

УДК 371.388.6

DOI: 10.18384/2310-7219-2021-1-44-60

## УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ БАЗ ДАННЫХ КАК СРЕДСТВО ОСВОЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, РАСШИРЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО КРУГОЗОРА И РАЗВИТИЯ НАВЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ШКОЛЕ

**Птицына Е. В.<sup>1</sup>, Птицына И. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация

<sup>2</sup> Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана  
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, Российская Федерация

### **Аннотация**

**Цель.** Оценка возможностей использования больших баз данных в процессе реализации учебно-исследовательского подхода к получению теоретических знаний.

**Процедура и методы.** В статье проведён анализ необходимых умений для выполнения корректной работы, приведены примеры, дающие представление о необходимом уровне овладения методами математической статистики и программирования. Методом исследования являются анализ потенциала международных баз данных для выполнения учебно-исследовательских работ, конкретизация возможностей применения статистических тестов на языках программирования, изучаемых в школе.

**Результаты.** В рамках проведённой научной или учебно-методической работы были исследованы допустимость и перспективы изучения реальных данных для освоения учебного материала в школе. Исследование показало, что в начальной и основной школе подведение обучающихся к теоретическим выводам по естественнонаучным и некоторым гуманитарным дисциплинам возможно с помощью направления их по пути использования элементарной математики, в старших классах вполне возможно применение простейших статистических тестов на языке программирования Python. Предлагаемые средства позволяют улучшить формирование у обучающихся учебно-интеллектуальных навыков и сместят их позицию по отношению к учебным предметам от статичного восприятия в сторону активного изыскания.

**Теоретическая и/или практическая значимость.** Результаты исследования позволяют расширить приёмы применения принципа наглядности в обучении с помощью анализа реальных данных. Приводятся методические рекомендации по выполнению учебно-исследовательских работ на больших базах и по подготовке к данной деятельности.

**Ключевые слова:** учебно-исследовательская деятельность, большие базы данных, статистика, преподавание математики, преподавание информатики

# EDUCATIONAL AND RESEARCH WORK USING LARGE DATABASES AS A MEANS OF MASTERING THEORETICAL MATERIAL, EXPANDING MATHEMATICAL HORIZONS AND DEVELOPING PROGRAMMING SKILLS AT SCHOOL

**E. Ptitsyna<sup>1</sup>, I. Ptitsyna<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University,  
1, Leninskie Gory ul., Moscow, 119991, Russian Federation

<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University,  
5, str.1, 2-ya Baumanskaya ul., Moscow, 105005, Russian Federation

## **Abstract.**

**Aim.** To identify the applicability of large databases for the implementation of the educational and research approach as a means of mastering theoretical material.

**Methodology.** The article analyzes the necessary skills to perform correct work, provides examples that give an idea of the necessary level of mastering the methods of mathematical statistics and programming. The research methods are to analyze the potential of international databases for performing educational and research work, and to specify the possibilities of using statistical tests in programming languages studied at school.

**Results.** The feasibility and prospects of studying real data for the development of educational material at school were investigated. In primary and secondary schools, students can be brought to theoretical conclusions in natural Sciences and some Humanities by directing them along the path of using elementary mathematics. In high school, it is quite possible to use the simplest statistical tests in the Python programming language. This will improve the formation of students' educational and intellectual skills and shift their position in relation to academic subjects from static perception to active research.

**Research implications.** The results of the study allow us to expand the methods of applying the principle of illustrativeness in training by using real data analysis. Methodological recommendations are given for carrying out educational and research work on large bases and preparing for this activity.

**Keywords:** educational and research activities, large databases, statistics, teaching mathematics, teaching computer science

## **Введение**

Для полноценного усвоения знаний в педагогике разработано множество разнообразных приёмов. Одним из важнейших принципов является принцип наглядности в обучении, в чётком виде сформулированный Яном Комненским (1592–1670). Чешский педагог начал свою работу по дидактике в 35 лет и закончил через 5 лет, после чего переработал труд, назвав его «Великая дидактика», а потом выпустил ещё много знаменитых учебников. Дидактические взгляды Комненского отлично характеризует следующее программное утверждение: «...если мы

желаем привить обучающимся истинное и прочное знание вещей, вообще нужно обучать всему через личное наблюдение и чувственное доказательство»<sup>1</sup>.

Практическим отображением взглядов Я. А. Комненского была его книга «Мир чувственных вещей в картинках» с замечательными иллюстрациями и описаниями на латинском языке. С русским переводом «Мир чувственных вещей в картинках» был рекомендован Екатериной Великой в её Уставе о народных

<sup>1</sup> Комненский Я. А. Великая дидактика. Т. 1. М.: Государственное Учебно-педагогическое издательство Наркомпроса РСФСР, 1939. С. 208.

училищах (1786) под наименованием «Зрелище вселенные» для обучения латинскому<sup>1</sup>.

Каким образом возможна реализация принципа наглядности? Конечно, необходимо предоставлять обучающимся схемы, рисунки, показывать изучаемые предметы в природной обстановке, находить примеры применения различных утверждений в жизни, но другой важный приём – направлять обучающихся на самостоятельное нахождение подтверждений и примеров к теоретическим конструкциям, преподносимым в учебных пособиях и на уроках. Имевший немалое влияние на Екатерину Великую Жан-Жак Руссо делал акцент на необходимость в развитии самодеятельности обучающихся, умения наблюдать<sup>2</sup>. Таким образом, с принципом наглядности тесно связан вопрос учебно-исследовательской деятельности обучающихся, которая помогает отчасти сформировать научный способ мышления – желаемый итог школьного образования [4, с. 112]. Неоднократно указывалось, что в настоящее время проектно-исследовательская деятельность имеет тенденцию сливаться с реферативной [4; 12]. Опыт исследовательской деятельности сейчас отсутствует у многих десятиклассников, вступивших в старшую школу [7, с. 137]. Реферативная деятельность, при условии качественного выполнения, может быть одной из основ школьного образования, поскольку итог её работы напоминает синтез развёрнутых конспектов, а ведь самостоятельное конспектирование – серьёзный рычаг самообразования. Кроме стимулирования реферативных работ, важно направлять обучающихся к выполнению проектов и исследовательских работ (особенно межпредметных [10]). Они различны по своей целевой ориентации. Итог выполне-

ния проекта – осуществление проектного замысла (продукт), итог исследования – приобретение новых знаний об явлении (объекте) [3, с. 47]. Во многих случаях обучающихся возможно подводить к теоретическим выводам из учебных параграфов через небольшие исследовательские шаги. Это может быть задействовано и на обязательных занятиях, и на дополнительных – в случае нехватки времени. Однако важно подчеркнуть, что используемые для достижения цели методы должны быть максимально корректными: несмотря на учебный характер многих задач, обучающиеся должны приучаться действовать так, как будут действовать во взрослой жизни. При этом большую убедительность приобретут выводы, полученные ими из больших баз реальных данных, хорошим источником которых могут быть веб-платформа для программистов Kaggle<sup>3</sup>, а также агрегатор датасетов от Google<sup>4</sup>. Например, на уроках истории, географии, физики и астрономии может пригодиться Всемирная опись ледников. Всемирная опись ледников (World Glacier Inventory, WGI) была задумана ещё в XX в., первая её версия была составлена в течение Международного Геофизического года (1957–1958). Далее она пополнялась, и на данный момент открытая версия, выложенная на Kaggle<sup>5</sup>, содержит данные о 132890 ледниках и может быть рассмотрена как перечень ледников второй половины XX в. с указанием некоторых их характеристик: как геофизических (широта, долгота, минимальная и максимальная высота над уровнем моря, класс, источник ледника, направление накопления и аблации (таяния) и т. д.), так и исторических (дата нанесения на топографическую карту, дата аэрофотосъёмки). Это позволяет использовать её для иллю-

<sup>1</sup> Екатерина II Великая. Устав народным училищам в Российской империи, уложенный в царствование императрицы Екатерины II. СПб.: Б. и., 1786. С. 10.

<sup>2</sup> Медынский Е. Н. История педагогики. Ч. 1. Всеобщая история педагогики. М., 1941. С. 166.

<sup>3</sup> Kaggle [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com>.

<sup>4</sup> Dataset Search. URL: <https://datasetsearch.research.google.com>.

<sup>5</sup> World Glacier Inventory [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/nsidcorg/glacier-inventory>.

стации широкого спектра проблем при изучении различных тем учебных курсов (закономерности формирования ледников, история развития науки и др.). При этом для повышения интереса можно указать обучающимся, что, несмотря на то, что эта база является уникальной, потенциал WGI использован недостаточно. Если в плане закономерностей в природных характеристиках ледников основные законы очевидны, особый интерес представляют исторические сведения, содержащиеся в базе.

**Целью работы** является оценка возможностей использования больших баз данных в процессе реализации учебно-исследовательского подхода к получению теоретических знаний.

## Результаты

Укоренившийся вектор развития образования в сторону расширения объёма знаний обучающихся, размывания границ между школьной и профессиональной деятельностью позволяет реализовать выполнение обучающимися учебно-исследовательских работ на реальных данных. Рассмотрим методические рекомендации по организации учебно-исследовательской работы для обучающихся различных возрастов, связанной со Всемирной описью ледников.

Обучающимся может быть поставлена *учебная цель*: поиск неявных закономерностей во Всемирной описи ледников. Далее необходимо сформулировать задачи исследования обучающегося: выяснить влияние исторических событий на интенсивность изучения ледников, а также выявить или подтвердить общие закономерности природных характеристик ледяных массивов. Если подбирать базы, содержащие одновременно данные для выводов в сфере гуманитарных наук (например, история) и выводов в сфере естествознания (например, география, физика, астрономия), такие как Всемирная опись ледников, можно повысить интерес обучающихся с гуманитарной ориентацией к естественным наукам, и наоборот: если ученик увидит одновременно много столбцов данных разных типов, он может увлечься и захочет проанализировать все столбцы, а не только те, которые он собирался исследовать изначально. В качестве примеров подобраны четыре задачи, причём 1-ая относится к истории, а 2-ая, 3-я и 4-ая – к естествознанию. Итак, возможные варианты проблем для реализации в рамках работы обучающегося:

1. *Отображение исторических событий на интенсивности нанесения ледников на топографическую карту.* Для рассмотрения были отобраны ледники СССР, а также Китая, Индии, Непала, Пакистана, Бутана, и проведено сравнение количества нанесённых на топографическую карту в течение года ледников в различные годы.

2. *Северное и южное направление накопления ледников в Северном и Южном полушариях.* На положительных неровностях рельефа в Северном полушарии южный склон прогревается сильнее, чем северный, а в Южном – наоборот. Следовательно, большая часть ледников должна накапливаться на северных склонах: даже если ледник не является горным, в его движение вносят вклад особенности микрорельефа, поэтому была поставлена задача проверить, действительно ли ледники образуются в основном на менее прогреваемых склонах (северных в Северном полушарии, южных – в Южном).

3. *Западное и восточное направление накопления ледников.* Оседание утренней влажности на восточных и западных склонах одинаково. Однако так как в ранние часы солнце освещает сначала восточные склоны, испарение с них более интенсивно, чем с западных, поэтому и охлаждаются они больше. Западные склоны освещаются уже после относительного высыхания, и тепла на испарение затрачивается меньше, поэтому была поставлена задача проверить, соблюдается ли соотношение 1:1 между восточно- и западноориентированными ледниками.

4. Сравнение образа закручивания в Северном и Южном полушариях. Образ закручивания воздушных и водяных масс в Северном и Южном полушариях различается: к примеру, в наших широтах циклоны циркулируют против часовой стрелки, а за экватором – по часовой. Так как ледниковые массы обладают способностью к динамическому движению, была поставлена задача выяснить, различается ли направление закручивания ледников в разных полушариях. По направлению накопления и таяния были выделены 4 группы ледников: а) не меняющие направления (например,  $N > N$ ), б) закручивающиеся по часовой (например,  $N > NE/E/SE$ ), в) закручивающиеся против часовой (например,  $N > NW/W/SW$ ), г) меняющие направление на ровно противоположное (например,  $N > S$ ) (здесь до «» указано направление накопления, «» – направление таяния). Далее сопоставлены группы б) и в).

Какие методы будут использовать обучающиеся? Это зависит от того, в каких классах школы планируется проводить исследование. Обучающимся начальной и основной школы достаточно владеть простейшими арифметическими операциями и понимать принцип метода сравнения. Старшеклассникам желательно освоить простейшие параметрические и непараметрические статистические тесты. Элементы теории вероятности и статистики были введены в курс общеобразовательной школы с 2003 года [8, с. 3], в качестве учебника для начальных этапов отлично подходит дополнение к традиционным учебникам «Алгебра, 7, 8, 9» Ш. А. Алимова и др., а именно учебник И. Р. Высоцкого и др.<sup>1</sup> Дальнейшие шаги легко реализовать на дополнительных факультативных занятиях, причём в 9–11 классах мы можем порекомендовать использовать вузовские учебники, извест-

ные доступным изложением материала (например, пособие В. Е. Гмурмана<sup>2</sup>), и прилагаемые к ним задачники<sup>3</sup>. Если они покажутся сложными для обучающихся, можно использовать наглядную книгу С. Гланца<sup>4</sup>, в которой автор увлекательно для школьников излагает основы статистики, используя примеры из медицинской практики и фантастические образы (например, рост марсиан).

В случае малого количества данных статистические тесты могут быть выполнены вручную, в случае крупных баз необходимо применить знания, полученные на уроках информатики, и автоматизировать процесс.

R, распространённый язык программирования для статистической обработки данных, достаточно специфичен и не очень распространён в школах, но может применяться для выполнения исследовательских работ (работы обучающихся в СУНЦ МГУ [10–11]).

Изучение языка Python в настоящее время проводится как в рамках элективного курса по выбору [5], так и в рамках основного курса [2]. Используется он и в исследовательской (работа обучающегося в СУНЦ МГУ [1]), а также проектной (работа обучающегося в СУНЦ МГУ [9]) деятельности. Интересная особенность Python – обилие подключаемых модулей для решения математических и биоинформационных проблем. Классическая библиотека, имеющая функции статистических расчётов, – SciPy. Некоторые статистические тесты можно проводить, комбинируя функции других библиотек. При использовании автоматических статистических функций следует постоянно напоминать обучающимся, что они должны помнить проверяемые нулевые

<sup>2</sup> Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. М., 2003. 479 с.

<sup>3</sup> Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высш. школа, 1979. 400 с.

<sup>4</sup> Гланц С. Медико-биологическая статистика / пер. с англ. М., 1998. 459 с.

<sup>1</sup> Теория вероятностей и статистика: учеб. пособие для 7–9 классов общеобразоват. учреждений / И. Р. Высоцкий, А. А. Макаров, Ю. Н. Тюрин, И. В. Ященко. М., 2020. 256 с.

гипотезы (H0). При этом для удобной работы с данными полезны библиотеки `numpy` и `pandas`, а для визуализации – библиотеки `matplotlib`, `seaborn` и др. Обучение приёмам визуализации особенно важно, поскольку обычно, прежде чем ставить гипотезу, необходимо посмотреть на графики и диаграммы, отображающие данные, а потом уже проверять предположения. Обучающимся гораздо полезнее сначала строить графики и диаграммы, делать предварительные выводы, а потом уже ставить задачи строгой проверки своих предположений.

В качестве подходящей для школы веб-оболочки можно предложить `Jupyter Notebook` с удобным интерфейсом для написания кода и отображения графиков<sup>1</sup>.

В нашем примере изучения Всемирной описи ледников методы для выполнения поставленных задач могут быть описаны следующим образом.

Сначала ученик должен указать, на каком языке программирования были проведены все статистические тесты

(например, `Python3`). Далее, что желательно сделать ещё до реализации, необходимо прописать все тесты, которые планируется использовать в работе, а в скобках указать проверяемые нулевые гипотезы. При этом необходимо указать используемые аппроксимации. Для проверки того, осознаны ли обучающимися нулевые гипотезы, задачи, допущения и шаги тестов, полезно провести с учениками мини-коллоквиум. Он может быть построен в форме дискуссии-обсуждения того, какие тесты подходят для той или иной задачи, ведь выбор теста – важнейший шаг. Итогом должно стать описание методов, которые будут использованы в работе. Ниже будет приведён пример описания в нашем случае. После каждого пункта вписан фрагмент кода `Python`, реализующего данный тест. В коде вычисляется величина `p-value`, которую необходимо сравнить с принятым критическим значением, чтобы отвергнуть или принять нулевую гипотезу теста (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

**Сравнение вычисленного `p-value` с принятым критическим значением / Comparison of the calculated `p-value` with the accepted critical value**

Фрагмент кода	Пояснение
<pre>alpha = 0,05 if p_value &lt; alpha:     print ('Reject H0') else:     print ('Not reject H0')</pre>	alpha – это принятное критическое значение, <code>p_value</code> – вычисленное <code>p</code> -значение (р-уровень значимости).

1. Тест Манна-Уитни (H0: медианы двух выборок равны) (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

**Тест Манна-Уитни / The Mann-Whitney Test**

Фрагмент кода	Пояснение
<pre>import scipy from scipy.stats import mannwhitneyu</pre>	Импорт необходимых библиотек.

<sup>1</sup> Jupyter Notebook [Электронный ресурс]. URL: <https://jupyter.org>.

Фрагмент кода	Пояснение
<pre>result = mannwhitneyu (table 1 [“some_header”], table 2 [“some_header”], alternative = “two-sided”) p_value = result [1]</pre>	table1[“year”] указывает на выборку значений, являющуюся столбцом с заголовком “some_header” таблицы table 1, table 2 [“some_header”] – аналогично для table 2. Флаг alternative может принимать различные значения в зависимости от того, какую гипотезу мы хотим проверить – одностороннюю (“less”, “greater”) или двустороннюю (“two-sided”).

2.  $\chi^2$ -тест на независимость ( $H_0$ : факторы независимы) (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

**$\chi^2$ -тест на независимость /  $\chi^2$ -test for independence**

Фрагмент кода	Пояснение
<pre>import scipy from scipy.stats import chi2_contingency result = chi2_contingency (table) p_value = result [7]</pre>	Импорт необходимых библиотек. table указывает на таблицу сопряжённости, хранящуюся в виде списка списков.

Двувыборочный z-тест пропорций ( $H_0$ : доля 1 = доля 2 для двустороннего или доля 1 > доля 2 для одностороннего) (табл. 4).

Таблица 4 / Table 4

**Двувыборочный z-тест пропорций / Two-sample z-test of proportions**

Фрагмент кода	Пояснение
<pre>import numpy as np import scipy from scipy.stats import norm P = float (p1 * n1 + p2 * n2) / (n1 + n2) z_value = float (p1 - p2) / np.sqrt (P * (1.0 - P) * (1.0 / n1 + 1.0 / n2)) p_value = 2 * (1 - norm.cdf (np.abs (z_value), 0, 1)) #пример для двустороннего теста, поэтому умножаем на 2</pre>	Импорт необходимых библиотек. n1 и n2 – это размеры двух рассматриваемых выборок, p1 и p2 – реальные доли каких-то групп в этих двух выборках.

3. Одновыборочный z-тест пропорций ( $H_0$ : доля = ожидаемая доля для двустороннего или доля > ожидаемая доля для одностороннего) (табл. 5).

Таблица 5 / Table 5

## Одновыборочный z-тест пропорций / Single-sample z-test of proportions

Фрагмент кода	Пояснение
<pre>import numpy as np import scipy from scipy.stats import norm z_value = (p - p0) / np.sqrt(p0 * (1 - p0) / n) p_value = 2 * (1 - norm.cdf(np.abs(z_value), 0, 1))</pre>	<p>Импорт необходимых библиотек.</p> <p><math>n</math> – это размер выборки, <math>p</math> – реальная доля какой-то группы в выборке, <math>p0</math> – ожидаемая доля какой-то группы в выборке.</p>

$\chi^2$ -тест адекватности модели (goodness of fit) ( $H_0$ : случайная величина подчиняется закону распределения  $F(x)$ , в нашем случае соблюдаются пропорции) (табл. 6).

Таблица 6 / Table 6

 $\chi^2$ -тест адекватности модели /  $\chi^2$ -test of the model adequacy

Фрагмент кода	Пояснение
<pre>import scipy from scipy.stats import chi2 chi = (((p_x_observed - p_x_expected)**2) / p_x_expected) + (((p_y_observed - p_y_expected)**2) / p_y_expected) p_value = 1 - chi2.cdf(chi, 1)</pre>	<p>Импорт необходимых библиотек.</p> <p><math>x_{\text{observed}}</math> – наблюдаемая доля, <math>x_{\text{expected}}</math> – ожидаемая доля, аналогично для <math>y</math>. Например, если бы мы рассматривали 1000 ледников (510 ледников группы <math>x</math> и 490 ледников группы <math>y</math>) и хотели проверить, наблюдается ли соотношение 1:1 между ледниками группы <math>x</math> и группой <math>y</math>, то мы бы подставляли в формулу для <math>\chi</math> <math>p_x_{\text{observed}} = 510/1000</math>, <math>p_x_{\text{expected}} = 500/1000</math>, аналогично для <math>y</math>.</p>

4.  $\chi^2$ -тест на независимость.

Для проверки на нормальность, необходимой для выбора между параметрическими и непараметрическими тестами, использованы тесты Шапиро-Уилка ( $H_0$ : случайная величина нормально распределена) (табл. 7).

Таблица 7 / Table 7

 $\chi^2$ -тест на независимость /  $\chi^2$ -test for independence

Фрагмент кода	Пояснение
<pre>import scipy from scipy.stats import shapiro result = Shapiro(table1['some_header']) p_value = result [7]</pre>	<p>Импорт необходимых библиотек.</p> <p><math>\text{table1}[\text{'some_header'}]</math> указывает на выборку, являющуюся столбцом с заголовком 'some_header' таблицы table 1.</p>

Для применения z-тестов аппроксимация биномиального распределения нормальным обоснована выполнением условий  $n > 40$ ,  $n * p_{\text{expected}} > 5$  и  $n * (1 - p_{\text{expected}}) > 5$  для одновыборочного теста, где  $n$  – размер выборки,  $p_{\text{expected}}$  – ожидаемая доля;  $n_1 + n_2 > 40$ ,  $(n_1 + n_2) * ((N(\text{успехов 1}) + N(\text{успехов 2})) / (n_1 + n_2)) > 5$ ,  $(n_1 + n_2) * (1 - ((N(\text{успехов 1}) + N(\text{успехов 2})) / (n_1 + n_2))) > 5$  для двувыборочного, где  $n_1$ ,  $n_2$  – размеры выборок,  $N(\text{успехов 1})$  и  $N(\text{успехов 2})$  – количество успехов в первой и второй выборках.

**После проведения исследования обучающийся должен чётко описать результаты.** Опишем результаты, полученные для наших задач.

**1А.** Количество ледников, нанесённых на топографическую карту СССР в течение года, варьирует в широких пределах (рис. 1, 2): от 2 (1966) до 996 ледников / год (1953). Значительный разброс в данных отлично подходит для иллюстрирования различий между выборкой и генеральной совокупностью для учащегося, здесь он и получит представление о важности правильного назначения выборки.

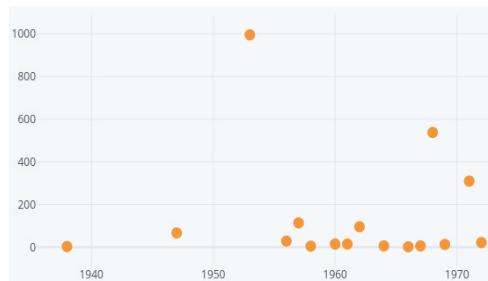
Значение 1953 г. – значительный выброс (рис. 1). Необходимо проговорить с обучающимся определение выброса.

Интересно, что все ледники 1953 г. находятся за Полярным кругом ( $66^{\circ}33'$ ). Если попросить обучающегося ещё раз са-

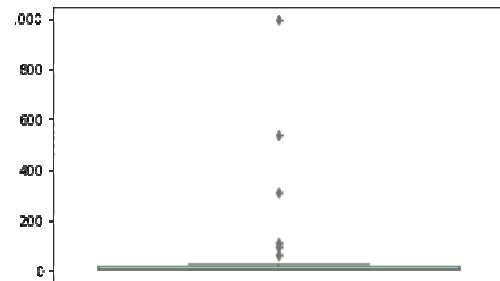
мому найти в учебнике широту, означающую Полярный круг, а далее средствами языка Python выяснить, удовлетворяют ли ледники СССР неравенству «широтная координата < широта Полярного круга», значение  $66^{\circ}33'$  значительно лучше отложится в его памяти.

С чем это может быть связано? Здесь обучающемуся необходимо проявить способности к поиску информации. Можно предложить следующее объяснение. Арктика с самого начала представляла для СССР интерес с точки зрения военного присутствия и военных испытаний. Постепенно с осознанием недостаточности Семипалатинского ядерного полигона была создана комиссия для выбора места нового полигона. 17 сентября в 1954 г. на архипелаге Новая Земля был открыт ядерный полигон. Конечно, выбор места полигона требовал знаний о ледяном покрове местности; возможно, именно в связи с потребностью в информационном снабжении комиссии топографические данные по ледникам арктического региона были собраны и нанесены на карты (вероятнее всего, материалы были рассекречены не в те же годы, а впоследствии). В дальнейшем можно осуществить просмотр в школьном киноклубе документальных фильмов, связанных с ядерными испытаниями в СССР.

**1Б.** По количеству открытых ледников, имеющих датировки нанесения на



**Рис. 1 / Fig. 1.** Интенсивность нанесения ледников на топографическую карту СССР по годам (ледников / год) / Intensity of application of glaciers to the topographic map of the USSR by year (glaciers / year)



**Рис. 2 / Fig. 2.** Интенсивность нанесения ледников на топографическую карту СССР по годам (ледников / год) / Intensity of application of glaciers to the topographic map of the USSR by year (glaciers / year)

топографическую карту, с отрывом ли- дируют Китай (45616), Канада (15266), Пакистан (5233) и Индия (3919). Большое количество ледников в Канаде обусловлено обилием северных покровных оле- денений, наше внимание было обращено на горные. Лидерство Китая, Пакистана и Непала связано с расположением Гимала- ев – высочайшей горной системы мира – на территории Китая, Индии, Непала, Пакистана, Бутана, Бангладеша и Мьян- мы, интенсивность нанесения на карту ледников этих стран представлена ниже (рис. 3). После данного заключения обуча- ющиеся хорошо запомнят, что Джомо- лунгма, самая высокая горная вершина, расположена среди снежных вершин Гимала- ев.

Как видно из графиков, после долгого перерыва после незначительных исследо- ваний в 1910 и 1925 гг. гляциологические публикации были возобновлены с сере- дины 1960-х гг.

*Приведём примеры объяснений.*

В 1965 г. в Китае на базе двух отделов Института географии АН КНР (гляцио- логии, мерзлотоведения и изучения пустынь) был создан объединённый Ин- ститут гляциологии, мерзлотоведения и изучения пустынь, начавший активную деятельность, особый вклад в которую внесла Тяньшанская гляциологическая станция, издавшая свои труды в 1965 г. (Пекин). В 1965 г. на топографические карты было нанесено 217 ледников. По- вышение внимания к ледникам может быть связано с началом строительства высокогорного Каракорумского шоссе (1966–1986) – «дороги дружбы» между Китаем и Пакистаном в знак противосто- яния Индии [14]. Конечно, строительство дорожного полотна требовало гляциоло- гических и геологических исследований затрагиваемых районов. Подобные выводы могут быть важны для профессиональной ориентации школьников. В данном случае

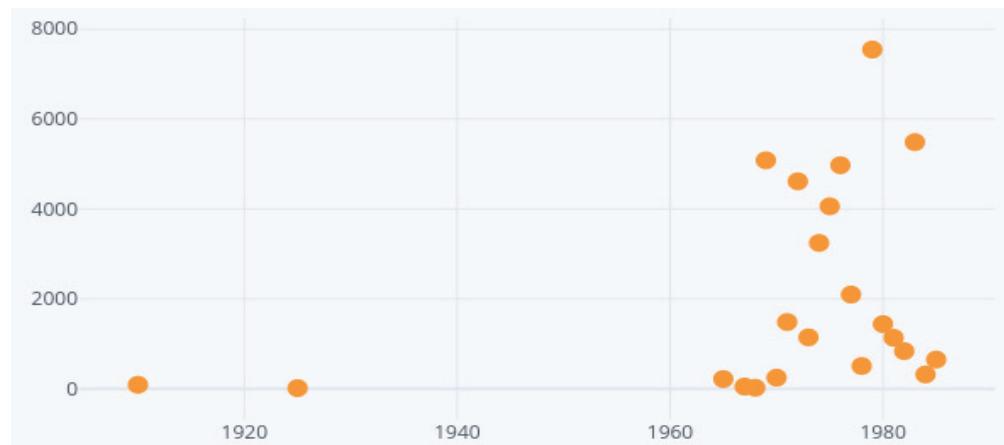


**Рис. 3 / Fig. 3.** Интенсивность нанесения ледников на топографическую карту стран гималайского региона по годам (ледников/год) (составлено авторами) / Intensity of application of glaciers to the topographic map of countries of the Himalayan region by year (glaciers / year)

наглядно видна взаимосвязь политики, инженерного дела и гляциологии.

С 1966 г. в Китае началась «культурная революция» (Мао Цзэдун), во времена

которой многие полевые работы с китайской стороны были прерваны: к примеру, в 1967 и 1968 гг. на карты было нанесено 50 и 24 ледника соответственно (рис. 4).



**Рис. 4 / Fig. 4.** Интенсивность нанесения ледников на топографическую карту Китая по годам (ледников/год) (составлено авторами) / Intensity of application of glaciers to the topographic map of China by year (glaciers / year)

Концом культурной революции считают 1976 г., но ослабление полевых исследований было только до середины 1970-х гг. [6, с. 11], в середине 1970-х активизировалось строительство шоссе, поэтому затишье было прервано. Заметим, что всплеск количества ледников в 1969 г. могло внести освоение Гималаев со стороны Пакистана, конечно, связанное не только со строительством Каракорумской трассы, а с общим развитием территории: все 5081 ледник 1969 г. находятся на пакистанской территории, а не на китайской. 1960–1969 – «Великое десятилетие» в истории Пакистана, период президентства Айюб Хана, во времена которого наблюдалась значительный экономический рост и развитие науки [13]. К 1969 г. можно ожидать проявления эффекта выхода собранной за прогрессивное десятилетие информации; отсутствие данных за 1960–1964 гг. можно связать не с отсутствием пакистанских экспедиций, а с эффектом запаздывания публикации их трудов относительно года самих поле-

вых работ. Если направить обучающегося по подобному пути разработки многофакторной модели-объяснения (в данном случае мы обратили внимание на вклад в освоение территории со стороны двух стран), в дальнейшем он сможет искать подобные ветви рассуждений в своей работе после школы.

Как мы заметили выше, со второй половины 1970-х гг. возобновилась активность по строительству Каракорумского шоссе, развивалась дорожная сеть Тибета. Потребность в ещё более активной деятельности по изучению ледников выразилась в разделении китайского Института гляциологии, мерзлотоведения и изучения пустынь на два самостоятельных фундаментальных института в 1978 г. [6, с. 11]. Максимальное число ледников из отобранного множества, нанесённых на топографическую карту, – 7544 штуки (1979 г.).

Строительство Каракорумского шоссе было завершено в 1986 г., последние же топографические данные по отобранным ледникам в нашей базе относятся в 1985 г.

Теперь необходимо статистически обосновать рассуждения, приведённые выше. Обучающиеся начальной и основной школы могут ограничиться анализом графиков.

Была проверена гипотеза о том, что максимальное число ледников было нанесено на топографические карты гималайского района в период особого транспортного освоения территории, а как рамки выбраны годы строительства Каракорумского шоссе (1966–1986). Тест Манна-Уитни показал, что на 5% уровне значимости ежегодная интенсивность открытия ледников различается в 1966–1986 гг. и за их пределами ( $T = 1120$ ,  $pval = 4.1148e-11$ ) (Тест Шапиро-Уилка показал, что на 5% уровне значимости данные не распределены нормально ( $T = 0.8097$ ,  $pval = 1.0881e-05$ ;  $T = 0.6474$ ,  $pval = 5.0908e-15$ )).

Так как китайская культурная революция касается исключительно Китая, далее было проверено, что действительно во время первого этапа культурной революции в Китае (1966–1968) наблюдалось некоторое снижение гляциологической активности даже в период строительства Каракорумского шоссе (1966–1986) – при этом были проанализированы только ледники китайской территории. Хотя культурная революция общепринято закончилась в 1976 г., «оттепель» для наук о Земле в КНР наступила уже в 1975 г. (например, были опубликованы материалы экспедиции 1968 г.). Тест Манна-Уитни показал, что на 5% уровне значимости ежегодная интенсивность открытия ледников в течение периода строительства Каракорумского шоссе различается до и после 1975 г., считая 1975 г. уже активным ( $T = 160$ ,  $pval = 0.0211$ ) (тест Шапиро-Уилка показал, что на 5% уровне значимости данные не распределены нормально ( $T = 0.7534$ ,  $pval = 0.0002$ ;  $T = 0.8388$ ,  $pval = 3.3342e-05$ )). Даже если условно считать, что исследования возобновились с 1976 г., тест Манна-Уитни показал, что на 5-процентном уровне

значимости ежегодная интенсивность открытия ледников в течение периода строительства Каракорумского шоссе различается до и после 1975 г., не считая 1975 г. активным ( $T = 710$ ,  $pval = 9.0314e-06$ ) (тест Шапиро-Уилка показал, что на 5-процентном уровне значимости данные не распределены нормально ( $T = 0.7534$ ,  $pval = 0.0002$ ;  $T = 0.7519$ ,  $pval = 9.6987e-15$ )).

Полученные результаты позволяют обучающимся коснуться некоторых моментов военной истории СССР, а также углубиться в историю таких близко расположенных стран, как Китай, Пакистан, Индия и др., что особенно интересно для жителей юго-восточных районов нашей страны.

2. Доля ледников различного направления аккумуляции представлена ниже (рис. 5, 6). Действительно, в Северном полушарии преобладают N, NE, NW направления, а в Южном – S, SE, SW. Обучающиеся начальной и основной школы могут ограничиться сравнением чисел (количество ледников), обучающимся старшей школы возможно провести статистический тест.

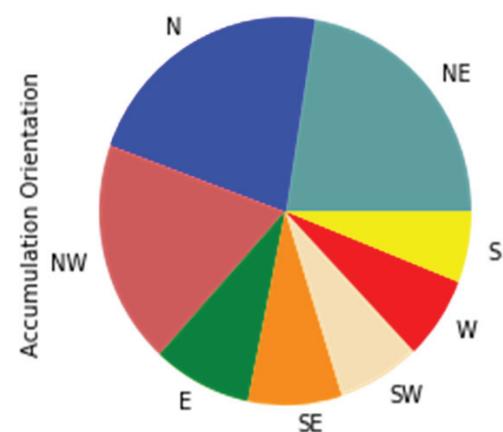


Рис. 5 / Fig. 5. Направление накопления ледников Северного полушария / Orientation of glaciers accumulation in the Northern hemisphere

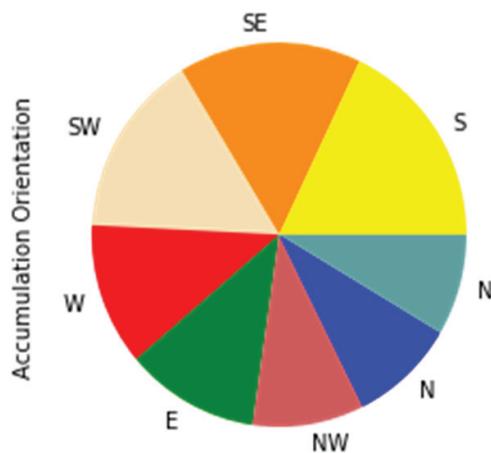


Рис. 6 / Fig. 6. Направление накопления ледников Южного полушария / Orientation of glaciers accumulation in the Southern hemisphere

Для проверки независимости факторов выбор был сделан в пользу  $\chi^2$ -теста на независимость, а не точного теста Фишера, так как ни в одной из ячеек таблицы ожидаемых значений не встретилось числа, меньшего или равного 5. *Обучающимся необходимо самостоятельно сделать выбор в пользу того или иного теста.*

Н0: факторы «полушарие» и «направление накопления» независимы.  $\chi^2$ -тест на независимость показал, что на 5-процентном уровне значимости есть доказательство того, что принадлежность

ледника к определённому полушарию и направление его накопления не являются независимыми ( $T = 4965.193$ ,  $pval \rightarrow 0$ ).

Далее направления N, NE и NW были объединены под одним условно северным направлением, а S, SE и SW, E и W были объединены в группу остальных направлений (рис. 7, 8).

*Способность к объединению нескольких категорий по некоему принципу должна быть хорошо развита у обучающегося школы.*

$\chi^2$ -тест на независимость показал, что на 5-процентном уровне значимости есть доказательство того, что принадлежность ледника к определённому полушарию и направление накопления, если разделять лишь условно северное и иное направления, не являются независимыми ( $T = 4291.561$ ,  $pval \rightarrow 0$ ). То же для направления аблации ( $T = 5741.009$ ,  $pval \rightarrow 0$ , и  $T = 5057.805$ ,  $pval \rightarrow 0$  соответственно). Двувыборочный z-test пропорций ( $(n_1 + n_2 = 132890 > 40$ ,  $((n_1 + n_2) * ((N \text{ (успехов 1)} + N \text{ (успехов 2)}) / (n_1 + n_2))) = 69244 > 5$ ,  $((n_1 + n_2) * (1 - ((N \text{ (успехов 1)} + N \text{ (успехов 2)}) / (n_1 + n_2)))) \sim 63646 > 5$ , где  $n_1$  и  $n_2$  – размеры выборок,  $N$  (успехов 1) и  $N$  (успехов 2) – количество успехов в первой и второй выборках) показал, что на 5-процентном уровне значи-

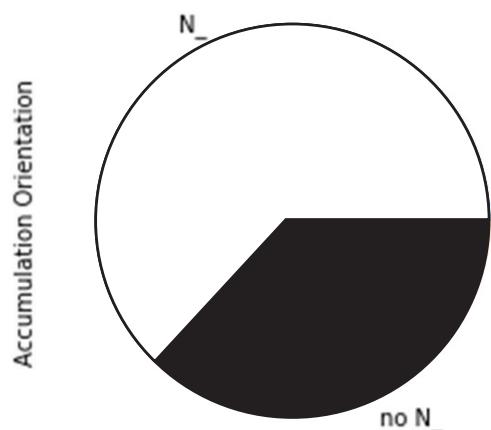


Рис. 7 / Fig. 7. Направление накопления ледников Северного полушария / Orientation of glaciers accumulation in the Northern hemisphere

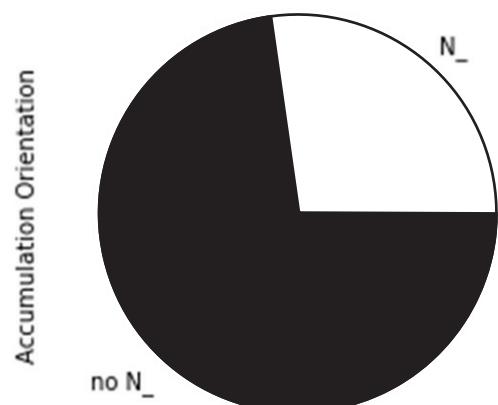


Рис. 8 / Fig. 8. Направление накопления ледников Южного полушария / Orientation of glaciers accumulation in the Southern hemisphere

ности есть доказательство того, что доля ледников условно северного направления не равна в Северном и Южном полушариях, причём в Северном полушарии доля ледников северного полушария больше ( $T = 81,6881$ ,  $pval \rightarrow 0$  и для двухстороннего, и для одностороннего тестов). Действительно, предполагаемая по  $H_0$  разность долей 0 не попадает в 95% доверительный интервал ( $0,351; 0,367$ ), поэтому мы можем отвергнуть  $H_0$ , заключающуюся в равенстве долей. Интерпретация заключается в том, что мы на 95% уверены, что истинная разность долей находится в интервале ( $0,351; 0,367$ ). *Интерпретировать доверительный интервал верно очень важно для понимания его сущности, поэтому можно посоветовать каждый раз, сталкиваясь с доверительным интервалом, проговаривать интерпретацию.*

Аналогично для условно южных в Южном ( $T = 94,785$ ,  $pval \rightarrow 0$ , доверительный интервал ( $0,363; 0,38$ )).

Полученные результаты позволяют обучающимся закрепить общие представления о движении небесных тел.

3. Ледники Северного и Южного полушарий были объединены, а далее выбраны ледники, направление накопления которых является ровно восточным или ровно западным (рис. 9). Первым способом проверки был одновыборочный  $z$ -тест пропорций в модели Бернулли ( $n = 18373 > 40$ ,  $n^*p_{expected} = 9186,5 > 5$  и  $n^*(1 - p_{expected}) > 5$ ), где  $n$  – размер выборки,  $p_{expected}$  – ожидаемая доля).  $H_0$  для двухстороннего теста: доля ледников восточного направления = 50% (= доля ледников западного).  $H_0$  для одностороннего теста: доля ледников восточного направления > 50%.  $z$ -тест показал, что на 5-процентном уровне значимости есть доказательство того, что доля восточно ориентированных ледников не равна 50%, а больше, чем 50% ( $T = 162,7083$ ,  $pval \rightarrow 0$  и для двухстороннего, и для одностороннего тестов). Действительно, предполагаемая по  $H_0$  доля 0,5 не попадает в 95% доверительный интервал ( $0,5398; 0,5543$ ),

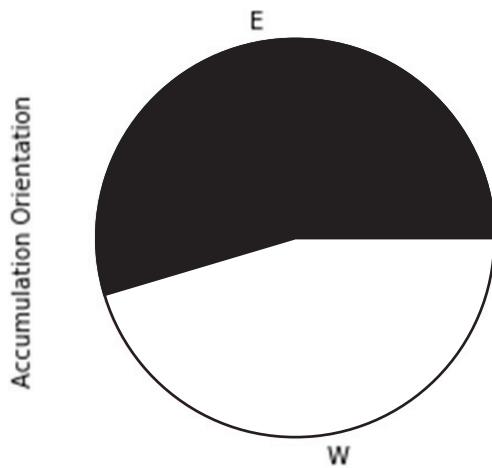
поэтому мы можем отвергнуть  $H_0$ , заключающуюся в равенстве доли значению 0,5. Интерпретация заключается в том, что мы на 95% уверены, что истинная доля находится в интервале ( $0,5398; 0,5543$ ).

*Снова заметим, что обучающиеся начальной и основной школы могут остановиться на визуальном сравнении долей.*

Дополнительным непараметрическим способом был  $\chi^2$ -тест на качество модели ( $H_0$ : соотношение между ледниками восточного и западного направления = 1:1).  $\chi^2$ -тест на качество модели показал, что на 5-процентном уровне значимости есть доказательство того, что соотношение 1:1 между восточно- и западноориентированными ледниками не наблюдается ( $T = 162,7083$ ,  $pval \rightarrow 0$ ).

Полученные результаты также позволяют обучающимся закрепить общие представления о движении небесных тел.

4.  $\chi^2$ -тест на независимость показал, что на 5-процентном уровне значимости нет доказательства того, что принадлежность ледника к определённому полушарию и образ закручивания являются зависимыми ( $T = 0,793$ ,  $pval = 0,3731$ ), что, вероятно, связано с излишней массивностью ледниковых тел.



**Рис. 9 / Fig. 9.** Соотношение между ледниками восточными и западного направления накопления / Ratio between glaciers with Eastern and Western accumulation orientation

Полученные результаты позволяют обучающимся убедиться в отсутствии вседесущности некоторых законов, которые могут проявляться или не проявляться в зависимости от ситуации.

Последним пунктом отчёта учащегося должно быть *заключение*. Представляется удобным краткое и чёткое перечисление основных выводов из каждой задачи. Например, можно сформулировать заключение для нашего примера следующим образом.

Необычная интенсивность нанесения ледников на топографическую карту СССР относится в 1953 г. – времени подготовки ядерного полигона на Новой Земле. На 5-процентном уровне значимости есть доказательства следующих утверждений. В Гималайском районе наиболее активно изучение ледников шло в период строительства Каракорумского шоссе, хотя некоторое ослабление деятельности наблюдалось в период китайской культурной революции. Действительно, больше всего ледников в среднем образуется на менее прогреваемых склонах: доля северных в Северном полушарии больше, чем в Южном, аналогично южных – в Южном, а относительно западно-восточной ориентации в среднем больше ледников на восточной стороне. Образ закручивания ледников в среднем одинаков как в Северном, так и в Южном полушарии, что связано с массивностью ледниковых тел.

### Заключение

В заключение статьи можно сделать вывод, что проведение в рамках элективного курса учебной работы, использующей большие реальные базы данных и корректные статистические методы с адекватным применением современных

языков программирования, требует от обучающегося углубления в определённые библиотеки изучаемого во многих школах языка Python и освоения простейших статистических моделей и тестов. Как можно оценить из приведённых в качестве примера текстов, для обучающегося старших классов это не составит особого труда. Такие небольшие исследования могут быть полезным инструментом одновременного развития навыков программирования, расширения математического кругозора и, главное, эффективного освоения дисциплин. Так или иначе, в рамках учебно-исследовательской работы очень полезно подводить обучающихся к самостоятельным выводам, особенно если они получены по настоящим данным. Конечно, в данном контексте задачи 2–4 по проверке направления накопления ледников и образа закручивания не могут дать новых знаний обучающимся старшей школы. Но полезно будет совместить умения старшеклассников с энтузиазмом к познанию мира младшеклассников, знающих ещё совсем немного. Кроме того, легко ставить более интересные задачи, пользуясь той же или иными базами данных. Исторические выводы по освоению Гималаев, приведённые нами, могут стать предварительными шагами перед дополнительным уроком по изучению истории наших восточных соседей. Современные тенденции повышения качества образования всё дальше и дальше будут сдвигать рамки возрастов, в которых обучающиеся смогут выполнять свои маленькие исследовательские труды с применением современных методов, достойных использования в работах молодых учёных.

*Статья поступила в редакцию 29.06.2020*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гузеев В. В., Аржаник В. К., Колясников О. В. Некоторые особенности трёхмерной структуры CDR H3 вариабельной части антител // Математическое и компьютерное моделирование в биологии и химии: материалы III Международной научной интернет-конференции. Казань, 2014. С. 35–41.

2. Есауленко В. Г., Ракитин Р. Ю. Язык Python как основной язык программирования в школе // Педагогическое образование на Алтае. 2017. № 1. С. 48–50.
3. Зайцева Е. А., Поддубная А. С., Зайцева И. В. Понятие «исследовательская» и «проектная» деятельности в современном образовании // Вестник научных конференций. 2016. № 10-5. С. 46–47.
4. Исаева С. Э., Оказова З. П. Организация проектной и исследовательской деятельности учащихся в современной школе // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 112–114.
5. Кочеткова О. А., Пудовкина Ю. Н. Обучение учащихся программированию на языке Python в рамках элективного курса по информатике // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 2. С. 59.
6. Лосев К. С. Гляциологические исследования в Китайской Народной Республике // Материалы гляциологических исследований. 1983. №. 46. С. 9–13.
7. Организация исследовательской деятельности учащихся химико-биологического отделения Специализированного учебно-научного центра МГУ / А. А. Астахова, А. П. Дегтярева, О. В. Колясников, Е. А. Менделеева, Н. И. Морозова, М. Г. Сергеева, А. С. Сигеев // Наука и школа. 2017. № 4. С. 135–144.
8. О теории вероятностей и статистике в школьном курсе / Е. А. Бунимович, В. А. Тюрин, Ю. Н. Булычев, А. А. Макаров, И. Р. Высоцкий, И. В. Семенов, П. В. Ященко // Математика в школе. 2009. № 7. С. 3–14.
9. Парьев А. Создание программы по расчету кинетики химических реакций // Колмогоровские чтения: материалы XVII Международной научной конференции школьников, г. Москва, 3–6 мая 2017 г. М., 2017. С. 21–22.
10. Птицына Е. Участие аннексина A1 в патогенезе глиом // Колмогоровские чтения: материалы XVII Международной научной конференции школьников, г. Москва, 3–6 мая 2017 г. М., 2017. С. 10–11.
11. Труш Е. Морфологические особенности разных видов скальных ящериц внутри и вне зоны гибридизации // Колмогоровские чтения: материалы XVII Международной научной конференции школьников, г. Москва, 3–6 мая 2017 г. М., 2017. С. 29–31.
12. Федорова Е. В. Проблемы использования проектно-исследовательской деятельности в школе // Актуальные вопросы гуманитарных наук: сборник научных статей студентов и магистрантов. М., 2018. С. 140–146.
13. Dobell W. M. Ayub Khan as president of Pakistan // Pacific Affairs. 1969. Т. 42. № 3. Р. 294–310.
14. Xiaohe C. A Symbol of the Sino-Pakistani Strategic Cooperation: The Karakoram Highway // South Asian Studies. 2010. № 2. Р. 2.

## REFERENCES

1. Guzeev V. V., Arzhanik V. K., Kolyasnikov O. V. [Some features of the three-dimensional structure of the CDR H3 variable part of antibodies]. In: *Matematicheskoe i kompyuternoe modelirovaniye v biologii i khimii: materialy III Mezhdunarodnoi nauchnoi internet-konferentsii* [Mathematical and computer modeling in biology and chemistry: Conference Proceedings III International Scientific Internet Conference]. Kazan, 2014, pp. 35–41.
2. Esaulenko V. G., Rakitin R. Yu. [Python language as the main programming language at school]. In: *Pedagogicheskoe obrazovanie na Altai* [Pedagogical education in Altai], 2017, no. 1, pp. 48–50.
3. Zaitseva E. A., Poddubnaya A. S., Zaitseva I. V. [The concept of “research” and “project” activities in modern education]. In: *Vestnik nauchnykh konferentsii* [Scientific conference bulletin], 2016, no. 10-5, pp. 46–47.
4. Isaeva S. E., Okazova Z. P. [Organization of project and research activities of students in a modern school]. In: *Azimut nauchnykh issledovanii: pedagogika i psichologiya* [Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology], 2018, vol. 7, no. 3 (24), pp. 112–114.
5. Kochetkova O. A., Pudovkina Yu. N. [Teaching students to program in Python as part of an elective computer science course]. In: *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2019, no. 2. P. 59.
6. Losev K. S. [Glaciological research in the People’s Republic of China]. In: *Materialy gletsiologicheskikh issledovanii* [Glaciological research materials], 1983, no. 46, pp. 9–13.
7. Astakhova A. A., Degtyareva A. P., Kolyasnikov O. V., Mendeleva E. A., Morozova N. I., Sergeeva M. G., Sigeev A. S. [Organization of research activities of students of the Chemistry and Biology

- Department of the Specialized Educational and Scientific Center of Moscow State University]. In: *Nauka i shkola* [Science and school], 2017, no. 4, pp. 135–144.
8. Bumimovich E. A., Tyurin V. A., Bulychev Yu. N., Makarov A. A., Vysotsky I. R., Semenov I. V., Yashchenko P. V. [On probability theory and statistics in the school course]. In: *Matematika v shkole* [Mathematics at school], 2009, no. 7, pp. 3–14.
  9. Par'ev A. [Creation of a program for calculating the kinetics of chemical reactions]. In: *Kolmogorovskie chteniya: materialy XVII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii shkol'nikov*, g. Moskva, 3–6 maya 2017 g. [Kolmogorov Readings: Materials of the XVII International Scientific Conference of Schoolchildren, Moscow, May 3–6, 2017]. Moscow, 2017, pp. 21–22.
  10. Ptitsyna E. [Involvement of annexin A1 in the pathogenesis of gliomas]. In: *Kolmogorovskie chteniya: materialy XVII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii shkol'nikov*, g. Moskva, 3–6 maya 2017 g. [Kolmogorov Readings: Materials of the XVII International Scientific Conference of Schoolchildren, Moscow, May 3–6, 2017]. Moscow, 2017, pp. 10–11.
  11. Trush E. [Morphological features of different species of rock lizards inside and outside the hybridization zone]. In: *Kolmogorovskie chteniya: materialy XVII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii shkol'nikov*, g. Moskva, 3–6 maya 2017 g. [Kolmogorov Readings: Materials of the XVII International Scientific Conference of Schoolchildren, Moscow, May 3–6, 2017]. Moscow, 2017, pp. 29–31.
  12. Fedorova E. V. [Problems of using design and research activities at school]. In: *Aktual'nye voprosy gumanitarnykh nauk* [Topical issues of the humanities]. Moscow, 2018, pp. 140–146.
  13. Dobell W. M. Ayub Khan as president of Pakistan. In: *Pacific Affairs*, 1969, vol. 42, no. 3, pp. 294–310.
  14. Xiaohe C. A Symbol of the Sino-Pakistani Strategic Cooperation: The Karakoram Highway. In: *South Asian Studies*, 2010, no. 2, p. 2.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Птицына Инга Вячеславовна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана; e-mail: inpt@mail.ru

Птицына Елена Владимировна – студент факультета биоинженерии и биоинформатики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова; e-mail: elena-pt@yandex.ru

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Inga V. Ptitsyna – Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assoc. Prof. of Department of Mathematical Modeling, Bauman Moscow State Technical University; e-mail: inpt@mail.ru

Elena V. Ptitsyna – student of Lomonosov Moscow State University, Faculty of Bioengineering and Bioinformatics; e-mail: elena-pt@yandex.ru

## ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Птицына Е. В., Птицына И. В. Учебно-исследовательская работа с использованием больших баз данных как средство освоения теоретического материала, расширения математического кругозора и развития навыков программирования в школе // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2021. № 1. С. 44–60.

DOI: 10.18384/2310-7219-2021-1-44-60

## FOR CITATION

Ptitsyna E. V., Ptitsyna I. V. Educational and research work using large databases as a means of mastering theoretical material, expanding mathematical horizons and developing programming skills at school. In: *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Pedagogics*, 2021, no. 1, pp. 44–60.

DOI: 10.18384/2310-7219-2021-1-44-60