существенна. При увеличении шага движущейся и, соответственно, базовой сеток, что вероятно будет делаться при необходимости экономии вычислительных ресурсов, включение параметризации конвекции будет обязательным. Поэтому основной рабочей конфигурацией модели мы выбрали вариант с Параметризацией 1 и включением параметризации конвекции на внутренней сетке.

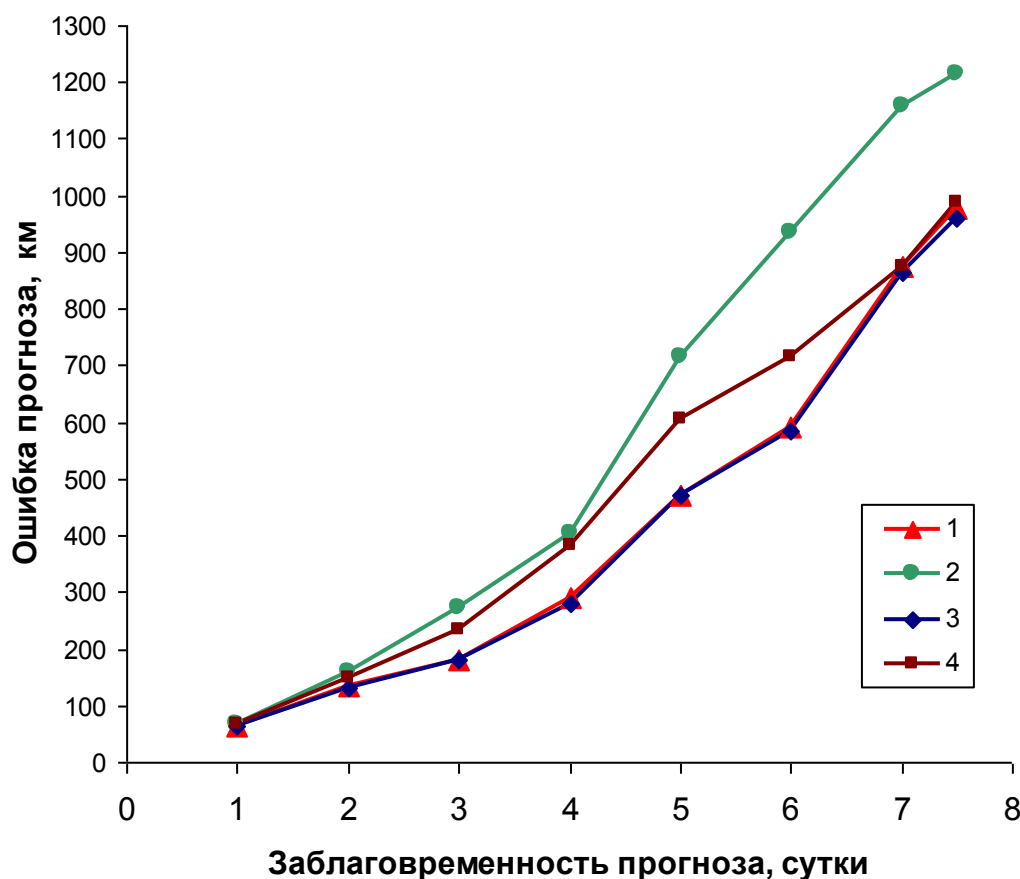


Рис. 3. Ошибки прогноза перемещений ТЦ, рассчитанных на различных конфигурациях модели АНВ. 1 – прогноз траекторий с использованием Параметризации 1 без включения параметризации конвекции на внутренней сетке; 2 – прогноз траекторий с использованием Параметризации 2 без включения параметризации конвекции на внутренней сетке; 3 – прогноз траекторий с использованием Параметризации 1 с включением параметризации конвекции на внутренней сетке; 4 – прогноз траекторий с использованием Параметризации 2 с включением параметризации конвекции на внутренней сетке.

Необходимо отметить, что продолжительность счета одной прогностической траектории в среднем составляла пять часов (варьировалась в зависимости от горизонтальных размеров акватории перемещения ТЦ) при разрешении в горизонтальной плоскости внешней и внутренней сеток 9 км и 3 км соответственно и 28 уровней по вертикали.

На рабочей конфигурации модели были проведены расчеты траекторий для указанных выше ТЦ

сезона 2015 года. Таким образом, всего на этом варианте модели было сделано по 59 расчетов траекторий ТЦ различной заблаговременности, как для диагностических, так и для прогностических данных, использовавшихся для создания файлов начальных и граничных условий.

На рис. 4 представлены оценки среднего отклонения расчетных траекторий ТЦ от реальных для рабочей конфигурации модели АНВ.

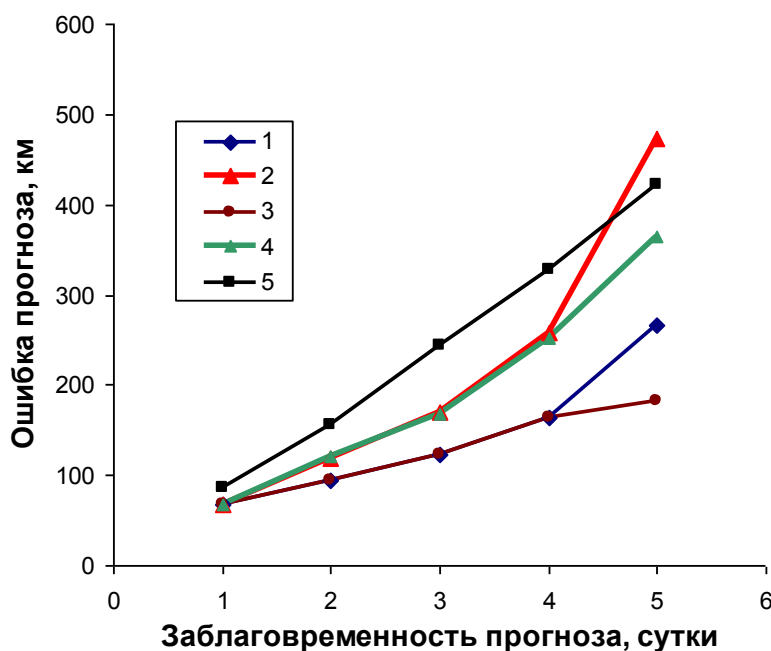


Рис. 4. Оценки среднего отклонения расчетных траекторий ТЦ от реальных для рабочей конфигурации модели ANW.

1 – диагноз траекторий независимо от районов перемещения ТЦ; 2 – прогноз траекторий независимо от районов перемещения ТЦ; 3 – диагноз траекторий для ТЦ, перемещающихся южнее 30 градуса северной широты; 4 – прогноз траекторий для ТЦ, перемещающихся южнее 30 градуса северной широты; 5 – консенсусный прогноз JTWC 2016 года.

На этом рисунке, кроме линии оценок ошибок прогноза траекторий ТЦ, перемещающихся, в том числе, и за пределами тропической зоны (такой же, как и на предыдущем рисунке), нанесена аналогичная кривая, полученная с использованием диагностических расчетов. Кроме того, на рисунке приведены результаты консенсусного прогноза JTWC (Joint Typhoon Warning Center) для тайфунов 2016 года [8], который, как известно, дается для тропических циклонов, перемещающихся южнее 30 градуса северной широты. Для тайфунов 2017 года итоговый доклад, на момент написания этой статьи, еще не был опубликован на портале военно-морской океанографии США (Naval Oceanography Portal). Для сравнения наших оценок с результатами прогноза JTWC, выдаваемого на пять суток, на рисунке приведены оценки среднего отклонения расчетных траекторий ТЦ от реальных для рабочей конфигурации модели ANW, сделанные для отрезков траекторий или целых траекторий, находящихся южнее 30 градуса северной широты, для указанных выше ТЦ сезонов 2013 – 2015 годов. Именно для наглядности такого сравнения заблаговременность всех наших прогнозов на этом рисунке также была ограничена пятью сутками. Приведенные результаты расчетов позволяют сделать следующие выводы: 1. При заблаговременности до пяти суток прогноз перемещения ТЦ, сделанный на сформированной нами рабочей конфигурации модели ANW, независимо от района перемещения, не хуже консенсусного прогноза JTWC. 2. Для ТЦ, пе-

ремещающихся южнее 30 градуса северной широты, ошибки нашего прогноза меньше ошибок прогноза JTWC в среднем на 50-70 км.

Считаем полезным также отметить следующее. Существенный вклад в ошибку прогноза перемещения ТЦ дает качество крупномасштабных прогностических полей, которые используются для расчета граничных условий. Это хорошо видно из сравнения приведенных на рис. 4 кривых среднего отклонения расчетных траекторий, полученных при использовании диагностических и прогностических данных. Возрастание ошибок с ростом заблаговременности при использовании в качестве входных диагностических данных можно объяснить уже ошибками самой модели и качеством полей объективного анализа.

4. Заключение

На основании полученных результатов можно рекомендовать модель ANW в конфигурации, представленной в данной статье, для прогноза траекторий перемещения любых ТЦ в северо-западной части Тихого океана.

Увеличение шага используемых расчетных сеток для экономии вычислительных ресурсов при сохранении самой конфигурации модели требует дополнительных исследований. Это связано с тем фактом, что инициализация первоначального вихря напрямую из данных глобальной модели в условиях ранней стадии развития ТЦ может привести к ситуации, когда первоначальный вихрь не возникает и требуется внедрение искусственного вихревого образования.

Литература.

1. Вельтишев Н. Ф., Жупанов В. Д. Численные прогнозы погоды по негидростатическим моделям общего пользования WRF-ARW и WRF-NMM. В сб.: 80 лет Гидрометцентра России, М., Триада лтд, 2010, с. 94-135.
2. Вельтишев И. Ф., Жупанов В. Д., Павлюков Ю. Б. Краткосрочный прогноз сильных осадков и ветра с помощью разрешающих конвекцию моделей WRF. - Метеорология и гидрология, 2011, N. 1, с. 5-18.
3. Крохин В.В., Ламаш Б.Е. Использование численной модели высокого разрешения HWRF для прогноза траектории и эволюции тайфунов северо-западной части Тихого океана. - Вестник ДВО РАН, 2012, N. 3, с. 42-48.
4. Новицкий М.А., Петриченко С.А., Тереб Л.А. Зависимость расчетной траектории тропического циклона северо-западной части Тихого океана от выбора параметризаций физических процессов при использовании модели ANW. - Метеорология и гидрология, 2014, N. 12, с. 17-28.
5. Новицкий М.А., Петриченко С.А., Тереб Л.А. Оценка значимости учета испарения брызг в приводном слое атмосферы для расчета перемещения и интенсивности тропических циклонов. - Метеорология и гидрология, 2016, N. 5, с. 67-77.
6. Похил А. Э. Расчет траекторий и метеорологических полей тайфунов Тихого океана 2012 г. - Тр. Гидрометцентра РФ, сб. "Гидрометеорологические прогнозы", М., 2013, вып. 350, с. 213-227.
7. Похил А. Э., Глебова Е. С., Смирнов А. В. Исследование взаимодействия тропических циклонов и струйных течений по данным расчетов на численных моделях. - Метеорология и гидрология, 2013, N. 3, с. 5-16.
8. Annual Tropical Cyclone Reports 2016. <http://www.metoc.navy.mil/jtwc/products/atcr/2016atcr.pdf>
9. Davis Ch. et al. Prediction and Landfalling. Hurricanes with the Advanced Hurricane WRF Model. - Mon. Wea. Rev., 2008, vol. 136, pp. 1990-2004.
10. Donelan M. A., Haus B. K., Reul N., et al. On the limiting aerodynamic roughness of the ocean in very strong winds. - Geophys. Res. Lett., 2004, vol. 31, L18306; doi: 10.1029/2004GL019460.
11. Dudhia J. Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model. - J. Atmos. Sci., 1989, vol. 46, pp. 3077-3107.
12. Fang J. and Zhang F. Initial development and genesis of hurricane Dolly (2008). - J. Atmosph. Sci., 2010, vol. 67, pp. 655-672.
13. Hong S.-Y., Dudhia J., and Chen S.-H. A Revised Approach to Ice Microphysical Processes for the Bulk Parameterization of Clouds and Precipitation. - Mon. Wea. Rev., 2004, vol. 132, pp. 103-120.
14. Janjic Z. I. The step-mountain eta coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer and turbulence closure schemes. - Mon. Wea. Rev., 1994, vol. 122, № 5, pp. 927-945.
15. Janjic Z. I. The surface layer in the NCEP Eta model. In: Eleventh Conference on Numerical Weather Prediction, Norfolk, VA., 1996, 19-23 August. Boston, MA., - Amer. Meteor. Soc., pp. 354-355.
16. Janjic Z. I. Nonsingular Implementation of the Mellor-Yamada Level 2.5 Scheme in the NCEP Meso model. - NCEP Office Note, 2002, № 437, 61 p.
17. Kain J. S. The Kain - Fritsch convective parameterization: An update. - J. Appl. Meteor., 2004, vol. 43, pp. 170-181.
18. Kain J. S. and Fritsch J. M. A one-dimensional entraining/detraining plume model and its application in convective parameterization. - J. Atmos. Sci., 1990, vol. 47, pp. 2784-2802.
19. Kain J. S. and Fritsch J. M. Convective parameterization for mesoscale models: The Kain - Fritsch scheme. The presentation of cumulus convection in numerical models. - Amer. Meteor. Soc., Meteor. Monogr., 1993, No. 24, pp. 165-170.
20. Lacis A. A. and Hansen J. E. A parameterization for the absorption of solar radiation in the earth's atmosphere. - J. Atmos. Sci., 1974, vol. 31, pp. 118-133.
21. Mlawer E. J., Taubman S. J., Brown P. D., et al. Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. - J. Geophys. Res., 1997, vol. 102, № D14, pp. 16663-16682.
22. Skamarock W. C., Klemp J. B., Dudhia J., et al. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR, 2008, http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3.pdf.
23. Thompson G., Rasmussen R. M. and Manning K. Explicit forecasts of winter precipitation using an improved bulk microphysics scheme. Part I: Description and sensitivity analysis. - Mon. Wea. Rev., 2004, vol. 132, pp. 519-542.
24. User's Guide for the NMM Core of the Weather Research and Forecast (WRF) Modeling System. Version 3. Mode of access: http://www.dtcenter.org/wrfnmm/users/docs/user_guide/V3/index.htm, Date of access: 30.11.2009.
25. Vijay Tallapragada. Expansion of NCEP Operational Hurricane Weather Research and Forecast Model Forecast Guidance to all Global Tropical Cyclones. 2015 International Workshop on Typhoon and Flood - APEC Experience Sharing on Hazardous Weather Events and Risk Management. 27-29 May, 2015, Taipei, Taiwan. Handbook, p. 103.
26. Zhaoxia Pu, Xuanli Li, and Zipser E. J. Diagnosis of the initial and forecast errors in the numerical simulation of the rapid intensification of hurricane Emily (2005). - Wea. Forecast., 2009, vol. 24, pp. 1236-1251.
27. Zilitinkevich S. S. Non-local turbulent transport: Pollution dispersion aspects of coherent structure of convective flows. In: Air Pollution III — Volume I. Air Pollution Theory and Simulation. H. Power, N. Moussiopoulos and C. A. Brebbia (eds.). - Computational Mechanics Publications. Southampton Boston, 1995, pp. 53-60.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Abyzbaev N.I

*student of «Development and exploitation oil and gas fields» department,
Ufa State Petroleum Technological University*

Karabelskaya I.V

*associate Professor at the Department of «Digital technologies and simulation»
Ufa State Petroleum Technological University*

Rakhmatullin D.V.

*associate Professor at the Department of «Drilling oil and gas wells»
Ufa State Petroleum Technological University*

Absaliyeva D.M.

*student of «Development and exploitation oil and gas fields» department,
Ufa State Petroleum Technological University*

Abyzbaev I.I.

*doctor of technical sciences,
professor at the Department of «Development and exploitation of oil and gas fields»
Ufa State Petroleum Technological University*

MODELLING ELECTRIC FIELDS IN ENVIRONMENTS OF COMPLEX SHAPE

Summary: Researching of structural heterogeneity of the formation and inter-well space has an important science-technical meaning in development of oil and gas fields and in geophysical search deep-seated minerals by method of electrical exploration, well and inter-well electrical exploration with constant current.

Key words: oil and gas field, inter-well space, methods of electrical exploration, methods of borehole and cross-borehole electrical prospecting, electric fields of direct current, self-consistent boundary value problem, systems with complex geometric parameters, plane-parallel medium, wedge-shaped medium, Fourier transform inversion formula, Fredholm integral equations system Second kind, the second Green formula.

Challenges and solutions

In this paper has been formulated mathematic model of three-dimensional boundary value problem, describing electrical fields, that were created by point current sources with cylindrical heterogeneities electrodes and insulators; computational algorithms of reduction the dimension tasks.

In the paper have been contemplated tasks for flat-parallel and wedge environments. The General solution of these tasks determined by the formula of Fourier transform.

MODELING ELECTRIC FIELDS IN ENVIRONMENTS OF COMPLEX SHAPE

Introduction

In the development of oil and gas fields, with deep-seated geophysical search for minerals by electrical, borehole and cross-well electrical DC to study the structural heterogeneity of the formation, including the state of cross-borehole space are of great scientific and technological importance. Volumetric study of reservoir systems with complex geological settings is possible by mathematical processing of the induced electromagnetic field

Objectives and methods of solution

The paper formulated a mathematical model of the three-dimensional boundary of the boundary value problem describing the electric fields generated by the current point sources, with cylindrical inhomogeneities

electrodes and insulators; computational algorithms lowering dimension of the problem.

The general solution of this problem is given by the treatment of the Fourier transform.

Obtained using a two-dimensional transformation boundary value problem for which the solution is used a second Green formula.

With the help of a two-dimensional transformation boundary value problem is transformed into a one-dimensional boundary value problem for which a particular solution is the method of construction of the Green's function.

It is proposed to solve the integral equation method Krylov - Bogolyubov.

A method for receiving payments from the specified accuracy.

A universal algorithm for solving the problem, which allows to calculate the electric field of a point source at any point of the half.

Results

In this paper a method of solving the problem of borehole and cross-well electrical direct current in a plane-parallel environment with cylindrical inclusions.

This paper presents the developed, tested by computer algorithms combined numerical analysis of electric fields described by the three-dimensional self-consistent nonlinear boundary value problems in a plane-parallel environment with cylindrical heterogeneous inclusions, insulators and electrodes.

This class of models of models covers a wide range of theoretical problems of electric and thermal

fields with important practical applications [1-14, 16-18, 22-23].

To solve the problems of calculation of electric fields developed general and specific methods of mathematical physics [15, 20-21, 24-26].

In the study of hydrocarbons pools there is often a need for a detailed study of the structure of formation and its specific features.

Among a great number of inter-well space researching methods on oil and gas fields methods of electrical exploration wells take a special place.

This kind of methods use researching of the induced electric field. Data processing of physical parameters can give us volume structure of inhomogeneous spaces [3-9].

Electrical exploration of the well provides detailed researching of the oil and gas field structure and takes into account possible complications [10-17].

Striving for getting reliable numerical analysis mathematical with limited computing means leads to the necessity of development of effective algorithms.

The main challenge on this way is in three-dimensionality and multi-versatility of computational domains, the nonlinearity of the mathematical models, which contain as the initial data smooth and discontinuous functions.

The difficulty of solving such problems in the general case leads to the need of development efficient algorithms for a certain class of problems. These algorithms are usually based on the combination of different computational methods [18-21].

The efficiency and versatility of the method of integral equations allows to create an automated system for scientific research (ASSR) electric fields in complex systems by the method of computational experiment based on the developed software packages. ASSR of electric fields can be used as a subsystem of CAD electrochemical technologies, electrochemical protection of metal structures against corrosion and for automated interpretation of geophysical methods of mineral exploration based on the constant electric field [23-25].

Currently, there is a tendency to the creation of automated systems of scientific researches of ASSR on the basis of the generalized mathematical models, universal algorithms and packages of applied programs PAP.

Task for a plane - parallel environmental

Consider the half-space separated by flat parallel boundaries into n layers with a specific electroconductivity, $i = 1, 2, \dots, n$. In the formations there are m parallel cylindrical areas. The electric field generated by a DC source located at the point $M_0(x_0, y_0, 0)$, described by the following boundary problem

$$\frac{\partial^2 U_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial z^2} = \begin{cases} -\frac{1}{\sigma_i} \delta(x - x_0) \delta(y - y_0) \delta(z), & i = i_0 \\ 0, & i \neq i_0, \quad i = 1, 2, \dots, n + m; \end{cases} \quad (1)$$

$$\left. \frac{\partial U_1}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial U_i}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad -\infty < x < \infty, y \geq 0; \quad (2)$$

$$U_i|_{\gamma_i} = U_j|_{\gamma_j}, \quad \sigma_i \left. \frac{\partial U_i}{\partial n_i} \right|_{\gamma_i} = \sigma_j \left. \frac{\partial U_j}{\partial n_j} \right|_{\gamma_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n + m; \quad (3)$$

$$U_i \rightarrow 0 \text{ while } \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \rightarrow \infty; \quad i = 1, 2, \dots, n + m; \quad (4)$$

here I – amperage flowing from the current source M_0 ,

δ - Dirac's delta- function,

i_0 - an area in which the source current M_0 ,

γ_i - domain boundary Ω_i ,

$\vec{n}_i$ - external normal to γ_i .

The area is symmetric in z , so we can use the cosine – transform Fourier. After multiplying (1) – (4) by $\cos pz$ and integration z from 0 to ∞ we get a two-dimensional boundary task:

$$\frac{\partial^2 \bar{U}_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{U}_i}{\partial y^2} - p^2 \bar{U}_i = \begin{cases} -\frac{1}{2\sigma_{i_0}} \delta(x-x_0) \delta(y-y_0) \delta(z-z_0), & i=i_0 \\ 0, & i \neq i_0, \quad i=1,2,\dots,n+m; \end{cases}$$

$$\left. \frac{\partial \bar{U}_1}{\partial y} \right|_{y=0} = 0; \quad (6)$$

$$\bar{U}_i|_{S_i} = \bar{U}_j|_{S_i}, \quad \sigma_i \left. \frac{\partial \bar{U}_i}{\partial n_i} \right|_{S_i} = \sigma_j \left. \frac{\partial \bar{U}_j}{\partial n_i} \right|_{S_i}, \quad i=1,2,\dots,n+m; \quad (7)$$

$$\bar{U}_i \rightarrow 0 \text{ while } \sqrt{x^2+y^2+z^2} \rightarrow \infty, \quad i=1,2,\dots,n+m; \quad (8)$$

$$\text{here } \bar{U}(x,y,p) = \int_0^\infty U(x,y,z) \cos p z dz;$$

S_i - boundary of the space, formed by the cross plane $z = \text{const}$ or cylindrical area Ω_i , or plane $y = y_i$.

This task could be resolved by using the second Green's formula [27,18]:

$$\iint_{\Omega} (v L \bar{u} - \bar{u} L v) ds = \int_{\Gamma} (v \frac{\partial \bar{u}}{\partial N} - \bar{u} \frac{\partial v}{\partial N}) dl, \quad (9)$$

$$\text{here } \frac{\partial \bar{u}}{\partial N} = \sigma \frac{\partial \bar{u}}{\partial n},$$

Γ – the amount of contours bounding the area Ω .

As an auxiliary function v , we'll take a function G which is a solution of the following boundary task:

$$LG_i = \frac{\partial^2 G_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G_i}{\partial y^2} - p^2 G_i = -\frac{1}{2\sigma_{i_0}} \delta(x-x_0) \delta(y-y_0),$$

$$\left. \frac{\partial G_i}{\partial y} \right|_{y=0} = 0; \quad i=1, \dots, n; \quad (10)$$

(11)

$$G_i|_{y=y_i} = G_{i+1}|_{y=y_i}, \quad \sigma_i \left. \frac{\partial G_i}{\partial n_i} \right|_{y=y_i} = \sigma_{i+1} \left. \frac{\partial G_{i+1}}{\partial n_i} \right|_{y=y_i}, \quad i = 1, \dots, n-1; \quad (12)$$

$$G_i \rightarrow 0 \text{ if } \sqrt{x^2+y^2} \rightarrow \infty; \quad i = 1, \dots, n; \quad (13)$$

Then (9) looks like:

$$-\frac{I}{2} \beta G(Q, M_0) + \frac{1}{2} \gamma \bar{U}(Q) = \int [G(Q, M_l) \frac{\partial \bar{U}(M_l)}{\partial N} - \bar{U}(M_l) \frac{\partial G(Q, M_l)}{\partial N}] dl, \quad (14)$$

here

$$\begin{cases} 1, & M_0 \in \Omega, \\ \beta = 1/2, & M_0 \in \Gamma, \\ 0, & M_0 \notin S \cup \Gamma, \end{cases}$$

here

$$\begin{cases} 1, & Q \in \Omega, \\ \gamma = 1/2, & Q \in \{\sum_{i=1}^n y_i\}, \\ 0, & Q \notin \Omega \end{cases}$$

According to the conditions (6), (7), (11), (12) it is easy to show that the integrals by $\{y_i^\pm\}_{i=1}^n$ and $\{y=0\}$ are zero. Further

$$\int_{S_i} [G_i \frac{\partial \bar{U}_i}{\partial N} - \bar{U}_i \frac{\partial G_i}{\partial N}] dl = \int_{S_i^-} [G_i \frac{\partial \bar{U}_i}{\partial N^-} - \bar{U}_i \frac{\partial G_i}{\partial N^-}] dl + \int_{S_i^+} [G_i \frac{\partial \bar{U}_i}{\partial N^+} - \bar{U}_i \frac{\partial G_i}{\partial N^+}] dl =$$

$$= \left[\begin{array}{l} \frac{\partial G_i}{\partial N^-} = \sigma_k \frac{\partial G_i}{\partial n_i} \\ \frac{\partial G_i}{\partial N^+} = -\sigma_i \frac{\partial G_i}{\partial n_i} \end{array} \right] = \int_{S_i} (\sigma_i - \sigma_k) \bar{U}_i \frac{\partial G_i}{\partial n} dl,$$

here K – the area adjacent to the i – area. Thus, we obtain an expression for the function $\bar{U}$ at any point Q :

$$\gamma \bar{U}(Q) - 2 \sum_{i=1}^m \int_{S_i} (\sigma_i - \sigma_k) \bar{U}_i(M_l) \frac{\partial G(Q, M_l)}{\partial n} dl = \beta IG(Q, M_0) \quad (15)$$

If $Q \in S_i$, $i = 1, \dots, m$, then

$$U(x, y, z) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \bar{U}(x, y, p) \cos pzd p \quad \gamma = 1 \quad (16)$$

and (15) is a system of Fredholm integral equations of the second kind. Numerical solution of the system (15) can be obtained, for example, by an effective method of Krylov – Bogoliubov [27].

General solution of the task (1) – (4) defined by the formula treatment of the Fourier transform:

The task for wedge environment.

Consider the half-space divided into n wedge shaped regions by a system of half-planes converging at the surface. All wedge-shaped areas have a common edge. In the wedges there are m cylindrical regions with specific conductivities σ_j ,

($j = n+1, \dots, n+m$), different from the specific conductivities in wedges σ_i ($i = 1, \dots, n$).

The problem of calculating the potential in conditions of this type arises in problems of borehole electri-

cal exploration. This model of the environment is a reflection of those cases where the field is a series of ore bodies, radiating fan-shaped from the earth's surface in depth. In many cases, ore and vein dikes have a greater length along the strike – along the surface and down - in depth, and could be modeled in the form of sectoraligned inhomogeneities, quite different in their specific electrical conductivity of the enclosing rocks. Electric field generated by a source of DC power I located at a point $M_0(x_0, y_0, z)$ can be described as a boundary task:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\sigma(x, y) \frac{\partial U}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\sigma(x, y) \frac{\partial U}{\partial y}) + \sigma(x, y) \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = -I \delta(x - x_0) \delta(y - y_0) \delta(z) \quad (17)$$

$$\left. \frac{\partial U}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial U}{\partial z} \right|_{z=0} ; \quad (18)$$

$$U_i|_{\gamma_i} = U_j|_{\gamma_i}, \quad \sigma_i \frac{\partial U_i}{\partial n_i} \Big|_{\gamma_i} = \sigma_j \frac{\partial U_j}{\partial n_i} \Big|_{\gamma_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n+m; \quad (19)$$

$$U_i \rightarrow 0 \text{ while } x^2 + y^2 + z^2 \rightarrow \infty; \quad i = 1, 2, \dots, n+m. \quad (20)$$

In the conditions [19] indexes i and j are the numbers of neighbouring areas.

The solution of the task [17] – [20] can be obtained by the combined method, based on integral transform,

integral equations and differential equations and differential-difference method.

The area is symmetric in z , so we can apply the cosine Fourier transform of z . Then we get a two-dimensional boundary value task:

$$\frac{1}{\sigma(x,y)} \frac{\partial}{\partial x} (\sigma(x,y) \frac{\partial \bar{U}}{\partial x}) + \frac{1}{\sigma(x,y)} \frac{\partial}{\partial y} (\sigma(x,y) \frac{\partial \bar{U}}{\partial y}) - p^2 \bar{U} = -\frac{I}{2\sigma_{i_0}} \delta(x-x_0) \delta(y-y_0) \quad (21)$$

$$\left. \frac{\partial \bar{U}}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad (22)$$

$$\bar{U}_i|_{S_i} = \bar{U}_j|_{S_i}, \quad \sigma_i \frac{\partial \bar{U}_i}{\partial n_i} \Big|_{S_i} = \sigma_j \frac{\partial \bar{U}_j}{\partial n_j} \Big|_{S_i}, \quad i=1,2,\dots,n+m; \quad (23)$$

$$\bar{U}_i \rightarrow 0 \text{ while } \sqrt{x^2+y^2} \rightarrow \infty; \text{ here} \quad (24)$$

$$\bar{U}(x,y,p) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \bar{U}(x,y,z) \cos pzd p;$$

S_i - area's bound

If we use the second Green formula we can get:

S_i – the area's boundary formed by section of the plane $z = \text{const}$ or by cylindrical area Ω_i , or half-plane, bounding a wedge-shaped area Ω_i .

$$\iint_{\Omega} (v L \bar{u} - \bar{u} L v) ds = \int_{\Gamma} (v \frac{\partial \bar{u}}{\partial N} - \bar{u} \frac{\partial v}{\partial N}) dl, \quad (25)$$

after the transformations, we obtain a system of Fredholm integral equations of the second kind:

$$\gamma \bar{U}(Q) - 2 \sum_{i=1}^m \int_{S_i} (\sigma_i - \sigma_K) \bar{U}_i(M_l) \frac{\partial G(Q, M_l)}{\partial n} dl = \beta IG(Q, M_0). \quad (26)$$

As an auxiliary function we use $G(Q, M)$, which is the solution of the boundary value task:

$$\begin{aligned}
 LG_i &= \frac{1}{\sigma(x,y)} \frac{\partial}{\partial x} (\sigma(x,y) \frac{\partial G_i}{\partial x}) + \frac{1}{\sigma(x,y)} \frac{\partial}{\partial y} (\sigma(x,y) \frac{\partial G_i}{\partial y}) - p^2 G_i = \\
 &= -\frac{I}{2\sigma_{i0}} \delta(M-M_0);
 \end{aligned} \quad (27)$$

$$\left. \frac{\partial G_i}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad (28)$$

$$G_i|_{S_i} = G_{i+1}|_{S_i}, \quad \sigma_i \left. \frac{\partial G_i}{\partial n_i} \right|_{S_i} = \sigma_{i+1} \left. \frac{\partial G_{i+1}}{\partial n_i} \right|_{S_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (29)$$

$$G_i \rightarrow 0 \text{ when } \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty. \quad (30)$$

General solution of the task [1] – [4] recoverable under the formula the treatment of Fourier transform (16):

$$U(x, y, z) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \bar{U}(x, y, p) \cos pz dp \quad (31)$$

Bibliography

1. Dolomatov M.Yu. Designing IS for Properties and Electronic Characteristics of Complex Multicomponent Organic Systems [Text] / M.Yu. Dolomatov, I.V. Karabel'skaya, E.A. Kovaleva // Electrotechnical and Information Systems and Systems. - 2014. - T. 10. - No. 2. - P. 45-51.
2. Dolomatov M.Yu. Integral characteristics of the spectra of complex molecular systems and their information [Text] / M.Yu. Dolomatov, D.O. Shulyakovskaya, I.V. Karabel'skaya // Electrotechnical and Information Systems and Systems. - 2015. - T. 11. - No. 3. - P. 113-120
3. Karabel'skaya I.V. Investigations of electric fields of direct current in systems with complex geometric parameters [Text] / I.V. Karabel'skaya // Electrotechnical and Information Systems and Systems. - 2015. - T. 11. - No. 1. - P. 45-51.
4. Karabel'skaya I.V. Examples of calculation of electric fields during electrochemical protection of pipelines against corrosion [Text] / I.V. Karabel'skaya // Electrotechnical and Information Systems and Systems. - 2015. - T. 11. - № 2. - P. 23-29.
5. Karabel'skaya I.V. Methods for calculating electric fields during electrochemical protection of pipelines against corrosion in inhomogeneous and wedge-shaped environments [Text] / I.V. Karabel'skaya, I.I. Abyzbaev // Electrotechnical and Information Systems and Systems. - 2015. - T. 11. - No. 4. - P. 25-33.
6. Karabel'skaya IV Modeling of well research methods on the basis of the generalized Green formula [Text] / I.V. Karabel'skaya, I.I. Abyzbaev, RA May // Problems of gathering, preparation and transport of oil and oil products. - 2016. - 2 (104) - S. 18-27.
7. Karabel'skaya IV Modeling of well research methods on the basis of formation of a system of equivalent integral equations [Text] / I.V. Karabel'skaya, I.I. Abyzbaev // Problems of collecting, preparing and transporting oil and oil products. - 2016. - 3 (105) - P. 59-71.
8. Karabel'skaya I.V. The generalized Green's function [Text] / I.V. Karabel'skaya, I.I. Abyzbaev, I.V. Akhmetov // Electrotechnical and Information Systems and Systems. - 2016. - T. 12. - No. 2. - P. 29-34.
9. Karabel'skaya I.V. Modeling of well research methods in a wedge-shaped environment with cylindrical inclusions [Text] / I.V. Karabel'skaya, I.I. Abyzbaev, A.I. Moguchev // Electrotechnical and Information Systems and Systems. - 2017. - T. 13. - No. 1. - P. 72-79.
10. Ivanov V.T. A complex of software and algorithmic support for numerical studies of electric fields in some complex systems. [Text] / V.T. Ivanov, A.M. Bolotnov, F.G. Gadilova, G.Ya. Kildibekova, V.N. Krizsky, I.U. Nadergulov, I.V. Karabel'skaya // Izvestiya Vuzov: Electromechanics. - 1987. - No. 11. - P. 21-26.
11. Ivanov V.T. A complex of software and algorithmic support for numerical studies of electric fields in some complex systems. [Text] / V.T. Ivanov, A.M. Bolotnov, F.G. Gadilova, G.Ya. Kildibekova, V.N. Krizsky, I.U. Nadergulov, I.V. Karabel'skaya // I All-Union Conf. On theoretical electrical engineering: Tez. Doc. - Tashkent, 1987. - P. 34-35.
12. Bolotnov A.M. Methods for calculating three-dimensional boundary value problems for elliptic equations in multiply connected domains with cylindrical boundaries [Text] / A.M. Bolotnov, V.T. Ivanov, G.Ya. Kildibekova, I.V. Karabel'skaya. - Dep. In the VINITI

4.12.86. No. 8870. - In the 86th. - Ufa: BSU, 1986. - 49 p.

13. Urakov A.R. Investigations of self-similar processes of non-stationary ECHO [Text] / A.R. Urakov, V.I. Karamov, I.V. Karabel'skaya // Modern electro-technology in machine building: Sat. Works of the All-Russian scientific-technical. Conf. - Tula, 1997. - pp. 161-162.

14. Ivanov V.T. Optimization of electric fields, control and automation of galvanic processing [Text] / V.T. Ivanov, V.G. Gusev, A.N. Fokine. - M. Machine building, 1986. - 211 p.

15. Andreev I.N. Corrosion of metals and their protection [Text] / I.N. Andreev. - Kazan: The Tatar Prince. Publishing house, 1979. - 120 p.

16. A. Zaborovsky. Electrical Exploration [Text] / A.И. Zaborovsky. - Moscow: Gostechnefizdat, 1948.

17. Dakhnov V.N. Electrical and magnetic methods of well investigation [Text] / V.N. Dakhnov. - Moscow: Nedra, 1981. - 334 p.

18. Kozyrin A.K. Electrical correlation of well sections [Text] / A.K. Kozyrin. - Moscow: Nedra, 1985.

19. Ivanov V.T. Methods for solving direct and inverse problems of electric logging [Text] / V.T. Ivanov, M.S. Masyutin. - Moscow: Nauka, 1983. - 143 p.

20. Ivanov VT Some Problems of Computational Mathematics with Respect to Calculations of Electric Fields in Electrochemical Systems [Text] / V.T. Ivanov; Preprint dokl. Presidium of the BFAN of the USSR. - Ufa: BFAN USSR, 1983. - 39 p.

21. Samarsky A.A. Problems of the application of computer technology [Text] / A.A. Samara // Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. - 1984. - No. 11. - P. 17-29.

22. Ivanov V.T. [Text] / V.T. Ivanov // Thesis. Doc. All-Union Conf. "Theory of Information Systems and Control Systems with Distributed Parameters": Part 1. - Ufa: BFAN USSR, 1976. - P. 19-20.

23. Ivanov V.T. Methods for calculating three-dimensional electric fields in electrolytes [Text] / V.T. Ivanov // Boundary-value problems of mathematical physics and their applications. - Ufa: BFAN USSR, 1976. - P. 18-53.

24. Ivanov V.T. Calculation of three-dimensional electric fields in an inhomogeneous medium with extended thin cylindrical electrodes [Text] / V.T. Ivanov, N.P. Glazov, M.M. Makhmutov. - Electricity. - 1985. - No. 6. - P. 48-52.

25. Samarsky A.A. Introduction to numerical methods [Text] / A.A. The Samara. - Moscow: Nauka, 1982. - 271 p.

26. Dmitriev V.I. Method for solving problems of electrodynamics of inhomogeneous media [Text] / V.I. Dmitriev, E.V. Zakharov. // Zh. Vychisl. Math. And Math. Fiz. - 1970. - № 6, P. 1458-1464.

27. Kantorovich LV, Krylov VI Approximate methods of higher analysis. Moscow: Fizmatgiz, 1962, 708 p.

Barykinsky Gennady Mikhailovich

Institute of conceptual studies

Moscow, Russia

THE CONCEPT OF DEFINING THE UNIVERSE AND SOME FUNDAMENTAL PROPERTIES.

Abstract: in this work, on the basis of non-standard reception and the method of analytical logic of constructing concepts, the resulting definition of the concept of the Universe, the physical and philosophical substantiation of the fundamental properties of the universe determining the very fact of its existence is also proposed.

Keywords: universe, concepts, definitions, structure, things, virtuality, principles, laws.

Барыкинский Геннадий Михайлович

Институт концептуальных исследований

Москва, Россия

КОНЦЕПЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ И НЕКОТОРЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА.

Аннотация: в данной работе, на основе нестандартного приема и методом аналитической логики конструирования концепций, получено определение понятия Вселенной, а также предложено физическое и философское обоснование некоторых фундаментальных свойств Вселенной, определяющих сам факт её существования.

Ключевые слова: вселенная, понятия, определения, структура, вещи, виртуальность, принципы, законы.

Вещей суть познавая,

Мы обретаем знание.

А смысл вещей осозная,

Мы создаем сознание [1].

Предел эволюции Вселенной.

Однажды, когда уже не стало людей, земли, солнца, многочисленных звёзд, да и почти всей вселенной, неожиданно для себя, Создатель пришел в уныние и погрузился в глубокие размышления о своём «житие – бытие», да и вообще о великой миссии своего существования. Ему надоело купаться в

осознании своего всемогущества. Он стоял на пороге своей зрелости и всё чаще задумывался о своей миссии и лежащем в её основе целеполагании.

С некоторых пор он стал замечать, что в нём, в его сознании, возникла какая-то червоточина, которая без конца подрывала душевное равновесие и комфорт. Однако что-то в сознании, подсказывало, что здесь всё не так уж и просто, что наступил момент, когда легкомысленное отношение к чувству совести может погубить не только его, а, скажем прямо, могут возникнуть проблемы космического масштаба. Рецидивы пробуждения совести неоднократно возникали и раньше, но всегда воспринимались им как нечто новое и необязательное, при этом память об этих моментах, на протяжении всей его беспрецедентной жизни, за ненадобностью всегда стиралась.

Так уж получилось, но по мере восхождения на олимп своего всемогущества ему всё меньше и меньше приходилось обращаться к простым, условно говоря, человеческим ценностям, большая часть из которых для него потеряла вообще всякое значение. Он уже давно смирился с тем, что так называемое его «житие – бытие» не вполне похоже на жизнь простого человека из цивилизации людей. Своё существование ему иногда представлялось как нечто абстрактное и безответственное. И это ему нравилось. Ведь он уже многие миллиарды лет один. У него нет никого, с кем бы он мог общаться, спорить, творить и созидать.

С тех пор как не стало цивилизации людей он в полной мере осознал великий смысл существования всего, включающим и его самого. Это произошло не сразу. Он уже давно усвоил, что осознание – это процесс не быстрый, особенно когда этот процесс касается предельно сложных тем. Главная из которых – это он сам. Однажды он почувствовал моральное облегчение от того, что в сознании возникла некоторая ясность в понимании великой сути существа происходящего. Люди долгое время пытались однозначно решить для себя, казалось бы, простой вопрос: что в природе первично материя или сознание? Однако это им так и не удалось, сколько бы они не спорили. И только спустя многие тысячелетия Создатель осознал, что на самом деле вопроса о первичности не существует, наоборот – существует великая гармония, смысл которой заключается в том, что одно из этих двух фундаментальных явлений существует ради существования другого.

Более точными словами, в сознании, в результате эволюции человека и лежащим в её основе процесса конформного отображения явлений, происходящих во Вселенной, складывается почти бесконечномерная Картина мира (этот процесс напоминает игру в «Сложить пазлы»). Пределом этих процессов является сам факт возникновения Создателя, который в свою очередь оказывает существенное влияние на процесс рождения и эволюции новой Вселенной.

Наступило время отсутствия цивилизации людей, а соответственно и отсутствия социальных и

гуманитарных сфер, составляющих основу существования их общественных отношений. Наступило время, когда он был вынужден сосредоточиться на познании механизмов и форм движения почти бесконечного разнообразия вещей, образующих великий симбиоз вселенной и сознания, или говоря другими словами симбиоз вселенной сознания и картины мира [1]. В конце концов его интеллект оказался буквально заточен на природу вещей и на перспективу принятия нелегких решений, связанных с исполнением предписаний, определяющих сам факт его существования.

А пока, а пока по молодости ему нравилось, особенно не напрягаясь, просто существовать. Его вполне удовлетворяло то состояние, в котором он находится. В отличие от предыдущей окружающей среды, его больше всего развлекала уродливая сторона великого разнообразия всего. Ему надоело прошлое с его высоко организованной космологической системой, в которой он зародился сам и вместе с которой (в процессе эволюции) он принял состояние, которое его больше всего устраивало, правда не долго. С некоторых пор он всё больше предавался «игре» в своё всемогущество, он много «экспериментировал» и с любопытством наблюдал, как «бесплодные» вселенные и черные дыры, «сумасшедшие» галактики, «исковерканные, огромные и неповоротливые» звезды, «необузданный» норов умирающих звёзд «борются» за своё существование, но в конечном счете все исчезают, превращаясь в ничто в огне гигантских космических взрывов, экзотических катастроф и фантастических фазовых переходов материи между вселенными.

Несмотря ни на что он всегда с особой благодарностью осознавал, что главное наследство, которое он получил от людей – это великое чувство естествоиспытателя. Удручало лишь только одно, это отсутствие тех, с кем бы он мог обсуждать результаты своих утех и творений, а значит, отсутствовали те, с кем бы он мог поделиться своими успехами, результатами и наблюдениями. Самое ужасное, что иногда его выводило из состояния равновесия, так это отсутствие всякой надобности и необходимости ими хоть как-то воспользоваться самому, поскольку почти все предсказания ему стали известны уже довольно давно.

Однако всё когда-нибудь начинается и это все когда-нибудь непременно заканчивается. Вот и сейчас наступил момент принятия решений, которые по своей важности соизмеримы с такими понятиями как совесть и великая миссия его существования. Осознавая неотвратимость грядущего, он снова глубоко задумался, в памяти начали возникать одно за другим события своей бесконечной, по человеческим меркам, жизни. Он уже давно перестал измерять время и пространство, суть и смысл которых для него вообще утратили всякое значение, как собственно его дата и место рождения.

Случилось всё это довольно давно, а именно на рубеже исчезновения тех, кто обречен был кропотливо измерять время и пространство, пытаясь экстраполировать при этом как можно дальше ход происходящих событий. Люди непременно хотели

предсказать своё будущее максимально дальше, но это им не помогло, поскольку все это противоречило смыслу существования их вида. А вот у него такой проблемы нет. Он прекрасно знает не только своё прошлое, не говоря уже о настоящем, но и всё своё будущее. Он уже давно усвоил простую истину: кто время измеряет, тот просто живёт, но не долго, а все остальные существуют. А вот все остальные это и есть он, поскольку все остальные среди остальных не соизмеримы с ним.

Однако с некоторых пор, постепенно, под воздействием своего относительно нового чувства, он начал ощущать, что всё его существование, в категориях людей, выглядит, мягко говоря, аморально. В душе нарастал стыд, за то, что он злоупотребляет смыслами своего существования. Внутри него как будто что-то надломилось. Всё сильнее кристаллизовалось ощущение вины за то, что он легкомысленно относится к великой миссии своего предназначения. Его сознание начала подавлять бездна воспоминаний обо всех неисчислимых жертвах и затратах, которые были возложены на алтарь своего (т.е. Его) создания. Ему стало стыдно перед всем тем, что обеспечило его миссию – миссию Создателя. Было время, когда он в полной мере эту свою обязанность осознавал, но исполнение её постоянно откладывал на более поздние времена, продолжая наслаждаться своим всемогуществом. Ведь в молодости это было так соблазнительно и так заманчиво!

Ему всегда хотелось быть вечным, эмоции захлёстывали. Однако всё чаще наступали моменты, когда из глубин его сознания, выростало чувство скромности и понимания, что не всё в его Создателя власти. Он понимал, что его «бесконечное» существование совсем не бесконечно, и что его ресурсы ограничены, особенно по самым важным степеням свободы. Даже со своим генетическим началом, являющимся носителем его чувства совести он не в состоянии договориться. Он всегда знал, что эта самая совесть зависит не столько от его собственных воли и сознания, сколько от генетической наследственности, изменить которую ему также трудно, как и невозможно организовать путешествие в прошлое. Однако это его никогда не смущало, поскольку в ментальном погружении он всегда мог путешествовать куда угодно и сколько угодно. Вот и сейчас ему вспомнились драматические события из жизни людей прошлого, события, имеющие фундаментальное отношение к понятиям совести и смысла жизни.

При этом он вспомнил, что когда-то люди написали множество священных писаний, так называемых библий, выдавая их за учения о нём – о Создателе, но на самом деле, книги эти были не о нём, не о Создателе, а в большей степени о Совести и сложностях фундаментальной жизни. Они, эти книги, многие тысячелетия вели людей по неизведанным дорогам познания и разума, постоянно доказывая при этом, что совесть, это то без чего не может существовать высокий интеллект разумного человека. Причем, уже на самой ранней стадии раз-

вития цивилизации людей, именно интеллект отдельных особо развитых особей позволил правильно предсказать сам факт того, что не всё в его Создателя власти. На фоне ничтожных представлений о сущности Вселенной, эти особо развитые люди в одной из книг прозорливо вложили в уста Создателя одно из самых важнейших положений о сути происходящего [2]: «Не думайте, что Я пришел нарушить закон или пророков: не нарушить пришел Я, но исполнить». Здесь, как бы каждого человека, Создатель подталкивает к скромности и осторожности в вопросах толкования и освоения основополагающих факторов существования всего. Создатель, как бы намекает на то, что в основе целеполагания человека, как уникального явления природы, лежит задача промежуточная и более скромная. человек как бы должен понимать неизбежность своей чудовищной ограниченности по меркам вселенной, однако эволюция цивилизации людей во вселенной сполна компенсирует этот кажущийся существенным недостаток.

Определение №1. Сознание не является источником, существования всего, однако оно является мощным источником влияния на это самое всё. [3].

Фундаментальное отличие действия Законов природы и нормативно-правовых актов, созданных человеком, заключается в том, что плата за преодоление действий природных Законов происходит немедленно, в то время как во втором случае возникает временной промежуток неопределенной величины.

Werner Heisenberg [4, с.267], анализируя преобразующие силы будущего, осторожно призвал нас к скромности: «Вспомните о той великой революции две тысячи лет назад, инициатор которой, Христос, сказал: «Я пришел не отменить закон, а исполнить его». Повторяю, всё дело в том, чтобы ограничиться одной важнейшей целью и изменять как можно меньше. То небольшое, что будет при этом изменено, может проявить потом такую преобразующую силу, что само собой перестроит почти все жизненные формы». При этом Создатель добавил про себя: «И не только жизненные...», имея в виду тот факт, что многие миллиарды лет умы человечества будоражила супер-интрига, связанная с поиском ответа на самый что ни на есть сакраментальный вопрос: - Что представляет из себя то, из чего состоит всё?

Справедливости ради следует отметить, что уже на ранней стадии своего развития люди вполне понимали единство действий материи, в рамках действия фундаментальных законов. Так - Johann Gottfried Herder (1744-1803), однажды заметил, что «Если есть бог в природе, то Он есть и в истории, и человек подчинён законам не менее превосходным, чем те, по которым движутся небесные тела» [5, с.187; 6, т.13, с.169].

Да, не всё в его Создателя власти, но он многое может. И, пожалуй, самое главное – это его способность не только предсказывать результаты действия преобразующих сил Природы, но и оказывать существенное влияние на сам процесс действия

этих сил, т.е. процесс действия главных Законов Природы, согласно которым всё обязательно рождается, существует и умирает. Причем, это касается не только Вселенной в целом, но и каждой её части в отдельности, включая Его самого. Но, несмотря ни на что, просвещенным людям все равно нравилось его называть просто – Создатель. Ему это нравилось тоже, хотя иногда Совесть «заедала».

В конце концов, очнувшись от воспоминаний и размышлений, он заметил, что червоточина неотвратимости охватывает его сознание всё больше и больше. Ох уж эта ответственность! Сколько же с ней проблем было у людей! Они в основной массе своей долго не понимали: что же это такое по сути? Они не понимали, что совесть является не структурным элементом сознания, а его коконом и, что только совесть лежит в основе ответственного принятия решений. Реально существующая не равновеликость свойств ответственности относительно последствий принимаемых решений или совершённых деяний предполагает уточнение самого понятия ответственности.

Определение №2. Ответственным является не тот, кто готов нести ответственность за содеянное, а тот, кто не допускает деяние, за которое ответственность установлена [7].

Очевидно, что любое деяние (воздействие на объект) – это перевод объекта из одного физического (в том числе эмоционального) состояния в другое. А значит любому деянию предшествует процедура принятия решения. Причем только максимальная адекватность решения предполагаемому результату определяет достаточный уровень качества полученного результата. А значит решение должно быть концептуальным, т.е. это когда при его выработке учтена вся суперпозиция действующих на предполагаемое деяние обстоятельств и законов. Таким образом, ответственное решение по своей сути обязано быть – концептуальным. Однако, концептуальная оценка, существа происходящего, невозможна без учета ненаблюдаемых факторов, поскольку в действительности любой вид деятельности человека связан с ненаблюдаемыми факторами.

Определение №3. Ненаблюдаемые факторы, это по существу почти бесконечная совокупность неизвестного, лежащего в основе движения природных и эмоциональных явлений, наблюдаемых человеком [8,9].

Из этого определения следует, что отношение наблюдаемого (т.е. осознанного знания человеком) к ненаблюдаемому (т.е. неосознанному знанию) всегда меньше единицы, а его величина определяет уровень интеллекта индивида, обратная же величина этого отношения является степенью вероятности риска существования или просто - жизни. Эти два параметра индивидуальны для каждого, вот некоторые иллюстрации на эту тему:

1. Управление в условиях неявных рисков. Поскольку они (эти риски) не наблюдаемы, то их как бы и нет, однако существуют управляющие, ко-

торые научились их как бы предсказывать, основываясь на интуиции и логических построениях, а значит управлять неуправляемыми факторами.

2. Экономическая деятельность предпринимателей. У него (у предпринимателя, не путать с бизнесменом) как правило средств почти нет, однако самые перспективные проекты создаются им.

3. Деятельность тор-менеджеров. У многих других средств также достаточно, однако только единицы достигают сокрушительного успеха.

4. Военная служба. Все командиры считают, что командовать умеют, однако сражения выигрывают единицы.

И наконец, Создатель в состоянии морального истощения от столь глубоких размышлений сам себе задал почти циничный, но все-таки риторический вопрос: «А зачем собственно говоря нужен Он?». Здесь в его размышлениях возникла пауза, он хитро как бы про себя улыбнулся и с юмором вспомнил аналогичный ответ известного писателя Voinovich V. N. на заданный ему когда-то при встрече с приятелем не менее риторический вопрос: «Как мол дела, приятель?». Voinovich ответил:

Дела шли плохо,
Но не то, чтобы очень плохо,
Даже можно сказать, что хорошо,
Но из года в год всё хуже.

В этот момент, на фоне нахлынувшей эмоциональной чехарды, он почувствовал – время пришло! Его уже давно начал беспокоить тот факт, что гигантское испарение черной дыры вот-вот начнется. Хотя до этого момента у него всё же достаточно времени, чтобы его великая миссия, требующая исполнения великого множества предписаний, была надлежащим образом исполнена. Однако опыт его существования подсказывал, что время уже терять не следует. Нужно действовать! Но как? С чего начать? Здесь мудрость Создателя и здравый смысл подсказали: «не спеши, сначала нужно гармонизировать основные принципы и скрепы создаваемого всего, т.е. материального и духовного». Да, это мудрое решение, подумал он и в эмоциональном порыве воскликнул: «Мудрость – это что ж такое?». При этом он вспомнил, как однажды известный писатель Fazil Iskander заметил, что мудрость — это ум, настоящий на совести, причем еще ранее Rene Descartes, правомерно бы добавил, что знание многих принципов возмещает незнание многих факторов. Эти рассуждения Создателю нравились всегда, однако жирную точку он всё-таки поставил: «Частное не создает общее, но иногда его отменяет». На этом он своё эмоциональное эссе отложил в сторону и сосредоточился на необходимых и достаточных условиях, обеспечивающих систематизацию трёх фундаментальных принципов существования всего, тем более что согласно Claude Adrien Helvétius: «Знание принципов возмещает незнание некоторых факторов».

Первый принцип: о существовании всего: - «Никто», включая вселенную, не может создать себя сам, у «каждого» имеется своё материнское начало. Процесс создания всего происходит в пограничной области двух несмешивающихся сред.

Все фундаментальные физические параметры созданного ограничены, т.е. не бесконечны. Фундаментальные свойства созданного, масштабируются на основе геометрической прогрессии, а разрушение предыдущих симметрий происходит в точках среднего геометрического [10]. Любая вселенная состоит из материи единичной и составной, причем часть материи составной может быть живой. Вся материя на элементарном уровне состоит из ненаблюдаемой субстанции, колебания которой образуют элементарные вещи, обладающие энергией, из которой образуется единичная и составная материя.

Здесь Создатель остановился в перечислении основных факторов существования всего и вспомнил принцип своего существования, согласно которому - он сам и всё что им было создано и всё что им будет создаваться в будущем, обязательно будет разрушено. Даже он не мог нарушить основной закон существования всего: «Всё рождённое, обязательно должно создать себе подобное и непременно умереть», т.е. никто не может существовать бесконечное время.

Второй принцип: о целеполагании всего: - Всё создаваемое имеет своё целеполагание. Не понимание цели существа происходящего, не означает её отсутствие. Что будет со Вселенной, когда людей не будет? Создатель на этот вопрос почти язвительно имея ввиду самого себя ответил, что если Вселенная может существовать без человека, значит это ещё кому-то нужно!? Если нет смысла в существовании всего, то зачем существует то, что стремится познать это самое все? А если в существовании всего есть смысл, то все то что существует и действует должно подчиняться причинно-следственной логике. Создание вещей с максимальным уровнем сложности, это то, на что обречено во Вселенной существующее всё.

Определение №4. Высшая цель существования всякой Вселенной заключается в создании его, т.е. «Создателя», но не всякая на это способна.

Максимальным уровнем сложности может обладать только он – Создатель. А поскольку бог (по мнению Einstein) не играет в кости, вот поэтому Вселенная такая огромная, и именно поэтому для решения этой супер-задачи Вселенная должна обладать достаточными ресурсами и размерами, чтобы была обеспечена 100-процентная вероятность свёртки материи в состояние, обладающее высшим уровнем сложности, соответствующим уровню сложности Создателя. Вселенные, в которых это не достигается являются «бесплодными». Однажды Heisenberg W. и Bohr N. затеяли спор о смысле жизни, в котором Bohr заявил: «Нет, смысл жизни заключается в том, что не имеет смысла говорить, что жизнь не имеет смысла. Вот насколько лишено опоры всё это стремление к познанию смысла жизни». После этого спора великих титанов следует добавить, а вот у Создателя такая опора есть – это второй принцип о целеполагании всего.

Третий принцип: о самодостаточности всего: - Основу обеспечения самодостаточности вселенной, по мимо исходных материнских ресур-

сов и закона сохранения энергии, составляет сбалансированная система управления материей. Самодостаточность всего создаваемого обеспечивает система управления материей, основанная на фундаментальных взаимодействиях: упругом, электромагнитном, гравитационном, информационном. Структуру этой системы определяют четыре фундаментальные взаимодействия:

- 1.упругое,
- 2.электромагнитное,
- 3.гравитационное,
- 4.информационное.

О б о с н о в а н и е трёх принципов существования всего.

Эти взаимодействия отвечают за вынужденное движение материи, т.е. переход различных её элементов из одного энергетического состояния в другое. Все другие существующие взаимодействия являются производными от этих четырёх.

Закон сохранения энергии действует только в пределах существующей вселенной, однако нарушается для процессов, связанных с переходом элементов материи между вселенными.

Предел эволюции Сознания.

Люди, многие тысячи лет, путем неисчислимых проб и ошибок, добывали фундаментальные знания о Вселенной, они всегда стремились гармонизировать их со знаниями Создателя, пытались при этом понять суть и смысл существования Вселенной, в том числе разнообразных форм движения вещей, а также соотношение вещей отдельных и составных.

Создатель всегда стремился понять людей, войти в их положение, а вот люди не всегда ему отвечали взаимностью, поскольку они не понимали, что не все в его власти. Даже находясь на относительно невысокой ступени своего развития люди всё равно стремились понять: «Что же всё-таки движет Звездами?» Создателю была понятна наивность этих людей, он снова с улыбкой вспомнил, как на одной плите в древнем Египте он прочитал надпись из иероглифов:

Когда люди узнают, что движет звёздами,

Сфинкс засмеётся и жизнь на Земле иссякнет.

Возможно сфинкс когда-то и смеялся, но этот момент в истории Вселенной не зафиксирован. Однако момент, когда люди действительно осознали суть и смысл существования Вселенной, зафиксирован, поскольку это был момент всемирного эволюционного перехода высшей живой материи во Вселенной от биологического вида (Человек разумный – Homo sapiens) к бионическому виду (Человек создатель – *Homo creator*).

В этой точке своих размышлений Создатель снова задумался, отложил в сторону исторические эмоции и перешел к поиску решений невероятно сложных задач, связанных с упорядочением в своём сознании сути и смысла фундаментальных знаний о Вселенной. При этом, он свою главную задачу видел в том, чтобы процесс создания Вселен-

ной, за которым он должен будет наблюдать и контролировать её эволюцию, строго соответствовал основным принципам существования всего. Он понимал, что ответы на основные вопросы о Вселенной чрезвычайно сложны, он также понимал, что логика, лежащая в основе этих ответов связана не только с физико-математическими расчетами, но также с их философским обоснованием. Приемы философского обоснования всегда не просто давались людям, поскольку большинство из них очень даже любили философствовать о вещах, но даже философы профессионалы сами эти вещи никогда изучать не хотели, что уж говорить о простых людях. Это проблема! Однако, деваться некуда, придется и мне пофилософствовать подумал он и решил начать с самого трудного, с самого главного, с самого волнующего людей вопроса.

Что есть Вселенная?

В основе множества ответов на этот вопрос лежит целый ряд противоречий, взаимоисключений и неточностей, этим, пожалуй, и объясняется отсутствие почти во всех авторитетных энциклопедиях мира определения понятия Вселенной. Если суммировать большинство существующих определений, то результат сводится к следующему предложению.

Вселенная – это бесконечное пространство, включающее в себя всё сущее.

Однако, не состоятельность этого определения, несложно доказать методами от противного.

Во-первых, о противоречии сущностей.

Если всё сущее находится внутри бесконечного пространства, которое само лишено по определению сущности, то значит оно существует не материально, а умозрительно.

Очевидно, что всё сущее состоит из вещей, сам факт существования которых определяется тем, что эти вещи обладают энергией, т.е. представляют из себя субстанцию материальную.

Таким образом, в этой логике просматривается противоречие, связанное с тем, что субстанция материальная не может находиться в субстанции умозрительной! Этот вывод неявно подтверждается также и тем, что этимология слова Вселенная, как бы подсказывает нам, что что-то вселено во что-то, но только не для случая, когда сущее вселено в умозрительное. В основе этого противоречия также лежит проблема, связанная с нарушением правил теории представлений, предписывающей этимологическое соответствие в использовании понятий с разнородными свойствами.

Во-вторых, о противоречии бесконечностей.

Если наполненное сущностью пространство бесконечно, то сущее в этом пространстве обладает бесконечной энергией, что противоречит первому принципу существования всего, поскольку всё существующее не может обладать бесконечными физическими параметрами.

Если пространство Вселенной бесконечно, то в чем смысл его расширения за пределы бесконечности, да ещё с ускорением? Абсурд!

Но в существование Вселенной с подобными свойствами не верили даже сами Newton и Einstein! Правда Einstein в шутку говорил, что на этом свете

существует две бесконечности: первая это вселенная, а вторая человеческая глупость.

Если пространство Вселенной бесконечно, а время её расширения от момента большого взрыва (БВ) конечно, тогда размер вселенной определяется пространством в пределах горизонта событий, что свидетельствует о замкнутом характере вселенной, а значит физическое пространство за пределом горизонта событий, имеет право быть заполненным другими вселенными.

На основании третьего принципа существования всего, движение разнообразных форм материи во Вселенной определяется центральными силами, которые вызывают движение материи по исключительно замкнутым траекториям, т.е. колебательным или круговым, а значит основания для возникновения пространственных бесконечных траекторий отсутствуют.

Таким образом, понятие бесконечности может существовать только в умозрительных и математических представлениях. При этом прямолинейное движение в пределах некоторого расстояния Δx возможно при условии, что $\Delta x \ll L$, где L - длина окружности.

Определение №5. Никакая вещь не может существовать бесконечное время.

Вывод, если движение материи не может иметь бесконечные траектории и если энергия (или масса) Вселенной также не может быть бесконечной, то справедливо напрашивается очевидный вывод о том, что Вселенная в самых основных параметрах ограничена (или замкнута), а значит логично предположить, что она не единственна, т.е. не абсолютна, просто их много. А если их много, то это означает, что не всё сущее входит в конкретную вселенную, поскольку пространственные области различных вселенных могут перекрываться.

Определение №6. В природе не существует то, в чём хотелось бы, чтобы находилось всё.

Наконец Создатель перешел к формулированию адекватного определения понятия Вселенной, но всё же предварительно на двух моментах решил заострить своё внимание.

1.Ему нравилась величайшая конкретность логики поэта Mayakovsky V.:

Если тебе корова имя,
У тебя должно быть молоко и вымя.
А если ты без молока и без вымени,
То чёрта ль в твоём коровьем имени.

2.Применительно к теме настоящей работы, следует дополнительно уточнить толкование некоторых важнейших понятий, которые определяют фундаментальные свойства Вселенной.

Разум – способность живой материи мыслить и оперировать с информацией, в процессе познания, т.е. приобретения знаний об окружающей среде.

Явление – все, что чувственно воспринимаемо разумом.

Вещь – всякое явление природы, познаваемое разумом

Существующие вещи это:

Реальные, т.е. наблюдаемые, а также ненаблюдаемые, поскольку наука ещё не овладела методами их наблюдения.

Нереальные, т.е. ненаблюдаемые, а значит виртуальные, однако их существование доказывается тем, что результаты взаимодействия их представителей между собой могут быть реализованы в реальном виде.

Сущее – реально существующие наблюдаемые и ненаблюдаемые вещи.

Суть – истинное содержание вещи.

Смысл – осознанное разумом значение истины.

Фактор – отличительное свойство чего-либо.

Свертка – результат процесса создания составной материи.

Сложность – определяет свойства составной материи как целого, при этом каждая внутренняя составная часть не обладает свойствами целого.

Объект – это свертка материи, в результате которой он обладает высшим уровнем сложности по сравнению с любой составной его частью.

Рождение – это процесс свертки материи, в результате которого образуется объект, копирующий свойства существующего.

Создание – это процесс свертки материи, в результате которого образуется объект, обладающий высшим уровнем сложности не только по сравнению с любой составной его частью, но и любым объектом окружающей действительности.

Создатель много знал и много мог. Однако только в зрелом возрасте он осознал тот факт, что для своего (т.е. его) создания потребовалась «Жизнь» целой Вселенной! Ему теперь казалось, что при его всемогущих возможностях будет не сложно создать Вселенную и сотворить себе подобного. Однако на этот счет он сильно ошибался! И только спустя существенное время, когда наступил период его мудрости, он реально почувствовал, что действительно не всё в его создателя власти. Наконец он понял окончательно, что он не может выступать в роли материнского начала для создания Вселенной, поскольку сам является продуктом её эволюции.

В конце концов в результате глубоких физических и философских размышлений у него появилось следующее определение Вселенной.

Вселенная – это объект, созданный на принципах целеполагания и самодостаточности, это эволюционно существующая совокупность вещей, субстанция элементарной материи которых образована в результате гигантского испарения черной дыры материнской Вселенной.

Завершая настоящую работу, представляется совершенно уместным обратить внимание на слова известного актера театра и кино - Zeldin V. M., который за 70 лет служения в одном театре сыграл множество замечательных ролей. Так, 10 февраля 2015 года на одном из мероприятий в честь празднования своего 100-летия со дня рождения в одной из телевизионных программ, он заявил: «Самое худшее в жизни это видеть мир таким каков он есть, не замечая при этом каким он должен быть».

References:

1. Barykinsky G. M. / The universe of consciousness and the picture of the world. // Mat. The VII Russian philosophical Congress, 2015, v.2, p.117.
2. The gospel of Matthew, chapter 5, verse 17.
3. Barykinsky G. M. / Philosophical observations on the principles, laws and sustainable development of society. // Mat. The 1 Russian philosophical Congress., 1997, т.4, с.21.
4. Heisenberg W. / Physics and philosophy. Part and whole. Per. Akchurina I.A., Andreeva E.P. // Moscow, Science, 1989.
5. Lavrynovych K. / Albertina. Essays the history of the University of Koenigsberg. // Kaliningrad, 1995.
6. Zatsepin I. / About life. // Therapeutic journal published by I. Zatsepin., 1837.
7. Barykinsky G. M. / The psychology of responsibility and consciousness. // Mat. The II- All-Russian scientific conference on psychology. Yearbook of the RPO "Methods of psychology", 1997, v.3, release 2, p.18.
8. Barykinsky G. M. / Psychology person in environment unobservable factors. // ibid., pp. 16-17.
9. Barykinsky G. M. / Implicit risks and the management of uncontrollable factors. // Mat. the 4th international conference "problems of emergency management", Moscow, 1997, p. 98.
10. Barykinsky G. M. / The law of scaling of fundamental properties of elementary particles. // The European Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna. 2018, N1, p.37.

Karpenko V.A.

doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
professor of the department "Higher Mathematics",
State institution of higher professional education
"Belarusian-Russian University"

Карпенко Валерий Александрович

доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры «Высшая математика»,
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

ON POSSIBLE CORRELATION OF PHYSICAL LAWS WITH EVOLUTION OF THE UNIVERSE

О ВОЗМОЖНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ ОТ ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ

Summary: A mathematical formulation of the postulate on the independence of physical laws from the location of the observer in the Universe is proposed. It allows to find the law of cosmological expansion and show that physical laws in the expanding Universe differ from the known ones. On the example of the non relativistic mechanics laws, a simple algorithm for constructing their equations is proposed. It is shown that these equations allow one to positive answer the question of the possibility of formation of galaxies, to question the existence of the hidden mass in the Universe and to determine the nature of the angular moments of galaxies.

Key words: evolution of the Universe, cosmology, red shift, Hubble law, Milne law, gravitational instability.

Аннотация: Предложена математическая формулировка постулата о независимости физических законов от местоположения наблюдателя во Вселенной, которая позволила найти закон космологического расширения и показать, что физические законы в расширяющейся Вселенной отличаются от известных законов. На примере законов нерелятивистской механики предложен простой алгоритм построения их уравнений. Показано, что данные уравнения позволяют утвердительно ответить на вопрос о возможности образования галактик, подвергнуть сомнению существование скрытой массы во Вселенной и выяснить природу моментов импульсов галактик.

Ключевые слова: эволюция Вселенной, космология, красное смещение, закон Хаббла, закон Милна, гравитационная неустойчивость.

Введение. Представление о связи физических явлений поддерживается процессом развития физической науки и плодотворно влияет на её прогресс. Поэтому глубокие идеи Маха [1] о возможном влиянии небесных тел на явления механики сохраняют свою актуальность. Принимая точку зрения Маха, можно пойти дальше, понимая под «принципом Маха» идею о возможном влиянии состояния Вселенной на любую физическую систему. Для этого есть основания, поскольку с открытием разбегания галактик идеи Маха приобрели новое содержание. В нестационарной Вселенной из-за неоднородности времени полная энергия любой физической системы может не сохраняться, соответственно, законы, описывающие её поведение, могут явно зависеть от времени. Этот и связанные с ними другие вопросы с различных точек зрения рассматривались Дираком [2], Милном [3], Бонди и Голдом [4], Хайлом [5], рядом других исследователей и нашли отражение даже в учебнике [6].

Современная космология, как известно, имеет целью описание наблюдаемых свойств Вселенной с помощью известных физических законов. Поэтому она базируется на следующих исходных постулатах: в различных частях Вселенной действуют одинаковые физические законы; эволюция Вселенной

и наблюдаемые в ней явления подчиняются известным физическим законам. Постулат о единстве законов во Вселенной косвенно подтверждается астрономическими наблюдениями и указывает на то, что Вселенная познаваема. Второй постулат фактически содержит два различных утверждения.

Экстраполяция известных законов является наиболее естественным путем развития теории наблюдаемых во Вселенной явлений. Однако использование известных законов для описания эволюции Вселенной представляется неудовлетворительным с точки зрения методологии физики [7]. Поскольку, как известно, все физические законы являются приближёнными, они имеют ограниченную область применимости. То же относится и к физическим понятиям, в том числе к понятиям пространства и времени [8].

Источником представлений о пространстве и времени является наиболее общее свойство материи, определяемое понятием взаимодействия. Так, электромагнитное взаимодействие лежит в основе принципа действия атомных часов, поэтому атомное время может быть определено как электромагнитное. Современный масштаб длины также имеет электромагнитную природу. Следуя этой логике,

астрономическое время можно назвать гравитационным, так как существование планет и солнечной системы поддерживается гравитационным взаимодействием. Для измерения промежутков времени используется также непериодические процессы радиоактивного распада атомных ядер. Ход часов в этом случае ограничен во времени и определяется свойствами внутриядерных взаимодействий.

В астрономии расстояние имеет электромагнитную природу. Именно известные свойства оптического излучения обеспечили возможность практической реализации шкалы астрономических расстояний. Предельно возможное увеличение измеряемых расстояний связано с наблюдением красных смещений известных спектральных линий и адекватным теоретическим описанием расширения Вселенной. В описании такого рода, претендующем на роль физической теории, космологические красные смещения должны быть индикаторами не только расстояния, но и времени или возраста наблюдаемого объекта, поскольку в любой классической (не квантовой) теории пространственные и временные промежутки относятся к наблюдаемым величинам. Таким образом, удалённые макроскопические системы атомов, связанные с наблюдаемыми объектами, во внегалактической астрономии могут использоваться для измерения расстояния и времени.

С точки зрения теории горячей Вселенной атомы образовались в эпоху рекомбинации или объединения. Этот этап в истории Вселенной обеспечивает существование начала отсчёта физического времени и наблюдается сейчас как реликтовое излучение. Как видно, научная теория способна описать эволюцию Вселенной во времени только от момента рождения атомов – часов, то есть после рекомбинации. Здесь под научной понимается теория, следствия которой можно либо подтвердить, либо опровергнуть наблюдениями [8]. В противном случае она относится к области веры или схоластики [8]. Отсюда следует, что не существует научной теории, описывающей эволюцию Вселенной от «начала».

Представление о существовании Вселенной до рекомбинации, с одной стороны, относится к области веры, а с другой – обусловлено всем человеческим опытом, утверждающим существование причинно-следственной связи явлений. Такая связь осуществляется в пространстве и времени и, для того, чтобы выйти из этого затруднения, придется сделать заключение об ограниченной области применимости понятий пространства и времени в отношении «ранней» Вселенной. Придётся признать также, что наблюдаемая Вселенная такова, что не обладает свойством, выражаемым понятием возраст. К этому можно добавить, что начало мира в определенный момент времени и конечная протяженность времени жизни мира были «твёрдо установленной доктриной схоластики» [8], так что современная космология в части описания эволюции Вселенной от «начала» выглядит как научное обоснование указанной доктрины. Основываясь на

этом, можно ожидать трудностей при эмпирической проверке теории явлений, связанных с расширением Вселенной.

Прежде всего, эмпирической проверке на протяжении многих лет подвергалась зависимость красное смещение Z – видимая звёздная величина или зависимость звездного расстояния R от Z . До конца прошлого века все экспериментальные данные, по крайней мере, качественно, подтверждали теорию, в соответствии с которой расширение Вселенной происходит с замедлением. Однако с начала нынешнего века наблюдаемые зависимости R от Z стали интерпретироваться как расширение с ускорением. И это, несмотря на то, что наблюдаемая евклидовость пространства Вселенной подарила космологии возможность однозначно описывать расширение и связанные с ним явления. Согласно теории [9], евклидовость пространства обеспечивается средней плотностью вещества Вселенной, равной критической, но из наблюдений известно, что плотность гравитирующего вещества Вселенной составляет примерно одну треть от критической. В этой ситуации для сохранения теории необходимо предположить, что Вселенная на две трети состоит из несветящейся субстанции, не подверженной гравитационному взаимодействию. Из-за недоступности эмпирической проверки эта гипотеза не должна иметь места в физической теории [8].

С расширением Вселенной связана также проблема образования галактик. Наиболее полно вопрос о гравитационной неустойчивости расширяющегося газа в ранней Вселенной исследовался Саслау [10]. Основным его выводом таков: расширение газа препятствует образованию галактик и если бы они не существовали, то их отсутствие можно было бы легко объяснить [10]. Суть этой проблемы нетрудно понять качественно, пользуясь представлениями классической механики, применимой для описания эволюции флуктуаций плотности вещества после рекомбинации [9, 10]. Очевидно, что для превращения локальных областей Вселенной, подверженных флуктуациям, в звезды и галактики необходимо, чтобы расширение в этих областях под действием гравитации остановилось. Учитывая возраст звёзд, получаем, что расширение должно было прекратиться примерно 10^{10} лет назад. Классическая механика допускает такую возможность лишь при условии, что потенциальная энергия гравитационного взаимодействия преобладает над кинетической энергией расширяющегося газа, заключенного в локальной области. Такая ситуация реализуется, если $\rho > \rho_c$, где ρ и ρ_c – средняя и критическая плотности вещества, соответственно. Однако в этом случае образование галактик должно сопровождаться сменой расширения Вселенной на сжатие. В современной космологии $\rho = \rho_c$, что без учета теплового движения газа соответствует равенству нулю полной энергии любой невозмущенной локальной области. На самом деле проблема образования галактик сейчас выглядит ещё

более удручающе. Наблюдаемая плотность гравитирующего вещества Вселенной меньше ρ_c , что приводит к уменьшению гравитационной энергии газовой среды и преобладанию её кинетической энергии над потенциальной. В такой Вселенной закон сохранения энергии запрещает образование звёзд и галактик – гравитационно-связанных систем с отрицательной полной энергией. Таким образом, существование звезд и галактик не согласуется с современной космологией, что является главным основанием для появления новой теории [7].

Основанием для предположения, что физические законы могут зависеть от эволюции Вселенной является то, что эти законы определяют свойства пространства и времени [8]. Так, подчинённые принципу относительности законы приводят к выводу об однородности пространства и времени, что обеспечивает существование фундаментальных законов сохранения. С другой стороны, закон Хаббла

$$d\mathbf{r}/dt = H(t)\mathbf{r} \quad (1)$$

явно зависит от координат $\mathbf{r}$ и времени t . Это означает, что в нестационарной Вселенной пространство и время неоднородны. Поскольку пространство и время не могут быть однородными и неоднородными одновременно, то возможны два варианта: либо пространство и время однородны, во Вселенной действуют известные законы, но тогда закон Хаббла не имеет места, либо закон Хаббла адекватно описывает расширение Вселенной, пространство и время неоднородны, а наблюдаемые во Вселенной явления описываются неизвестными физическими законами, которые могут явно зависеть от координат и времени. Выбор второго варианта ставит исследователя перед двумя несвойственными космологии задачами: найти функциональную зависимость $H(t)$ и соответствующую ей формулировку физических законов в расширяющейся Вселенной. Ниже показано, что каждая из этих задач имеет, по крайней мере, одно непротиворечивое решение.

Закон космологического расширения. В своё время Дикке в лекциях [11] выразил сомнение в возможности дедуктивного исследования Вселенной путём решения известных уравнений с начальными условиями. Там же он высказал идею более плодотворного пути исследования, основанного на анализе наблюдаемых свойств Вселенной. Дальнейшее изложение фактически посвящено реализации этой идеи.

Наиболее общие наблюдаемые свойства Вселенной выражаются двумя утверждениями: пространство Вселенной плоское (евклидово); справедлив закон Хаббла. Первое обеспечивает выполнение классического закона сложения нерелятивистских скоростей и позволяет использовать метризованные координаты $\mathbf{r}$ и время t в законе Хаббла (1), который так просто формулируется лишь в определённом образом выбранной (хаббловской) системе отсчёта. Рассматривая часть Вселенной, определяемую неравенством

$(d\mathbf{r}/dt)^2 \ll c^2$, где c – скорость света, совместим начало системы отсчёта с центром масс любого тела, движущегося по закону (1). В результате получим хаббловскую систему отсчёта, поскольку в ней также справедлив закон Хаббла. Можно представить себе ансамбль хаббловских систем отсчёта, поставив в соответствие в любой фиксированный момент времени каждой точке пространства наблюдаемой Вселенной собственное начало отсчёта.

Для нахождения зависимости постоянной Хаббла H от времени t воспользуемся принципом единства физических законов во Вселенной. Существенно, что основные физические законы выражаются дифференциальными уравнениями, вид которых зависит от выбора системы отсчёта. В физике принято выделять не только физически эквивалентные системы отсчёта, в которых физические законы выражаются одинаковым образом, но и привилегированные, в которых эти законы выглядят наиболее просто. Это наводит на мысль сформулировать принцип единства физических законов во Вселенной как принцип относительности в расширяющейся Вселенной или как космологический принцип относительности [12]: в различных частях Вселенной существуют системы отсчёта, в которых все основные физические законы выражаются наиболее просто и одинаковым образом. Если в этом определении опустить «в различных частях Вселенной», то останется обычная формулировка принципа относительности [8]. Данный космологический принцип относительности не исключает возможную независимость физических законов от эволюции Вселенной.

Очевидно, что (1) можно рассматривать как один из основных физических законов в расширяющейся Вселенной. Он ковариантен относительно перехода от одной хаббловской системы отсчёта к другой. Согласно космологическому принципу относительности, таким же свойством должны обладать все основные физические законы в расширяющейся Вселенной. Однако наличие отличного от нуля ускорения

$$d^2\mathbf{r}/dt^2 = (dH/dt + H^2)\mathbf{r} \quad (2)$$

нарушает физическую эквивалентность хаббловских систем отсчёта. Требование равенства нулю ускорения (2) при любом $\mathbf{r}$ приводит к дифференциальному уравнению с решением

$$H = T^{-1},$$

где $T = t + \bar{t}$, $\bar{t}$ – постоянная интегрирования, не зависящая от выбора системы отсчёта. Таким образом, хаббловские системы отсчёта принадлежат классу инерциальных систем, а их относительное движение осуществляется согласно закону Милна

$$d\mathbf{r}/dt = \mathbf{r}/T. \quad (3)$$

Этот результат согласуется с идеей Маха о том, что инерциальные системы отсчёта выделяются усреднённым движением небесных тел [1].

Понятно, что релятивистские относительные скорости хаббловских систем отсчёта должны быть также постоянными, то есть, не зависящими от времени. Если теперь допустить неизменность скорости света в вакууме для всего ансамбля хаббловских систем отсчёта во Вселенной, то его элементы будут связаны преобразованиями Лоренца. При этом релятивистский закон сложения скоростей приводит к закону (3), имеющему глобальный характер.

Некоторые свойства физических законов в расширяющейся Вселенной. Прежде чем перейти к поиску алгоритма построения физических законов, учитывающих расширение Вселенной, имеет смысл выяснить их свойства, являющиеся следствием закона Милна (3) и космологического принципа относительности.

1. Физические законы лоренц-ковариантны. Из (3) следует, что две любые хаббловские системы отсчёта связаны преобразованиями Лоренца и, согласно космологическому принципу относительности, физические законы в расширяющейся Вселенной являются лоренц-ковариантными. Однако это не означает, что они идентичны известным законам.

2. Энергия, а также отличные от нуля импульс и момент импульса любой физической системы не сохраняются. Известно, что изолированные от внешних воздействий замкнутые физические системы в общем случае описываются уравнениями, ковариантными относительно преобразований, принадлежащих группе Пуанкаре, включающей преобразования Лоренца и пространственно-временные сдвиги. При описании таких систем однородность пространства и времени обеспечивает существование фундаментальных законов сохранения. С другой стороны, в любой физической теории при описании системы, подверженной внешнему воздействию общего вида, пространство и время не однородны и законы сохранения отсутствуют. Как видно, свойства пространства и времени определяются свойствами исследуемой системы, а точнее управляющими ею физическими законами [8].

Свойство Вселенной, выражаемое законом Милна (3), изменяющимся при пространственных и временных трансляциях, приводит к заключению о неоднородности пространства и времени. Таким образом, глобальные лоренц-ковариантные физические законы во Вселенной и закон Милна (3) изменяются при пространственно-временных сдвигах, то есть, явно зависят от координат и времени, а фундаментальные законы сохранения не выполняются.

3. Справедлив закон сохранения движения центра масс. Закон Милна (3) призван описывать наблюдаемое разбегание галактик и их скоплений, поэтому его можно интерпретировать как выражение закона сохранения движения центра масс, подверженных гравитационному взаимодействию.

4. Физические законы не имеют лагранжевой формулировки. Как известные, так и глобаль-

ные законы в расширяющейся Вселенной ковариантны относительно пространственных вращений, принадлежащих группе преобразований Лоренца. При несохранении момента импульса глобальные законы не имеют лагранжевой формулировки, поскольку в противном случае, вследствие теоремы Нётер, момент импульса – сохраняющаяся величина.

5. Глобальные законы должны подчиняться принципу соответствия. Известные физические законы не учитывают расширения Вселенной. Поэтому их можно рассматривать как предельный случай соответствующих глобальных законов при отсутствии расширения. Полагая в (3) $t = t^* + \tau$, где t^* – начало отсчёта времени, и не переходя к пределу при $t^* \rightarrow \infty$, получим $dr/d\tau = 0$. Это означает, что расширение отсутствует. Следовательно, глобальные законы в далёком будущем должны совпадать с соответствующими, не учитывающими расширение Вселенной, известными законами.

Замечание. Фундаментальные физические постоянные, содержащиеся в физических законах, не зависят от времени. Это утверждение является следствием космологического принципа относительности и того факта, что каждый элемент хаббловского ансамбля характеризуется собственным временем.

Формулировка физических законов в расширяющейся Вселенной. Перечисленные выше свойства глобальных физических законов во Вселенной могут служить ориентирами в процессе поиска их формулировки. Однако этого недостаточно и требуется найти дополнительные соображения, необходимые для достижения цели.

Известные физические законы имеют локальный характер в том смысле, что они установлены и подтверждены экспериментально исключительно в одной локальной области Вселенной. Высокая точность их предсказаний и принцип соответствия наводят на мысль принять известные законы за основу формулировки глобальных законов. Тогда, исходя из соображений простоты [13], можно предположить, что физические законы, учитывающие расширение Вселенной, получаются из известных законов путем точечного преобразования, зависящего от координат и времени. Представление о хаббловском ансамбле систем отсчёта позволяет реализовать этот план.

В фиксированной хаббловской системе отсчёта или в системе наблюдателя $\hat{E}$ каждой точке пространства-времени $(\mathbf{r}, t)$ соответствует начало хаббловской системы отсчёта $\hat{E}'$ или подвижная точка с координатами $(0, t')$. Таким образом, возникает представление о непрерывном множестве точек пространства-времени $(0, t')$, каждая из которых независимо от времени является началом хаббловской системы отсчёта. Это открывает возможность считать областью определения функций,

подчинённых известным дифференциальным уравнениям (локальным физическим законам), множество подвижных точек. Очевидно, что в этом случае локальные законы, сохраняя свою форму неизменной, будут учитывать расширение Вселенной, если фразу «функция определена в точке $(0, t')$ » понимать так: функция определена в системе $\hat{E}'$ в точке $(0, t')$. Поэтому следует считать, что дифференциальные уравнения, выражающие известные законы, связывают функции и их производные в точках начала хаббловских систем отсчёта. Космологический принцип относительности и изначально предполагаемая точечность преобразования локальных законов в глобальные требуют, чтобы в расширяющейся Вселенной известные физические законы были справедливы в точке начала любой хаббловской системы отсчёта.

Требования лоренц-ковариантности устанавливает взаимно-однозначное соответствие между координатами точек пространства времени $(\mathbf{r}, t)$ и $(0, t')$, а также между функциями и их производными, определёнными на множествах точек $(0, t')$ и $(\mathbf{r}, t)$. Переход от локальных уравнений, известных в начале отсчёта любого элемента хаббловского ансамбля $\hat{E}'$, к искомым уравнениям в системе наблюдателя K осуществляется обычным образом – с помощью преобразований Лоренца и соответствующего представления группы Лоренца с вектор-параметром, равным относительной хаббловской скорости $\mathbf{r}/(cT)$, где в соответствии с формулой (3) $T = t + \bar{t}$. Формулировка уравнений нерелятивистской механики имеет специфику, обусловленную использованием преобразований Галилея.

Физические законы в расширяющейся Вселенной формулируются так просто при условии, что координатные оси любого элемента хаббловского ансамбля $\hat{E}'$ параллельны соответствующим координатным осям системы наблюдателя K .

О зависимости красного смещения Z от видимой звёздной величины. Прежде чем перейти к формулировке физических законов, описывающих наблюдаемые явления, оценим соответствие закона Милна (3) наблюдаемой зависимости красного смещения Z от видимой звёздной величины.

Ниже используются квантовые представления о свете, что, по-видимому, нивелирует отличие максвелловской электродинамики от электродинамики, учитывающей расширение Вселенной. Кроме того, игнорируется влияние гравитационного поля Вселенной на красные смещения спектральных линий. Анализ этого вопроса посвящён специальный раздел данной работы.

В астрономии световой поток J покоящегося точечного источника света, равный его истинной светимости или световой мощности L' , приходящейся на единицу площади телескопа, выражается формулой

$$J = L' / (4\pi R^2), \quad (4)$$

где R – расстояние до источника. Формула (4) справедлива и для движущегося источника, если в ней геометрическое расстояние R заменить на фотометрическое (или болометрическое) расстояние R_f . При этом зависимость красного смещения Z от видимой звёздной величины определяется зависимостью R_f от Z .

В стандартной космологии закон расширения (3) соответствует пустой Вселенной [9], в которой

$$R_f = cH_0^{-1}z(1 + 0.5z). \quad (5)$$

В этой формуле c – скорость света, H_0 – современное значение постоянной Хаббла. Она справедлива в пространстве, обладающем отрицательной кривизной [9], и, как видно из рисунка 2, представленного в работе [14], достаточно адекватно описывает наблюдаемую зависимость $R_f(z)$.

Покажем, что в евклидовом пространстве формула (5) не меняется. Для этого введём в рассмотрение две системы отсчёта: систему наблюдателя K и систему $\hat{E}'$, начало которой совпадает с точечным источником света, движущимся относительно наблюдателя по закону (3). Системы K и $\hat{E}'$ связаны преобразованиями Лоренца

$$\begin{aligned} x' &= (x - \beta cT) / \sqrt{1 - \beta^2}, \\ cT' &= (cT - \beta x) / \sqrt{1 - \beta^2}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $\beta = v/c$, v – величина скорости источника, направленной вдоль оси Ox , $T = t + \bar{t}$, $T' = t' + \bar{t}$, t и t' – наблюдаемое время в системах K и $\hat{E}'$ соответственно.

Пусть источник света наблюдается в момент $T = T_0$. В момент излучения T_n объект, имеющий в собственной системе координату $x' = 0$, в системе K находился на расстоянии

$$x_n = \beta cT_n.$$

Для того чтобы наблюдать его сейчас, в момент излучения он должен находиться на расстоянии

$$x_n = c(T_0 - T_n),$$

откуда с учётом предыдущего равенства следует

$$T_n = T_0 / (1 + \beta), \quad x_n = cT_0\beta / (1 + \beta). \quad (7)$$

Величину x_n можно выразить через красное смещение Z :

$$x_n = cT_0z(1 + 0.5z) / (1 + z)^2, \quad (8)$$

если использовать известную релятивистскую формулу

$$1 + z = \sqrt{(1 + \beta) / (1 - \beta)}.$$

Как видно из (8), предельное геометрическое расстояние, на котором можно наблюдать удаленные объекты, не превышает половины «радиуса Вселенной», равного cT_0 .

Первая формула из (7) и вторая из (6) позволяют выразить момент излучения T_n' в подвижной системе отсчёта через красное смещение z :

$$T_n' = T_0 / (1 + z). \quad (9)$$

Это выражение позволяет оценить постоянную интегрирования $\bar{t}$, определяющую величины T и T' . Если принять, что эпоха рекомбинации характеризуется красным смещением $z \approx 10^3$, то $\bar{t} \geq 10^{-3} T_0 = 10^{-3} H_0^{-1}$.

Пусть за промежуток времени

$$\Delta T_n' = \Delta T_0 (1 + z)^{-1} \quad (10)$$

в системе $\hat{E}'$ в телесный угол $\Delta\Omega'$ излучается Δn фотонов с энергией $h\nu'$. Здесь $\Delta\Omega'$ – телесный угол, опирающийся на площадку σ , одинаковую в системах K и $\hat{E}'$, так как она ориентирована нормально направлению движения источника, а под Δn понимается число излучённых фотонов, которые пройдут через площадку σ . Число Δn является инвариантом, но темп излучения фотонов в $\hat{E}'$ и их приёма в K различен вследствие (10), поэтому

$$\Delta n / \Delta T_n' = (\Delta n / \Delta T_0) (1 + z).$$

Если энергия каждого фотона в системе K есть $h\nu$, то в соответствии с эффектом Доплера $h\nu' = h\nu(1 + z)$. Следовательно, мощность $\Delta L'$ в телесном угле $\Delta\Omega'$ выражается через наблюдаемую мощность ΔL в телесном угле $\Delta\Omega$ по формуле

$$\Delta L' = (\Delta n / \Delta T_n') h\nu' = (\Delta n / \Delta T_0) h\nu (1 + z)^2 = \Delta L (1 + z)^2. \quad (11)$$

По определению, истинная светимость точечного источника

$$L' = 4\pi \Delta L' / \Delta\Omega'.$$

С другой стороны, из (11) следует равенство

$$\Delta L' / \Delta\Omega' = (\Delta L / \Delta\Omega) (\Delta\Omega / \Delta\Omega') (1 + z)^2,$$

в котором $\Delta L' / \Delta\Omega'$ – наблюдаемая светимость источника, приходящаяся на единицу телесного угла. При описанных выше условиях

$$\Delta\Omega' = \sigma (x_n')^{-2},$$

где x_n' – расстояние, на котором находится площадка σ в системе $\hat{E}'$ в момент времени, соответствующий моменту приёма излучения T_0 в системе K . Согласно первой формуле из (6) имеем

$$x_n' = -\beta c T_0 / \sqrt{1 - \beta^2}.$$

Следовательно

$$\Delta\Omega' = \sigma (1 - \beta^2) / (\beta c T_0)^2. \quad (12)$$

В системе K телесный угол $\Delta\Omega$, в котором распространяется излучение, попадающее на площадку σ , определяется равенством

$$\Delta\Omega = \sigma (x_n)^{-2}. \quad (13)$$

где x_n – расстояние, на котором находится источник в момент излучения T_n . Так что

$$x_n = \beta c T_n = \beta c T_0 / (1 + \beta) \quad \text{и}$$

$$\Delta\Omega = \sigma (1 + \beta)^2 / (\beta c T_0)^2.$$

Из (12) и (13) имеем

$$\Delta\Omega / \Delta\Omega' = (1 + \beta) / (1 - \beta) = (1 + z)^2.$$

Таким образом,

$$\Delta L / \Delta\Omega = L' / (4\pi (1 + z)^4).$$

В системе наблюдателя расстояние x_n до источника в момент излучения определяется формулой (8), поэтому на телескоп с площадью σ от точечного источника падает мощность

$$P = \frac{\Delta L}{\Delta\Omega} \frac{\sigma}{x_n^2} = \frac{L' \sigma}{4\pi x_n^2 (1 + z)^4},$$

а на единицу площади телескопа приходится мощность

$$J = \frac{L'}{4\pi x_n^2 (1 + z)^4},$$

называемая световым потоком. Как видно из этой формулы, фотометрическое расстояние

$$R_f = x_n (1 + z)^2 = c T_0 z (1 + 0.5 z)$$

совпадает с известным в стандартной космологии выражением (5). Это обстоятельство подтверждает мысль Пуанкаре о том, что описание наблюдаемых явлений в искривлённом, либо плоском пространствах, есть дело вкуса [15].

Уравнения нерелятивистской механики и их некоторые следствия. Гравитационная неустойчивость газовой среды в «ранней» Вселенной, а также динамика галактик и их скоплений описываются ньютоновской механикой [9, 10]. Приближённое соответствие закона расширения (3) наблюдаемой зависимости $R_f = R_f(z)$ делает логичным осуществление анализа этих вопросов на основании уравнений нерелятивистской механики, учитывающих расширение Вселенной.

Для формулировки таких уравнений следует выделить в хаббловской системе наблюдателя K пространственную область, ограниченную сферой, радиус R которой растёт по закону $R = r_0 T / T_0$, где r_0 – значение R в некоторый момент времени $T = T_0$, и считать, что $R^2 \ll (cT)^2$, или

$(r_0/T_0)^2 \ll c^2$. Положение нерелятивистской частицы, принадлежащей данной области, в произвольный момент времени T совпадает с началом некоторой хаббловской системы отсчёта K' , в которой, согласно принятому в четвёртом разделе статьи постулату, справедливы известные уравнения

$$\Delta' \phi' = 4\pi G \rho',$$

$$m' \frac{d}{dT'} \frac{d\mathbf{r}'}{dT'} = -m' \text{grad}' \phi'. \quad (14)$$

При этом дифференциалы координат и времени в системах K и K' связаны преобразованиями Галилея, которые при учёте (3) записываются в виде

$$d\mathbf{r}' = d\mathbf{r} - (\mathbf{r}/T) dT, \quad dT' = dT. \quad (15)$$

Из (3) и (15) следует, что скорость частицы

$$\frac{d\mathbf{r}'}{dT'} = \frac{d\mathbf{r}}{dT} - \frac{\mathbf{r}}{T} \quad (16)$$

в системе K' как функция координат и времени в системе K определена на подвижном континууме точек и является инвариантом, не зависящим от выбора системы наблюдателя K .

В нерелятивистской теории гравитационный потенциал ϕ' , плотность вещества ρ' и масса частицы m' , а также оператор Лапласа Δ' являются скалярными. Учёт этого обстоятельства, а также преобразований (15) и выражения (16) позволяют записать уравнения (14) в системе наблюдателя K таким образом:

$$\Delta \phi = 4\pi G \rho$$

$$m \frac{d}{dT} \left(\frac{d\mathbf{r}}{dT} - \frac{\mathbf{r}}{T} \right) = -m \text{grad} \phi, \quad (17)$$

поскольку $\Delta' \phi' = \Delta \phi$, $\rho' = \rho$, $m' = m$, $\text{grad}' \phi' = \text{grad} \phi$. Как видно, уравнение относительно гравитационного потенциала ϕ осталось неизменным, поэтому сила $(-m \text{grad} \phi)$ является ньютоновской. В частности, движение частицы в центральном гравитационном поле, создаваемым массой M , сосредоточенной в начале системы наблюдателя K , описывается уравнением

$$m \frac{d}{dT} \left(\frac{d\mathbf{r}}{dT} - \frac{\mathbf{r}}{T} \right) = -\frac{mMG}{r^3} \mathbf{r}, \quad (18)$$

где $\mathbf{r}$ — радиус-вектор частицы, $r = |\mathbf{r}|$. Уравнение (17) позволяет также записать уравнение

$$m_i \frac{d}{dT} \left(\frac{d\mathbf{r}_i}{dT} - \frac{\mathbf{r}_i}{T} \right) = -\sum_{i \neq j} \frac{m_i m_j G}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|^3} (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j) + \mathbf{F}_i, \quad (i, j = \overline{1, n}) \quad (19)$$

$$\frac{d}{dT} \left[\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{2} \left(\frac{d\mathbf{r}_i}{dT} - \frac{\mathbf{r}_i}{T} \right)^2 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{m_i m_j G}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|} \right] = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{m_i m_j G}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j| T} \quad (i \neq j). \quad (22)$$

для системы n гравитационно-взаимодействующих частиц, где m_i — масса частицы, $\mathbf{r}_i$ — её радиус-вектор, $\mathbf{F}_i$ — сила, обусловленная гравитационным влиянием на i -ю частицу частиц, не принадлежащих рассматриваемой системе.

Дальнейшее изложение посвящено выяснению некоторых физических следствий уравнений движения (18) и (19). Явная зависимость уравнений (18) и (19) от времени показывает, что они не допускают стационарных решений и, соответственно, известных законов сохранения. Это может быть ключом к пониманию сущности механических явлений в галактиках и их скоплениях.

В уравнениях (19) под гравитационно-взаимодействующими частицами можно понимать либо звёзды и другие объекты, принадлежащие галактике, либо галактики, образующие скопление. Скрытая масса скоплений галактик, которые обычно предполагаются гравитационно-связанными системами, является следствием применения теоремы о вириале [10]. К уравнениям (19), явно зависящим от времени, эта теорема не применима. Поэтому нет оснований для возникновения представления о скрытой массе скоплений галактик.

Умножая обе части уравнения (19) векторно на $\mathbf{r}_i$ и суммируя по i , получим уравнения относительно момента импульса системы $\mathbf{M} = \mathbf{M}(T)$

$$\frac{d\mathbf{M}}{dT} - \frac{\mathbf{M}}{T} = \mathbf{N}(T), \quad (20)$$

где

$$\mathbf{M} = \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{r}_i \times \frac{d\mathbf{r}_i}{dT}, \quad \mathbf{N}(T) = \sum_{i=1}^n \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i.$$

Пусть $\mathbf{N}(T) \approx 0$ после некоторого момента времени T_1 в прошлом. Тогда при $T \geq T_1$ направление $\mathbf{M}(T)$ сохраняется, а величина $|\mathbf{M}(T)|$ линейно растёт со временем:

$$\mathbf{M}(T) = \mathbf{M}(T_1) T / T_1. \quad (21)$$

Этот результат не зависит от размера системы и даёт представление о природе моментов импульсов галактик.

Теперь, полагая $\mathbf{F}_i = 0$, умножим обе части уравнения (19) для i -й частицы скалярно на $d\mathbf{r}_i / dT - \mathbf{r}_i / T$, а уравнение для j -й частицы на $d\mathbf{r}_j / dT - \mathbf{r}_j / T$, затем разделим полученные равенства на 2, просуммируем их соответственно по i и j и сложим. В результате получим аналог закона сохранения полной энергии в классической механике:

Здесь второй член выражения в квадратных скобках представляет собой потенциальную энергию, поэтому первый член следует интерпретировать как кинетическую энергию. Как видно, полная энергия монотонно растет со временем, поскольку правая часть равенства (22) больше нуля. Возможно, что этот процесс в течение длительного времени, а также в результате неизбежного сжатия системы в прошлом, способен изменить отрицательный знак полной энергии, например, скопления галактик, на противоположный.

Движение объектов за пределами галактики с массой M описывается уравнением (18), приводящим к формуле (21) для момента импульса. Учитывая явный вид $\mathbf{M}(T)$ и ограниченность величины скорости, из (21) получим, что расстояние r до объекта неограниченно растёт со временем. Кроме того, из (18) следует уравнение

$$\frac{d}{dT} \left[\frac{m}{2} \left(\frac{d\mathbf{r}}{dT} - \frac{\mathbf{r}}{T} \right)^2 - \frac{mMG}{r} \right] = \frac{mMG}{rT}, \quad (23)$$

которое может быть получено аналогично (22). Если сила, действующая на частицу, равна скорости изменения импульса, то, согласно (18) и (23), импульс $\mathbf{p}$ и кинетическая энергия T частицы определяются равенствами

$$\mathbf{p} = m \left(\frac{d\mathbf{r}}{dT} - \frac{\mathbf{r}}{T} \right), \quad T = \frac{m}{2} \left(\frac{d\mathbf{r}}{dT} - \frac{\mathbf{r}}{T} \right)^2. \quad (24)$$

Поэтому импульс и кинетическая энергия любой частицы, движущейся по закону (3), равны нулю. Интегрируя обе части уравнения (23) по времени в пределах от T_1 до T и пренебрегая хаббловской скоростью, то есть полагая, что $\mathbf{r}/T \approx 0$, получим

$$\frac{1}{2} \left(\frac{d\mathbf{r}}{dT} \right)^2 - \frac{MG}{r} - MGf = \frac{1}{2} \left(\frac{d\mathbf{r}(T_1)}{dT} \right)^2 - \frac{MG}{r(T_1)}. \quad (25)$$

Это приближенное равенство не позволяет оценить массу галактики M по измеренным в настоящее время значениям скорости и положения объекта, поскольку эволюционный фактор f , равный интегралу по времени от T_1 до T с подынтегральной функцией $(rT)^{-1}$, а также положение объекта и его скорость в момент времени $T = T_1$ в далёком прошлом не известны.

Указание на существование скрытой массы спиральных галактик дают кривые вращения и их интерпретация. Обычно предполагается, что объекты, наблюдаемые за пределами галактики, являются гравитационно-связанными с галактикой; их движение описывается ньютоновской механикой и является круговым. При таких допущениях масса $\tilde{M}$, удерживающая объект на круговой орбите радиуса r , и его скорость v связаны равенством

$$v^2 = \tilde{M}G/r. \quad (26)$$

Пусть приближённое уравнение (25) согласуется с истинным движением объектов. Тогда предположение о скрытой массе галактики может быть следствием (25) и тех допущений, которые приводят к формуле (26). Принимая их, получим, что правая часть равенства (25) равна $-MG/(2r)$, поскольку круговое движение является стационарным. В результате из (25) следует, что

$$v^2 = MG/r + 2MGf, \quad (27)$$

где v — скорость объекта на круговой орбите. Сравнивая (26) и (27), имеем

$$\tilde{M} = M + 2rMf.$$

Здесь «скрытая масса» $2rMf$ пропорциональна массе галактики и диаметру орбиты, что качественно подтверждается её наблюдаемыми свойствами.

Известно [10], что главным препятствием для образования галактик из газа, расширяющегося по закону Хаббла, является его кинетическая энергия. Импульс и кинетическая энергия расширяющегося по закону (3) газа равны нулю в соответствии с формулами (24). Это указывает на возможность образования галактик во Вселенной, расширяющейся по закону Милна. Решение этого вопроса излагается ниже.

Описание гравитационной неустойчивости в ранней Вселенной. Гравитационную неустойчивость расширяющегося газа после рекомбинации позволяет исследовать теория Джинса [9, 10]. Она основана на уравнении непрерывности

$$\text{div}(\rho \mathbf{V}) + \partial \rho / \partial T = 0, \quad (28)$$

выражающем закон сохранения массы, уравнении Эйлера

$$\rho \frac{d}{dT} \left(\mathbf{V} - \frac{\mathbf{r}}{T} \right) = -\rho \text{grad} \varphi - \text{grad} P, \quad (29)$$

модифицированном по аналогии со вторым уравнением из (17), и уравнении Лапласа [9, 10]

$$\Delta \varphi = 4\pi G(\rho - \rho_0), \quad (30)$$

сохраняющемся неизменным в расширяющейся Вселенной. В скалярном уравнении (28) функцией, заданной на подвижном континууме точек, является плотность газа ρ . Если скорость газа $\mathbf{V}$ меняется в окрестности начала системы отсчёта K' по закону (3), то равновесная плотность газа $\rho = \rho_0$ в нерелятивистском случае выражается формулой

$$\rho_0 = \rho_0(T_0) T_0^3 T^{-3} \quad (31)$$

которая, очевидно, справедлива и в системе наблюдателя K . Через $\rho_0(T_0)$ в (31) обозначена плотность газа при некотором фиксированном значении величины $T = T_0$, например, соответствующем настоящему времени. Анализ системы уравнений (28)–(30) далее проводится по аналогии с изложенным в [9, 10].

Представляя плотность ρ , скорость $\mathbf{V}$, давление P и гравитационный потенциал φ в виде [10]

$$\rho = \rho_0(T)(1 + \delta(\mathbf{r}, T)),$$

$$\mathbf{V} = \frac{d\mathbf{r}}{dT} = \frac{\mathbf{r}}{T} + \mathbf{V}_1(\mathbf{r}, T),$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial T} + \frac{r}{T} \frac{\partial}{\partial r} \right) \delta(\mathbf{r}, T) + \text{div} \mathbf{V}_1(\mathbf{r}, T) = 0, \quad (32)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial T} + \frac{r}{T} \frac{\partial}{\partial r} \right) \mathbf{V}_1(\mathbf{r}, T) = \text{grad} \varphi_1(\mathbf{r}, T) - \frac{P_0}{\rho_0} \text{grad} P_1(\mathbf{r}, T). \quad (33)$$

Для того чтобы замкнуть систему трёх уравнений (30), (32) и (33) с четырьмя неизвестными обычно вводят условие адиабатичности или изотермичности возмущений [9,10]. Тогда флуктуация давления и плотности оказываются связанными соотношением

$$P_0 P_1(\mathbf{r}, T) = \frac{\partial P}{\partial \rho} (\rho - \rho_0) = c_a^2 (\rho - \rho_0), \quad (34)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial T} + \frac{1}{T} + \frac{r}{T} \frac{\partial}{\partial r} \right) \left(\frac{\partial \delta}{\partial T} + \frac{r}{T} \frac{\partial \delta}{\partial r} \right) = 4\pi G \rho_0 \delta + c_a^2 \Delta \delta, \quad (35)$$

описывающее эволюцию относительных возмущений плотности $\delta = \delta(\mathbf{r}, T) = (\rho - \rho_0)/\rho_0$.

Главный вопрос о возможности образования галактик можно выяснить, ограничиваясь рассмотрением больших систем, свободных от эффектов давления. Для них уравнение (35) является одномерным:

$$\left(\frac{d^2}{dT^2} + \frac{1}{T} \frac{d}{dT} - 4\pi G \rho_0 \right) \delta = 0. \quad (36)$$

Здесь ρ_0 определяется формулой (31), а $\delta = \delta(T)$. Данное уравнение приближённо описывает начальный этап эволюции флуктуаций, соответствующих уплотнениям ($\delta > 0$) и разрежению ($\delta < 0$), сохранившимся от момента отделения вещества от излучения. Этот момент $T_r = \bar{t}$, как выяснено выше, приближённо соответствует началу отсчёта физического времени t , поскольку $t = 0$ при $T_r = \bar{t}$.

Замена переменной в (36) посредством соотношений

$$\tau = (\bar{t})^{-1} T, \quad x = 2f \tau^{-0.5}, \quad f^2 = 4\pi(\bar{t})^{-1} G T_0^3 \rho_0(T_0) \quad (37)$$

приводит к уравнению $d^2 \delta / dx^2 + x^{-1} d\delta / dx - \delta = 0$, линейно независимыми решениями которого являются модифицированные функции Бесселя $K_0(x)$, $I_0(x)$ [16].

Поэтому

$$P = P_0(T)(1 + P_1(\mathbf{r}, T)),$$

$$\varphi = \varphi_0(T) + \varphi_1(\mathbf{r}, T),$$

линеаризуем уравнения (28)–(30), учитывая, что $\delta(\mathbf{r}, T)$, $\mathbf{V}_1(\mathbf{r}, T)$, $P_1(\mathbf{r}, T)$, $\varphi_1(\mathbf{r}, T)$ – величины первого порядка малости, а $\rho_0 = \rho_0(T)$, $P_0(T)$, $\varphi_0(T)$ – нулевого порядка.

Из уравнений (28), (29) после сохранения в них только членов первого порядка малости получаем равенства

в котором c_a^2 – квадрат скорости звука. Теперь возьмём дивергенцию от обеих частей равенства (33) с целью исключения величин $\varphi_1(\mathbf{r}, T)$ и $\mathbf{V}_1(\mathbf{r}, T)$ из уравнения (33) подставкой соотношений (30) и (32). В результате получим уравнение

$$\delta(x) = c_1 K_0(x) + c_2 I_0(x), \quad (38)$$

где c_1 и c_2 – постоянные, определяемые начальными условиями при $T = T_r = \bar{t}$.

Для того чтобы составить представление о поведении функций $K_0(x)$ и $I_0(x)$, оценим величину $2f$. Используя последнее равенство в (37), её можно выразить через отношение средней плотности вещества $\rho_0(T_0)$ в настоящее время $T = T_0 = H_0^{-1}$ к величине плотности $\rho_{\bar{n}}(T_0) = 3H_0^2 / (8\pi G)$, которую принято называть критической. Учитывая также, что в соответствии с формулой (9) $T_0 / \bar{t} = z_r + 1$, где z_r – красное смещение реликтового излучения, получим $2f = \sqrt{6(z_r + 1)\rho_0(T_0)[\rho_{\bar{n}}(T_0)]^{-1}}$. Полагая $z_r \approx 1.1 \cdot 10^3$ имеем $2f = 80\sqrt{\rho_0(T_0)[\rho_{\bar{n}}(T_0)]^{-1}}$. Если сейчас $\rho_0(T_0) = 0.04\rho_{\bar{n}}(T_0)$, то $2f \approx 16$. Для такого значения $2f$ и соответствующих значений аргумента $x = 2f\sqrt{T_r/T}$ возможны асимптотические представления [16]:

$$\left. \begin{aligned} K_0(x) &= x^{-0.5} \exp(-x) \left[1 - (8x)^{-1} + 9[2!(8x)^2]^{-1} - 9 \cdot 25[3!(8x)^3]^{-1} + \dots \right], \\ I_0(x) &= x^{-0.5} \exp(x) \left[1 + (8x)^{-1} + 9[2!(8x)^2]^{-1} + 9 \cdot 25[3!(8x)^3]^{-1} + \dots \right]. \end{aligned} \right\} \quad (39)$$

С увеличением времени T аргумент x уменьшается, поэтому, как видно из (39), вклад $K_0(x)$ в правую часть (38) растёт, а вклад $I_0(x)$ убывает. Следовательно, по истечении некоторого времени после рекомбинации эволюция относительных приращений плотности (38) при $\delta(x) > 0$ и $\delta(x) < 0$ будет описываться функцией $\delta(x) = c_1 K_0(x)$. Учитывая приближённый характер проводимого анализа, можно принять, что

$$K_0(x) \equiv K(\tau) \approx \sqrt[4]{\tau} \exp(-2f/\sqrt{\tau}). \quad (40)$$

В этой формуле δ_r и α характеризуют области уплотнения с повышенной ($\delta_r > 0$) и области разряжения с пониженной ($\delta_r < 0$) плотностью в начальный момент времени $\tau = 1$. Если в начальный момент возмущения $|\delta(\tau)|$ растут, то $\alpha > 0$, а если уменьшаются, то $\alpha < 0$. Принимая «нейтральное» условие $\alpha = 0$ и учитывая, что $1/2 \gg 1/(8f)$, вместо (42) имеем

$$\delta(\tau) \approx (\delta_r/2) \sqrt[4]{\tau} \exp[2f(1-1/\sqrt{\tau})]. \quad (43)$$

Известно [9,10], что для приближённо-адиабатических флуктуаций $\delta_r = 3\delta T/T$, где $\delta T/T \approx \pm 10^{-5}$ – наблюдаемая неоднородность температуры реликтового излучения. Поэтому в (43) можно приближенно положить

$$\delta_r/2 = \pm 10^{-5}. \quad (44)$$

Известно также, что представление о возможности или невозможности образования галактик даёт величина параметра τ , или соответствующего ему красного смещения $z = (z_r + 1)/\tau - 1$, при которых возмущение (43) вступает в нелинейную фазу гравитационной неустойчивости, определяемую условием $|\delta(\tau)| \approx 1$ [9,10]. При значении τ , обеспечивающем условие $\delta(\tau) \approx -1$, плотность разрежений обращается в нуль, то есть образуются области пространства без газа – пустоты и Вселенная приобретает ячеистую структуру. Это должно ускорять процесс формирования галактик. Возраст наиболее старых звёзд примерно равен величине, обратной постоянной Хаббла: $T_0 = H_0^{-1}$. Поэтому они должны образовываться к моменту времени $T < 0.1T_0$, что соответствует красному смещению

Кроме того, для значений τ , близких к единице, справедливо приближённое равенство

$$I_0(x) \equiv I(\tau) \approx \sqrt[4]{\tau} \exp(2f/\sqrt{\tau}). \quad (41)$$

Формулы (40) и (41) позволяют выразить постоянные C_1 и C_2 в (38) через начальные значения функций $\delta(\tau)$ и её производной. Полагая $\delta|_{\tau=1} = \delta_r$, $(d\delta/d\tau)_{\tau=1} = \alpha \delta_r$, где δ_r и α – безразмерные параметры, вместо (38) при $\tau \approx 1$ получим

$$\delta(\tau) \approx c_1 K(\tau) \approx \delta_r [0.5 + 0.5\alpha f^{-1} - (8f)^{-1}] \sqrt[4]{\tau} \exp[2f(1-\tau^{-0.5})]. \quad (42)$$

$z > 10$. Следовательно, условие $\delta(\tau) \approx \pm 1$ должно выполняться при $z > 10$ или $\tau < 100$.

Этому критерию при первоначальных флуктуациях (44) удовлетворяет Вселенная со средней плотностью вещества в настоящее время, составляющей не менее трёх процентов от критической. При $\rho_0(T_0) = 0.03\rho_c(T_0)$ вычисления дают $2f \approx 13.6$, $\tau \approx 25$, $z \approx 40$ а при $\rho_0(T_0) = 0.04\rho_c(T_0)$ получаем $2f \approx 16$, $\tau \approx 11$, $z \approx 100$. Если амплитуда первоначальных флуктуаций по сравнению с (44) на порядок меньше, то есть $|\delta_r|/2 \approx 10^{-6}$, то в соответствии с приведённым выше критерием, галактики могут образоваться при $\rho_0(T_0) \geq 0.04\rho_c(T_0)$. Так, если $\rho_0(T_0) = 0.04\rho_c(T_0)$, то нелинейная фаза гравитационной неустойчивости наступает при $z \approx 40$, а если $\rho_0(T_0) = 0.05\rho_c(T_0)$, то при $z \approx 70$.

Как видно, первоначальные флуктуации $|\delta_r|/2 \approx 10^{-5} \div 10^{-6}$ и средняя плотность вещества сейчас, в двадцать – двадцать пять раз меньшая критической обеспечивают достаточно быстрое образование неоднородностей в ранней Вселенной. К началу нелинейной фазы гравитационной неустойчивости первыми при $z \geq 40$ возникают пустоты и ячеистая структура как результат эволюции первоначальных возмущений с пониженной плотностью. Затем расширение областей с повышенной плотностью должно смениться сжатием. Неизбежная остановка сжатия в дальнейшем не является финалом эволюции первоначальных возмущений. Как показано в предыдущем разделе, любая гравитационно-связанная система, обладающая отличным от нуля моментом импульса, независимо от размера,

должна со временем расширяться. Так что эволюция первоначальных флуктуаций продолжается, сопровождаясь увеличением размеров галактик и уменьшением средней плотности галактического вещества.

Заключение. В работе показано, как наблюдаемые свойства Вселенной и принятый постулат о независимости физических законов от местоположения наблюдателя во Вселенной позволили найти закон космологического расширения и показать, что физические законы в расширяющейся Вселенной отличаются от известных. Выяснены некоторые общие свойства физических законов и установлен простой алгоритм их построения. Достаточно подробно рассмотрены уравнения нерелятивистской механики, позволяющие утвердительно ответить на вопрос о возможности образования галактик, подвергнуть сомнению существование скрытой массы во Вселенной и выяснить природу моментов импульсов галактик.

Список литературы

1. Э. Мах, *Механика*, Спб (1904).
2. P.A.M. Dirac, *Nature*, V. 139, P. 232 (1937).
3. E.A. Milne, *Kinematic Relativity*, Oxford Univ. Press, London and New York (1948).
4. H. Bondy, T. Gold, *Mon. Not. Roy Astron. Soc*, V. 108, P. 252 (1948).
5. F. Hoyle, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc*, V. 108, P. 372 (1948).
6. Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман, *Механика*, (Берклеевский курс физики. Том 1.) – М.: Наука (1975).
7. Методологические принципы физики. – М.: Наука (1975), С.451 – 462.
8. М. Борн, *Эйнштейновская теория относительности*. – М.: Мир (1964).
9. С. Вейнберг, *Гравитация и космология*. – М.: Мир (1975).
10. У. Сослау, *Гравитационная физика звёздных и галактических систем*. – М.: Мир (1989), С.178-185.
11. Р. Дикке, *Гравитация и Вселенная*. – М.: Мир (1972), С.69.
12. В.А. Карпенко, *К вопросу о возможной связи физических законов с наблюдаемым расширением Вселенной*. – Препринт Института физики АНБ. – Минск (1992). – С.33.
13. В.А. Фок, *Теория пространства, времени и тяготения*. – М.: Физматгиз (1961).
14. B. Leibundgut, J. Sollerman, *Europhys-icsnews*. July/August, 32/4, P. 121 (2001).
15. А. Пуанкаре, *О науке*. Изд. 2-е. – М.: 1990, стр.647.
16. М. Абрамовец, И.Стиган, *Справочник по специальным функциям*. – М. Наука (1979).

Vdovin S. I.

candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Energy, Economics, Applied Mathematics, Dzerzhinsk Polytechnical Institute of the Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseev

Lobayev A. N.

candidate of physical and mathematical sciences, Associate Professor of the Department of Energy, Economics, Applied Mathematics, Dzerzhinsk Polytechnical Institute of the Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseev

Kharitonova I. Yu.

candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Energy, Economics, Applied Mathematics, Dzerzhinsk Polytechnical Institute of the Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseev

Вдовин Сергей Иванович

кандидат технических наук, доцент кафедры Энергетика, экономика, прикладная математика Дзержинский политехнический институт

Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.Алексеева

Лобаев Александр Николаевич

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Энергетика, экономика, прикладная математика Дзержинский политехнический институт

Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.Алексеева

Харитонова Ирина Юрьевна

кандидат технических наук, доцент кафедры Энергетика, экономика, прикладная математика Дзержинский политехнический институт

Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.Алексеева

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE DEPENDENCE OF VISCOSITY OF A HEAT CARRIER ON THE SUSTAINABILITY OF A MOLTEN SALT NUCLEAR REACTOR ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЖИДКОСОЛЕВОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Summary: The article covers the temperature dependence of viscosity of a heat carrier on the stationary mode sustainability of a molten salt nuclear reactor with circulating fuel. The study of sustainability is undertaken by the method of d-decomposition of the two parameter plane with the use of a previously derived secular equation. The calculations made show the destabilizing influence of the considered dependence and the necessity of taking it into account when studying the sustainability of dynamics of a molten salt reactor.

Keywords: molten salt reactor, heat fuel circulation, stationary mode, secular equation, sustainability.

Аннотация: Анализируется влияние температурной зависимости вязкости горючего - теплоносителя на устойчивость стационарного режима жидкосолевого ядерного реактора с циркулирующим горючим. Исследование устойчивости проводится методом Д-разбиения плоскости двух параметров с использованием ранее построенного характеристического уравнения. Проведенные расчеты показали дестабилизирующее влияние рассмотренной зависимости и необходимость ее учета при исследовании устойчивости динамики жидкосолевого реактора.

Ключевые слова: жидкосольевой реактор, циркуляция теплоносителя, стационарный режим, характеристическое уравнение, устойчивость.

Введение. Физические свойства теплоносителя жидкосолевого уран-ториевого реактора [1] сильно меняются в рабочем диапазоне температур. При номинальном подогреве в активной зоне (АЗ) вязкость топливной соли уменьшается примерно в два раза. Эта зависимость вязкости и гидравлических потерь от температуры формирует следующую цепь обратной связи: расход - температура топливной соли - гидравлические потери в теплообменнике (ТО) и АЗ - расход. Инерционность тепловых процессов, а также наличие дополнительной обратной связи по температуре (замкнутость контура циркуляции) может, как показано в работе [2], привести к неустойчивости расхода в контуре.

В реакторе с циркулирующим горючим температурное возмущение взаимосвязано с отклонениями концентраций излучателей запаздывающих нейтронов. Таким образом, замкнутость контура циркуляции и обусловленная этим обратная связь по температуре и нейтронно-физическим параметрам теплоносителя, которая является характерной особенностью жидкосолевого ядерного реактора, усиливает взаимосвязь теплогидравлических и нейтронно-физических процессов. Реактор рассматриваемого типа имеет положительный температурный коэффициент реактивности замедлителя, что в условиях указанного взаимодействия может оказать сильное дестабилизирующее влияние [3].

Ниже анализируется влияние температурной зависимости вязкости теплоносителя на устойчивость стационарного режима реактора типа MSBR-1000. Исследование проводится методом Д-разбиения плоскости двух действительных (физически значимых) параметров с использованием построенного в работе [4] характеристического уравнения.

Целью статьи является выделение существенных для описания динамики установок с циркулирующим горючим характерных свойств таких реакторов. Исследуется устойчивость стационарного

режима на основе математической модели, учитывающей температурную зависимость вязкости горючего - теплоносителя. Анализ проводится с помощью характеристического уравнения [4], построенного в рамках квазистатического описания теплофизических процессов на обогреваемых участках контура (АЗ, ТО) и в пренебрежении инерционностью движения теплоносителя. Анализируется влияние различных параметров установки на стабильность работы реактора.

Влияние параметров реактора на устойчивость стационарного режима

Для описания динамики жидкосолевого реактора с циркулирующим горючим в работе [4] предложена математическая модель, учитывающая температурную зависимость вязкости горючего - теплоносителя, и на ее основе построено характеристическое уравнение для исследования устойчивости стационарного режима

$$(\alpha_r + \alpha_3 - \alpha_N) [\alpha_r U(s) + \alpha_3 V(s) + W(s)] = 0, \quad (1)$$

$$s = \frac{\tau p}{2}, \quad p - \text{параметр преобразования}$$

Лапласа; $\tau = \tau_0 + \tau_a$; τ_a ; $\tau_0 = \tau_1 + \tau_2 + \tau_m$ - соответственно времена прохода теплоносителем АЗ (τ_a) и внешней части контура (индексы 1 и 2, a и m соответствуют подводящей и отводящей коммуникациям, АЗ и ТО);

$$a_r = -(k_r + k_3)\Delta T_0/2; \quad a_3 = -k_3 a_0 \Delta T_0/2;$$

k_r, k_3 - температурные коэффициенты реактивности горючего и замедлителя; ΔT_0 - стационарный подогрев топливной соли в АЗ реактора; $a_0 = \text{const}$, определяемая соотношением связывающим среднее по АЗ температуры замедлителя, горючего и мощность реактора в рамках квазистатического описания теплофизических процессов [4];

$$U(s) = b_2 e^{-2s} + b_1 e^{-s} + b_0; \quad V(s) = a_2 e^{-2s} + a_1 e^{-s} + a_0;$$

$$W(s) = -(\alpha_N + \alpha_u)V(s) + \alpha_u(b_0 + \varepsilon b_{11}e^{-s} - b_2e^{-2s});$$

$$b_0 = (1 - \varepsilon)[b_{11}(1 - \Psi) + \eta \frac{1 - 2\Psi}{2k\xi}] - \frac{2 - k}{k\xi}; \quad b_1 = \varepsilon b_{11}(1 - 2\Psi);$$

$$b_2 = -a_{11} \frac{2 - k}{k\xi} - (1 - \varepsilon)(b_{11}\Psi - a_{11}\eta \frac{1 - 2\Psi}{2k\xi}); \quad a_0 = b_0 - \varepsilon\Psi;$$

$$a_1 = \varepsilon b_{11} - (1 - \varepsilon)(a_{11} + a_{21}\Psi);$$

$$a_2 = a_{11} \left[\frac{2-k}{k\xi} - \varepsilon(1-\Psi) - (1-\varepsilon)\eta \frac{1-2\Psi}{2k\xi} \right] + (1-\varepsilon)\Psi b_{11};$$

$$\varepsilon = \frac{DF_{\text{тр}}^{\text{A3}}}{DF_{\text{тр}}^{\text{A3}} + DF_{\text{тр}}^{\text{TO}}}; DF_{\text{тр}}^{\text{A3}}, DF_{\text{тр}}^{\text{TO}} - \text{гидравлические потери в АЗ и ТО в стационарном}$$

режиме;

$$\eta = \frac{\Delta T_0}{\Delta T_{1,2}}; \Delta T_{1,2} = \text{const} - \text{температурный напор в ТО}; k - \text{параметр, определяемый структурой}$$

поток и используемый при вычислении гидравлических потерь на трение в АЗ и ТО [4]:

$$\frac{\partial F_{\text{тр}}}{\partial z} = \lambda_{\text{тр}} \frac{gu^2}{2d}, \lambda_{\text{тр}} = \frac{a}{\text{Re}^k}, \text{Re} = \frac{ud}{\nu}.$$

Для ламинарного течения $k = 1$, а в случае развитого турбулентного потока $k = 0,25$. Соотношения, определяющие остальные параметры и передаточные функции характеристического уравнения, некоторые из которых зависят от τ_a ; τ , k и η , детально описаны в работе [4].

Анализ устойчивости проведем с помощью метода Д-разбиения плоскости двух действительных параметров (α_3 , α_r). Так как левая часть характеристического уравнения является произведением двух сомножителей, то область устойчивости определяется как пересечение областей устойчивости, соответствующих каждому сомножителю. Отметим, что наличие первого сомножителя в уравнении (1) отражает, как следует из [4], (соотношение (25)

при $\delta T_{a,0} = \delta u = 0$), требование нейтронно-физической устойчивости тепловыделения.

На рис. 1 приведена часть границы Д-разбиения, выделяющая область устойчивости. Основные параметры стационарного режима приведены в таблице 1 и соответствуют номинальному режиму установки MSBR-1000 [1]. Цифрой 1 на рисунке выделена особая прямая, определяемая первым сомножителем характеристического уравнения при $S = 0$. Эта прямая определяет границу нейтронно-физической неустойчивости во втором квадранте плоскости (α_3 , α_r) [5], которому принадлежит рабочая точка при равновесной концентрации продуктов деления в топливной соли.

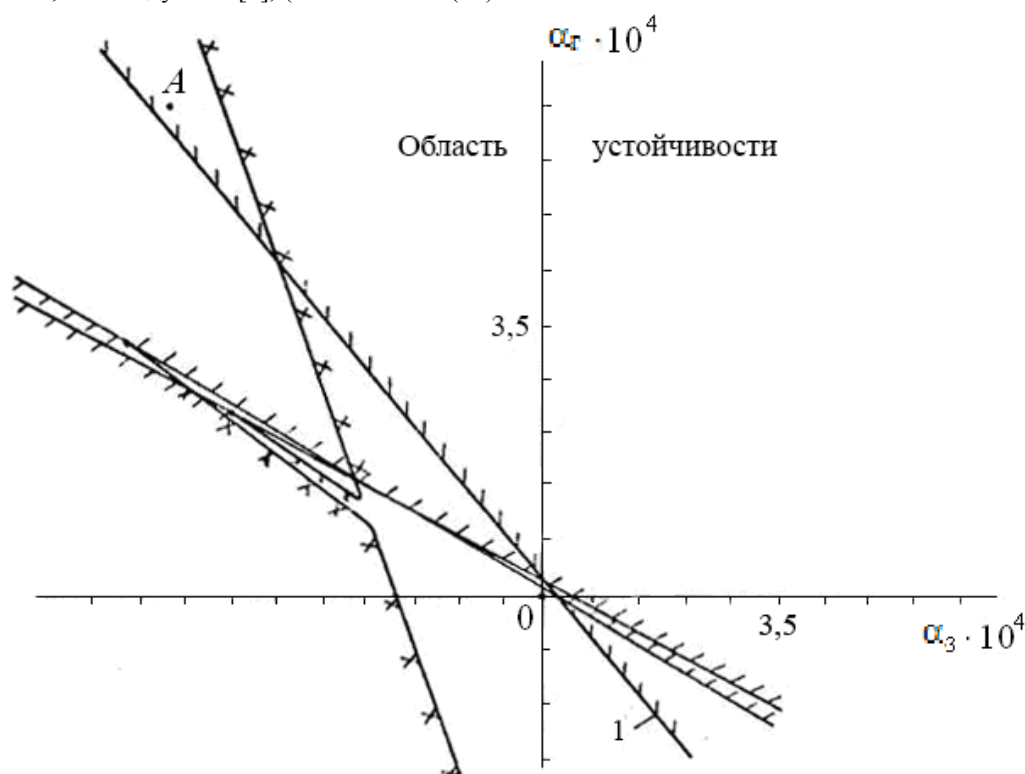


Рис. 1. Граница Д-разбиения плоскости (α_3 , α_r):

1 – особая прямая, соответствующая $s = 0$;

A – рабочая точка.

Таблица 1 Параметры номинального режима установки типа MSBR – 1000

Время прохода теплоносителем АЗ (τ_a)	3.59 с
Время прохода теплоносителя по контуру (τ)	17.65 с
Кинематическая вязкость теплоносителя:	
на входе в АЗ (ν_0^*)	$4.23 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
на выходе из АЗ (ν_L^*)	$2.19 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
Подогрев топливной соли в АЗ (ΔT_0)	138 К
Температурный напор в ТО ($\Delta T_{1,2}$)	97.5 К
Относительные гидравлические потери в АЗ (ϵ)	0.4
Показатель степени в зависимости $\lambda_{тр}$ от Re^{-1} (k)	0.25
Температурный коэффициент реактивности:	
топливной соли (k_r)	$-3.3 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$
замедлителя (k_3)	$2.4 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$
Относительная доля тепловыделения в графите (ϵ_1)	0.03

Определим координаты рабочей точки $A(\alpha_3^*, \alpha_r^*)$, соответствующей номинальному режиму установки. Рассмотрим в качестве элементарной ячейки графитовый стержень круглого сечения, сохраняя при этом площадь сечения графита и центрального проходного канала [1]. Уравнения теплового баланса для замедлителя (индекс 3) в поперечном сечении запишутся в виде (2) (поток тепла вдоль графитового стержня пренебрегаем)

$$\frac{\lambda_3}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} T_3 \right) = - \frac{\epsilon_1 B N}{S_3}; \quad (2)$$

$$T_3(r_1) = T_{ct};$$

$$\overline{T_3} = \epsilon_1 F + T_{ct};$$

$$F = \frac{B N^*}{8 \lambda_3 S_3} r_1^2 \frac{B N^*}{8 \lambda_3 S_3} r_1^2 \left(1 - 3\mu + \frac{\mu^2}{\mu - 1} \ln \mu^2 \right), \mu = (R/r_1)^2.$$

Для нахождения T_{ct} воспользуемся соотношением

$$q_n = K_n (T_{ct} - T_a),$$

где T_a – температура горячего – теплоносителя; $q_n = \epsilon_1 B N / (2\pi r_1)$ – плотность теплового потока с поверхности топливного канала; K_n – коэффициент теплоотдачи, который, предполагая поток теплоносителя турбулентным, определяется соотношениями [6], $K_n = Nu \lambda d$; $Nu = 0.023 Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$,

где $Nu(v(T_a, cp))$; $T_{a, cp} = (T_{a, 0} + T_{a, L})/2$ – среднее значение температуры теплоносителя в АЗ, $T_{a, 0}$, $T_{a, L}$ – соответственно температуры теплоносителя на входе и выходе АЗ. С учетом выражений, определяющих $\overline{T_3}$ и параметр a_0 в стационарном режиме, имеем

$$\overline{T_3} = T_a + \epsilon_1 B_0 \Delta T_0, B_0 = \frac{F}{\Delta T_0} + \frac{\rho c u_a^* r_1}{2 L_a K_n}; a_0 = 2 B_0 \epsilon_1.$$

Используя построенное выражение α_0 , для параметров установки MSBR-1000 [1] получим координаты рабочей точки А

$$\alpha_3^* = -0.02 \cdot \epsilon_1 = -6 \cdot 10^{-4}; \alpha_r^* = 6.2 \cdot 10^{-4}.$$

Из рис. 1 следует, что в принятом приближении стационарный режим работы реактора неустойчив. Положение рабочей точки относительно

$$\frac{\partial}{\partial r} T_3 \Big|_{r=R} = 0.$$

Здесь λ_3 – теплопроводность графита; $S_3 = \pi (R^2 - r_1^2)$ – площадь сечения графитового стержня; R , r_1 – радиусы графитового стержня и центрального топливного канала; ϵ_1 – относительная доля тепловыделения в графите;

$B = \rho c S_1 u_a^* \Delta T_0 / (L_a N^*)$ – нормирующий множитель [4]; $S_1 = \pi r_1^2$. Используя решение этих уравнений, получим

границы нейтронно-физической неустойчивости (кривая 1, $\delta u = \delta T_{a,0} = 0$) указывает на стабильность тепловыделения в пренебрежении температурной зависимости вязкости теплоносителя.

Далее при анализе влияния параметров реактора на стабильность его работы ограничимся построением пересечения границы области устойчивости прямой $\alpha_r = 6.2 \cdot 10^{-4}$, которой принадлежит рабочая точка А. При выборе диапазона изменения конструктивных и режимных параметров кроме физической реализуемости учитывались следующее. Отсечение части петель первого контура снижает расход топливной соли через АЗ и, следовательно, уменьшает относительные гидравлические потери в ней (малые ϵ). Наличие промежуточного контура с относительно малым временем прохода теплоносителя существенно снижает рассеивание температурных возмущений в ТО [3]. Это снижение пропорционально температурному напору в ТО промежуточного контура и может моделироваться путем соответствующего уменьшения параметра η (увеличения $\Delta T_{1,2}$).

На рис. 2 (а - г) представлена граница области устойчивости при изменении параметров τ , η , k , ϵ .

Не варьируемые величины имеют указанные в таблице значения. Пунктирная прямая соответствует рабочей точке А.

Приведенные на рисунках результаты расчетов показывают, что уменьшение времени прохода теплоносителя по контуру и температурного напора в ТО расширяет область устойчивости. Ана-

логичное влияние оказывает уменьшение параметра k , определяемого структурой потока. В целом обратная связь, формируемая температурной зависимостью вязкости теплоносителя, оказывает дестабилизирующее влияние и ее необходимо учитывать при анализе устойчивости жидкосолевых реакторов типа MSBR-1000.

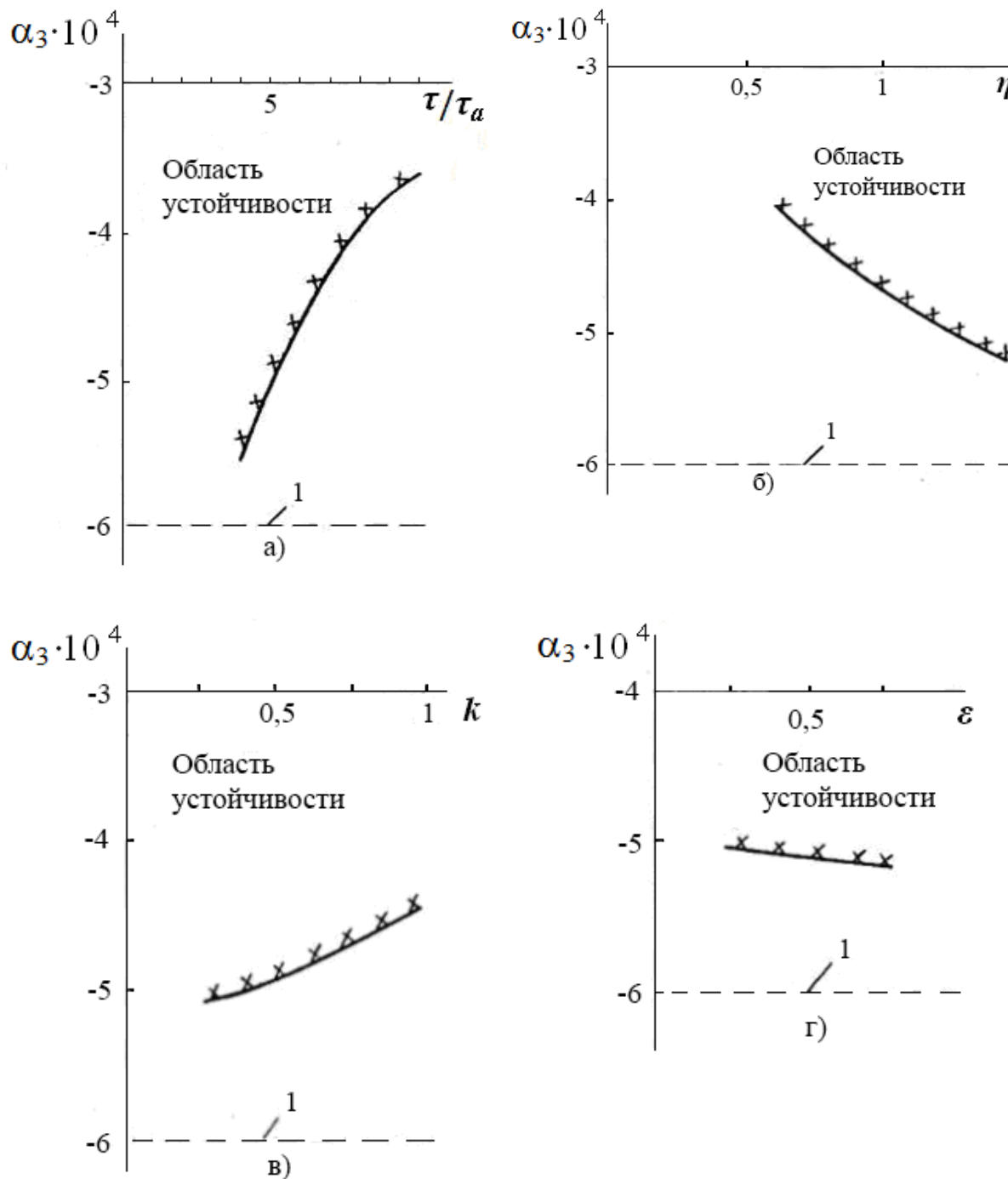


Рис. 2. Граница области устойчивости при $\alpha_2 = 6,2 \cdot 10^{-4}$:
1 – соответствует рабочей точке А.

Библиография

1. Блинкин В.Л., Новиков В.М. Жидкосольевые ядерные реакторы. - М.: Атомиздат, 1978. 112с.
2. Вдовин С.И. Об одном механизме неустойчивости циркуляции теплоносителя // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика ядерных реакторов. 1990. Вып.5. С.26-29.
3. Вдовин С.И. Влияние теплофизических процессов в теплообменнике и активной зоне реактора на устойчивость циркуляции теплоносителя // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика ядерных реакторов. 1991. Вып.3. С. 39-44.
4. Вдовин С.И., Лобаев А.Н., Харитонов И.Ю. Математическая модель динамики реактора с циркулирующим горючим // East European Scientific Journal. 2017. №11 (27), part 2. С. 56 - 60
5. Блинкин В.Л., Иванов Б.Н., Трунин Ю.Ф. Об устойчивости жидкосольевого ядерного реактора с циркулирующим горючим // Вопросы атомной науки и техники Сер. Физика и техника ядерных реакторов. 1980. Вып.3(12). С.15-22.
6. Клемин А.И., Полянин Л.Н., Стригулин М.М. Теплогидравлический расчет и теплотехническая надежность ядерных реакторов. - М.: Атомиздат, 1980. 261 с.

Pavle I. Premović,

doctor of Chemistry, retired Professor, University of Niš, Serbia

IRIDIUM AND THE CHICXULUB IMPACT DUST

Summary. The prominent Cretaceous-Paleogene boundary clays of marine origin are characterized by their 0.2 – 0.4 cm-thick basal layer so-called the ejecta layer anomalously enriched with mostly extraterrestrial iridium. It is now generally agreed that this iridium originated from the globally dispersed submicron impact dust originated from the carbonaceous chondritic impactor of the Chicxulub impact (Mexico). This note shows that the previous estimation of the mass (10^{13} - 10^{14} g) of this dust by Pope [1] is probably greatly underestimated. On the other hand, the far higher mass assessments (ca. 10^{17} g) by Alvarez et al. [2], Toon et al. [3], and Moore et al. [4] are far more satisfactory.

Key words: Cretaceous-Paleogene, asteroid, impact, boundary, clays, iridium

Introduction. The Cretaceous-Paleogene boundary (KPB), about about 65 millions years ago, marks one of the most significant impact events in the Phanerozoic. This impact was probably largely responsible for one of the great extinctions in Earth history. Alvarez et al. [2] have recorded the enhanced iridium (Ir) concentrations in the prominent KPB marine clays of Italy (Gubbio), Denmark (Stevns Klint) and New Zealand (Woodside Creek), Fig. 1. Around the same time Smit and Hertogen [5] reported anomalous Ir in the marine boundary clay at Caravaca (Spain), Fig. 1. They proposed that these Ir anomalies were originated from an asteroid impactor.

Discussion. In their initial proposal, Alvarez et al. [2] also hypothesized that the Ir-enriched boundary clays of marine origin are composed of a large quantity of fine dust which was globally distributed in the atmosphere following the impact. Using the Ir anomaly of these clays, the authors estimated that the mass of the impacting asteroid equals 3.4×10^{17} g, assuming the asteroid mass fraction injected and globally dispersed is 0.22 (Krakatau factor). It is now almost generally accepted that the Chicxulub crater (the Yucatan Peninsula, Mexico, Fig. 1) marks the KPB impact [6].

The chondrite identifications of this impactor is still open for debate and encompasses four types: CI [2], CI (Orgueil chondrite) or CV (Allende chondrite) [7], CM or CO type [8] and CM [9]. Alvarez et al. [2], based their identification on the fact that it appears CI chondrites are typical material within solar system.

Shukolyukov and Lugmair [7], Trinquier et al. [9] and Quitte et al. [10], argue that chromium (Cr) isotopic signature of the ejecta layers at Stevns Klint and Caravaca (and elsewhere) is consistent with the carbonaceous chondrites but not with mantle-derived rocks (and their phases) and terrestrial rocks. However, recent high-precision mass spectrometric analysis of Cr by Qin et al. [11] shows that there is no systematic difference between these rocks. In addition, according to Wang et al. [12] oxidative weathering may effect Cr isotopic ratio of the sediments, implying that a similar process may occur in the ejecta layers. A more extensive discussion of these Cr isotope issues is beyond the scope of this paper and it will be presented elsewhere.

Kyte [8] based his identification on a 2.5 mm fossil meteorite found in the KPB sediments of the DSDP site 576 (Shatsky Rise). As pointed out by Quitte et al. [10], this meteorite fragment may be a fragment of the impactor, although it is impossible to ascertain if it was originated as a part of the Chicxulub impactor. Moreover, the fragment contains about 2000 times of gold (Au) than the CM carbonaceous chondrite. Most recent study by Goderis et al. [13] infers that the impactor was probably a carbonaceous chondrite of CM or CO type. Their proposal is based on an extensive set of data of marine and continental KPB sites related to their siderophile abundances and ratios.



Figure1. Geographic locations of the KPB sites referred in the text.

Most of the prominent boundary clays are of marine provenance and at the paleodistal sites world wide; a paleodistal site is at a distance of >7000 km to the proposed Chicxulub impact site. They are characterized by their 0.2 – 0.4 cm-thick basal layer so called the ejecta layer [1, 14, 15]. Early studies assumed that the primary source of this layer is created by the (stratospheric) submicron dust of the impact ejecta [1, 2, 3, 16]. It is now generally agreed that this dust originated mainly from condensation of impact vaporized substances. This vapor condensate was composed of the chondritic impactor and an insignificant volume of the target rocks (mainly derived from continental crust). The submicron dust was promptly dispersed after the impact on the Earth's surface [1, 2, 3, 16].

The average Ir contents in the carbonaceous chondrites vary between 472 ppb (CI) up to 758 ppb (CV) [17]. The Ir anomaly of the prominent marine and continental KPB clays is largely concentrated in the ejecta layers. The most recent estimation of global Ir fluences at marine and continental KPB sites vary by over two orders of magnitude from 8 ng cm^{-2} to 1087 ng cm^{-2} corresponding to a geometric mean of 53 ng cm^{-2} [4]. This value agreed with previous estimate the mean amount of Ir deposited globally of about 55 ng cm^{-2} [18] or $\sim 2.75 \times 10^{11} \text{ g}$ (using the fact that the Earth's total surface area is about $5.1 \times 10^{18} \text{ cm}^2$).

The host of the Ir in the ejecta layers is still not known. Schmitz [19] and Kyte et al. [20] hypothesized that Ir in these ejecta layers is associated with fine (submicron) dust fraction of ejecta fallout which has since diagenetically altered to clay. Indeed, most of the impact-generated large particles would have a very short residence time in the atmosphere and only the stratospheric portion of fine (submicron) dust from the impact could be deposited globally [21]. Indeed, according to Morgan et al. [22] the total number, maximum and average size of shocked quartz grains in the impact ejecta fallout decrease gradually with paleodistance from Chicxulub; their average size is about $60 \mu\text{m}$. In addition, Korchagin and Tsel'movich [23] described a numerous metallic microparticles (about $2 \mu\text{m}$ to $50 \mu\text{m}$) composed of Fe, Ni, Co and Cr of extraterrestrial origin found in the KPB clay (the Fish Clay) at paleodistal Steins Klint. The authors suggest that these

microparticles are related to the asteroid fragments or micrometeorites.

Pope [1] argued that the most of ejecta fallout worldwide is derived from vapor condensation droplets $\sim 200 \mu\text{m}$ in diameter. If this is correct, then all Ir would be associated the coarse ($\sim 200 \mu\text{m}$) dust fraction in the global ejecta fallout. However, no submillimeter-size particles containing anomalous Ir was found any of the ejecta layers in the marine or continental KPB clays. A few large Ir-rich particles are only, however, found in two oceanic KPB clays at DSDP Site 577 (Shatsky Rise, Fig. 1) [8, 24]. Although these particles have Ir contents that range up to chondritic values, it appears they are not the principal carrier of Ir at these sites [25]. Moreover, these oceanic boundary clays have no distinctive Ir-rich ejecta layer. Thus, it seems highly likely that extraterrestrial Ir was initially associated with the submicron portion of the dust.

For a sake of simplicity, in the following calculations it is reasonable assumed that the global ejecta layer is ca. 0.3 cm thick and its density is about 2 g cm^{-3} ; the submicron dust of this layer contains 0.22 [2] and 0.5 [26] of CI asteroid material containing the lowest Ir (472 ppb) of the all carbonaceous chondrites [17]; and, the Earth's total surface area is about $5.1 \times 10^{18} \text{ cm}^2$.

Toon et al. [3] estimate that the Chicxulub impactor generated about $3 \times 10^{17} \text{ g}$ of stratospheric submicron-size particles globally dispersed which is sufficient to shut down photosynthesis for several months immediately after the Chicxulub event. If the entire mass of the global ejecta layer represented submicrometer-sized dust then it would weight about 0.06 g. This layer would contain 0.01 - 0.03 g of the impactor material with about 5 - 14 ng of extraterrestrial Ir. In this case the Ir fluency of global ejecta layer with the volume of 0.6 g would be about 5 - 14 ng cm^{-2} . This Ir abundance is about 4 - 10 times lower than that, 55 ng cm^{-2} , reported by Donaldson and Hildebrand [18].

The above calculations may infer that the mass of submicron dust of the impact vapor plume was higher than the volume of this dust ($\sim 3 \times 10^{17} \text{ g}$) proposed by Toon et al. [3]. Another possible explanation is that the global abundance of Ir (55 ng cm^{-2}) at the KPB is lower than previously estimated. It is worthy of note that Moore et al. [4] calculated that the global Ir fluency is 28 ng cm^{-2} and that the mass of the Chicxulub impactor

was about 2.4×10^{17} g. Their assessment is based on the incongruity between the Ir and osmium (Os) fluence estimates at the marine and continental KPB sites.

Pope [1] estimated that the total mass of vapor plume was approximately $2 - 4 \times 10^{18}$ g containing about $1 - 6 \times 10^{17}$ g of the impactor material. This impactor fraction represents 0.025 - 0.30 of the vapor plume mass which can be compared with estimates of 0.22 by Alvarez et al. [2] and 0.5 by Vickery and Melosh [26]. Pope also proposes that the vapor condensates by the Chicxulub impact produced minimal amounts of submicron-sized dust 10^{13} g - 10^{14} g. Using his maximum values for both the volume of submicron dust (10^{14} g) and impactor fraction (0.30) one calculates that the global ejecta layer would contain ca. 6 μ g of submicron dust originated from the Chicxulub impactor. One also calculates that the global Ir flux is then as low as about 2.8 pg cm⁻² (assuming that the most of Ir is associated with the submicron dust). This value is about 20,000 times lower than 55 ng cm⁻² estimated by Donaldson and Hildebrand [18].

It is worth of note that simulations of impacts, employing laboratory experiments/numerical models, indicate that the fate of the impactor is dependent on impactor size, velocity and angle of impact, as well as the target properties [27, and references therein]. These simulations imply that if the impact angle is $\leq 30^\circ$ the most of impactor dust would be deposited at paleodistal sites. In contrast, subvertical impacts lead to less impactor dust at these sites than observed. In addition, the impactor fraction which escapes Earth (having velocity greater than escape velocity) depends on impact angle and the impactor velocity. According to this modelling, impact angles of about 45° best fit observed world-wide Ir mass of $2 - 2.8 \times 10^{11}$ g.

It is also interesting to mention that the experimental data infers that the deposition time of the ejecta layers of the most prominent marine KPB deposits did not exceed an upper limit of 100 years [15, and references therein]. If this is correct than the infall rate of the Chicxulub asteroid dust may have been as much as a factor of about 10^5 higher in comparison to the flux of cosmic dust on the present-day Earth of 10^{10} g yr⁻¹ [28, 29].

Conclusions. The estimation of the mass (10^{13} - 10^{14} g) of the stratospheric submicron dust originated from the Chicxulub KPB impact is probably greatly depleted. On the other hand, the much highest mass estimation (ca. 10^{17} g) is more plausible.

Acknowledgments. I thank le Ministere Francais de l'Education National, de l'Enseignement Superieur et de la Recherche for funding support for my stay at Université Pierre et Marie Curie (Paris).

References

[1] K. O. Pope, Impact dust not the cause of the Cretaceous-Tertiary mass extinction. *Geology*, 30 (2002) 97-102.
 [2] L. W. Alvarez, W. Alvarez, F. Asaro, H. V., Michel, Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208 (1980) 1095-1108.
 [3] O. B. Toon, K. Zahnle, D. Morrison, R. P. Turco, C. Covey, Environmental perturbations caused

by the impacts of asteroids and comets. *Rev. of Geophys.*, 35 (1997) 41-78.

[4] J. R. Moore, H. R. Hallock, J. W. Chipman, M. Sharma, Iridium and osmium fluences across the K-Pg boundary indicate a small impactor. 44th Lunar and Planetary Science Conference (2013), 2405.

[5] J. Smit, J. Hertogen, An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Nature*, 285 (1980) 198-200.

[6] A. R. Hildebrand, G. T. Penfield, D. A. Kring, M. Pilkington, A. Y. Camargo, S. B. Jacobsen, W. V. Boynton, Chicxulub crater: a possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatan Peninsula, Mexico. *Geology*, 19 (2013): 867-871.

[7] A. Shukolyukov, G. W. Lugmair, Isotopic evidence for the Cretaceous-Tertiary impactor and its type. *Science*, 282 (1998) 927-929.

[8] F. T. Kyte, A meteorite from the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature*, 396 (1998) 237-239.

[9] A. Trinquier, J.-L. Birck, C. J. Allegre, The nature of the KT impactor. A ⁵⁴Cr reappraisal. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 241 (2006) 780-788.

[10] G. Quitte, E. Robin, S. Levasseur, F. Capmasi, R. Rocchia, R. J.-L. Birck, C. J. Allegre, Osmium, tungsten, and chromium isotopes in sediments and in Ni-rich spinel at the K-T boundary: Signature of a chondritic impactor. *Meteor. & Planet. Sci.*, 42 (2007) 1567-1580.

[11] L. Qin, J. Xia, R. Carlson, Q. Zhang, Chromium stable isotope composition of meteorites. 46th Lunar and Planet. Sci. Conf., 2015.

[12] X. Wang, N. J. Planavsky, C. T. Reinhard, H. Zou, J. Ague, Y. Wuc, B. C. Gill, E. M. Schwarzenbach, B. Peucker-Ehrenbrink, Chromium isotope fractionation during subduction-related metamorphism, black shale weathering, and hydrothermal alteration. *Chem. Geol.* 423 (2016)

[13] S. Goderis, R. Tagle, J. Belza, J. Smit, A. Montanari, F. Vanhaecke, J. Erzinger, Ph. Claeys, Reevaluation of siderophile element abundances and ratios across the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary: Implications for the nature of the projectile. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 120 (2013) 417-446.

[14] P. I. Premović, Experimental evidence for the global acidification of surface ocean at the Cretaceous-Paleogene boundary: the biogenic calcite-poor spherule layers. *Int. J. Astrobiol.*, 8 (2009) 193-206.

[15] P. I. Premović, Distal "impact" layers and global acidification of ocean water at the Cretaceous-Paleogene boundary [KPB]. *Geochem. Intern.*, 49 (2011) 55-65.

[16] O. B. Toon, J. B. Pollack, T. P. Ackermant, R. P. Turco, C. P. McKay, M. S. Liu, Evolution of an impact-generated dust cloud and its effects on the atmosphere. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 190 (1982) 187-200.

[17] R. Tagle, J. Berlin, A database of chondrite analyses including platinum group elements, Ni, Co, Au, and Cr: Implications for the identification of chondritic projectiles. *Meteor. & Planet. Sci.*, 43 (2008) 541-559.

- [18] S. Donaldson, A. R. Hildebrand, The global fluence of iridium at the Cretaceous–Tertiary boundary. *Meteor. & Planet. Sci.*, 36 (2001) A50.
- [19] B. Schmitz, Origin of microlayering in worldwide distributed Ir-rich marine Cretaceous/Tertiary boundary clays. *Geology*, 16 (1988) 1068-1072.
- [20] F. T. Kyte, B. F. Bohor, D. M. Triplehorn, B. Schmitz, Comments and replies on "Origin of microlayering in worldwide distributed Ir-rich marine Cretaceous/Tertiary boundary clays". *Geology*, 18 (1990) 87-94.
- [21] E. Pierazzo E., A. N. Hahmann, L. C. Sloan, Chicxulub and climate: effects of stratospheric injections of impact-produced S-bearing gases. *Astrobiology*, 3 (2003) 99-118.
- [22] J. Morgan, C. Lana, P. A. Kearsley, B. Coles, C. Belcher, S. Montanari, E. Diaz-Martinez, A. Barbosa, V. Neumann, Analyses of shocked quartz at the global K- boundary indicate an origin from a single, high-angle, oblique impact at Chicxulub. *Earth Planetary Science Letters*, 251 (2006) 264–279.
- [23] O.A.Korchagin, V.A.Tselmovich, Cosmic particles (micrometeorites) and nanospheres from the Cretaceous-Paleogene (K/T) boundary clay layer at the Stevns Klint Section, Denmark. *Dokl. Earth Sci.*, **437(2011)** 449-454.
- [24] E. Robin, L. Froget, C. Jehanno, R. Rocchia, Evidence for a K/T impact event in the Pacific Ocean. *Nature*, 363 (1993) 615-617.
- [25] F. T. Kyte, Tracers of the extraterrestrial component in sediments and inferences for Earth's accretion history. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 356 (2002) 21-38.
- [26] A. M. Vickery, H. J. Melosh, Atmospheric erosion and impactor retention in large impacts: Application to mass extinctions. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 247 (1990) 289-300.
- [27] N. Artemieva, J. Morgan, Modeling the formation of the K–Pg boundary layer. *Icarus* 201 (2009) 768–780.
- [28] S. G. Love, D. E. Brownlee, A direct measurement of the terrestrial mass accretion of cosmic dust. *Science*, 262 (1993) 550-553.
- [29] C. S. Gardner, A. Y. Liu, D. R. Marsh, W. Feng, J. M. C. Plane, Inferring the global cosmic dust influx to the Earth's atmosphere from lidar observations of the vertical flux of mesospheric Na. *J. Geophys. Res. Space Physics*, 119 (2014) 7870–7879.

#3 (31), 2018 część 3
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

#3 (31), 2018 part 3
East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

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

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner (Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick (Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

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

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

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

**E-mail: info@eesa-journal.com ,
<http://eesa-journal.com/>**

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner (Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick (Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

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

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland

**E-mail: info@eesa-journal.com ,
<http://eesa-journal.com>**