

УДК: 111+168

DOI: 10.15372/PS20260102

EDN: VSFKSQ

**И.А. Гущин****МАТЕМАТИКА, ФАЛЬСИФИЦИРУЕМОСТЬ  
И ПРИНЦИПЫ АБСТРАКЦИИ<sup>1</sup>**

В статье рассматривается возможность применения принципа фальсификации К. Поппера к математике. Распространенной является позиция, что принцип фальсификации может быть применен только к эмпирическим наукам, так как утверждения не об окружающем мире фальсифицировать невозможно. Задача этой статьи – показать, что применение принципа фальсификации к математике может быть интересным прагматически, а также реализуемым.

В первой части статьи речь идет о самом принципе фальсификации и о том, почему вопрос о фальсифицируемости математики в принципе является достойным исследования. Во второй части представлена аргументация в пользу того, что основной причиной кажущейся нефальсифицируемости и ненаучности математики является неявное принятие исследователями позиции традиционного математического платонизма. В третьей части рассматривается вариант использования принципов абстракции для преобразования традиционного платонизма в версию натурализма. При принятии метафизики и эпистемологии такой позиции математика оказывается фальсифицируемой наравне с другими науками.

*Ключевые слова:* математический платонизм; натурализм; принципы абстракции; принцип фальсификации; проблема демаркации

**I.A. Gushchin****MATHEMATICS, FALSIFIABILITY,  
AND ABSTRACTION PRINCIPLES**

The article considers the possibility of applying Karl Popper's principle of falsification to mathematics. A common position is that the principle of falsification can only be applied to the empirical sciences, since statements not about

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-28-01287, <https://rscf.ru/project/25-28-01287/>.

the surrounding world are inherently unfalsifiable. The purpose of this article is to demonstrate that applying the principle of falsification to mathematics can be pragmatically interesting and feasible.

The first part of the article discusses the principle of falsification itself and why the question of the falsifiability of mathematics is basically worthy of study. The second part presents an argument that the main cause for the apparent unfalsifiability and the lack of scientific status of mathematics is the implicit acceptance of traditional mathematical Platonism by researchers. The third part examines the possibility of employing abstraction principles to transform traditional Platonism into a version of naturalism. By adopting the metaphysics and epistemology of such position, mathematics can be considered falsifiable on par with other sciences.

*Keywords:* mathematical Platonism; naturalism; principles of abstraction; principle of falsification; demarcation problem

Принцип фальсификации был сформулирован К. Поппером [8] как способ решить проблему демаркации между научными и ненаучными системами знания. В основе этого принципа лежит идея, что особенность науки заключается в принципиальной опровержимости ее утверждений, тогда как ненаучные утверждения специфичны своей неопровержимостью. Данный принцип задумывался К. Поппером как альтернатива принципу верификации и на сегодняшний день является популярным способом различать научные и ненаучные<sup>2</sup> теории. В задачу данной статьи не входит рассмотрение того, является ли принцип фальсификации хорошим решением проблемы демаркации. Я принимаю как допущение утверждение о том, что «принцип фальсификации позволяет отличать научные теории от ненаучных», а в дальнейшем рассматриваю, какие следствия принятие этого тезиса вызывает в отношении математики. Также я оставляю

---

<sup>2</sup> Существует ряд различных классификаций таких теорий, в частности выделяются теории псевдонаучные, лженаучные, антинаучные и т. п., но так как в контексте применения критерия К. Поппера между ними нет существенных различий, одинаковым образом отделяя их от научных, в рамках данной статьи я буду использовать нейтральный термин «ненаучная теория». Само сочетание «ненаучная теория» может показаться отчасти противоречивым, поскольку термин «теория» изначально имеет научные коннотации, но в данном случае это упрощающая условность.

в стороне представления самого К. Поппера о таких формальных системах знания, как логика и математика, так как данное исследование не носит историко-философский характер.

### **1. Принцип фальсификации и его следствия для математики**

Основная идея принципа фальсификации состоит в следующем: предложения научных теорий должны быть хотя бы потенциально опровержимыми. Иными словами, должна быть возможна такая процедура, при которой то, что выражено в предложении, может быть подвергнуто такой проверке, что при ее провале от данного предложения нужно будет отказаться как от ложного. В стандартном представлении о принципе фальсификации под такой проверкой предполагается эмпирическая проверка, например возможность проведения эксперимента. При этом даже если соответствующую проверку невозможно провести при современном уровне развития технологий, но она является возможной, то принцип фальсификации нарушенным не считается. В качестве примера К. Поппер приводит утверждения А. Эйнштейна о гравитации, которые были успешно подвергнуты такой проверке (т.е. являлись изначально опровержимыми). По итогам проверки эти утверждения подтвердились, однако если бы этого не случилось, то они были бы признаны ложными.

Для того чтобы более точно применять принцип фальсификации, я предлагаю использовать следующую концептуальную схему, разделяющую общий вопрос о фальсифицируемости на несколько более простых вопросов:

- 1) какие объекты постулируются теорией?
- 2) что используется как метод обоснования теории?
- 3) какими способностями должны обладать агенты убеждений и знаний в этой теории?

Первый вопрос – про своеобразную дескриптивную метафизику. Для того чтобы предложения теории являлись фальсифицируемыми, ее объекты должны описываться (хотя бы потенциально) таким образом, чтобы о них в целом получались осмысленные предложения.

Второй вопрос состоит в том, как именно в рамках теории генерируются обоснования. Если методом обоснования теории является что-то, что не может быть представлено в виде адекватной эпистемологии, то фальсификация предложений такой теории недостижима. Например, интроспективная психология предполагает крайне странную эпистемологию, в рамках которой наилучшим способом обоснования считается обращение агента к своим состояниям, эпистемическим доступом к которым обладает только сам агент. В рамках такого представления вряд ли возможно ставить вопрос о фальсифицируемости, так как сам агент «непогрешим» в отношении своих ментальных состояний, а остальные агенты никаким образом не могут осуществить проверку того, находится ли агент в этом состоянии [1]. Первый и второй вопросы, помимо самостоятельной содержательности, также предполагают, что ответы на них должны быть одновременно приемлемыми<sup>3</sup>.

Третий вопрос подразумевает, что значения предложений фальсифицируемой теории должны быть хотя бы в принципе общедоступными и общезначимыми, т.е. если теория изначально предполагает, что пользоваться ею и развивать ее могут только некоторые «избранные» с особыми способностями, то и фальсифицировать ее будет затруднительно.

Важной деталью является то, что фальсифицируемость – необходимое, но недостаточное условие, чтобы считать предложение какой-либо системы знания научным. В частности, предложения формата «Человек *A* выразит свое неудовольствие, если обвинить его во лжи» являются фальсифицируемыми: постулируемый объект определен, предполагаемая эпистемология адекватная (подойдет любая современная эпистемология), а от агента требуется только быть компетентным пользователем естественного языка. Процедура попытки опровержения выявит либо правильность данного предсказания, либо его неправильность. Однако данное предложение не обязательно представлять как часть некоторой научной теории, его можно рассматривать просто как часть «обыденного знания». Это означает, что доказательство фальсифицируемости математики не снимет всех воз-

---

<sup>3</sup> Вопрос об одновременной приемлемости метафизики и эпистемологии был обозначен К. Пикоком [7] и был назван им проблемой интеграции.

ражений против ее научного статуса, но разбор остальных возражений в задачи этой статьи не входит.

Также нужно отметить, что в принципе предложения некоторых ненаучных теорий являются опровержимыми или могли бы быть опровержимыми. То, что делает их ненаучными, – это скорее действия тех, кто эти теории создает и кто их придерживается. Сам К. Поппер приводит в качестве примеров астрологию, чья стилистика изначально зачастую предполагает размывание значения предложений, что делает предложения астрологии непроверяемыми, а также психоанализ, сторонники которого, столкнувшись с опровержением, применяют конвенциональную уловку: они не отказываются от теории, а создают новое объяснение, снимая противоречие между ней и опровержением. Эта особенность поведения сторонников теорий будет важна в контексте обсуждения фальсифицируемости математики, потому что ученые-математики к размыванию значений предложений своих теорий и конвенциональным уловкам не склонны<sup>4</sup>.

В первом приближении кажется, что применение принципа фальсификации к математике дает очевидный результат: математика постулирует предельно абстрактные объекты, даже более абстрактные, чем, например, мистические системы знания, и так же, как они, продуцирует об этих объектах «вечные» истины, а доступны эти истины только «избранным» – самим математикам и тем, кто освоил особые способы такого продуцирования математических истин.

Однако есть ряд соображений, почему такое представление мало связано с реальным положением дел в математике. Начать можно с самого представления о математике как науке о паттернах (описываемых теориями чисел, вероятностей и т.д.). В самой природе этих паттернов нет ничего такого, чтобы считать, что утверждения о них не могут быть фальсифицированы, а это значит, что проблема кроется в чем-то другом. Если эмпирическая наука предполагает осуществление процедуры опровержения через поиск его в «окружающем мире», то почему наука о паттернах, по аналогии, не могла бы осуществлять процедуру опровержения через поиск его в самих паттернах?

---

<sup>4</sup> Существуют разнообразные исследования специфики деятельности математиков в области философии математической практики (например, [5]).

Другой важной причиной сомневаться в ненаучности математики является ее безусловная важность для эмпирических и других наук. В рамках данного исследования останется в стороне проблемный вопрос об устранимости или неустраимости математики [5], но даже если согласиться с тем, что математика все-таки является устранимой, в действительности математика все равно используется учеными в их очевидно научной деятельности. Кажется странным, что научные теории были созданы и развиваются при помощи некоей ненаучной практики.

Связанным с предыдущим соображением также является тот факт, что математика «работает». Под «работает» здесь подразумевается то, что ее использование действительно помогает ученым изучать окружающий мир. Ненаучные системы знания тоже контингентным образом могут оказывать помощь науке, но не в таком масштабе и не на таком большом промежутке времени, как это происходит в случае с математикой.

Помимо этого, в самой математической практике содержится то, что как минимум похоже на проявления фальсифицируемости. Например, в существующих доказательствах зачастую обнаруживаются ошибки, и в этом случае «доказанная» таким доказательством теорема признается недоказанной. Такая процедура в целом похожа на то, как осуществляется опровержение утверждений эмпирических наук.

Более масштабным примером являются случаи пересмотра наборов аксиом. Добавление или удаление некоторых из них – стандартный ход в рамках математической практики, и зачастую это вызвано тем, что получающаяся теория неудовлетворительно описывает универсум постулируемых объектов. Иными словами, признается, что некоторый набор аксиом не соответствует этому универсуму, а это очень похоже на то, как некоторая физическая теория признается не соответствующей физическому миру. Связанной особенностью является обнаружение парадоксов, таких как, например, парадокс Рассела или парадокс Бурали – Форти. Обнаружение таких парадоксов также служит основанием для отказа от определенной аксиоматической системы.

Своей спецификой обладают используемые в современной математике компьютерные доказательства, а также компьютерные системы проверки правильности доказательства. Тот факт, что некоторое доказательство может быть признано неправильным при помощи

компьютера, также напоминает процедуру подлинной проверки теории через опровержение.

Иными словами, причин сомневаться в нефальсифицируемости математики обнаруживается достаточно много, даже если выносить за скобки то, что признавать ненаучной столь важную для современной науки систему знания контринтуитивно. Для решения данной проблемы сначала нужно идентифицировать ее причину, и, на мой взгляд, причиной этой является принятие, зачастую неявное, некоторыми исследователями математического платонизма.

## **2. Математический платонизм как причина нефальсифицируемости математики**

В первую очередь необходимо прояснить, о каком платонизме идет речь. В современной философии математики позицию платонизма связывают с именем У. Куайна и понятием онтологических обязательств [10]. Позиция У. Куайна заключается в том, что математические объекты идут «в нагрузку» к нашим лучшим научным теориям<sup>5</sup>. Конкретно имеется в виду, что квантификация в рамках научных теорий «идет» не только по физическим объектам, но и по абстрактным. При этом чем меньше этих объектов мы используем, тем лучше. Полностью от них избавиться нельзя, а те, от которых можно, редуцируются к множествам [2]. Дальнейшее развитие эта идея получила у Х. Патнэма [9]: математика в целом неустранима из наших лучших научных теорий, т.е. без квантификации по абстрактным объектам обойтись нельзя. При этом математические объекты понимаются в духе традиционного платонизма как некие абстрактные сущности, не связанные причинно-следственными отношениями с объектами физического мира.

Платонизм воспринимается как очевидный кандидат на роль метафизики для математики, так как представление о математических объектах как о некоторых абстрактных сущностях соответствует интуитивному представлению о математических исследованиях как от-

---

<sup>5</sup> Здесь можно обратить внимание, что научный статус математики уже имплицитно подвергается сомнению: математика оказывается добавлением к науке, а не самой наукой.

крытиях некоторых фактов о математических объектах. Однако именно он и оказывается причиной возникновения идеи о том, что математика не фальсифицируется и представляется ненаучной системой знания. Для демонстрации этого применим концептуальную схему принципа фальсификации к математическому платонизму.

1. Математика изучает абстрактные объекты, находящиеся вне пространства и времени и не имеющие каузальных или иных отношений с объектами физического мира. Несмотря на указанную выше интуитивность такого представления о математике, именно оно лежит в основании проблем с применением к ней принципа фальсификации. Как можно пробовать опровергать математические предложения, если указывают эти предложения на то, что, согласно платонизму, даже не находится в физическом мире?

2. Адекватной эпистемологии математический платонизм вообще не предполагает, что было показано П. Бенацерафом в статье «Mathematical Truth» [3]. Если предлагаемые для изучения объекты не находятся в физическом мире, а также не вступают в каузальные отношения с физическими объектами, то совершенно непонятно, как о них можно иметь обоснованные убеждения.

3. От агента требуется обладать уникальной, непонятно как работающей способностью, которая как раз и позволяет получать эпистемический доступ к «миру» абстрактных объектов. В первую очередь такой способностью обладают сами математики.

При таком рассмотрении оказывается очевидным, что математика не фальсифицируется, а если вынести за скобки прагматические факторы, то и вовсе оказывается типичной ненаучной системой знания с непонятными сущностями, отсутствием нормальных объяснений того, как эти сущности познаются, и мистическими способностями тех, кто эти сущности пытается познать.

### **3. Натурализм с принципами абстракции как возможный путь к фальсифицируемости математики**

Наиболее очевидной стратегией выхода из сложившейся ситуации является обращение к натурализму в философии математики. В отношении эмпирических наук сомнений в ее фальсифицируемости



не возникает, а значит, имеет смысл опираться на связь математики именно с ними. Однако подход Куайна – Патнэма, как было указано выше, создает проблемы, а стало быть, от платонистской составляющей нужно уходить.

В современной философии математики существует большое разнообразие альтернативных платонизму позиций, однако в задачу данной статьи не входит рассмотрение их всех на предмет того, какие проблемы платонизма в философии математики они решают. Стоит задача более скромная: предложить такую философскую интерпретацию математики, которая позволяла бы понимать математические предложения как фальсифицируемые. Поэтому в качестве кандидатов я не буду рассматривать достаточно радикальные концепции вроде фикционализма Х. Филда [5]: представление о математических объектах как о фикциях вряд ли легко совместить с идеей фальсифицируемости, так как опровергать в таком случае, в общем-то, нечего, утверждения математики и так ложные. Также не будут рассматриваться различные версии структурализма – в силу того, что они скорее призваны решить дилемму П. Бенацерафа [3]. Наиболее подходящей в рамках поставленной задачи альтернативой математическому платонизму является натурализм П. Мэдди [6].

П. Мэдди предлагает рассматривать абстрактные объекты как реально существующие, но не в платонистском смысле, а как созданные людьми на основе взаимодействия с окружающей средой. В этом смысле ее проект все еще остается связанным с реализмом (т.е. не радикализируется до утверждения о том, что значительная часть утверждений математики ложная), но уходит от представления о математических объектах как о существующих вне зависимости от физического мира. При этом подчеркиваемая важная роль физического мира в процессе создания математических сущностей и знания о них сама по себе сближает математику с другими науками и в целом представляется наиболее прямолинейным путем к возможной фальсифицируемости математики. Разумеется, прямолинейность решения еще не означает его эффективности, однако отказываться от него стоит только при обнаружении неразрешимых проблем.

Для начала рассмотрим, как П. Мэдди предлагает интерпретировать возникновение логики и ее кажущийся априорный характер.

Основным для нее оказывается процесс эволюции, в рамках которого люди научились вырабатывать представления об объектах, свойствах, отношениях и зависимостях. Обобщение этих представлений на основе большого количества внешних данных со временем позволило людям понять, что все феномены подчиняются некоторым универсальным закономерностям, которые стали впоследствии законами классической логики. При этом сами законы классической логики являются упрощением того, что происходит в физическом мире: в частности, закон исключенного третьего имеет контрпримеры в окружающем мире. Тем не менее эти законы оказались «вшиты» нам в мозг в ходе эволюционного процесса, почему они и кажутся нам априорными. При таком подходе гарантированная правильность выводов в рамках классической логики не необходима, априорность минимальна, а альтернативные версии логики также имеют право на существование.

В отношении математики подход П. Мэдди реализуется сходным образом. Во-первых, самые простые математические истины – это логические истины. Чтобы генерировать более сложные математические истины, нам требуется интуитивное представление о рекурсивной последовательности потенциальной бесконечности. П. Мэдди утверждает, что достаточным доказательством наличия такой последовательности у людей является способность человека к владению языком. Раз мы теоретически можем строить бесконечные предложения, значит, и представление о рекурсивной последовательности потенциальной бесконечности у нас есть.

Серьезным недостатком подхода П. Мэдди является то, что она не объясняет, как конкретно происходит переход от физических объектов к объектам математики. Без такого объяснения возникновение математических объектов может быть понято как результат некоторого произвола, что ставит под сомнение объективный характер математики. Для решения этой проблемы я предлагаю использовать принципы абстракции.

Для начала рассмотрим простой пример. В некоторой части мира находятся два яблока и три яблока. Мы можем сделать утверждение, что два яблока и три яблока «дают» вместе пять яблок. Абстракцией от этого мы можем сделать утверждение « $2 + 3 = 5$ ». Иными словами,

мы осуществили переход к абстрактным объектам, которых до этого не было. Эта особенность оказывается важной в рамках натуралистского подхода: математические объекты не являются некими вечными сущностями, находящимися в особом метафизическом статусе, они создаются.

Выразить именно такой переход от яблок к числам можно через схему

$$\neg N(\$a = \$b) \quad N(a \quad b).$$

Здесь в левой части оказываются числа, а в правой – физические объекты,  $N$  – это предикат натуральности, а  $\$$  является символом обратной импликации указывающей, что данный принцип абстракции является динамическим, т.е. он позволяет расширять домен, что как раз требуется для выражения положения о том, что абстрактные объекты порождаются из физических. Такая особенность позволяет не только выразить важный для натурализма момент, заключающийся в том, что математические объекты не существуют заранее, но и помогает избежать парадоксов. После того как абстрактные объекты были порождены из физических, возможно порождение абстрактных объектов из других абстрактных объектов. Для этого используется следующая схема динамического принципа абстракции:

$$\neg N(\$a = \$b) \quad \neg N(a \quad b).$$

Применим к получившейся идее концептуальную схему принципа фальсификации.

1. Математика постулирует существование объектов двух типов: а) натуральные объекты, существование которых не противоречит натуралистской метафизике наших научных теорий; б) абстрактные объекты, полезные для наших теорий, созданные процедурой абстракции.

Такой натуралистский онтологический статус объектов не составляет особых проблем для применения принципа фальсификации к математике: объекты типа (а) ничем не отличаются от объектов, традиционно постулируемых эмпирическими науками, а объекты типа (б) производятся применением процедуры абстракции к объектам типа (а) и к другим объектам типа (б). Такие абстрактные объекты также

мало отличаются от абстрактных объектов, которые постулируют эмпирические науки, вроде материальных точек или идеального газа.

2. Методом обоснования является доказательство, но за счет натуралистской в своей основе эпистемологии, дополненной принципом абстракции, это не создает проблем для принципа фальсификации. Доказательства, в том числе и компьютерные, оказываются содержащими как минимум имплицитно эмпирический компонент, пусть и не настолько масштабный, как в случае с эмпирическими науками.

Стоит отметить, что одновременная приемлемость метафизики и эпистемологии по-прежнему остается не до конца очевидной ввиду самой трудности задачи, поставленной К. Пикоком [7], а в отношении математики – еще раньше П. Бенаццерафом [3]. Однако этот вопрос выходит за рамки данного исследования, так как даже если какие-то затруднения в ответе на этот вопрос остаются, метафизика и эпистемология достаточно одновременно приемлемы, чтобы не создавать проблем для применения принципа фальсификации.

3. От агента не требуется никаких уникальных способностей. Все, что он должен уметь, – ориентироваться в окружающем мире (для объектов типа (а)) и пользоваться принципом абстракции (для объектов типа (б)). Обе эти способности не являются чем-то специфичным только для математики, их наличие требуется для эффективного использования эмпирических теорий и даже для «обыденного знания».

Таким образом, можно утверждать, что все проблемы в отношении применения принципа фальсифицируемости к математике, которые возникали из-за принятия математического платонизма, снимаются принятием натуралистского подхода. Из других его преимуществ можно отметить относительную умеренность по сравнению с достаточно радикальными альтернативами вроде фикционализма или конструктивизма. Как уже отмечалось выше, этот подход не полностью избавляется от дилеммы П. Бенаццерафа, а также от проблем, показанных им раньше в работе «What Numbers Could Not Be» [4]. В частности, по-прежнему остается нерешенной проблема неопределенности того, чем являются конкретные числа, из-за того, что возможно бесконечное множество теоретико-множественных интерпре-

таций для каждого числа. Однако данные проблемы не кажутся неразрешимыми и представляют собой возможные пути развития математического натурализма с принципами абстракции.

## Литература

1. *Козырева О.А.* Критика картезианской концепции знания о себе в англоязычной аналитической философии: обзор основных стратегий // Эпистемология и философия науки. 2022. Т. 59, № 1. С. 94–116.
2. *Ламберов Л.Д.* Бенацераф и теоретико-множественный редукционистский реализм // Эпистемология и философия науки. 2021. Т. 58, № 1. С. 142–160.
3. *Benacerraf P.* Mathematical truth // The Journal of Philosophy. 1973. Vol. 70, iss. 19. P. 661–679.
4. *Benacerraf P.* What numbers could not be // The Philosophical Review. Durham: Duke University Press, 1965. Vol. 74, No. 1. P. 47–73.
5. *Field H.* Science Without Numbers: A Defence of Nominalism. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1980. 144 p.
6. *Maddy P.* A Plea for Natural Philosophy. Oxford: Oxford University Press, 2012. 192 p.
7. *Peacocke C.* Being Known. N.Y.: Oxford University Press, 1999. 368 p.
8. *Popper K.* Conjectures and Refutations. London: Routledge & K. Paul, 1963. 414 p.
9. *Putnam H.* Philosophy of Logic. N.Y.: Harper & Row, 1971. 76 p.
10. *Quine W.V.O.* From a logical point of view. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1953. 184 p.

## References

1. *Kozyreva, O.A.* (2022). Criticism of the Cartesian account of self-knowledge in English-speaking analytic philosophy: Overview of the main strategies. *Epistemologiya i filosofiya nauki* [Epistemology and Philosophy of Science], Vol. 59, No. 1, 94–116. (In Russ.).
2. *Lamberov, L.D.* (2021). Benacerraf and set-theoretic reductionist realism. *Epistemologiya i filosofiya nauki* [Epistemology and Philosophy of Science], Vol. 58, No. 1, 142–160. (In Russ.).
3. *Benacerraf, P.* (1973). Mathematical truth. *The Journal of Philosophy*, Vol. 70, Iss. 19, 661–679.
4. *Benacerraf, P.* (1965). What numbers could not be. *The Philosophical Review*. Durham, Duke University Press, Vol. 74, No. 1, 47–73.
5. *Field, H.* (1980). *Science Without Numbers: A Defence of Nominalism*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 144.

6. *Maddy, P.* (2012). *A Plea for Natural Philosophy*. Oxford, Oxford University Press, 192.
7. *Peacocke, C.* (1999). *Being Known*. New York, Oxford University Press, 368.
8. *Popper, K.* (1963). *Conjectures and Refutations*. London, Routledge & K. Paul, 414.
9. *Putnam, H.* (1971). *Philosophy of Logic*. New York, Harper & Row, 76.
10. *Quine, W.V.O.* (1953). *From a Logical Point of View*. Cambridge, MA, Harvard University Press, 184.

### Информация об авторе

*Гушчин Илья Андреевич* – Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (620002, Екатеринбург, просп. Ленина, 51).

[gushchin.ilya@urfu.ru](mailto:gushchin.ilya@urfu.ru)

### Information about the author

*Gushchin, Ilya Andreevich* – Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (51, Lenin Ave., Yekaterinburg, 620002, Russia).

[gushchin.ilya@urfu.ru](mailto:gushchin.ilya@urfu.ru)

Дата поступления 05.12.2025.

Принята к публикации 02.02.2026.