

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

# Исследования. Инновации. Практика

№4(9), Октябрь 2023

Peer-reviewed scientific journal  
«Research. Innovation. Practice»  
October 2023, №4(9)



Самара, 2023

T33

**Рецензируемый научный журнал «Исследования. Инновации. Практика» №1(1), Октябрь 2023 - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2023 - 32 с.**

**doi журнала:** 10.18411/iip

**doi номера:** 10.18411/iip-10-2023

**Исследования. Инновации. Практика** - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – 6 раз в год. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в журнале, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»  
© Университет дополнительного  
профессионального образования

© Scientific center "LJournal"  
© The university of additional  
professional education

УДК 001.1  
ББК 60

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Чернопятов Александр Михайлович**

Кандидат экономических наук, Профессор

**Царегородцев Евгений Леонидович**

Кандидат технических наук, доцент

**Малышкина Елена Владимировна**

Кандидат исторических наук

**Кириллова Елена Анатольевна**

Кандидат юридических наук

**Ильященко Дмитрий Павлович**

Кандидат технических наук

**Дробот Павел Николаевич**

Кандидат физико-математических наук, Доцент

**Божко Леся Михайловна**

Доктор экономических наук, Доцент

**Андреева Ольга Николаевна**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Абасова Самира Гусейн кызы**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Попова Наталья Владимировна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ханбабаева Ольга Евгеньевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

**Вражнов Алексей Сергеевич**

Кандидат юридических наук

**Ерыгина Анна Владимировна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Чебыкина Ольга Альбертовна**

Кандидат психологических наук

**Левченко Виктория Викторовна**

Кандидат педагогических наук

**Петраш Елена Вадимовна**

Кандидат культурологии

**Романенко Елена Александровна**

Кандидат юридических наук, Доцент

**Ефременко Евгений Сергеевич**

Кандидат медицинских наук, Доцент

**Шалагинова Ксения Сергеевна**

Кандидат психологических наук, Доцент

**Катермина Вероника Викторовна**

Доктор филологических наук, Профессор

**Полицинский Евгений Валериевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Жичкин Кирилл Александрович**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Пузыня Татьяна Алексеевна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Ларионов Максим Викторович**

Доктор биологических наук, Доцент

***Байрамова Айгюн Сеймур кызы***  
Доктор философии по техническим наукам

***Лыгин Сергей Александрович***  
Кандидат химических наук, Доцент

***Теплухин Владимир Клавдиевич***  
Доктор технических наук, Профессор

***Шамутдинов Айдар Харисович***  
Кандидат технических наук, Профессор

***Романова Ирина Валентиновна***  
Кандидат экономических наук, Доцент

***Радкевич Михаил Михайлович***  
Доктор технических наук, Профессор

***Хачатурова Карине Робертовна***  
Кандидат педагогических наук

***Гуткевич Елена Владимировна***  
Доктор медицинских наук

***Матвеев Роман Сталинарьевич***  
Доктор медицинских наук, Доцент

***Григорьев Михаил Федосеевич***  
Кандидат сельскохозяйственных наук

***Аиранов Баходурджон Пулотович***  
Кандидат филологических наук, Доцент

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>РАЗДЕЛ I. ФИЗИКА</b> .....	6
Денисенко В.В. Парадокс темной материи .....	6
<b>РАЗДЕЛ II. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА</b> .....	11
Николаев С.С., Куров А.В. Приведение матриц к диагональному виду методом Якоби.....	11
<b>РАЗДЕЛ III. МЕТАЛЛУРГИЯ</b> .....	17
Скориков А.В., Ульяновская Э.В. Физико-механические свойства и особенности структурообразования свинецсодержащих порошковых сталей .....	17
<b>РАЗДЕЛ IV. НАУКИ О ЗЕМЛЕ</b> .....	21
Болдырев Г.В., Болдырев М.В. К вопросу количественной интерпретации гравиметрических данных.....	21
<b>РАЗДЕЛ V. АГРОНОМИЯ</b> .....	27
Бровкина Т.Я., Фоменко Т.В. Декоративная ценность и особенности укоренения черенков пеларгонии королевской в условиях юга России .....	27

## РАЗДЕЛ I. ФИЗИКА

Денисенко В.В.  
Парадокс темной материи

*Аэронавигация Центральной Волги  
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/iip-10-2023-01

### Аннотация

Исследуется такое явление как тёмная материя. Показано, что при определенных условиях критический гравитационный коллапс в звездах приводит к образованию черных дыр в которых происходит распад сколлапсировавшей барионной материи. В результате из черной дыры, в форме двух взрывов с интервалом ( $dt$ ), радиально по оси вращения, происходит выделение облака материальных отрицательно заряженных электронов (фотонного излучения) и облака темной материи (положительно заряженных позитронов в нематериальном (энергоинформационном) состоянии. Новизна данной работы в том, что темная материя показана как продукт испарения черных дыр и исследуется как волновая функция. Облако темной материи, являясь неразрывной составляющей черной дыры, находится в зоне действия её гравитационного и электромагнитного поля. Благодаря этому темная материя по-прежнему имеет массу, заряд и момент импульса. Так как, каждое облако темной материи движется по орбите вместе с черной дырой, то скопления, имеющих массу, облаков темной материи не происходит потому, что в соответствии с Правилем Тициуса-Бодде орбиты объектов не пересекаются. Статья может быть полезна в качестве научной гипотезы, а также в рамках дальнейшего исследования темной материи.

**Ключевые слова:** черные дыры, барионная материя, темная материя, гравитационный коллапс, электрон, позитрон, нейтринная энергия.

### Abstract

The phenomenon of dark matter has been investigated. It was shown that under certain conditions, a critical gravitational collapse in stars leads to the formation of black holes in which the disruption of the collapsed baryonic matter occurs. As a result, a cloud of material negatively charged electrons (photon radiation) and a cloud of dark matter (positively charged positrons in an immaterial (energy-informational) state) are released from a black hole in the form of two explosions with an interval ( $dt$ ), radially along the axis of rotation. The novelty of this study is that dark matter was represented as a product of the evaporation of black holes and was investigated as a wave function. A cloud of dark matter, being an inseparable component of a black hole, is located in the zone of its gravitational and electromagnetic fields. According to this, dark matter still has mass, charge and angular momentum. As each cloud of dark matter moves in the orbit along with a black hole, clustering of dark matter clouds having mass do not occur because, according to the Titius-Bode Rule, the orbits of objects do not intersect. The paper may be useful as a scientific hypothesis, as well as in the framework of further research of dark matter.

**Keywords:** black holes, baryonic matter, dark matter, gravitational collapse, electron, positron, neutrino energy.

Согласно опубликованным в марте 2013 года данным наблюдений космической обсерватории «Планк» общая масса-энергия наблюдаемой Вселенной состоит на 4,9 % из обычной (барионной) материи, на 26,8 % из тёмной материи и на 68,3 % из темной энергии. На эту тему существует множество самых различных версий, предположений и гипотез, но природа темной материи и темной энергии неизвестна науке до сих пор. «По утверждению Ю. Корюкина Ю. понятие «темная материя» появилось вследствие несоответствия уравнений

Эйнштейна астрономическим наблюдениям в космологии. Здесь гравитационное взаимодействие играет решающую роль». [3,С.10]. Князев В.Н. в своем исследовании сделал вывод, что: «Природа темной энергии отлична от вещественной, поскольку в ней не присутствуют частицы вещества. Эти свойства присущи физическому вакууму, который также проявляет признаки невещественной природы» [4,С.1]. Черний А.Н. исследовал механизм излучения черных дыр и сделал вывод, что: «Черные дыры являются генератором темной материи и темной энергии. Темная материя и темная энергия рождаются в результате дезинтеграции физического вакуума сверхсильным гравитационным полем черной дыры. В результате этого феномена позитроны, имеющие положительную энергию, уходят под горизонт событий. В свою очередь электроны, бывшие партнеры позитронов, обладающие отрицательной энергией уносятся от черной дыры в космическое пространство [10,С.37]. Есть также предположения, что темная материя состоит из новых, неизвестных пока частиц, которых нет в Стандартной модели. Ласуков В. после анализа исследований пришел к выводу, что: «Барионная материя не может быть кандидатом на роль темной материи так как она не в состоянии удовлетворить требованию равенства единице средней плотности вещества во Вселенной, выраженной в единицах критической плотности, которое следует из инфляционных моделей. Все это приводит к необходимости существования небарионной темной материи» [5,С.10]. Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что темная материя и темная энергия это составная часть вакуума, а также предположить, что Черний А. Н. в своих исследованиях совершенно справедливо утверждает, что это темная энергия это продукт испарения черных дыр в котором отсутствует вещество. Известно, что этот нематериальный объект имеет гравитационную массу, не участвует в электромагнитном взаимодействии и, поэтому, невидим для наблюдения. Для исследования свойств подобных объектов не подходят методы и способы применяемые для материальных объектов. Но, Шредингер постулировал, что каждой частице сопутствует новый объект – волновая функция. Концепцию Волновой Вселенной хорошо описал А. Чечельницкий [11,С.39]. Поэтому если исследовать такое явление как темная материя не как материальный объект, а как волновую функцию, то речь пойдет не о неизвестных частицах из которых она, предположительно, состоит, а о новых и неизвестных пока свойствах, которые барионная материя получает пройдя через черную дыру. Ведь волновая функция комплексна, не наблюдаема и не является физической величиной. Известно, что интенсивность волны пропорциональна квадрату модуля волновой функции. Таким образом, простейшая информация, которую можно извлечь из волновой функции частицы  $\psi(r, t)$  – это вероятность пребывания частицы в точке с определенными координатами:

$$dP(r, t) = |\psi(r, t)|^2 dV$$

где  $dP(r, t)$  – вероятность обнаружить частицу в элементе объема  $dV$  в окрестности точки  $r$  в момент времени  $t$ . Тогда квадрат модуля волновой функции  $|\psi|^2$  есть плотность вероятности (вероятность на единицу объема) обнаружить частицу в точке пространства-времени:

$$|\psi|^2 = \psi^* \psi = dP/dV$$

Эта величина является уже наблюдаемой в отличие от самой функции [12]. Проведем исследование и, взяв за основу теорию волновой Вселенной Чечельницкого и утверждение Черния о том, что черные дыры это генераторы темной материи, предположим, что темная материя это частицы всем известной барионной материи, прошедшей через точку  $X_0$  (нуль-переход) черной дыры. Черным дырам принадлежит во Вселенной главная роль. Представляя собой вращающуюся материальную субстанцию, сжатую силами гравитации почти до нуля (нуль-пространство), они преобразуют все виды материи в энергию и по предположению Хокинга испаряются [9]. Преобразованная черными дырами энергия излучается в пространство Вселенной из точки  $X_0$  черной дыры радиально по оси вращения и по энергоинформационным каналам, которыми черные дыры и другие объекты во Вселенной связаны друг с другом. Таким образом, черные дыры выступают в роли универсального источника, преобразователя, приемника, передатчика материи и энергии всех видов. Рассмотрим процессы, происходящие в черной дыре при которых образуется темная материя. После того как в звезде с массой,

превышающей предел Оппенгеймера-Волкова, прекращается процесс термоядерного синтеза [8.С.353], то в ней нарушается баланс энергии между силами гравитационного сжатия и противодействующими им силами. В результате гравитационного коллапса, вращающаяся звезда сжимается в точку, ее радиус уменьшается, а плотность и угловая скорость увеличиваются и звезда превращается в черную дыру. Но, при этом она продолжает оставаться волновой системой с точкой  $X_0$  в поле Керра-Ньюмена. Поведение черных дыр при критическом гравитационном коллапсе, хорошо исследовано Новиковым и Фроловым. Доказано, что в этом состоянии в черных дырах от коллапсирующей системы существует перенос энергии, а содержание материи является «безмассовым» [7, С.320]. Процессы, происходящие в недрах черной дыры, происходят вплоть до полного распада атомов сколлапсировавшей барионной материи. Вследствие этого продукты излучения черной дыры не обладают радиоактивностью. При уменьшении звезды до размеров гравитационного радиуса наступает состояние сингулярности и в ее массе происходят два разных по мощности взрыва, отделенных друг от друга промежутком времени ( $dt$ ). Сначала происходит меньший по мощности взрыв наружу, потом происходит взрыв внутрь. При взрыве наружу звезда сбрасывает часть своей массы в виде электронной оболочки. Это явление известно как взрыв «сверхновой» сопровождается фотонным излучением большой мощности, которое выходит наружу радиально относительно оси вращения. Благодаря этому можно видеть в телескопе черные дыры как светящиеся объекты. При этом электрон, в сущности, раскалывается пополам. Частицы с отрицательным зарядом излучаются из черной дыры как фотонное излучение, оставляя в черной дыре положительно заряженные «дырки» – позитроны. Этот процесс хорошо описан у Дирака. «Когда ядро получает избыточный импульс, то с имеющейся в ядре парой (электрон, позитрон) происходят следующие изменения. Электрон с уровня отрицательной кинетической энергии переходит на уровень положительной энергии и уходит с орбиты. А движение образовавшейся «дырки» (позитрона) соответствует той орбите, которую только, что освободил электрон. [1, С.136-137]. Хотя электронная и позитронная энергии выделяются радиально со скоростью света из одной точки, но между ними не может произойти аннигиляция. Ведь облака из электронной и позитронной энергии, излучаемые черной дырой в форме двух взрывов, разделены промежутком времени ( $dt$ ) между двумя взрывами. Для того, чтобы облако из позитронной энергии (темная материя) догнало облако из электронной энергии (фотоны) оно должно превысить скорость света в вакууме, что невозможно в соответствии с постулатами СТО. Выход энергии из точки  $X_0$  поля Керра-Ньюмена черной дыры в процентном соотношении от всего количества излучения хорошо описан в работе Мизун [6]. Электронная энергия (материя), составляющая 10% от всего количества излучения выделяется радиально со скоростью света в вакууме в виде фотонного излучения. Позитронная энергия (антиматерия), составляющая 10% от всего количества излучения выделяется радиально со скоростью света в вакууме в виде облака из темной материи. Равное соотношение интенсивности излучения у электронной и позитронной энергии оттого, что это поделенная пополам энергия электрона. Отрицательно заряженный электрон при коллапсе ионизирует и, не заходя в точку  $X_0$  черной дыры, оставляет в «дырке» позитрон. Оставленный в «дырке» положительно заряженный позитрон, проходя через точку  $X_0$  черной дыры переходит в энергоинформационное состояние и в дальнейшем может рассматриваться уже как темная материя. Прошедшие через точку  $X_0$  черной дыры протоны и нейтроны распадаются отдавая свою энергию находившимся в них частицам нейтрино/антинейтрино. Эта нейтринная (темная энергия), составляющая 80% от всего количества излучения, выделяется по энергоинформационному каналу. Разное соотношение интенсивности фотонного излучения, темной материи и нейтринной энергии объясняется тем, что в химических элементах, имеющих большой атомный вес, например, (Au, Pb) количество нейтронов в ядре атома гораздо больше количества протонов. А количество электронов всегда равно количеству протонов. То есть в элементах где число нейтронов превышает число протонов количество энергии, отдаваемой через нейтрон (нейтринной), превышает количество энергии, отдаваемой через электрон и позитрон. Поэтому с возрастанием атомного веса интенсивность и энергонасыщенность



нейтринного излучения, отдаваемого через нейтрон, превышает интенсивность и энергонасыщенность излучения отдаваемого через электрон (фотонного) и через позитрон (темной материи). Темная материя, излучаемая радиально из точки  $X_0$  черной дыры в энергоинформационном состоянии, фактически барионной материей уже не является. Но, так как после образования чёрной дыры ее поле Керра-Ньюмена по-прежнему имеет такие параметры как масса, момент импульса и электрический заряд, то и излучаемая из нее темная материя по-прежнему обладает такими свойствами материи как гравитационная масса, момент импульса, заряд. Эти свойства невозможно уничтожить даже в черной дыре. Поэтому, обладая всеми свойствами материи и находясь в пределах действия гравитационного поля черной дыры, темная материя, безусловно, испытывает силы гравитационного взаимодействия её гравитационного центра, находящегося в точке  $X_0$ . Даже отделившись от черной дыры в виде нематериальной энергоинформационной субстанции, темная материя структурно и функционально по-прежнему неразрывно связана с черной дырой и находится под воздействием её гравитационного поля. После выхода фотонного излучения (энергии электронов) из черной дыры), структурно в темной материи от барионной материи осталась только лишённая электронов ионизированная часть массы звезды в виде энергии позитронов, обладающих положительным зарядом. Этого достаточно для того, чтобы как волновая система, темная материя по-прежнему на 100% обладала основными признаками барионной материи и структурно по-прежнему являлась частью волновой системы черной дыры с точкой  $X_0$ . Находясь в пределах действия гравитационного центра и электромагнитного центра черной дыры темная материя, обладая массой, по-прежнему испытывает силы гравитационного взаимодействия, а обладая зарядом испытывает силы электромагнитного взаимодействия. Но, наблюдать темную материю, выходящую из черной дыры невозможно так как она находится в нематериальном энергоинформационном состоянии. Визуально темную материю можно увидеть только в виде шаровой молнии. Ведь черная дыра и шаровая молния очень похожи по принципу действия. Разница лишь в том, что черная дыра находится в нематериальном вакууме, а шаровая молния находится в атмосфере Земли. Но, внутри шаровой молнии, под плазменной оболочкой из барионной материи, находится нематериальный вакуум (темная материя). Шаровая молния представляет собой и материальный объект и волновую систему, связанную с волновой системой вакуума Вселенной. Поэтому, несмотря на небольшой объем, ШМ обладает на единицу объема гораздо большей концентрацией энергии и прочностью, чем покрывающая этот шар плазменная оболочка из барионной материи. Обладая большей прочностью, этот шар из поляризованного вакуума (темной энергии) вытесняет из себя материю, то есть плазму. В шаровой молнии, так же как и в черной дыре, наблюдаются два идущих одновременно, но, взаимно противоположных процесса. С одной стороны, силы гравитации сжимают плазменный шар, а с другой стороны, темная материя, находящаяся в этом шаре под плазменной оболочкой, обладая большей энерговооруженностью и прочностью, вытесняет барионную материю из плазменного шара наружу». То есть в черной дыре и в шаровой молнии наблюдается коллапсирующе-дивергенцирующий баланс энергии или, происходящие одновременно взрыв снаружи и взрыв изнутри. Таким образом, шар из темной материи, окруженный оболочкой из плазмы, вытесняет из себя барионную материю, очищаясь от неё. Так как темная материя внутри плазменного шара находится в энергоинформационном состоянии и нематериальна, то шаровая молния является менее плотной, чем окружающий ее воздух. Обладая такой, аномально низкой плотностью, шаровая молния может держаться в воздухе на любой высоте во взвешенном состоянии, так как масса её плазменной оболочки настолько мала, что силы тяготения не могут преодолеть плотность воздуха. В конце концов оболочка шаровой молнии истончается настолько, что становится невозможно поддерживать состояние плазмы и коллапсирующе-дивергенцирующий баланс энергии прекращается. В результате разрыва плазменной оболочки находящаяся в шаре темная материя (энергия позитронов) контактирует с энергией электронов в воздухе и происходит аннигиляция с выделением энергии [2. С.270]. В сущности такое явление как шаровая молния это природный эксперимент, подтверждающий реальное существование нематериальной темной материи.

Вывод: Являясь продуктом испарения черных дыр темная материя представляет собой концентрированную в облако энергию положительно заряженных позитронов, являющуюся составной частью вакуума. И в этом качестве темная материя может реагировать и взаимодействовать только с энергией отрицательно заряженных электронов. Черные дыры, являющиеся в прошлом звездами, по-прежнему имеют массу, гравитационное поле, ось вращения, момент импульса, заряд и продолжают перемещаться в пространстве по орбите звезды из которой черная дыра произошла. Облако темной материи, радиально вышедшее из черной дыры по-прежнему находится в зоне действия её гравитационного поля, имеет массу, заряд, момент импульса, вращается и перемещается вместе с черной дырой по ее орбите. Эти свойства невозможно уничтожить даже в черной дыре. Поэтому темная материя может рассматриваться только как часть черной дыры, как её составляющая. Отдельно от черной дыры темная материя как объект существовать не может. В сильном взаимодействии темная материя не участвует в виду отсутствия в ее составе атомов. В слабом взаимодействии (протон-протонном процессе) темная материя не участвует в виду отсутствия в ее составе протонов. В гравитационном взаимодействии темная материя участвует, но, облака темной материи, излучаемые черными дырами, не притягиваются друг к другу и не скапливаются, а распределены в пространстве Вселенной равномерно. Ведь в соответствии с правилом Тициуса-Бодде звезды, черные дыры и планеты двигаются строго по своим орбитам. Смысл создания и существования темной материи заключается именно в том, что ни с чем другим кроме объектов с энергией отрицательно заряженных электронов темная материя взаимодействовать не может. Но, при расширении Вселенной облака из отрицательно заряженных электронов и облака из положительно заряженных позитронов (темной материи) вполне могут сталкиваться. При их аннигиляции выделяется энергия. А облако темной материи содержит в себе гигантский объем энергии. Я.Зельдович и Е.Салпитер в 1964 году предсказали, что при аккреции барионной материи в черной дыре возможно выделение энергии 10% от  $mc^2$ , что многократно превышает энерговыделение при термоядерном взрыве.

\*\*\*

1. Дирак П. А. Атомное ядро. Издательство Ленинград-Москва. 1934. С.136-137.
2. Денисенко В.В. Шаровая молния: образование, перемещение, энергообеспечение. Наукосфера. 2023. №4-1. С.268-274.
3. Корюкин Ю. «Темная материя Вселенной и потенциал Лобачевского –Черникова». Вестник Марийского государственного университета, 2012. №8.
4. Князев В.Н. Онтология темной энергии. Studylib.ru
5. Ласуков В.В. Темная материя и темная энергия Вселенной. Известия высших учебных заведений. Физика. №4. 2006. С.10.
6. Мизун. Ю. Теория Вселенной. Вече, 2002.
7. Новиков И. Д., Фролов В. П. Черные дыры во Вселенной, М.: Наука, 2001. С. 307-323.
8. Oppenheimer J. R., Snyder H. Phys. Rev. 56 455 (1939) [Русский перевод в сб. Альберт Эйнштейн и теория гравитации, М.: Мир, 1979, С.353.
9. Хокинг С. «Теория всего. Происхождение и судьба Вселенной», Амфора, 2009.
10. Черный А.Н. Черная дыра как генератор темной материи и темной энергии. Известия высших учебных заведений. Московский государственный университет геодезии и картографии. №6. 2010, С.36-42.
11. Чечельницкий А.М. Волновая история Вселенной, М;Тандем-пресс.1992.С.39.
12. Евдокимов К.Е. Волновая функция. Лекция №8. Томский политехнический университет. Portal. tpu. ru >SHARED/e/EVDOKIMOV/Teach/cours\_at.2023.

## РАЗДЕЛ II. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Николаев С.С., Куров А.В.

### Приведение матриц к диагональному виду методом Якоби

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана  
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/iip-10-2023-02

#### Аннотация

В данной работе рассматриваются и сравниваются разные методы диагонализации матриц. Метод Якоби - широко используемый итерационный метод диагонализации симметричных матриц. В данной статье описано два подхода к диагонализации матриц с использованием метода Якоби на языке программирования Lisp: с помощью рекурсивных функций и с использованием циклов. Проведено сравнение результатов работы этих подходов. Статья структурирована по разделам, содержащим введение, обзор литературы, методы, результаты и заключение. Реализация метода Якоби в Lisp демонстрирует его эффективность и потенциал для дальнейшей оптимизации.

**Ключевые слова:** диагонализация, матрицы, метод Якоби, LISP, рекурсивные функции, линейная алгебра, алгоритм.

#### Abstract

In this article, different methods of diagonalization of matrices are considered and compared. The Jacobi method is a widely used iterative method of diagonalization of symmetric matrices. This article describes an effective algorithmic approach to matrix diagonalization using the Jacobi method, implemented in the Lisp programming language using recursive functions. The article is structured according to sections containing an introduction, a literature review, methods, results and conclusion. The implementation of the Jacobi method in Lisp demonstrates its effectiveness and potential for further optimization.

**Keywords:** diagonalization, matrices, Jacobi method, Lisp, recursive functions, linear algebra, algorithm.

#### Введение

Диагонализация матрицы и нахождение ее собственных значений являются важными задачами в различных областях, включая линейную алгебру, численный анализ и инженерию. Эти задачи имеют решающее значение для решения систем линейных уравнений, анализа устойчивости систем и оптимизации задач. В частности, диагонализация упрощает матрицу, облегчая ее анализ и манипулирование. Собственные значения предоставляют ценную информацию о поведении системы, такую как ее стабильность, рост или распад. Более того, диагонализация и вычисление собственных значений широко используются при анализе данных, включая анализ главных компонент (PCA), который является популярным методом уменьшения размерности и извлечения признаков.

Способ диагонализации матриц методом Якоби был предложен немецким математиком Карлом Густавом Якоби в середине XIX века. Он является одним из наиболее эффективных итерационных методов для нахождения собственных значений и собственных векторов матриц. В последние годы данный метод получил широкое распространение в различных областях науки и техники, таких как механика, физика, химия, экономика и других.

#### Смежные исследования

Основные идеи и алгоритмы метода Якоби были предложены в работах Якоби [1], а затем развиты и уточнены в работах других авторов [2][3][4]. В последние годы появилось множество исследований, посвящённых различным аспектам применения данного метода, в

том числе его сходимости [5], устойчивости [6], а также различным модификациям и улучшениям [7][8][9].

### **Методы диагонализации матриц**

Рассмотрим 3 наиболее популярных итеративных метода диагонализации матриц.

#### **Метод степенной итерации**

Это простой и широко используемый итерационный метод для нахождения наибольшего собственного значения и соответствующего ему собственного вектора матрицы. Алгоритм начинается с первоначального предположения о собственном векторе, а затем итеративно умножает матрицу на текущую оценку собственного вектора. Процесс повторяется до сходимости, которая достигается, когда оценка собственного вектора существенно не меняется между итерациями. Метод степенной итерации эффективен с точки зрения вычислений, но может медленно сходиться для определённых матриц.

#### *Преимущества:*

- Прост и удобен в реализации.
- Подходит для нахождения доминирующего собственного значения и соответствующего собственного вектора.
- Может быть эффективным с вычислительной точки зрения для больших разреженных матриц.

#### *Недостатки:*

- Сходится медленно, особенно если доминирующее собственное значение близко к другим собственным значениям.
- Можно найти только одно собственное значение и собственный вектор одновременно.
- Требуется хорошее начальное предположение для собственного вектора, чтобы обеспечить сходимость.

### **QR-алгоритм**

QR-алгоритм – это широко используемый метод для нахождения всех собственных значений и собственных векторов матрицы. Он включает в себя разложение матрицы на произведение ортогональной матрицы (Q) и верхней треугольной матрицы (R), а затем формирование новой матрицы путём умножения R на Q. Этот процесс повторяется итеративно до тех пор, пока матрица не сойдётся к диагональной или почти диагональной форме с собственными значениями на диагонали. Алгоритм QR более эффективен, чем метод Якоби для больших матриц, и может быть дополнительно ускорен с помощью таких методов, как стратегия сдвига и неявная дефляция.

#### *Преимущества:*

- Более эффективен, чем метод Якоби для больших матриц.
- Может найти все собственные значения и собственные векторы.
- Может быть дополнительно ускорен с использованием таких методов, как стратегия сдвига и неявная дефляция.
- Подходит для разреженных матриц.

#### *Недостатки:*

- Требуется вычисление QR-декомпозиции, что может быть дорогостоящим с точки зрения вычислений.
- Сходимость может быть медленной, если матрица содержит много недиагональных элементов.
- Может быть чувствителен к ошибкам округления, особенно для плохо подготовленных матриц.

### **Метод Якоби**

Метод Якоби – это итерационный алгоритм диагонализации симметричной матрицы путём выполнения серии ортогональных поворотов. На каждой итерации метод идентифицирует самый большой недиагональный элемент и применяет поворот для его

устранения, соответствующим образом обновляя матрицу и собственные векторы. Процесс повторяется до тех пор, пока все недиагональные элементы не станут достаточно малыми, в результате чего получится диагональная матрица с собственными значениями по диагонали. Метод Якоби гарантированно сходится, но для больших матриц он может быть медленным.

*Преимущества:*

- Может находить все собственные значения и собственные векторы одновременно.
- Сходится квадратично, что может быть быстрее, чем метод степенной итерации.
- Не требует первоначального предположения о собственных векторах.

*Недостатки:*

- Может быть дорогостоящим с точки зрения вычислений для больших матриц, поскольку включает в себя несколько матричных операций.
- Сходимость может быть медленной, если матрица содержит много недиагональных элементов.
- Не подходит для разреженных матриц, так как для этого требуются полные матричные операции.

### **Описание работы алгоритма диагонализации, основанного на методе Якоби**

В исходной матрице  $A_k = A_0$  выбирается максимальный по модулю наддиагональный элемент  $\maxElem$ .

Далее находится ортогональная матрица  $U$  следующим образом:

Выбирается единичная матрица вращения, в которой элементы

$$U_{ij} = -\sin(\alpha), U_{ji} = \sin(\alpha), U_{jj} = \cos(\alpha), U_{ii} = \cos(\alpha),$$

где

$i$  и  $j$  – индексы максимального наддиагонального элемента матрицы  $A_0$  ( $\maxElem$ );

Угол  $\alpha = 0.5 \cdot \arctg(2 \cdot \frac{\maxElem}{A_{ii} + A_{jj}})$ , если  $A_{ii} \neq A_{jj}$ ,

иначе  $\alpha = \frac{\pi}{4}$ .

Далее итеративно находятся матрицы  $A_{k+1}$  по формуле

$$A_{k+1} = U^T A_k U.$$

Итерационный процесс останавливается, когда корень из суммы квадратов наддиагональных элементов матрицы  $A_{k+1}$  будет меньше  $Eps$ .

### **Реализация метода диагонализации Якоби на языке Lisp**

Алгоритм был реализован на языке Lisp двумя способами: с использованием циклов и рекурсивно.

Пример реализации основной функции с использованием циклов:

```
(defun diagonalise (mtr)
  (let ((Eps 1e-5)
        (n (length mtr))
        (A mtr))
    (let ((s (elem-sum A n))
          (i 0))
      (loop while (and (> (sqrt s) Eps) (< i 1000)) do
        (setf U (calc-U A n))
        UT (trans-matrix U n)
        E (prod-matrix UT A n)
        C (prod-matrix E U n)
        (setf A C)
        (setf s (elem-sum A n))
```

```
(incf i))
(if (< i 1000)
  (setf res (diag-matrix A n))
  (setf res "Матрица недиагонализируема")))) res))
```

Назначение вспомогательных подпрограмм:

- elem-sum: возвращает сумму квадратов значений наддиагональных элементов матрицы
- calc-U: возвращает единичную матрицу вращения (U)
- trans-matrix: транспонирует матрицу
- prod-matrix: возвращает матричное произведение E x U
- diag-matrix: печатает матрицу в диагональном виде

Рекурсивно:

```
(defun diagonalise (mtr)
  (let* ((n (length mtr))
        (A mtr)
        (s (elem-sum A n))
        (i 0)
        (res (diagonalise-rec A s i n)))
    res))
(defun diagonalise-rec (A s i n)
  (if (or (> i 1000) (< (sqrt s) 1e-5))
      (if (<= i 1000)
          (diag-diagonal A)
          "Матрица недиагонализируема")
      (let* ((U (calc-U A n))
            (UT (trans-matrix U n))
            (E (prod-matrix UT A n))
            (C (prod-matrix E U n)))
        (diagonalise-rec C (elem-sum C n) (+ i 1) n))))
```

Ограничение на количество итераций – 1000. Если это число превышено, значит матрица недиагонализируема или метод Якоби неэффективно применять к данной матрице.

Результаты

Сравним результаты работы двух реализаций.

Были заданы следующие матрицы для диагонализации:

Таблица 1.

(setq A '(1 2 3) (4 5 6) (7 8 9)))	(setq B2 '(2 3) (1 4)))	(setq D1 '(3 0 0 0) (0 2 0 0) (0 0 6 0) (0 0 0 7)))
(setq B '(-19 7) (-42 16)))	(setq C '(1 2 0) (0 3 0) (2 -4 2)))	(setq D '(3 -2 4 -2) (5 3 -3 -2) (5 -2 2 -2) (5 -2 -3 3)))
(setq B1 '(-1 -6) (2 6)))	(setq C1 '(6 -5 -3) (3 -2 -2) (2 -2 0)))	(setq E '(1 -3 3) (3 -5 3) (6 -6 4)))

И получены следующие результаты диагонализации:

Для метода с циклами:

```

MacBook-Pro-Sergey: Lab_04 $ time clisp zashitaTests.lisp
A:
Матрица недиагонализируема
B:
-5.000 0.000
0.000 2.000
C:
-5.000 0.000
0.000 2.000
B1:
Матрица недиагонализируема
B2:
1.000 0.000
0.000 5.000
C1:
Матрица недиагонализируема
D1:
3.000 0.000 0.000 0.000
0.000 2.000 0.000 0.000
0.000 0.000 6.000 0.000
0.000 0.000 0.000 7.000
D:
Матрица недиагонализируема
E:
Матрица недиагонализируема

```

Рисунок 1. Результаты работы метода с циклами.

Для рекурсивного метода:

```

MacBook-Pro-Sergey: Lab_04 $ time clisp def.lisp
A:
-1.117 0.000 0.000
0.000 0.000 0.000
0.000 0.000 16.117
B:
-5.000 0.000
0.000 2.000
C:
1.000 0.000 0.000
0.000 3.000 0.000
0.000 0.000 2.000
B1:
2.000 0.000
0.000 3.000
B2:
1.000 0.000
0.000 5.000
C1:
Матрица недиагонализируема
D1:
3.000 0.000 0.000 0.000
0.000 2.000 0.000 0.000
0.000 0.000 6.000 0.000
0.000 0.000 0.000 7.000
D:
5.000 0.000 0.000 0.000
0.000 5.000 0.000 0.000
0.000 0.000 -2.000 0.000
0.000 0.000 0.000 3.000
E:
-2.000 0.000 0.000
0.000 -2.000 0.000
0.000 0.000 4.000

```

Рисунок 2. Результаты работы рекурсивного метода.

Из результатов видно, что метод с циклами сходится до требуемой точности гораздо реже, чем рекурсивный метод при той же логике алгоритма.

Сравнение времени работы методов:

Метод с циклами: 1.051с

Метод с рекурсиями: 0.194с

Итоги

В результате реализации рекурсивного алгоритма на языке Lisp был получен эффективный и универсальный инструмент для решения задач диагонализации матриц методом Якоби.

Таблица 2

Сравнение методов реализации алгоритма Якоби.

Методы	Количество правильных ответов	Время работы (с)
Метод с циклами	4	1.051
Метод с рекурсиями	8	0.194

### Заключение

В данной работе было приведено сравнение популярных итеративных методов диагонализации матриц, а также проведён их анализ. Кроме того, был описан эффективный алгоритмический подход к диагонализации матриц с использованием метода Якоби, реализованный на языке программирования Lisp с помощью рекурсивных функций или циклов. Проведён анализ работы этих двух реализаций. На предложенных примерах реализация с использованием рекурсивных функций даёт в 2 раза больше правильных ответов и работает в

5.4 раза быстрее, чем реализация с использованием циклов. Таким образом, реализация с рекурсиями демонстрирует корректную работу алгоритма диагонализации матриц и подчёркивает свою эффективность в языке Lisp. Предлагаемый алгоритм может послужить основой для будущих исследований и разработок в области диагонализации матриц и её приложений.

\*\*\*

1. Якоби К.Г. О преобразовании матриц // Известия Академии наук. – 1846. – Т. 22. – С. 67-84.
2. Вилкинсон Дж. Канонический анализ симметричных матриц // Журнал вычислительной математики. – 1965. – Т. 1. – № 2. – С. 3-26.
3. Бауэр Ф. Применение метода Якоби к задачам линейной алгебры // Успехи математических наук. – 1967. – Т. 22. – № 5. – С. 179-200.
4. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. – М.: Мир, 1999. – 592 с.
5. Деммель Дж. Устойчивость и сходимость метода Якоби // SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications. – 1997. – Т. 18. – № 1. – С. 30-50.
6. Хайам А., Хайам Р. Устойчивость метода Якоби для симметричных матриц // Linear Algebra and its Applications. – 2001. – Т. 332. – № 1-3. – С. 45-57.
7. Бундаков Р., Колесников А. Модификации метода Якоби для симметричных матриц // Вычислительные технологии. – 2003. – Т. 8. – № 2. – С. 3-12.
8. Шереметьева Е.А. Улучшение сходимости метода Якоби // Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика. – 2005. – № 4. – С. 3-8.
9. Стюарт Г. Улучшение метода Якоби для симметричных матриц // SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications. – 2006. – Т. 27. – № 4. – С. 952-969.



## РАЗДЕЛ III. МЕТАЛЛУРГИЯ

Скориков А.В., Ульяновская Э.В.

### Физико-механические свойства и особенности структурообразования свинецсодержащих порошковых сталей

Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ) имени М.И. Платова  
(Россия, Новочеркасск)

doi: 10.18411/iip-10-2023-03

#### Аннотация

Рассмотрены особенности физико-механических свойств и структурообразования порошковых сталей, легированных свинцом с концентрацией по массе в пределах 1–2 %. Показано, что у этих сталей прочностные и пластические свойства находятся на уровне нелегированных, в то время как обрабатываемость резанием значительно улучшается.

Предложена технология получения легированной стали, а также выявлены особенности структурообразования материала в процессе его получения.

**Ключевые слова:** порошковые материалы, порошковые стали, обрабатываемость резанием, легирование свинцом, структурообразование и свойства.

#### Abstract

Specific features of physical and mechanical properties and structure formation of powdered steels doped with lead with a concentration of 1–2% by mass are considered. It is shown that in these steels the strength and plastic properties are at the level of undoped ones, while the machinability by cutting considerably improves.

The technology of production of alloyed steel is proposed, as well as the peculiarities of the structure formation of the material in the process of its production.

**Keywords:** powder materials, powder steels, machinability cutting, lead alloying, formation and properties.

Проблема повышения эффективности и качества обработки резанием порошковых материалов стала актуальной практически сразу же, как только технологии порошковой металлургии вышли за рамки экспериментальных исследований и начали широко внедряться в серийное и массовое производство.

Некоторое время преобладало мнение, что получение изделий из порошковых материалов в производственных условиях можно обеспечить без применения механической обработки. Однако, по мере освоения промышленностью сложных и высокоточных деталей, несостоятельность такого подхода стала очевидной, и в настоящее время уже не подвергается сомнению тот факт, что обработка резанием отдельных поверхностей порошковых изделий, таких как посадочные поверхности высокой точности, пазы, резьбы, отверстия малого диаметра и ряд других подобных, является наиболее эффективным методом формообразования.

Вскоре выяснилось, что горячедеформированные порошковые стали гораздо хуже обрабатываются резанием, чем аналогичные по химическому составу горячекатаные и литые материалы [1]. Требовалось найти такой химический состав, который бы позволил значительно улучшить обрабатываемость материала, но при этом не только не ухудшить его физико-механические свойства, а даже повысить некоторые из них. Для этого могут быть использованы все возможности технологии порошковой металлургии по созданию материалов, состав и структура которых не обеспечиваются другими путями. Необходимо было также разработать технологии производства таких материалов, при этом существенно не изменяя режимы

операций, что гарантировало бы быстрое внедрение таких технологических процессов на уже существующих поточных линиях.

Поиск привел к разработке композиционных свинецсодержащих порошковых сталей с концентрацией свинца по массе в пределах 1–2 % [2]. В силу особенности физических свойств компонентов, стали с таким содержанием свинца нельзя получить в литейном производстве и только методы порошковой металлургии предоставили эту возможность. Свинецсодержащие стали значительно превосходили по показателям обрабатываемости безсвинцовистые. В частности скорость резания возросла на 25–75 %, износ режущего инструмента снизился в 2–5 раза, существенно улучшилось качество обработанной поверхности, на 30–40 % снизились энергозатраты процесса обработки. Было установлено, что свинец, не создавая каких либо соединений с железной матрицей, активно взаимодействует с твердыми неметаллическими включениями, главным образом силикатного типа, существенно снижая при этом их абразивное воздействие на инструмент при резании. Часть свинца, выделяясь в виде жидкой фазы в зонах первичного и вторичного стружкообразования, снижает температуру и контактные напряжения в зоне резания и способствует тем самым уменьшению как адгезионной, так и диффузионной составляющей износа инструмента.

Была отлажена технология получения свинецсодержащих сталей, предусматривающая введение его в шихту в виде предварительно полученной смеси компонентов, включающей порошки чистого металлического свинца и его стеарата, что обеспечивало равномерное распределение присадки по объему пористой порошковой заготовки, а присутствие свинца в виде жидкой фазы при ее горячей деформации позволило снизить энергозатраты процесса уплотнения на 10–15%.

Исследования физико-механических свойств свинецсодержащих материалов показали, что их прочностные свойства ухудшились незначительно, не более чем на 10%, в то время как пластические свойства не претерпели изменений в сторону уменьшения, что давало возможность применять эти стали для производства тяжело нагруженных деталей машин. Выяснилось также, что свинецсодержащие стали обеспечивают высокое качество спая со стеклоизоляционными материалами, следствием чего было их успешное использование в электротехнической промышленности вместо горячекатаных материалов при изготовлении корпусов электрических разъемов.

Формирование структуры свинецсодержащих сталей происходит при отсутствии прямого взаимодействия свинца с основными компонентами сталей. В зависимости от дисперсности свинцового порошка при статическом холодном прессовании заготовок он может располагаться в виде отдельных частиц, находящихся в контакте с частицами железного порошка или в порах между ними. При губчатом строении частиц железного порошка не исключается попадание частиц свинца, имеющих самую разнообразную форму, во внутривключенные полости железа, а наличие поверхностных оксидных пленок, неметаллических включений и частиц графита неизбежно ведет к тому, что свинец контактирует с ними. Распределение свинцовых включений в структуре порошковой формовки, не подвергнутой нагреву, свидетельствует о том, что частицы свинца располагаются в зоне межчастичных контактов.

Нагрев перед горячей деформацией приводит к плавлению частиц свинца. До температуры 750–600 °C угол смачивания свинца по железу больше 90°, что приводит к «выпотеванию» свинца в поры, а из приповерхностных слоев - на поверхность формовки. Частицы, попавшие в замкнутое пространство пор, не могут «выпотеть» и принимают шарообразную форму. Не исключается возможность «выпотевания» в общие поры свинцовых включений из нескольких межчастичных участков. В результате такого скопления появляются свинцовые включения с большими размерами, чем размеры вводимых частиц свинцового порошка. Вентиляция пористой формовки восстановительными газами ведет к восстановлению оксидов, одновременно протекают процессы срастивания частиц железной основы и сфероидизация пор. С повышением температуры выше 800 °C угол смачивания становится меньше 90°. Согласно капиллярным представлениям о поведении жидкости в пористом

объекте, она, в этом случае, будет стремиться в более узкий капилляр с образованием вогнутого мениска. Растечься по всей свободной поверхности железных частиц свинец не может потому, что даже при достижении температур 1200–1300°C угол смачивания не достигает нулевого значения. При охлаждении пористой формовки кинетические процессы протекают в обратном направлении и свинец сфероидизируется в порах.

Присутствие включений свинца на межчастичных границах в расплавленном состоянии приводит к их «захлопыванию» с одновременным «расплескиванием» под динамическим воздействием со стороны частиц железа. Переход свинца в твердофазное состояние происходит при значительной скорости охлаждения материала после окончания деформации. За счет изменения угла смачиваемости свинца по железу, естественным является стремление его включений к сфероидизации. Высокотемпературный отжиг увеличивает средний размер зерен железной основы и снимает внутренние напряжения после горячей деформации. Повторный переход свинца в жидкофазное состояние и кинетика поведения его включений приводят к тому, что происходит их сфероидизация. В структуре материала они стремятся к приобретению правильной формы и принимают характерный вид овальных или слегка вытянутых включений с плавными границами. Их размеры зависят от дисперсности вводимого свинцового порошка, а также от равномерности его распределения в структуре.

В результате теплового травления микрошлифов удалось установить, что при одинаковых размерах частиц свинца и достаточной равномерности их распределения, появляются отдельные участки с повышенным его содержанием. Обнаружено также повышенное содержание Pb на границах с крупными силикатными включениями, что подтверждается микрорентгеноспектральным анализом.

При изучении отдельных неметаллических включений и их скоплений методами рентгеноспектрального анализа было установлено, что не существует определенной закономерности взаимодействия свинцовых включений с включениями на основе марганца, алюминия, хрома и кальция. Указанные элементы встречаются как в контакте со свинцовыми включениями, так и в виде самостоятельных включений и их скоплений.

Особый интерес представляет взаимодействие свинца с силикатными включениями, являющимися наиболее опасными инициаторами хрупкого разрушения. Интенсивное «выпотевание» свинца при тепловом травлении и повышенная концентрация свинца вокруг них, выявленная локальным микроанализом, свидетельствует о взаимодействии силикатов и свинца. В процессе отжига происходит коагуляция крупных оксидов кремния, свинец при этом сегрегирует на поверхность их контакта с матричной основой.

Прямое взаимодействие между оксидом кремния и свинцом невозможно, в то же время рентгенофазовый анализ показывает, что в сталях присутствуют оксиды свинца, которые могут взаимодействовать с силикатами. Присутствие свинцовых оксидов может быть следствием незавершенности восстановительных процессов на поверхности частиц свинцового порошка, а также результатом их дальнейшего окисления.

Оксиды свинца, контактируя с оксидом кремния, способны образовывать свинцовосиликатные стекловидные соединения типа:  $PbO \square SiO_2$ ;  $2PbO \square 3SiO_2$ ;  $2PbO \square SiO_2$  по реакциям, которые начинаются при температуре 690–760°C и интенсифицируются с ее повышением. В результате возможен переход оксидов кремния в более легкоплавкую стекловидную массу при нагреве под горячую деформацию и при отжиге. В процессе охлаждения материала снижается концентрация свинца в получаемой смеси и на границе контакта силикатов с железной основой возрастает вероятность протекания реакции:  $2PbO \square SiO_2 + 2Fe = 2FeO \square SiO_2 + 2Pb$ , что и приводит к образованию вокруг включений переходной зоны, обогащенной свинцом.

Изменение свойств сталей происходит в зависимости от соотношения ферритной и перлитной составляющих. Это позволяет, варьируя содержанием углерода, направленно изменять свойства. При введении углерода в виде графита он диффундирует в железную матрицу, а так как в процессе получения материала неизбежно контактирование частиц графита и свинца, то возможно изменение диффузионной активности углерода, которая определялась на

об-разцах, как содержащих свинец, так и без него. Свинец фактически не оказал влияния на этот процесс, что объясняется, с одной стороны, малым его объемным содержанием свинца, а с другой - отсутствием смачиваемости в системе графит-свинец, что подтверждается отсутствием обособленных свинцово-графитовых образований.

Таким образом, свинец в структуре высокоплотных сталей представлен в виде включений, не взаимодействующих с железной основой и основными постоянными примесями. Наблюдается его сегрегация вокруг крупных включений силикатного типа, что, очевидно, является результатом взаимодействия оксидов свинца и кремния.

\*\*\*

1. Дорофеев Ю. Г., Устименко В. И. Обрабатываемость резанием металло-керамических материалов, полученных динамическим горячим прессованием. - Порошковая металлургия, 1971, № 5, с. 76 - 81.
2. Дорофеев Ю. Г. Скориков А. В. Козлов Е. В. Порошковая конструкционная сталь А. С. 1786174 СССР, МКИ С 22С38/00, 33/02.- Оpubл. 07. 01. 93, Бюл. № 1.

## РАЗДЕЛ IV. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Болдырев Г.В., Болдырев М.В.

### К вопросу количественной интерпретации гравиметрических данных

*Независимый исследователь*

*(Россия, Новокузнецк)*

doi: 10.18411/iip-10-2023-04

#### Аннотация

В отличие от общепринятой количественной интерпретации данных гравиразведки построением геоплотностных моделей с помощью модификаций методов подбора в статье приводятся результаты полученные с помощью палеток по методике количественной интерпретации гравиметрических измерений, разработанной в прошлом веке Д.Г.Успенским с дополнениями, сделанными авторами. Применяемый способ количественной интерпретации (оценки) параметров наклонной ступени по кривым горизонтальных градиентов позволяет количественно оценивать гравиметрические данные. Приводятся примеры интерпретации

**Ключевые слова:** гравиметрия, ступени, количественная интерпретация, Канада, Якутия.

#### Abstract

In contrast to the generally accepted quantitative interpretation of gravity survey data by constructing geo-density models using modifications of selection methods, the article presents the results obtained using pallets according to the method of quantitative interpretation of gravimetric measurements developed in the last century by D.G.Uspensky with additions, made by the authors. The applied method of quantitative interpretation (estimation) of the parameters of the inclined stage by the curves of horizontal gradients makes it possible to quantify gravimetric data. Examples of interpretation are given

**Keywords:** gravimetry, steps, quantitative interpretation, Canada, Yakutia.

Принято считать, что гравитационные ступени – это вытянутые зоны больших градиентов гравитационного поля. Они связаны, как правило, с участками быстрого погружения пород с большой избыточной плотностью, или контактов пород с различной плотностью. В процессе качественной интерпретации анализируют общий характер аномального поля, его индивидуальные особенности: знак и степень дифференцированности, наличие региональных и локальных аномалий, их размеры, форму, простирание, интенсивность

Количественные методы расчета параметров аномалиеобразующих объектов основаны, как правило, на использовании связей координат различных характерных точек интерпретируемой кривой  $\Delta g$  или ее производных с координатами аномалиеобразующих объектов и на аналитических выражениях, устанавливающих связь между значениями исследуемой функции и параметрами аномалиеобразующего объекта./1/ Поэтому при интерпретации нужно делать предположения о форме тел, обусловивших аномалию. В практике же интерпретации сведений о форме аномалиеобразующих объектов обычно нет. Поэтому возникает необходимость в применении унифицированных аналитических выражений, использование которых не вызвало бы значительных погрешностей независимо от формы тел.

Использование горизонтальных градиентов  $|V_zs|$  для количественной интерпретации поля силы тяжести опирается на допущение, что с помощью систем наклонных уступов можно представить любые призмы, а призмами с достаточной степенью точности аппроксимировать тела произвольной формы, т.е. любое тело произвольной формы можно представить, как

систему наклонных ступеней/2,3/. Детально этот вопрос рассмотрен в работах /2,3/, в статье излагаются лишь основные положения этого способа интерпретации

Одним из известных способов интерпретации кривых горизонтальных градиентов, позволяющих количественно оценивать максимальное число параметров гравитирующих объектов, является способ Д. Г. Успенского [2]. При помощи номограмм последовательно определяют следующие параметры наклонного уступа (рис. 1):

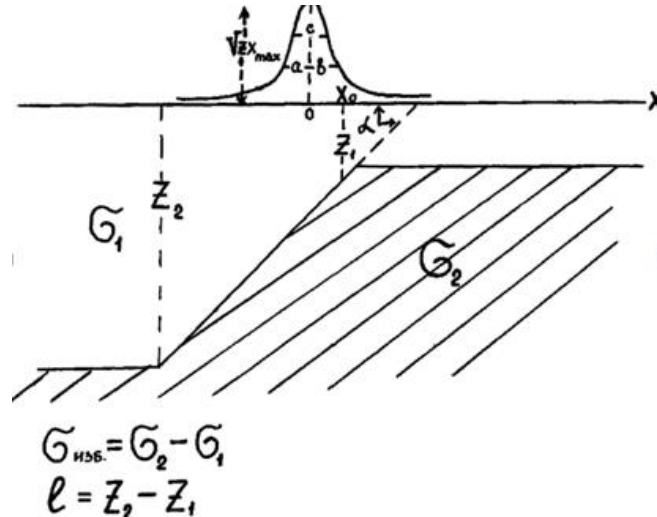


Рисунок 1. Параметры наклонного уступа, количественно определяемые при интерпретации аномалий  $|Vzs|$  способом Д. Г. Успенского [2].

1. Угол падения наклонного уступа  $\alpha$ .
2. Отношение глубины залегания нижней грани уступа и глубины залегания верхней его грани  $\frac{Z_2}{Z_1}$ .
3. Глубину залегания верхней его грани  $Z_1$ , м.
4. Глубину залегания нижней его грани  $Z_2$ , м.
5. Избыточную плотность  $\sigma$ , г/см<sup>3</sup>.
6. Координаты пункта  $X_0$ , м, в котором наклонная плоскость уступа пересекает ось  $X$ . Начало координат условно принимается в точке, соответствующей проекции на абсциссу  $|Vzs_{max}|$ .

Вторые производные аномалии поля силы тяжести (горизонтальные градиенты) характеризуются меньшей зависимостью от влияния аномального эффекта от не смежных с ними гравитирующих объектов, аномалии  $|Vzs|$ , отделенные друг от друга промежутками нулевых и близнулевых значений, превышающие более чем в 3 – 5 раз поперечные линейные размеры аномалий, свободны от гравитирующего эффекта других плотностных границ.

Установлено/3/, что интерпретация может быть выполнена уверенно, если:

- соотношение глубины залегания нижней кромки к глубине залегания верхней кромки находится в интервале от 3 до 100;
- отношение длины аномалии  $|Vzs|$  к ее поперечному сечению на уровне  $0,25 |Vzs_{max}|$  превышает 3. При меньшем соотношении аномалии не отвечают аномалии от наклонного уступа;
- аномалия  $|Vzs|$  от двух и более ступеней разделены полем близнулевых значений, величина которого превышает ширину аномалии на уровне  $0,25 |Vzs_{max}|$
- С целью ликвидации неоднозначности при обобщении фрагментов ступеней в единые гравитационные ступени принят предельно формализованный подход, при котором фрагменты, представленные отдельными интерпретационными

сечениями, объединяются при процедуре создания Карты объемного распределения плотностных неоднородностей в одну ступень при условии сохранения (перечисление дано в порядке значимости) элементов:

1. Направление роста поля силы тяжести.
2. Направление наклона границы.
3. Сопоставимости или близости (в идеале) глубины залегания нижних кромок.
4. Выдержанности избыточной плотности.
5. Выдержанности угла наклона и глубин залегания верхних кромок.

Работа по интерпретации делится на два основных этапа: формальный и содержательный

Во время формального этапа измеряется изменение поля силы тяжести в каждой точке. Вводятся все необходимые поправки за мешающие факторы. Потом по ним проводятся изаномалы.

**Во время формального этапа** создается плотностная модель без учета каких-либо геологических фактов, чтобы под них нечаянно не подстраивать. Никакой интерпретации во время формального этапа не предусматривается.

#### **Алгоритм формального этапа**

1. Берется карта с построенными изаномалами
2. Наносится сетка 0,5x0,5см
3. Проводятся (или прикладывается линейка) и измеряется кратчайшее расстояние в км между изаномалами. Зная масштаб карты измеряется в мм, которые затем переводятся в км.
4. В зависимости от масштаба карты значение между изаномалами постоянно (2,5...Мгл). Это число делится на измеренное расстояние в км с уменьшением этого расстояния в 10 раз(0,1).Находиться значение, которое записывается в точке посередине измеренного расстояния.
5. Количество точек с расчетными значениями в этвешах должно быть равномерно распределено по сетке 0,5x0,5см.
6. По значениям этвешах проводятся изолинии с шагом 3,5,10,20,100,200,300
7. По выявленным аномалиям строятся кривые горизонтальных градиентов с определением угла падения плоскости наклонного пласта, глубину залегания нижней грани верхней и нижней кромки пласта, избыточную плотность по палеткам, предложенным Д.Г.Успенским /2/.

**Во время содержательного этапа** его независимые геологическая и геофизические модели взаимодополняются, взаимосопоставляются и взаимоконтролируются геологические и геофизические модели. В этот этап выполняется неуверенная и уверенная интерпретация.

«Неуверенная интерпретация» - это возможные ошибки при разбалансе функции при таких углах наклона. Дальше делаются попытки повысить их достоверность сопоставлением с данными по сечениям с уверенной интерпретацией по той же предполагаемой границе по изменению физического поля, направление наклона границы и так далее. Заключительный аккорд - сопоставление с геологическими фактами и более или менее доказанными геологическими закономерностями.

#### *Примеры интерпретации*

Для Канады удалось построить Карту распределения плотностных неоднородностей только в избыточных плотностях, так как данных о реперных массах для данного масштаба не оказалось. Исходные карты были любезно предоставлены Г.Джексоном для продолжения совместной работы, начатой в рамках Программы «Алдан-Канада». К сожалению, по независящим причинам продолжение работ не состоялось и пришлось ограничиться составлением Карты объемного распределения плотностных неоднородностей Канады в масштабе 1:5000000 в избыточных плотностях. Исходя из объема статьи вся карта не может быть приведена.

В качестве примера применимости метода на рис.,1,2, даны данные интерпретации участка Канады восточнее залива Бофорта. За основу взято геологическое строение карты 2005 года (Десятилетие геологии Северной Америки в масштабе 1:5000000). На эту карту наложили результаты интерпретации горизонтальных градиентов согласно вышеприведенной методики.,где видно совпадение основных границ ступеней по геологическим и геофизическим данным.

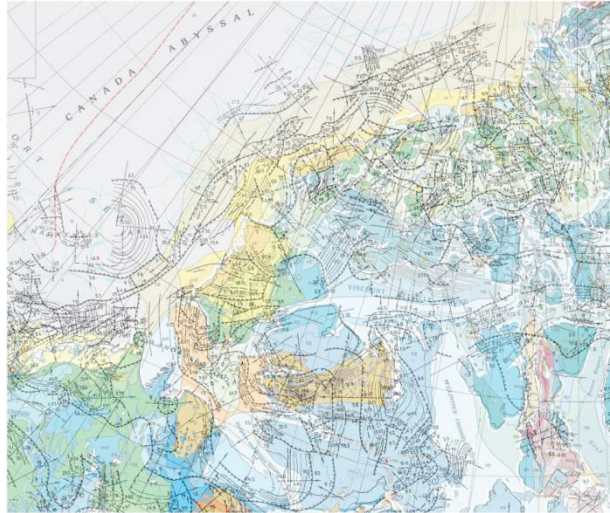


Рисунок 1. Наложение материалов интерпретации на геологическую основу (Босфорт).



Рисунок 2. Район Невольничьего озера.

В дополнении к имеющимся на геологической карте тектоническим нарушениям на западе приведенного участка выделяется дополнительная крупная кольцевая структура с бортами падающими по углом 40-55° и прослеживаемая на глубину 168 км, глубина верхней кромки ступени от 2,8 до 11,2 км. Юго-восточнее отмечены еще две подобные структуры, но значительно меньшего размера. К югу от кольцевой структуры виден участок грабена с углами падения сторон 55-60° и прослеживаемые на глубину от 65 до 230 км. В прибрежной зоне участка выделяются протяженные, крутопадающие на восток под 60-70° ступени, подчеркивающие надвиг континента на океан. В западной части прослеживается до глубины 116 км с глубиной верхней кромки 8,3 км протяженная ступень меридионального направления с падением на запад под углом 70°. Эта ступень изменяет свое направление до субширотного с падением на север под углом 30°. На востоке выделяется структура в виде грабена, ограниченная ступенями, с глубиной верхней кромки от 5,8 до 8,0 км и прослеживаемые до глубины 88,0-108 км при углах падения ступеней от 70 до 80°.



Южнее Невольничьего озера (рис.2) можно наблюдать не отображённые на геологической карте глубинные структуры, выявленные по гравиметрическим данным. Серповидную с падением на север, восток и юг под углами 65-550 прослеживаемую на глубину 125 км, с глубиной верхней кромки от 1,3 до 4,4 км. С севера на эту структуру накладывается более молодой грабен с падающими на северо-запад ступенями под углом 600 прослеживанием нижней кромки на глубину 34 км. Юго-западнее серповидной структуры прослежены северо-западного направления практически параллельно кальдер ер ступени с падением до 600 на северо-восток. Южнее серповидной структуры отображается отрицательная синклиналивидная с углами падения от 30 до 600 и глубиной залегания нижней ступени 113 км. Южнее наблюдается аналогичная синклиналивная структура, но уже с глубиной нижней кромки не более 30 км.

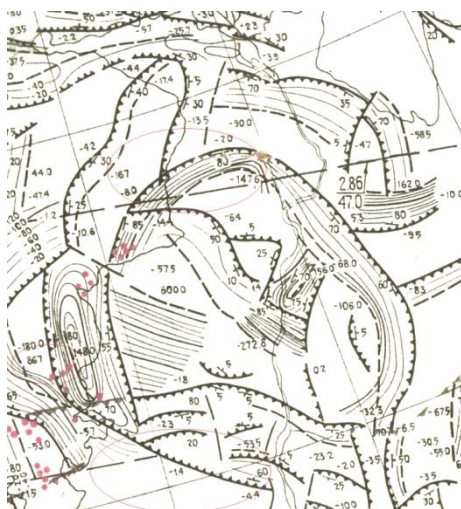


Рисунок 4. Оленецкая плита Сибирской платформы.

Следует отметить, что приведенные примеры касаются только небольшой части Канады. Аналогичный материал по всей Канаде с описанием возможно сделать по имеющейся карте неоднородностей. Но было бы целесообразней имея известную геологическую основу провести содержательный этап интерпретации канадскими специалистами.

По Сибирской платформе также составлена карта объемного распределения плотностных неоднородностей из которой приводятся в качестве примера данные Оленецкой микроплиты (рис.3,4). По результатам интерпретации можно увидеть дугообразную, выпуклую к северу синклиналивидную структуру с крутопадающей ступенью под углом до 800 и прослеживаемую до глубины 144 км. К западу к ней примыкает грабен так же с крутопадающими бортами до 550 прослеживаемы до глубины 148 км. В северной части грабена, по линии нарушения корреляции наблюдается смещение южной ступени синклиналивидной структуры к западу. К ступени ограничивающей плиту тяготеют поля кимберлитовых трубок.

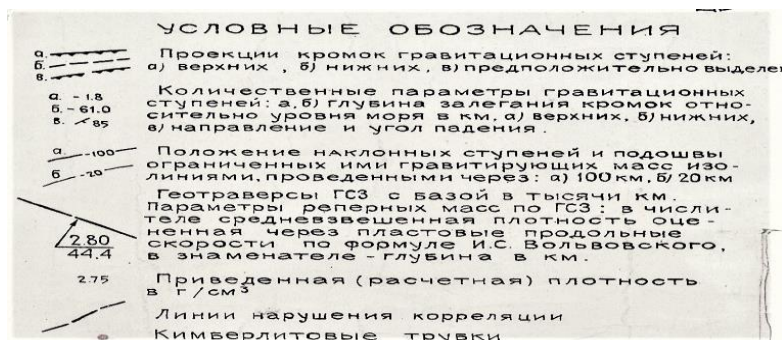


Рисунок 5.

Таким образом с учетом приведенной методики возможно проводить количественную интерпретацию гравиметрических данных с получением дополнительных материалов по тектоническому строению и прогнозированию металлогении территорий.

Следует заметить, что к использованию «Карт объемного распределения плотностных неоднородностей» необходимо подходить с весьма критических позиций. При этом обязательно должна быть учтена градация по уверенности выделения границ, плотностной и так далее. Желательно обращать внимание на совпадение и не совпадение геологического строения и объемного распределения плотностных неоднородностей, . На это же должны быть нацелены и способы проверки модели или заключения о геологическом строении, вытекающие из анализа плотностной и геолого-геофизической модели.

\*\*\*

1. А.М.Лобанов «Гравиразведка.Краткий курс 2017.Москва
2. Успенский Д.Г. Гравиразведка. Недр,1968
3. Болдырев В.О., Болдырев М.В. Объемное геолого-геофизическое моделирование и прогнозно-геодинамический анализ при решении широкого круга задач. Новосибирск, СНИИГиМС. 2012.

## РАЗДЕЛ V. АГРОНОМИЯ

Бровкина Т.Я., Фоменко Т.В.

### Декоративная ценность и особенности укоренения черенков пеларгонии королевской в условиях юга России

Кубанский государственный аграрный университет  
имени И. Т. Трубилина  
(Россия, Краснодар)

doi: 10.18411/iip-10-2023-05

#### Аннотация

В статье приведены результаты оценки шести сортов пеларгонии королевской (крупноцветковой) для перспективного использования в озеленении городов и населенных пунктов в южных районах России. Изучены возможности улучшения состава субстрата для хорошей укореняемости черенков для одного из изучаемых сортов и дана их экономическая оценка.

**Ключевые слова:** пеларгония королевская (крупноцветковая), число цветков в соцветии, диаметр цветка, декоративность сорта, субстрат, черенок, укоренение.

#### Abstract

The article presents the results of the evaluation of six varieties of royal pelargonium (large-flowered) for promising use in landscaping cities and towns in the southern regions of Russia. The possibilities of improving the composition of the substrate for good rooting of cuttings for one of the studied varieties were studied and their economic evaluation was given.

**Keywords:** pelargonium royal (large-flowered), the number of flowers in the inflorescence, the diameter of the flower, the decorativeness of the variety, the substrate, the stalk, rooting.

В нашей стране ассортимент пеларгонии королевской (крупноцветковой) – *Pelargonium domesticum hybrids* представлен многими сортами и гибридами, прежде всего зарубежной селекции. Это одна из самых эффектных и изысканных пеларгоний. Чаще всего ее используют как горшечное растение. Но, в условиях мягких зим на юге России эта культура отлично перезимовывает и подходит для создания цветников в открытом грунте. Естественный ареал распространения, которых, в основном Капская область Южной Африки [1].

В условиях субтропиков России, в ФИЦ «Субтропический научный центр РАН» (ФИЦ СНИЦ РАН), бывш. ВНИИЦиСК с 2000 г. проводится изучение зарубежных сортов в коллекции рода *Pelargonium L.* в почвенно-климатических условиях юга России из всех сортогрупп, существующих на мировом рынке [4].

При этом поставлена задача создания модели отечественного сорта, сочетающей комплекс хозяйственно-ценных и адаптивно значимых признаков.

В настоящее время особое внимание ученых данного научного центра и практиков цветоводства обращено на создание фонда высокодекоративных длительно цветущих, конкурентоспособных в международного сотрудничества сортов пеларгонии королевской, устойчивых к экстремальным факторам среды и требованиям экологического садоводства [2].

В связи с этим в наших исследованиях ставилась цель – сравнить по декоративности и особенностям фенологии сорта королевской пеларгонии и изучить субстраты для наилучшей укореняемости культуры при черенковании.

Изучаемые сорта пеларгоний были высажены в коллекции Всероссийского института цветоводства и субтропических культур ВНИИЦиСКг. Сочи, на базе опытного поля в условиях открытого грунта. Повторность опыта – 3-х кратная, количество растений в повторении – 30 шт. Исследования проводились с коллекцией пеларгоний, заложенной в 2022 году.

Декоративность культуры максимальна на 2–3-й годы жизни. В нашем опыте изучались растения 2 года жизни (2023 г.).

Биометрические измерения и фенологические наблюдения соответствовали принятым для цветочных культур методиками. Все учеты и наблюдения в опыте проводились по Методике первичного сортоизучения декоративных культур [3]. Наши исследования проводились с сортами Африкан Бэлл, Бургунди, Клара Шуан, Бельведэр, Импириал и Экзотик. Сорт African Bell(st) (Африкан Бэлл) был принят за стандарт. Растение с крупными трехлопастными листьями и розово-красными, с темно-красными пятнами в центре, цветками.

Так как вегетативное размножение является основным способом получением посадочного материала пеларгонии, то на примере одного из сортов нами было изучено влияние субстрата на укореняемость черенков. Модельным объектом при оценке свойств субстратов служил высокодекоративный сорт Клара Шуман. Использовали двухкомпонентные смеси субстратов, в том числе современные материалы, наиболее распространенные в цветоводстве – перлит и вермикулит.

Перлит – представляет собой природный материал, породу – вулканическое стекло, в составе которого 70–75 % SiO<sub>2</sub>; 12–14 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3–5 % NaO, примерно столько же K<sub>2</sub>O, до 1 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO. Отличительной особенностью перлитовой породы является содержание в ней от 2 до 5 % связанной воды. Агроперлит – это вспученный перлит фракций 1–5 мм, наиболее подходящих для применения в сельском хозяйстве, в декоративном растениеводстве его широко используют для укоренения черенков.

Вермикулит–минерал из группы гидрослюд, имеющих слоистую структуру, продукт вторичного изменения темных слюд биотита и флогопита. Химический состав (Mg+2, Fe+2, Fe+3)<sub>3</sub> [(AlSi)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O. Используется как субстрат, для мульчирования и аэрации почвы, насыщает растения полезными минералами. Вермикулит обладает высоким коэффициентом водопоглощения: 400–530%. Он легко впитывает влагу и так же легко отдает её, создавая оптимально влажную среду для питания корней растений.

Исследования позволили выявить неодинаковый характер ростовых процессов и периода декоративности изучаемых сортов пеларгонии королевской. По данным фенологических наблюдений самый ранний срок наступления фазы цветения зафиксирован у сортов Клара Шуман и Бургунди – 5.04, а наиболее поздний – у сортов Импириал и Экзотика – 10.04. Продолжительность фазы цветения была максимальной у сорта Клара Шуман – 143 дня, что на 13 дней больше, чем у стандарта, и на 14 дней больше, чем у сортов Импириал и Экзотика.

Отметим, что в общую продолжительность цветения не включен также и небольшой период повторного цветения в сентябре. Но всем сортам пеларгонии свойственна ремонтантность, хотя цветение в сентябре – менее обильное и непродолжительное.

Выявлены отличия сортов по декоративным признакам. Декоративный эффект изучался в фазу массового цветения. Максимальный диаметр соцветия отмечался у сорта Бургунди (таблица 1). Существенно уступали другим сортам по диаметру соцветия стандарт Африкан Бэлл(st) и сорт Бельведер. Общая декоративность представляет совокупность всех признаков, по которым оцениваются сорта. Установлено, изучаемые в опыте сорта мало отличались по крупности цветка, но значительно по количеству цветков в соцветии, что и обусловило значительные различия по размерам соцветий.

Все изучаемые сорта превосходили стандарт, как по числу цветков в соцветии, так и по величине. Максимальными размерами и количеством цветков отличались соцветия сортов Бургунди, Экзотика и Клара Шуман, у этих сортов в соцветиях формировалось в 1,5–2,0 раза больше цветков, что в комплексе с другими декоративными признаками способствовало более высокой декоративности сорта. У двух из перечисленных сортов Бургунди и Экзотика общая декоративность достигла максимальной величины в 85 баллов. Минимальную оценку получил сорт Бельведэр.

Таблица 1

## Декоративные признаки сортов королевских пеларгоний, 2023 г.

Сорт	Диаметр, см		Окраска	Число цветков в соцветии, шт.	Общая декоративность, балл
	цветка	соцветия			
Африкан Бэлл(st)	5,8	14,3	Розово-красная с темными пятнами	4	80
Бургунди	6,4	21,7	Светло-розовая с розовыми пятнами	8	85
Клара Шуман	6,0	19,0	Розовая с бордовыми пятнами	6	78
Бельведэр	5,8	15,8	Тёмно-бордовая с белой каймой	5	63
Импириал	5,7	16,1	Тёмно-розовая с белой каймой	5	76
Экзотика	6,5	20,5	Белая с малиновым жилкованием	6	85

Характер влияния субстрата на интенсивность укоренения растений пеларгонии оценивали по нескольким показателям, главными из которых были длительность процесса укоренения и число сформировавшихся корешков. Анализ полученных данных показал, что в вариантах со смесью торф+песок (контроль) и торф+вермикулит существенной разницы не выявлено. Введение перлита в состав субстрата оказало положительное влияние на все показатели процесса укоренения. В варианте торф+перлит прежде всего сократился период укоренения, он уменьшился на 5 дней в сравнении с контролем, увеличилась укореняемость соответственно на 13 % (рисунок 1).

Нами установлено, что в вариантах опыта с перлитом и вермикулитом возросла численность корешков. Достоверно увеличилась длина корешков на 35 % по сравнению с контрольным вариантом ( $НСР_{05} = 0,55$  см).

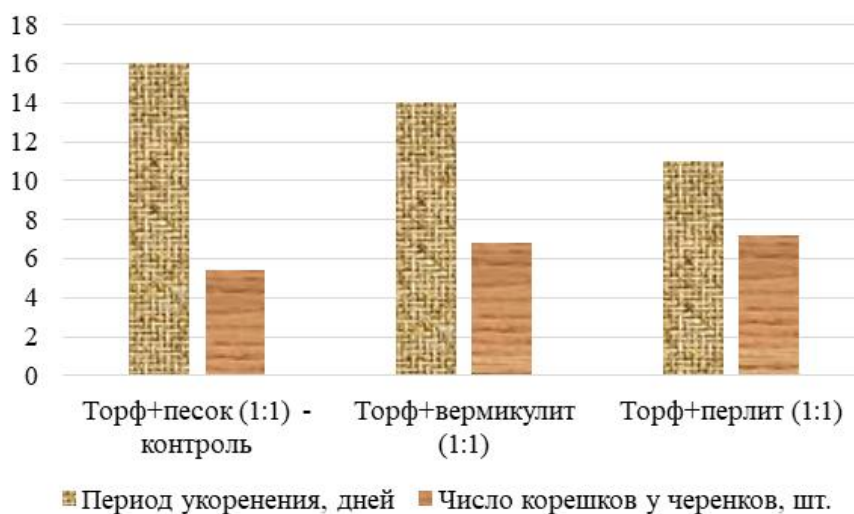


Рисунок 1. Особенности укоренения черенков сорта крупноцветковой пеларгонии Клара Шуман в зависимости от используемых субстратов, 2023 г.

Расчет экономической эффективности показал, что при применении субстрата торф+перлит возрасали производственные затраты. Но в этом варианте отмечалась наивысшая укореняемость, что позволило получить максимальный чистый доход и довольно высокий уровень рентабельности (таблица 2). В контрольном варианте вследствие более низкой себестоимости черенков был получен самый высокий уровень рентабельности. Вариант со смесью торфа и вермикулита занимал промежуточное положение.

Таблица 2

*Экономическая эффективность использования разных типов субстратов при получении черенков королевской пеларгонии, 2023 г.*

Показатель	Субстрат		
	торф+песок (стандарт)	торф+вермикулит	торф+перлит
Количество укорененных черенков, шт. (%)	80 (80%)	86 (86%)	93 (93%)
Стоимость валовой продукции с 1 м <sup>2</sup> , руб.	14400	15480	16740
Производственные затраты на 1 м <sup>2</sup> , руб.	3680	5019,2	5182,6
Себестоимость черенков с 1 м <sup>2</sup> , руб.	46	58,4	55,7
Чистый доход с 1 м <sup>2</sup> , руб.	10720	10460,8	11557,4
Уровень рентабельности, %	291	208	223

Таким образом, все изучаемые нами сорта характеризуются выдающимися декоративными качествами по продолжительности цветения можно выделить сорта Клара Шуман, Бельведэр и Империял. Интересны в декоративном отношении Бургунди, Экзотик и сорт стандарт Африкан Бэлл. Лучшими для укоренения черенков пеларгонии королевской из изучаемых субстратов оказались смеси: перлит+торф и вермикулит+торф.

\*\*\*

1. Цветкова М. В. Цветоводство открытого грунта / М. В. Цветкова // Харьков. Белгород, ООО Книжный клуб, 2010. – 320с.
2. Гутиева Н. М. Новые сорта и перспективные гибриды королевской пеларгонии в условиях влажных субтропиков России / Н. М. Гутиева // Садоводство и виноградарство. – 2021. – № 6. – С. 5–9.
3. Болгов В. И. Методика первичного сортоизучения цветочных культур / В. И. Болгов, Т. В. Евсюкова, В. В. Козина. – М.: РАСХН. – 1998. – 40 с.
4. Рындин А. В. Цветочно-декоративные культуры в ФГБНУ ВНИИ-ЦиСК: состояние и пополнение коллекций / А. В. Рындин, Н. А. Слепченко // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2019. – № 25. – С. 206–210.





LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ИССЛЕДОВАНИЯ. ИННОВАЦИИ. ПРАКТИКА**  
**№4(9), Октябрь 2023**

ISSN 2949-3706



9 772949 370001 >

Подписано в печать 25.10.2023. Тираж 400 экз.  
Формат.60x84/16. Объем уч.-изд. л.1,84  
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович