



ISSN 0514-7468

43 (3)
2021

Жизнь Земли

Жизнь Земли

2021 43 (3)

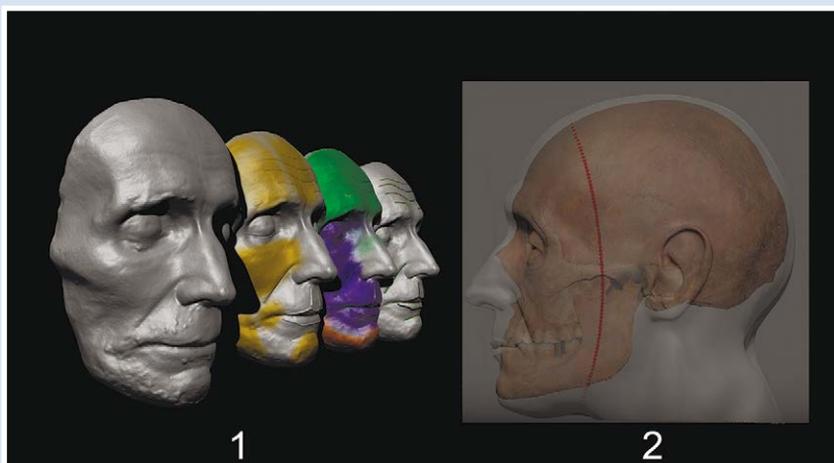
2021



КАК ВЫГЛЯДЕЛИ НАШИ ПРЕДКИ? (см. с. 347–360)



Графические реконструкции по черепам жителей 13 века,
г. Переславль-Залесский.



Этапы работы с 3D моделью посмертной маски А.В. Суворова.

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ

LIFE OF THE EARTH

ISSN 0514-7468

2021
Т. 43, № 3

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издаётся с 1961 года,
журнальная ежеквартальная версия — с 2016 года

ИНДЕКСИРОВАНИЕ
ЖУРНАЛА

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

CYBERLENINKA

ВЫСШАЯ АТТЕСТАЦИОННАЯ
КОМИССИЯ (ВАК)
при Министерстве образования и науки
Российской Федерации
Перечень Российских
рецензируемых научных журналов
ВАК



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
2021

Редакционный совет:

В.А. Садовничий (председатель Совета), Н.А. Абакумова, Ф.Г. Агамалиев (Азербайджан), А.П. Бужилова, В.А. Грачёв, С.А. Добролюбов, М.В. Калякин, Н.С. Касимов, М.П. Кирпичников, А.И. Клюкина, С.А. Маскевич (Беларусь), Нгуен Чунг Минь (Вьетнам), С.Х. Мирзоев (Таджикистан), А.С. Орлов, Йован Плавша (Сербия), Д.Ю. Пушаровский, С.А. Шоба

Редакционная коллегия:

А.В. Смуров (гл. редактор), В.В. Снакин (зам. гл. редактора), Л.В. Алексеева (отв. секретарь), С.М. Аксёнов (США), М.И. Бурлыкина, М.А. Винник, И.Л. Ган (Австралия), Е.П. Дубинин, А.В. Иванов, Н.Н. Колотилова, С.Н. Лукашенко (Казахстан), Л.В. Попова, А. Разумная (США), Н.Г. Рыбальский, А.П. Садчиков, С.А. Слободов, В.Р. Хрисанов, В.С. Цховребов, Э.И. Черняк, П.А. Чехович

Адрес редакции:

119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, МГУ,
Музей земледения
Тел.: +7 (495) 939-14-15; +7 (495) 939-12-21
e-mail: zhizn_zemli@mail.ru
<http://zhiznzemli.ru>
[http://msupress.com/catalogue/magazines/
geografiya/](http://msupress.com/catalogue/magazines/geografiya/)

ЖИЗНЬ
ЗЕМЛИ
LIFE OF THE EARTH

ISSN 0514-7468

2021

T. 43, № 3

Zhizn' Zemli [Life of the Earth]

An Interdisciplinary Scientific and Practical Journal

Published quarterly since 2016

Editorial council:

V.A. Sadovnichy (Council Chairman), N.A. Abakumova, F.G. Agamaliyev (Azerbaijan), A.P. Buzhilova, V.A. Grachev, S.A. Dobrolyubov, M.V. Kalyakin, N.S. Kasimov, M.P. Kirpichnikov, A.I. Klyukina, S.A. Maskevich (Belarus), Nguyen Trung Minh (Vietnam), S.H. Mirzoev (Tajikistan), A.S. Orlov, J. Plavša (Serbia), D.Yu. Pushcharovskiy, S.A. Shoba

Editorial board:

A.V. Smurov (Ch. Editor), V.V. Snakin (Deputy Ch. Editor), L.V. Alekseeva (Resp. Secretary), S.M. Aksenov (USA), M.I. Burlykina, I.L. Gan (Australia), E.P. Dubinin, A.V. Ivanov, N.N. Kolotilova, S.N. Lukashenko (Kazakhstan), L.V. Popova, A. Razumnaya (USA), N.G. Rybalskiy, A.P. Sadchikov, S.A. Slobodov, V.R. Khrisanov, V.S. Tskhovrebov, E.I. Chernyak, P.A. Chekhovich



PUBLISHING
Moscow State University
2021

Editorial address

119991, Moscow, Leninskiye Gory, MGU,
Earth Science Museum
Tel.: +7 (495) 939-14-15; 7 (495) 939-12-21
e-mail: zhizn_zemli@mail.ru
<http://zhiznzemli.ru>
[http://msupress.com/catalogue/magazines/
geografiya/](http://msupress.com/catalogue/magazines/geografiya/)

СОДЕРЖАНИЕ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

<i>Довбня Б.В.</i> О результатах дистанционного наблюдения импульсных ультранизкочастотных электромагнитных сигналов, обнаруживаемых за минуты до землетрясения	304
<i>Баикин В.Н.</i> Роль геополитических, климатических и технологических факторов в соотношении возобновляемых и ископаемых источников энергии	314
<i>Ефимов В.И.</i> Реальность углеродного следа в глобальном изменении климата	328
<i>Герасимова Т.Н., Садчиков А.П.</i> Восстановление качества вод: влияние зоопланктона на развитие цианобактерий в двух эвтрофных прудах	336

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

<i>Веселовская Е.В.</i> Как выглядели наши предки, или что может антропологическая реконструкция?	347
<i>Громалова Н.А., Чехович П.А.</i> Исследование драгоценных камней из коллекции Музея земледения методами оптической и сканирующей электронной микроскопии. Первые результаты	361
<i>Голубчиков Ю.Н., Кружалин В.И.</i> Геотуризм как новый объект исследований в науках о Земле	368

ВЕСТИ ИЗ МУЗЕЕВ

<i>Гоголев Н.В.</i> История Тульского рабфака: результаты научно-исследовательской деятельности на базе Музея истории развития образования в Тульской области	377
<i>Голиков К.А.</i> Таксономическая структура экспозиционного гербария Музея земледения МГУ	382
<i>Трегуб Н.И.</i> Путешествие писателя С.В. Сахарнова и художника Н.А. Устинова на Дальний Восток (по материалам выставки «Разноцветное море Николая Устинова»)	389

ИСТОРИЯ НАУКИ

<i>Шумовская Д.А.</i> Признанный гость людоедов: экспедиции в Новую Гвинею (к 175-летию со дня рождения Н.Н. Миклухо-Маклая)	394
<i>Колотилова Н.Н.</i> Академик Борис Лаврентьевич Исаченко (к 150-летию со дня рождения)	397

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

Открытие обновлённого краеведческого музея в Городке (Украина) (<i>Н.Н. Колотилова</i>). Выставки «Страна заповедников: от амурского тигра до европейского зубра» и «Белая книга» в Государственном Дарвиновском музее (<i>Т.С. Коровкина</i>). II Международная научная конференция «Мировые тренды и музейная практика в России», посвящённая 100-летию со дня рождения Аврама Моисеевича Разгона (<i>Л.В. Попова, М.М. Пикуленко</i>). Первое учредительное заседание клуба друзей географии «ГЕОГРАФИЯ» (<i>Л.Л. Емельянова</i>)	408
--	-----

TABLE OF CONTENTS	419
-------------------------	-----

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

УДК 550.344

DOI 10.29003/m2435.0514-7468.2020_43_3/304-313

О РЕЗУЛЬТАТАХ ДИСТАНЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ УЛЬТРАНИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИГНАЛОВ, ОБНАРУЖИВАЕМЫХ ЗА МИНУТЫ ДО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Б.В. Довбня*

По данным многолетних наблюдений на двух разнесённых по широте и долготе геофизических обсерваторий Борок и Колледж анализируются результаты дистанционного наблюдения импульсных ультранизкочастотных электромагнитных сигналов, обнаруживаемых от удалённых землетрясений за минуты до сейсмического события. Исследуются суточные и сезонные зависимости частоты появления предвестников в обсерваториях и характер пространственного распределения зон их генерации на земной поверхности; даются примеры, иллюстрирующие появление предвестников. Отмечается, что динамические спектры сигналов от землетрясений, происходящих в различных регионах земной поверхности, были подобны, повторялись при разных магнитудах и глубинах очага и наблюдались в одном, выделенном относительно момента землетрясения интервале времени. Результаты анализа позволили сделать предположение об универсальности предвещающих землетрясение процессов генерации импульсных предвестников, а также о принципиальной возможности краткосрочного предупреждения (за несколько минут) о приближающемся землетрясении.

Ключевые слова: землетрясения, электромагнитные сигналы, предвестники, дистанционное наблюдение, пространственное распределение.

Ссылка для цитирования: Довбня Б.В. О результатах дистанционного наблюдения импульсных ультранизкочастотных электромагнитных сигналов, обнаруживаемых за минуты до землетрясения // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 304–313. DOI: 10.29003/m2435.0514-7468.2020_43_3/304-313

Поступила 22.07.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

* Довбня Борис Викторович – к.ф.-м.н., с.н.с. Геофизической обсерватории «Борок» Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, dovbnya@inbox.ru; ORCID-0000-0002-7019-5646.

ON THE RESULTS OF REMOTE OBSERVATION OF PULSED ULTRA-LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC SIGNALS DETECTABLE MINUTES BEFORE AN EARTHQUAKE

B. V. Dovbnya, PhD

Borok Geophysical Observatory of the Schmidt Institute of Earth Physics, Russian Academy of Sciences

Based on long-term observations at the latitudinally and longitudinally remote Borok and College geophysical observatories, the characteristics of electromagnetic ultra-low-frequency (ULF) signals, detectable several minutes before a remote seismic event, are being analyzed. The diurnal and seasonal patterns in the frequency of these precursors' occurrence at observatories, and their spatial distribution over the Earth's surface, are investigated in this article. In the daily distribution, two maxima are distinguishable in the local evening and morning hours. In the seasonal course, there is a maximum in the spring period and an increase in the winter months. In the spatial distribution, the unevenness of the location of sources across the globe is noted; those are grouped into separate zones and segments, reflecting seismo-electromagnetic activity across specific regions. Examples are given to illustrate the appearance of precursors. It is noted that the dynamic spectra of signals from earthquakes occurring in different regions of the Earth were similar, repeated at different magnitudes and depths of the source, and were observed in the same time interval relative to the moment of the earthquake. The results of the analysis justify an assumption of the universality of the patterns governing the generation of impulse precursors preceding an earthquake, as well as the possibility of short-term warning (within a few minutes) of an approaching earthquake.

Keywords: *earthquakes, electromagnetic signals, precursors, remote observation, spatial distribution.*

Введение. Настоящая работа является продолжением проводимых в геофизической обсерватории Борок исследований импульсных ультранизкочастотных (УНЧ) электромагнитных сигналов, предвещающих и сопровождающих землетрясения [5, 6, 8]. Решение задач, связанных с поиском и распознаванием предвестников землетрясений, продолжает оставаться одним из основных направлений геофизики. Накопленный к настоящему времени экспериментальный материал указывает на перспективность исследований таких явлений в ультранизкочастотном (УНЧ) диапазоне (0,001–10,000 Гц) [11]. К первым наблюдениям относится работа [13], в которой сообщается о колебаниях геомагнитного поля перед разрушительным землетрясением в Спитаке. Также следует отметить работу [9], в которой обнаружен и проанализирован мощный всплеск ультранизкочастотных электромагнитных колебаний перед землетрясением в Лома-Приета. Интерес к изучению предвестников возрос после землетрясения в Кобе в 1995 г. В последующих вслед за землетрясением работах [10] электромагнитные явления были рассмотрены в возможной связи с землетрясениями. По результатам авторы делают вывод, что большинство наблюдаемых предвестников являются электромагнитными. И все же, ситуация с предвестниками к настоящему времени остается неоднозначной. Разные проявления электромагнитных эффектов в разрозненных наблюдениях, регистрируемые за разные времена до землетрясения и отсутствие повторяемости результатов вызывают сомнения в достоверности связи обнаруживаемых явлений с землетрясениями, [12, 16]. Некоторые же из сообщений вызывают сомнения и оспариваются [2].

На этом фоне привлекает внимание вопрос (*с которым и связана представляемая работа*) о возможности появления перед землетрясениями импульсных УНЧ-электромагнитных сигналов, способных распространяться на значительные расстоя-

ния вдоль земной поверхности. Впервые на возможность существования импульсного предвестника указал автор работы [14] ещё в 1964 г. За 1 час 06 минут до большого землетрясения на Аляске (США) 27 марта 1964 г. с магнитудой $M \approx 9,2$ он обнаружил кратковременное аперриодическое увеличение на 100 нТл уровня геомагнитного поля. Возникновение импульсного УНЧ-электромагнитного сигнала автор объяснял *пьезомагнитным эффектом* пород, подвергнутых сжатию. Об аналогичных эффектах в импульсном электромагнитном поле Земли перед сейсмическими событиями сообщается в работах [3, 4, 17].

В геофизической обсерватории «Борок», расположенной в асейсмической зоне, была предпринята попытка по данным непрерывных записей УНЧ-вариаций электромагнитного поля Земли исследовать связь электромагнитных и сейсмотектонических процессов. В результате удалось обнаружить специфические УНЧ-электромагнитные импульсы в полосе частот 0–5 Гц, наблюдаемые в выделенной и близкой временной окрестности землетрясений (0–5 минут относительно момента землетрясения), которые *по виду динамического спектра отличались от известных типов геомагнитных пульсаций* [5].

В настоящей работе продолжено исследование УНЧ-электромагнитных импульсов, предваряющих сейсмические события. По данным дистанционного наблюдения анализируется суточно-сезонный ход вероятности появления сигналов и рассмотрено пространственное распределение зон их генерации на земной поверхности. Даются примеры, иллюстрирующие появление предвестников в различных регионах земной поверхности. Результаты обсуждаются.

Исходный материал и методы анализа. Анализ ультранизкочастотных излучений выполнялся по данным магнитных измерений на двух среднеширотных обсерваториях – Геофизической обсерватории Борок Института физики Земли РАН (58,1° с. ш., 38,2° в. д.) за период с 1973 по 1995 гг. и на высокоширотной Геофизической обсерватории Колледж (64,9° с. ш., 148,0° з. д.), расположенной в штате Аляска, США, за период с 1973 по 1977 гг. Исходным материалом для анализа являлись записи УНЧ-вариаций электромагнитного поля Земли. На обсерваториях Борок и Колледж для измерений использовался индукционный магнитометр с регистрацией на аналоговый магнитофон. На всех обсерваториях регистрировалось по две горизонтальные компоненты магнитных вариаций: север-юг и восток-запад. Амплитудно-частотная характеристика приборов позволяла анализировать колебания в диапазоне (0,001–10,000 Гц). Аналоговые записи, полученные на обсерваториях Борок и Колледж, оцифровывались, а затем подвергались спектрально-временному анализу с применением компьютерных программ. Строились динамические спектры колебаний (спектрограммы), на которых в координатах частота-время отражалась информация о переменном электромагнитном поле в анализируемом интервале. При первоначальном визуальном просмотре из дальнейшего анализа исключались известные формы сигналов магнитосферного происхождения. Импульсные сигналы, которые *по виду динамического спектра отличались от известных типов геомагнитных пульсаций*, включались в анализ и сопоставлялись, со статистической значимостью $P=0,86$ привязки, с ближайшим по каталогу (International Seismological Centre, ISC Catalogues, www.isc.ac.uk) землетрясением с конкретными географическими координатами эпицентра. Методика анализа подробно изложена в [5] и дополнительно в [8]. Ниже мы дадим примеры, иллюстрирующие появление предвестников в различных регионах земной поверхности. Затем исследуем суточно-сезонный ход импульсных сигналов, наблюдаемых от удалённых

землетрясений, и рассмотрим пространственное распределение их источников, т. е. землетрясений, при которых сигналы наблюдались на земной поверхности.

Результаты наблюдений. Сигналы от удалённых землетрясений наблюдались в виде либо единичных, либо парных электромагнитных импульсов в диапазоне частот от 0 до 5 Гц. Реже наблюдались серии из трёх и более импульсов. Как правило, их динамические спектры имели дискретную структуру. Амплитуда сигналов не превышала 20 пТл, длительность варьирует в интервале от 20 до 50 секунд. При известных координатах в каждом отдельном случае можно было определить расстояние от эпицентра до станции наблюдения. На рис. 1 даны типичные примеры динамических спектров импульсных предвестников, наблюдаемых в обсерваториях Борок и Колледж. Здесь и далее тёмными треугольниками отмечены моменты землетрясений. В подписях к рисункам приводятся следующие параметры землетрясений: мировое время, географические координаты, глубина h в км, магнитуда M .

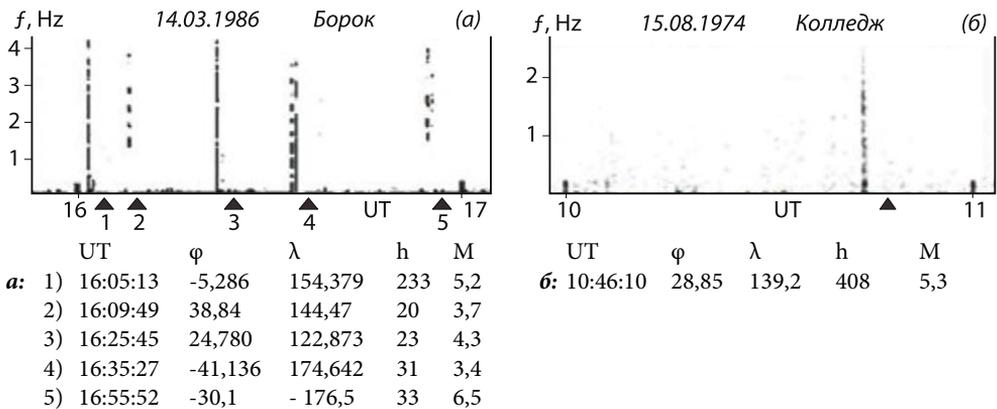


Рис. 1 а, б. Примеры импульсных предвестников землетрясений по наблюдениям в обсерваториях Борок и Колледж.

Fig. 1 a, b. Examples of impulse earthquake precursors from observations at the Borok and Colledge observatories.

На панели (а) рассмотрены случаи появления электромагнитных импульсов перед землетрясениями по данным обсерватории Борок. Как видно, динамические спектры сигналов, наблюдаемых со статистической значимостью $P = 0,86$ от землетрясений, происходящих в различных регионах земной поверхности, были подобны, повторялись при разных магнитудах и глубинах очага и наблюдались в выделенном относительно момента землетрясения интервале времени. Справа на панели (б) дан пример регистрации импульса-предвестника землетрясения в Японии с $M = 5,3$ по наблюдениям в обсерватории Колледж.

Интересно отметить обнаруженное при анализе свойство проявления сейсмо-электромагнитной активности – повторяемость импульсных предвестников в землетрясениях, происходящих вслед за главным ударом в том же регионе. Афтершоки представляют серьёзную опасность для региона, пострадавшего в результате первого из землетрясений. Повторяемость предвестников может дать практическую возможность оперативного предупреждения (за несколько минут) об очередном землетрясении. На рис. 2 показан фрагмент магнитной записи в Борке серии землетрясений в

Турции, эпицентры которых располагались достаточно близко друг к другу (подробно повторяемость рассматривается в работе [7]):

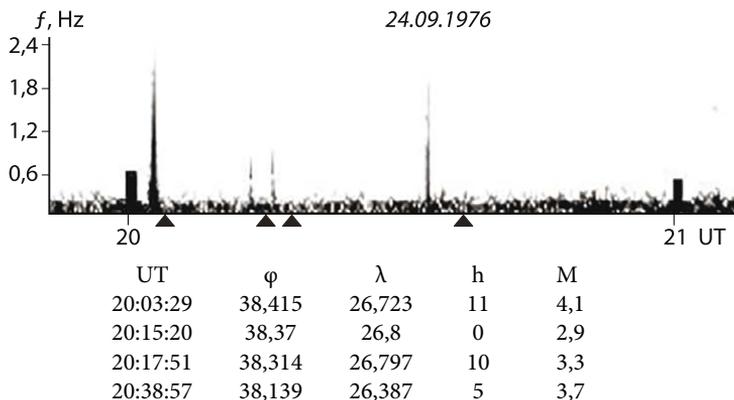


Рис. 2. Повторяемость предвестников в землетрясениях, происходящих вслед за главным ударом в том же регионе.

Fig. 2. Frequency of precursors in earthquakes, following the main shock in the same region.

Обратим внимание на зависимость интенсивности сигнала от M.

На рис. 3 даны примеры одновременного наблюдения предвестников в Борке и Колледже (отмечены стрелками).

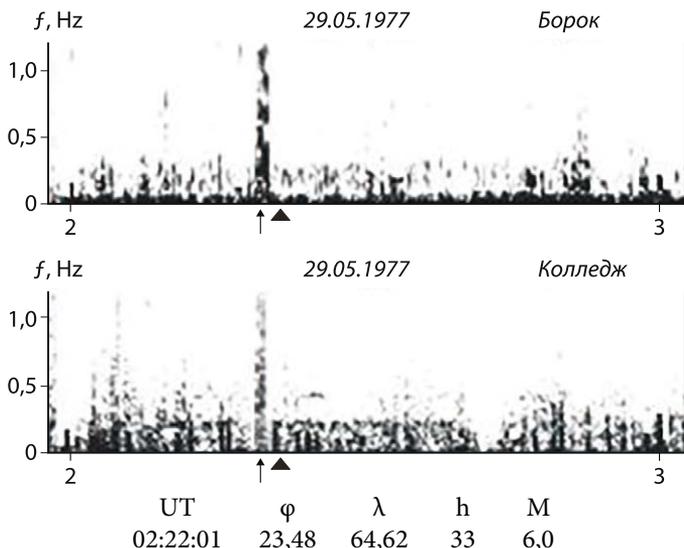


Рис. 3. Пример одновременного наблюдения сигнала в Борке и Колледже.

Fig. 3. An example of a signal's simultaneous observation at Borok and College.

Видно, что, несмотря на то, что обсерватории почти на 12 часов разнесены по долготе и на 10 градусов по широте, предвестники на обеих станциях появляются практически одновременно и имеют подобную спектральную форму.

Суточные и сезонные зависимости. При дистанционном наблюдении сигналы регистрируются на значительных удалениях от эпицентра землетрясения (до 10 000 км и более). Естественно ожидать, что вероятность их наблюдения на обсерватории будет зависеть от условий на трассе распространения, которые, в свою очередь, подвержены суточным и сезонным изменениям. Суточная и сезонная зависимости частоты появления предвестников в обсерватории Борок иллюстрируется на рис. 4. В суточном распределении (панель *a*) выделяются два максимума – основной, который приходится на местные утренние часы ($LT=UT+3$) и дополнительный, который падает на местные вечерние часы. В сезонном ходе (панель *б*) отмечается максимум в весенний период, основное же возрастание числа событий приходится на зимние месяцы.

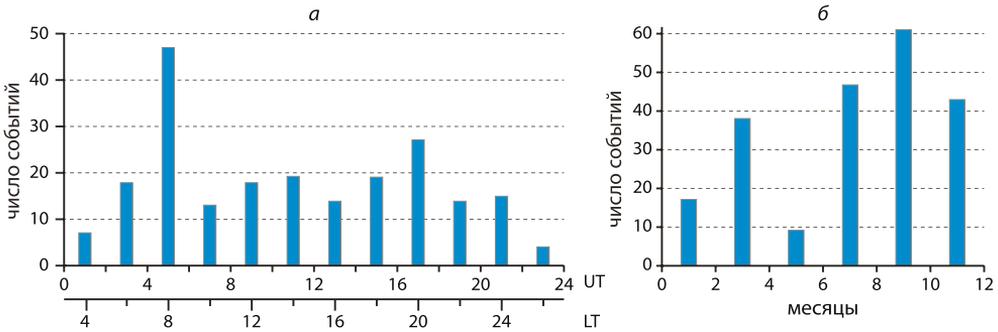


Рис. 4. Суточное (панель *a*) и сезонное (панель *б*) распределение числа импульсов в обсерватории Борок.

Fig. 4. Daily (*a*) and seasonal (*b*) distributions of the number of pulses at the Borok observatory.

На рис. 5 те же зависимости приведены для обсерватории Колледж.

В суточном распределении также присутствуют два максимума, но, в отличие от Борка, основной приходится на послеполуденные часы ($LT=UT-9$), дополнительный – на вечерние. В сезонном ходе вероятности наблюдения сигналов выделяются два максимума, основной – в весенний период и дополнительный – в зимние месяцы.

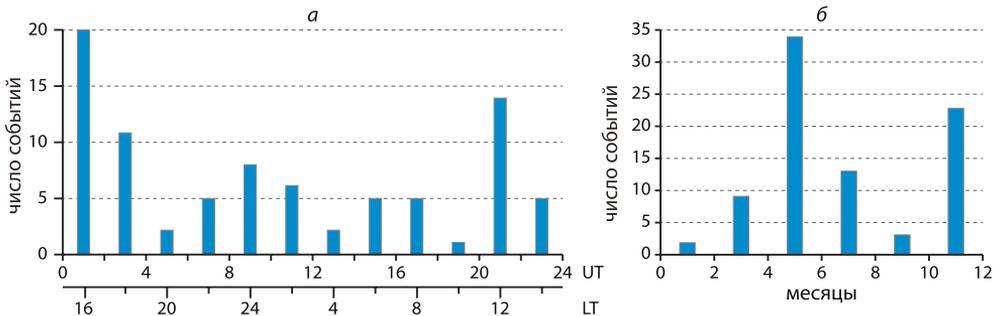


Рис. 5. Суточное (панель *a*) и сезонное (панель *б*) распределение числа импульсов в обсерватории Колледж.

Fig. 5. Daily (*a*) and seasonal (*b*) distributions of the number of pulses at the College observatory.

Пространственное распределение зон генерации. При дистанционном наблюдении регистрируются сигналы, приходящие из разных мест земной поверхности. Такая особен-

ность давала возможность провести анализ географического расположения зон их генерации. На рис. 6 приведены распределения по данным обсерватории Борок (панель *a*, 228 событий) и Колледж (панель *б*, 78 событий). Зелёными кружками отмечены расположения обсерваторий на карте. Анализ показывает широкое пространственное, и при этом неравномерное расположение источников излучения. Они группируются в отдельные зоны и ячейки, выделяя на карте регионы с проявлением сейсмоэлектромагнитной активности. Наблюдения на двух разнесённых по широте и долготе обсерваториях указывают, при разной статистике, на одни и те же зоны УНЧ-электромагнитного излучения.

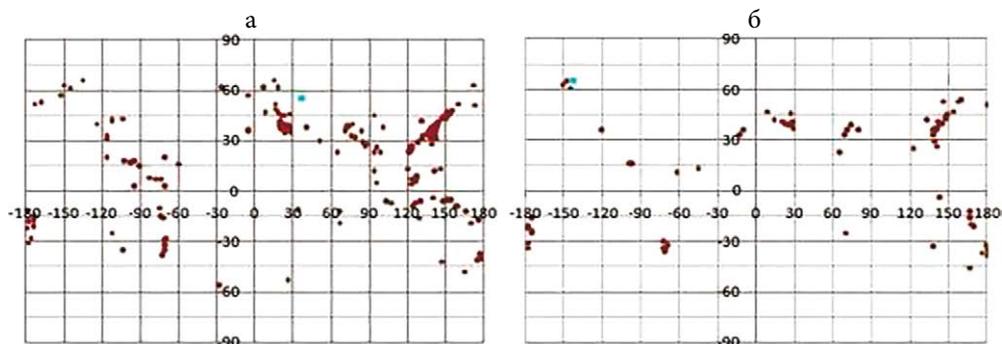


Рис. 6. Распределение источников УНЧ-электромагнитных сигналов на земной поверхности.
Fig. 6. The distribution of ULF electromagnetic signal sources on the Earth's surface.

В распределении источников сигналов по земному шару наблюдается явное различие по полушариям. Основная их часть приходится на Северное полушарие, где также заметна асимметрия в широтном и долготном направлении. На рис. 7 и 8 показаны распределения зон генерации УНЧ-электромагнитных импульсов по широтным (*a*) и долготным (*б*) поясам Земли для Северного полушария по наблюдениям в обсерваториях Борок и Колледж. Широтные пояса брались шириной 15 градусов, долготные – 30 градусов. В распределении по широте по данным обеих обсерваторий выделяется четкий максимум в интервале 30–45 градусов, в долготном направлении заметно проявляются два максимума в западном секторе: основной – в интервале 120–150 градусов и дополнительный – в интервале 0–30 градусов.

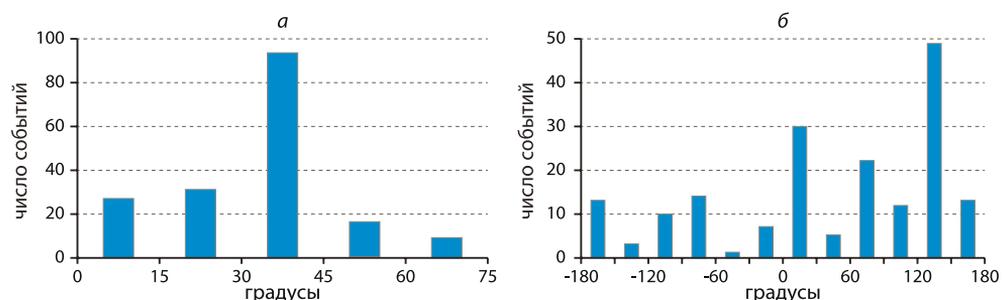


Рис. 7. Распределение источников УНЧ-электромагнитных сигналов по широте (*a*) и долготе (*б*) для северного полушария по наблюдениям в Борке.

Fig. 7. The distribution of ULF electromagnetic signal sources by latitude (*a*) and by longitude (*b*) for the Northern hemisphere, according to observations at Borok.

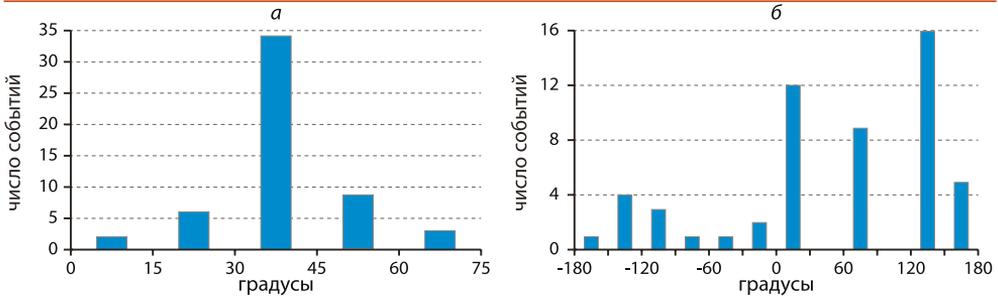


Рис. 8. Распределение источников УНЧ-электромагнитных сигналов по широте (а) и долготе (б) для Северного полушария по наблюдениям в Колледже.

Fig. 8. The distribution of ULF electromagnetic signal sources by latitude (a) and by longitude (b) for the Northern hemisphere, according to observations at the College observatory.

Заключение. По данным многолетних наблюдений на двух разнесённых по широте и долготе обсерваторий исследована суточная и сезонная зависимость дистанционно наблюдаемых импульсных УНЧ-электромагнитных предвестников и рассмотрен характер пространственного распределения зон их генерации на земной поверхности.

Попытаемся дать качественное объяснение полученным результатам.

1. Суточная и сезонная зависимость в появлении числа импульсов отражает влияние местных условий и условий на трассе распространения сигналов. Разные условия на пути их следования могут привести к разной вероятности появления импульсов при одинаковой в среднем сейсмической активности. Каналом для распространения сигналов вдоль земной поверхности может служить ионосферный волновод [1, 2]. Канализируемые в таком волноводе геомагнитные пульсации способны распространяться вдоль земной поверхности с альвеновской скоростью 500–1000 км/сек на значительные расстояния.

Дискретность динамического спектра импульсов, характерная для ионосферного распространения геомагнитных пульсаций [7], не исключает такую возможность.

2. Анализ пространственного распределения источников электромагнитного излучения, доступный при дистанционной регистрации импульсных сигналов, показал их широкое географическое распространение по земному шару. Динамические спектры импульсных предвестников были подобны, повторялись при разных магнитудах и глубинах очага и наблюдались в выделенном относительно момента землетрясения интервале времени.

Обнаруженные сигналы можно рассматривать как проявление механо-электромагнитных преобразований в зоне землетрясений. Вопрос об их возможной физической природе был рассмотрен в работе [8] в рамках модели Рейда [15], в которой землетрясение связывается с разрушением зацеплений на границе двух смежных плит. Предполагается, что резкое сжатие пород, предшествующее их разрушению, может привести к генерации электромагнитного импульса (*пьезомагнитный эффект*) или серии из двух и более импульсов при неоднородной структуре межблочных зацеплений. В рамках этой гипотезы находит объяснение и предпочтительное появление предвестников в выделенном и близком относительно момента землетрясения интервале времени.

На основании полученных результатов делаются следующие **выводы**:

1. Появление перед землетрясениями электромагнитных сигналов не есть случайный акт отдельного землетрясения, но является проявлением *предваряющих* землетрясение процессов, протекающих с преобразованием механической энергии в энергию электромагнитного излучения. Подобие и повторяемость спектральных форм импуль-

сных предвестников независимо от региона и параметров землетрясения позволяет сделать предположение об универсальности предвещающих землетрясение процессов генерации сигналов.

2. Появление перед землетрясениями импульсных сигналов известной спектральной формы, их широкое пространственное распространение и межрегиональный характер, подобие и повторяемость в афтершоках создают возможность оперативного предупреждения (за несколько минут) о предстоящем землетрясении в большинстве сейсмоопасных регионах Земли.

Благодарности. Автор благодарит А.С. Потапова и Б.И. Клайна за полезное обсуждение проблем, затронутых в работе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № 28 Президиума РАН, проекта Российского фонда фундаментальных исследований 19-05-00574 и поддержана Гостемой 0144-2014-00116.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гутьельми А.В., Троицкая В.А. Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы. М.: Наука, 1973. 208 с.
2. Костерин Н.А., Пулипенко В.А., Дмитриев Э.М. О глобальных ультранизкочастотных электромагнитных сигналах перед землетрясениями // Геофизические исследования. 2015. Т. 16, № 1. С. 24–34.
3. Мальшиков Ю.П., Джумабаев К.Б. Прогнозирование землетрясений по параметрам естественного импульсного электромагнитного поля Земли // Вулканология и сейсмология, 1987. № 1. С. 97–103.
4. Мальшиков Ю.П., Мальшиков С.Ю. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра Земли // Геология и геофизика. 2009. № 2. С. 152–172.
5. Dovbnya B.V., Zotov O.D., Mostryukov A.O., Shchepetnov R.V. Electromagnetic signals close in time to earthquakes // Physics of the Solid Earth, 2006. V. 42, № 8. P. 684–689. <https://doi.org/10.1134/S1069351306080052>.
6. Dovbnya B.V. Electromagnetic precursors of earthquakes and their recurrence // Geofizicheskiy Zhurnal [Geophysical J.]. 2014. V. 36, № 3. P. 160–165. <https://doi.org/10.24028/gzh.02033100.v36i3.2014.116069>.
7. Dovbnya B.V., Potapov A.S., Guglielmi A.V., Rakhmatulin R.A. On influence of MHD resonators upon geomagnetic pulsations // Geofizicheskiy Zhurnal [Geophysical J.]. 2014. V. 36, № 6. P. 143–152. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i6.2014.111053>.
8. Dovbnya B.V., Pashinin A.Yu., Rakhmatulin R.A. Shortterm electromagnetic precursors of earthquakes // Geodynamics & Tectonophysics, 2019. V. 10, № 3. P. 731–740. DOI: 10.5800/GT-2019-10-3-0438.
9. Fraser-Smith A.C., Bernardi A., McGill P.R., Ladd M.E., Helliwell R.A. & Villard O.G., Jr. Low-frequency magnetic field measurements near the epicenter of the Ms 7.1 Loma Prieta earthquake // Geophysical Research Letters, 1990. V. 17. P. 1465–1468.
10. Hayakawa M. (ed.). Seismo Electromagnetics and Earthquake Prediction: History and New directions // International J. of Electronics and Applied Research (IJEAR). 2019. V. 6 (1). P. 1–23. DOI: 10.33665/IJEAR.2019.v06i01.001.
11. Ismaguilov V.S., Kopytenko Yu.A., Hattori K., Voronov P.M., Molchanov O.A., Hayakawa M. ULF Magnetic Emissions Connected with Under Sea Bottom Earthquakes // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2001. V.1. P. 1–9.
12. Masci F., Thomas J.N. Are there new findings in the search for ULF magnetic precursors to earthquakes? // J. Geophys. Res. Space Physics. 2015. V. 120. P. 10,289–10,304. DOI: 10.1002/2015JA021336.
13. Molchanov O.A. Discovering of ultra-low-frequency emissions connected with Spitak earthquake and its aftershock activity on data of geomagnetic pulsations observations at Dusheti and Vardzija. Preprint. Moskva: IZMIRAN, 1990. No. 3 (888). 27 p.

14. Moore G. Magnetic disturbances proceeding the 1964 Alaska earthquake // *Nature*. 1964. V. 203, no. 4944. P. 508.
15. Reid H.F. The Mechanics of the Earthquake. Vol. II. The California Earthquake of April 18, 1906. Report of the State Earthquake Investigation Commission // Carnegie Institution of Washington Publication No. 87. Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington, 1910. P. 192.
16. Thomas J.N., Love J.J., Johnston M.J., Yumoto K. On the reported magnetic precursor of the 1993 Guam earthquake // *Geophys. Res. Lett.* 2009. V. 36. Pp. 1–5. DOI: 10.1029/2009GL039020.
17. Varotsos P.; Alexopoulos K.; Nomicos K.; Lazaridou M. Earthquake prediction and electric signals // *Nature*. 1986. V. 322. Issue 6075. P. 120.

REFERENCES

1. Guglielmi A.V., Troitskaya V.A. *Geomagnetic pulsations and diagnostics of the magnetosphere*. 208 p. (Moscow: Nauka, 1973) (in Russian).
2. Kosterin N.A., Pilipenko V.A., Dmitriev E.M. On global ultralow frequency electromagnetic signals prior to earthquakes. *Geofizicheskie issledovaniya* [Geophysical Research]. **16** (1), 24–34 (2015) (in Russian).
3. Malyshkov Yu.P., Dzhumbaev K.B. Earthquake prediction based on the parameters of the Earth's natural pulsed electromagnetic field. *Vulkanologiya i seismologiya* [Volcanology and Seismology]. **1**, 97–103 (1987) (in Russian).
4. Malyshkov Yu.P., Malyshkov S.Yu. Periodic variations of geophysical fields and seismicity, their possible connection with the motion of the Earth's core. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics]. **2**, 152–172 (2009) (in Russian).
5. Dovbnya B.V., Zotov O.D., Mostryukov A.O., Shchepetnov R.V. Electromagnetic signals close in time to earthquakes. *Izv., Phys. Solid Earth*. **42** (8), 684–689 (2006). DOI: 10.1134/S1069351306080052.
6. Dovbnya B.V. Electromagnetic precursors of earthquakes and their recurrence. *Geophysical J.* **36** (3), 160–165 (2014). DOI: 10.24028/gzh.02033100.v36i3.2014.116069.
7. Dovbnya B.V., Potapov A.S., Guglielmi A.V., Rakhmatulin R.A. On the impact of MHD resonators on the geomagnetic pulsations. *Geophysical J.* **36** (6), 143–152 (2014). DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v36i6.2014.111053.
8. Dovbnya B.V., Pashinin A.Yu., Rakhmatulin R.A. Short-term electromagnetic precursors of earthquakes. *Geodynamics & Tectonophysics*. **10** (3), 731–740 (2019) (in Russian). DOI: 10.5800/GT-2019-10-3-0438.
9. Fraser-Smith A.C., Bernardi A., McGill P.R., Ladd M.E., Helliwell R.A. & Villard O.G., Jr. Low-frequency magnetic field measurements near the epicenter of the Ms 7.1 Loma Prieta earthquake. *Geophysical Research Lett.* **17**, 1465–1468 (1990).
10. Hayakawa M. (ed.). *Seismo Electromagnetics and Earthquake Prediction: History and New directions*. *IJEAR*. **6** (1), 1–23 (2019). DOI: 10.33665/IJEAR.2019.v06i01.001
11. Ismaguilov V.S., Kopytenko Yu.A., Hattori K., Voronov P.M., Molchanov O.A., Hayakawa M. ULF Magnetic Emissions Connected with Under Sea Bottom Earthquakes. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. **1**, 1–9 (2001).
12. Masci F., Thomas J.N. Are there new findings in the search for ULF magnetic precursors to earthquakes? *J. Geophys. Res. Space Physics*. **120**, 10,289–10,304 (2015). DOI: 10.1002/2015JA021336.
13. Molchanov O.A. *Discovering of ultra-low-frequency emissions connected with Spitak earthquake and its aftershock activity on data of geomagnetic pulsations observations at Dusheti and Vardzija*. Preprint. No. **3** (888). 27 p. (Moscow: IZMIRAN, 1990).
14. Moore G. Magnetic disturbances proceeding the 1964 Alaska earthquake. *Nature*. **203** (4944), 508 (1964).
15. Reid H.F. The Mechanics of the Earthquake, Vol. II. The California Earthquake of April 18, 1906: Report of the State Earthquake Investigation Commission. *Carnegie Institution of Washington Publication No. 87*. 192 p. (Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington, 1910).
16. Thomas J.N., Love J.J., Johnston M.J., Yumoto K. On the reported magnetic precursor of the 1993 Guam earthquake. *Geophys. Res. Lett.* **36** (L16301), 1–5 (2009). DOI: 10.1029/2009GL039020.
17. Varotsos P., Alexopoulos K., Nomicos K., Lazaridou M. Earthquake prediction and electric signals. *Nature*. **322** (6075), 120 (1986).

РОЛЬ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ, КЛИМАТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СООТНОШЕНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И ИСКОПАЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В.Н. Башкин*

Рассмотрение геополитических, климатических и технологических факторов показало главенствующую роль природного газа как источника энергии при оценке соотношения между возобновляемыми и ископаемыми источниками. Рассмотрены примеры зимы 2020–21 гг., подтверждающие, что именно природный газ является относительно дешёвым и экологически чистым источником энергии (энергоносителем), причём именно как самостоятельный источник, а не компенсирующий возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Ключевые слова: источники энергии, возобновляемые источники энергии, природный газ, уголь, геополитика, климат, технологии.

Ссылка для цитирования: Башкин В.Н. Роль геополитических, климатических и технологических факторов в соотношении возобновляемых и ископаемых источников энергии // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 314–327. DOI: 10.29003/m2436.0514-7468.2020_43_3/314-327

Поступила 17.03.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

THE ROLE OF GEOPOLITICAL, CLIMATIC AND TECHNOLOGICAL FACTORS IN ESTABLISHING THE RATIO OF RENEWABLE AND FOSSIL ENERGY SOURCES

V.N. Bashkin, Dr. Sci (Biol.)

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences

In assessing the relationship between renewable and fossil energy sources, consideration of geopolitical, climatic and technological factors has revealed the dominant role of natural gas as an energy source. Examples of the winter 2020–21 are here considered, confirming that natural gas is a relatively cheap and environmentally friendly source of energy (energy carrier). This happens to be true of natural gas as an independent source, not merely as a compensator of renewable energy sources.

Keywords: energy sources, renewable energy sources, natural gas, coal, geopolitics, climate, technology.

Введение. В последнее время в мире нарастают политизированные геополитические алармистские тенденции, имеющие конечной целью достижение так называемой климатической нейтральности используемого топлива к 2050 г. за счёт снижения себестоимости зелёной энергии и ухода от ископаемых источников энергии¹. Это объясняется ростом содержания парниковых газов в атмосфере Земли вследствие сжигания ископаемого топлива и подаётся как довод для перехода на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) без сколь-либо научно обоснованных доказательств. При этом игнорируется тот факт, что

* Башкин Владимир Николаевич – д.б.н., профессор, гл.н.с. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино; vladimirbashkin@yandex.ru.

¹ <https://www.profinance.ru/news/2020/10/01/bzcx-mea-solntse-mozhet-stat-glavnym-istochnikom-elektroenergii-v-evrope-uzhe-cherez-.html>

суммарные антропогенные выбросы углеродсодержащих газов составляют менее 5% суммарных природных потоков, т. е. находятся в пределах ошибки измерений и расчётов [14]. В частности, по данным В.В. Снакина и коллег, антропогенные потери метана при его добыче и транспортировке составляют от 3 до 5% глобального баланса [10]. Кроме того, не принимается во внимание и широко известная цикличность как хода температуры на Земле, так и химического состава атмосферы в историческом и геологическом масштабе времени.

Однако после известных событий зимы 2020–21 гг., когда замерзли целые страны и регионы, прямые экономические потери достигли нескольких миллиардов долларов, с учётом косвенных – нескольких сотен миллиардов, а потери человеческих жизней исчислялись десятками и сотнями, причём на фоне ковидной пандемии, необходимо понять, что послужило причиной таких событий. Резонно оценить мировой рынок источников энергии (энергонасителей), их динамику и перспективы использования, выявить роль геополитических, климатических и технологических факторов при оценке соотношения между возобновляемыми и ископаемыми источниками энергии.

Среди возобновляемых источников энергии традиционно рассматриваются солнечная и ветровая энергетика, как наиболее используемые, а среди ископаемых – природный газ и уголь, как используемые напрямую. Учитывая несомненную неэкологичность угля, его роль как энергонасителя снижается даже в таких странах, как Китай и Индия; эта тенденция просматривается и на перспективу.

При этом и в Международном энергетическом агентстве (МЭА) прогнозируют, что «зелёная» индустрия может отнять, например, у угля звание самого дешёвого источника энергии. Использование ВИЭ возрастает в ряде стран, особенно в Европе и Северной Америке [17].

Природный газ, в сравнении с углём, является относительно дешёвым и более экологичным ископаемым источником энергии, и именно этот энергонаситель может быть основным на ближайшую и отдалённую перспективу. Отсюда вытекает, в частности, вопрос: что ждёт мировой рынок газа и какое место уготовлено на нём России в настоящее время, через десять и даже через тридцать лет? Рациональные оценки и прогнозы показывают, что рост потребления газа в мире уже произошёл в первые месяцы 2021 г., к 2030 г. это возможно на 15% к уровню 2019 г. (в 2020 г. в связи с тёплой зимой потребление упало на 3,5%) до 4,55 трлн м³. Планируется, что примерно 70% этого прироста придётся на спрос в странах Азиатско-Тихоокеанского региона и Северную Америку [16]. В связи с развитием местной добычи из этого прироста более 40% обеспечат страны Юго-Восточной Азии, Китай и Индия. Это выглядит логичным, поскольку азиатские страны продолжают свой переход с угля на более экологичный газ в производстве электричества, в промышленности и бытовом секторе. Отмечается также и увеличение использования газа в качестве газомоторного топлива.

Согласно оценочному прогнозу на 2050 г., мировая экономика будет нуждаться в 18–19 млрд т нефтяного эквивалента первичной энергии и роль газа будет только возрастать. Относительная доля природного газа, как наиболее экологически чистого из всех видов ископаемого топлива, в мировом энергобалансе может вырасти до 28% к 2050 г. при том, что в 2019 г. эта величина была лишь 23%. Считается, что пропорциональная доля СПГ к 2050 г. увеличится как минимум вдвое, и объёмы его поставок превысят соответствующие объёмы трубопроводного газа [16].

Такой прогноз может оказаться очень выгодным как для России, так и для других газодобывающих стран, обладающих значительными запасами газа. Что касается имен-

но России, то она обладает широкой трубопроводной инфраструктурой для транспортировки газа и на Запад, и на Восток. Это конкурентное преимущество позволит оставаться надёжным поставщиком природного газа (метана). Следует также подчеркнуть, что РФ является производителем СПГ. С учётом относительной географической близости добычи СПГ в Арктике и на Дальнем Востоке к основным его потребителям в азиатском регионе уже проявляются соответствующие конкурентные преимущества.

Целью данной статьи является рассмотрение роли геополитических, климатических и технологических факторов в соотношении возобновляемых и ископаемых источников энергии.

Геополитические факторы. Согласно прогнозу [16], объём производства газа к 2050 г. может составить почти 6 трлн м³, а его использование прогнозируется в соответствии с ключевыми факторами потребности в этом источнике энергии (табл. 1).

Таблица 1. Перспективы использования природного газа до 2050 г.

Table 1. Prospects for the use of natural gas up to 2050

Ключевые факторы развития газовой отрасли				
В 2020 г. наблюдался как крайний переизбыток предложения на рынке, так и крайняя напряжённость	Рыночный спрос 2020 г. был обусловлен ростом Китая и Индии в совокупности на 9,5 метрических тонн (МТ)	Спрос на СПГ устойчив	К 2035 г. потребуется около 100 млн т дополнительных мощностей по сжижению и более 200 млн т к 2050 г.	Изменение спроса на газ
Основные параметры развития				
Волатильность цен, наблюдавшаяся в конце 2020 – начале 2021 гг., скорее всего, сохранится и в среднесрочной перспективе. Жёсткий баланс между спросом и предложением к 2025 г. создаст колебания цен, поскольку непредсказуемые события перевернут рынок между ограниченностью и избыточным предложением	Азия продолжит стимулировать рост мирового спроса на СПГ. Однако Китай станет менее важным драйвером спроса на СПГ после 2035 г. и увидит пик спроса примерно в 2040 г. Южная и Юго-Восточная Азия возьмут на себя роль ключевых драйверов спроса	Спрос на СПГ вырос на 1% в 2020 г., в то время как мировой спрос на газ снизился. В долгосрочной перспективе доля СПГ в мировом газоснабжении увеличится с сегодняшних 13% до 23% к 2050 г., поскольку он удовлетворяет рост спроса и заменяет сокращающиеся поставки трубопроводного газа и его добычу	Большая часть этих мощностей, скорее всего, поступит от американских проектов, представляющих собой долгосрочные предельные мощности по поставкам СПГ, и их необходимо будет дифференцировать либо с коммерческой точки зрения, либо по интенсивности выбросов. В настоящее время строится 138 млн т СПГ мощностей. Также будет рост производства СПГ в Катаре, Австралии и России	Спрос на газ в транспортном секторе должен вырасти к 2035 г. на 50 млрд м ³ при совокупном годовом темпе роста в 2,2%. В Европе, Японии и Северной Америке потребление газа для производства электроэнергии снизится. Спрос на газ в промышленности и газохимии вырастет после 2035 г.

Описанные перспективы использования природного газа сталкиваются с геополитическими интересами различных стран. С этой точки зрения одним из важнейших факторов, определяющих расстановку и взаимодействие различных геополитических сил в XXI веке, становится борьба за добычу и использование природных энергетических ресурсов [7, 11].

Рассмотрим это на примере проекта газопровода «Северный поток-2» (СП-2), направленного на расширение поставок газа из России в Германию и другие страны ЕС. Этот проект реализуется, исходя из взаимных экономических интересов, основанных на прогнозируемом росте спроса на газ на рынках ЕС, а также потребности в укреплении энергетической безопасности ЕС. СП-2 позволит связать газопроводом Россию и Германию. Предполагается, что его общая мощность составит около 55 млрд м³ ежегодно. США выступают против этого проекта, т. к. он помешает продаже в ЕС сжиженного природного газа из Америки. Соответственно, реализация СП-2 оказалась под значительным влиянием политики, несмотря на объективную экономическую выгоду, которую достройка газопровода несёт всем участникам проекта. США выступают против строительства СП-2 исключительно из-за геополитики – газопровод предоставит России слишком большое влияние на ЕС. Кроме того, сложность реализации проекта заключается в необходимости учитывать энергетическое законодательство ЕС, а также в усилении влияния геополитических факторов на энергетическое сотрудничество Россия – ЕС, в т. ч. в связи с агрессивной энергетической дипломатией США, нацеленной на срыв его реализации, исходя из собственных геополитических интересов. Проведённое исследование экономических и геополитических аспектов СП-2, сравнение позиций его сторонников и противников, а также оценка перспективы проекта с применением методов факторного, экономико-статистического и геополитического анализов показали, что проект занимает передовые места не только в повестке дня политических и экономических отношений Россия – ЕС, но и мировой политики [5]. Можно заключить, что в настоящее время, несмотря на противодействие ряда стран, перспективы его реализации являются благоприятными. «Нам срочно необходима любая инфраструктура, позволяющая поставлять газ» (глава Wintershall Dea Марио Мерен о «Северном потоке-2» и российском газе)².

Это отражает большие экономические преимущества данного проекта перед другими трубопроводными маршрутами. Важно подчеркнуть, что запуск газопровода СП-2 не только привнесёт серьёзный вклад в обеспечение энергетической безопасности Европейского сообщества, но и может выразиться в смягчении напряжённости между НАТО и Россией в Балтийском регионе, учитывая необходимость надёжного функционирования инфраструктуры газоснабжения, что исключает военные методы, или, другими словами, смягчает приёмы ведения гибридной войны и/или конфликтов в этом регионе.

Рассматривая приёмы и методы ведения гибридной войны против традиционных источников энергии и, в первую очередь, природного газа, поставляемого из России, нужно отметить настойчивое стремление ряда политиков перейти к применению т. наз. альтернативных источников энергии. Так, главный экономист Bloomberg NEF Себ Хенбест считает, что «традиционной энергетике осталось всего пять спокойных лет жизни»³. Потом произойдёт ключевой перелом, когда эксплуатировать угольную

² https://www.kommersant.ru/doc/4704708?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com

³ <https://www.profinance.ru/news/2020/10/20/bzsl-bloomberg-traditsionnoj-energetike-ostalos-spokojno-zhit-vsego-5-let.html>

или газовую электростанцию станет дороже, чем построить новую солнечную или ветряную ферму. Базовый сценарий МЭА подразумевает, что страны будут делать всё от них зависящее для перехода на зелёную энергетику, благодаря чему средняя цена нефти в период до 2040 г. будет невысокой – 40 долл. за баррель⁴. В связи с этим необходимо отметить, что действительно в 2019 г. сектор солнечной энергетики Европы вырос на 104%, что стало рекордным показателем с 2010 г. (рис. 1).

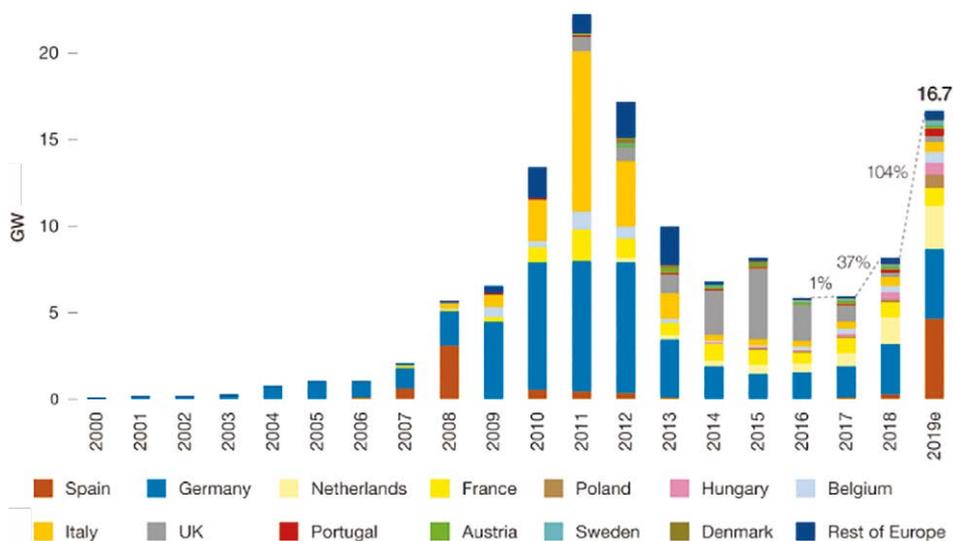


Рис. 1. Годовой рост мощности сектора солнечной энергетики ЕС в ГВт [17].
 Fig. 1. Annual capacity growth of the EU solar energy sector in GW [17].

Можно подчеркнуть также, что в ЕС, как главном покупателе российского газа, происходят существенные изменения в энергетической политике. Так, уже в ближайшее время здесь могут даже ввести углеродный налог за выбросы CO₂ в атмосферу, а к 2030 г. ЕС планирует снизить выбросы углерода как минимум на 55% относительно уровня 1990 г. Для этого доля ВИЭ в ЕС должна удвоиться за десять лет. В кризисный 2020 г. «зелёная энергетика» в Евросоюзе впервые превысила использование нефти, газа и угля, её доля (38%) оказалась выше доли ископаемого топлива (37%). Однако в начале 2021 г. потребление последнего уже возвращается на докризисные уровни.

В рамках гибридной войны считается, что «переход мировой экономики на зелёную энергетику может обойтись России потерей 10–20% доходов бюджета к 2040 г.»⁵ (относительно среднего показателя за 2015–2019 гг.). И это ещё относительно небольшие потери среди стран-производителей. У стран с менее диверсифицированной экономикой, чем у России, потери могут дойти до 40% доходов бюджета. Среди них упоминается Саудовская Аравия, Нигерия, Ливия, Ангола, Азербайджан, Конго. Суммарно 40 стран – экспортёров нефти и газа могут недополучить около 9 трлн долл. до 2040 г., а все вместе мировые экспортёры до 13 трлн долл.

⁴ <https://www.profinance.ru/news/2020/10/01/bzcx-mea-solntse-mozhet-stat-glavnym-istochnikom-elektroenergii-v-evrope-uzhe-cherez-.html>

⁵ <https://www.profinance.ru/news/2020/09/18/bzgl1-jpmorgan-borba-s-izmeneniem-klimata-bolno-udarit-po-rossii-i-drugim-stranam-em.html>

Однако даже в докризисном 2019 г. признавалось, что эта тенденция не является ещё невозвратной для ВИЭ: спрос на нефть и газ может вырасти в ближайшие годы, несмотря на все усилия правительств [8]. Это чётко и недвусмысленно проявилось во время зимнего периода 2020/21 гг. Так, поскольку собственная добыча газа в Европе продолжает неуклонно снижаться, признаётся, что Европе срочно необходима любая инфраструктура, позволяющая поставлять газ из России, Норвегии и других стран в Северо-Западную Европу. Только лишь из-за остановки добычи на месторождении Гронинген (в Нидерландах) был утерян объём примерно от 30 млрд до 50 млрд м³, ещё 10 млрд м³ (из Норвегии) будут перенаправлены по новому Балтийскому газопроводу в Польшу, в обход Северо-Западной Европы. Всё это уже существенно скажется на необходимых объёмах. Считается, что ЕС необходимы дополнительные объёмы газа по двум причинам: во-первых, для достижения европейских целей по защите климата, а именно по снижению выбросов, что предполагает замещение угля газом, и во-вторых, это позволит поддерживать цены на энергию в Европе доступными, а промышленность – конкурентоспособной. При этом зимой 2020/21 гг., так же, как это было в 2018 г., дефицит газа был компенсирован трубопроводным газом из России, благодаря которому в Европе были отопление, горячая вода и продолжала работать вся промышленность⁶.

Климатические факторы. Климатический фактор является определяющим при оценке источников энергии. Рассмотрим это на примере использования энергоносителей зимой 2020/21 гг. В частности, важно оценить не только общее потребление энергии, но и наличие ресурсов газа в ПХГ, его поставки как в виде трубопроводного газа, так и СПГ. Необходимо оценить работоспособность ветрогенераторов и солнечных батарей. Наконец, несмотря на неэкологичность угля, его использование в кризисных ситуациях растёт.

Похолодание привело в странах ЕС к ускоренному отбору газа из подземных хранилищ. Но причины сложившейся ситуации кроются не только в низких температурах, но и в специфической ситуации с запасами, которая сложилась в начале 2020 г., а также в нехватке «зелёного» электричества в начале 2021 г. Чем холоднее становилось в Евросоюзе, тем больше ему требовалось газа. Однако большая разница в отборах из подземных хранилищ между текущим и прошлым годами связана ещё и со специфическим положением, которое, по оценкам А. Фролова, сложилось на европейском газовом рынке к началу 2020 г.⁷

Как известно, в рыночной экономике поставки СПГ являются максимально лабильными, поэтому его экспорт из США в Европу в 2019 г. был высоким в связи с закрытостью китайского рынка. Также выросли и поставки СПГ из России – в обоих случаях примерно на 15,5 млрд м³. Однако из-за холодной погоды в Азии зимой 2020/21 гг. поставки СПГ были переориентированы в этот регион, и началось интенсивное использование газа из ПХГ. К середине февраля 2021 г. объём запасов в подземных хранилищах Евросоюза, по данным AGSI+, уменьшился до 41,7 млрд м³.⁸

Но не только холодная погода внесла свою лепту в ускоренный отбор газа из ПХГ. Евросоюз подвели возобновляемые источники энергии. Если в январе 2020 г. в Германии ветровые и солнечные электростанции выработали 16,18 ТВтч и 1,23 ТВтч соответственно, то в январе 2021 г. ветер обеспечил 11,68 ТВтч, а солнце – 0,69 ТВтч. Соот-

⁶ https://www.kommersant.ru/doc/4704708?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com

⁷ <https://iz.ru/1127755/aleksandr-frolov/gazovyi-repertuar>

⁸ Там же

ответственно, если газовые электростанции за тот же период прошлого года произвели 5,84 ТВтч, то в этом году – 7,73 ТВтч. Значительно выросло производство электроэнергии из угля (12,79 ТВтч в январе 2020 г. и 15,5 ТВтч в 2021 г.). Кстати, Евросоюз в обозримом будущем собирается закрыть все угольные электростанции⁹, что вызывает определённый скепсис с учётом реальных ситуаций. При этом резкое падение производства электроэнергии из ВИЭ зимой в Европе происходит не первый раз. И если Германия сумела пройти этот период относительно спокойно в энергетическом плане из-за повышенного использования газа (да и угля), то, к примеру, Швеция (досрочно отказавшаяся от угля в пользу ВИЭ) столкнулась с острым дефицитом электроэнергии.

Безусловно, можно выстраивать энергостратегию исходя из того, что зимы будут мягкими. Но в реальном мире энергостратегия должна учитывать неизбежные кризисы, каковыми в данном случае являются резкие похолодания. Так, в конце января–начале февраля 2021 г. были засыпаны снегом все солнечные батареи в Германии, безветренная погода остановила 30 000 ветряков, из-за чего доля «зелёной» электроэнергии в общем объёме генерации в стране опустилась до 0–3%¹⁰. Аналогичная ситуация сложилась и в США, где в 14-ти штатах выпало большое количество осадков в виде снега при резком понижении температуры, например, в южном Техасе до -14°C (при норме +15° в Хьюстоне для января). В Линкольне побит температурный рекорд 1978 г. (-27°C), в г. Форт-Уэрт – рекорд 1903 г. (-11°C). Вследствие этого в Техасе почти половина всех ветрогенераторов штата оказалась неработоспособной из-за обледенения лопастей. Произошёл и резкий рост использования бытовых электрообогревателей, что обрушило электросети. Стоимость электроэнергии в Хьюстоне выросла почти в 35 раз – выше \$ 9000 за МВт/час (свыше 660 руб. за кВт/час).

Первая волна похолодания произошла прошедшей зимой в Японии, где средняя температура воздуха в крупных городах снизилась с +7,6 до +4,4°C, а в северных префектурах стала отрицательной уже в декабре 2020 г. Ситуацию усугубили начавшиеся интенсивные снегопады, которые вывели из строя солнечную генерацию электроэнергии, поскольку солнечные панели покрылись обширным слоем снега и наледи. Хотя ветровая и солнечная генерация обеспечивают всего 10% выработанной электроэнергии в Японии, этого хватило, чтобы поставить страну на грань энергетического кризиса. Здесь следует подчеркнуть, что проблемы с выходом из строя ветроэлектрических станций из-за морозов известны достаточно давно. Например, ВЭС Финской компании «WinWind» постоянно сталкивались и сталкиваются с этой проблемой, что в итоге обанкротило компанию. От обледенения ВЭС не спасает даже наличие подогрева лопастей и внутренних агрегатов. Аналогично и в других регионах¹¹. Следовательно, только поставки газа (как СПГ, так и трубопроводного) смогли спасти ситуацию. Хотя в Техасе, где добывается сланцевый газ, размеры техногенных аварий из-за замерзания используемой воды и повреждения соответствующей инфраструктуры ещё предстоит оценить.

Суровая зима была и в России, но на данный момент можно сказать, что нашей страны не коснулись вышеописанные проблемы. Даже на юге России, в Краснодарском крае, где впервые за много лет выпал снег, не было схожих ситуаций. В Западной Сибири, где с начала зимы морозы держатся на уровне 30°C, продолжают добывать газ и скважины не перемерзают. Более того, именно в разгар зимы по Северному морскому пути прошли СПГ-танкеры в Азию и обратно.

⁹ <https://iz.ru/1127755/aleksandr-frolov/gazovyi-repertuar>

¹⁰ Там же

¹¹ <https://zen.yandex.ru/media/id/5a7b3d0d3dceb70c6f476032/general-moroz-vnov-nanes-obidnoe-porajenie-germanii-602c947a2ca49f594820a673>

Между тем, наступление очередного глобального похолодания выражается в изменении климата Земли в целом или отдельных её регионов с течением времени, что подтверждается в статистически достоверных отклонениях параметров погоды от их многолетних значений за период времени от десятилетий до миллионов лет. Рядом авторов [2, 3, 6, 8, 9] было установлено, что изменение климата, в частности, в эпоху голоцена, которая продолжается последние 11,7 тыс. лет, характеризуется чередованием периодов похолодания и потепления, что свидетельствует о циклическом характере изменения этого феномена на Земле.

Иллюстрацией приближения периода похолодания служат данные рис. 2, где представлена кривая среднегодовой температуры атмосферного воздуха до 2030 г. в рассматриваемом интервале времени продолжительностью в 137 лет, характеризующемся циклическостью холодных и тёплых периодов: с начала 2000-х гг. уже происходит усиление континентальности климата как предвестник очередного Малого ледникового периода [1, 13].

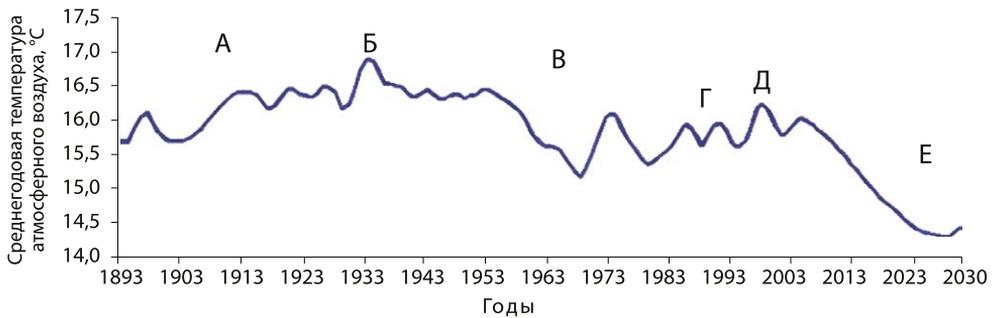


Рис. 2. Кривая среднегодовой температуры атмосферного воздуха до 2030 г.: А – выход из очередного Малого ледникового периода; Б – тёплый период в 1930–1950 гг.; В – резкое похолодание в 1970-е гг.; Г – спутниковая регистрация температуры; Д – температурный пик Южной осцилляции (течение Эль-Ниньо) в 1998 г., т. е. колебание температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана, имеющее заметное влияние на климат; Е – начавшийся и ожидаемый температурный минимум.

Fig. 2. The average annual ambient air temperature up to 2030: А – the emergence from another recurrence of a little ice age; Б – warm period of 1930–1950; В – the cold period in the 1970s; Г – satellite-recorded temperatures; Д – temperature peak of the southern oscillation (El Niño) of 1998, involving temperature variation of the Equatorial Pacific surface waters, with a noticeable effect on the climate; Е – the incipient and expected minimum in temperatures.

Известно, что континентальный климат характеризуется стабильно жарким летом и стабильно морозной зимой и малым количеством осадков. При этом усиление континентальности климата, или повышение индекса этого феномена, свидетельствует о потенциальном грядущем глобальном похолодании, которое может происходить как за счёт уменьшения потока солнечной радиации, поступающей на Землю, так и за счёт сокращения потока тепла из океана в атмосферу [1, 6, 8, 9, 13, 15]. Что касается континентального климата полярных широт, где добывается основная часть российского газа, то для него характерны большие годовые колебания температуры воздуха и тёплое, но короткое лето, а также очень студёная и длительная зима.

И здесь необходимо оценить именно технологические факторы, причём по всей цепочке, начиная от добычи газа, а также предлагаемые технологии для альтернативных источников энергии на примере водорода.

Технологические факторы. Технологическая устойчивость добычи природного газа. Свойства добываемого природного газа хорошо известны благодаря их непрерывному контролю химическими лабораториями на каждом промысле, которые также следят за параметрами газа, отправляемого потребителям. В процессе подготовки газа к дальнему транспорту производится его очистка от механических примесей, осушка (удаление влаги – как в капельной форме, так и в паровой фазе), отделение газового конденсата, если он присутствует в добываемом газе, а также удаление углекислого газа, сероводорода и других примесей до приемлемых уровней, установленных соответствующими нормативными документами. Указанные примеси присутствуют в добываемом флюиде всегда, но их количество определяется природными (уникальными) характеристикам месторождения. В ряде случаев ими можно пренебречь – выявляются лишь следы этих компонентов (например, северные месторождения природного газа РФ практически не содержат сероводорода и углекислого газа), тогда как в Астрахани и Оренбурге налажено производство серы из сероводорода, добываемого вместе с природным газом. В Оренбурге дополнительно извлекают очень ценный продукт – гелий. Его добычу можно будет организовать и на месторождениях Восточной Сибири, где содержание гелия в добываемом газе практически на порядок выше, чем в Оренбурге. Углекислый газ в месторождениях природного газа России практически отсутствует (в отличие от норвежских), и поэтому технологии его секвестрации при подготовке газа не используются.

Кроме указанных факторов, влияющих на технологические процессы комплексной подготовки добываемого газа (УКПГ) к дальнему транспорту, всегда учитывают их взаимодействие с окружающей средой. Это не только сезонные погодные изменения, параметры которых варьируются в достаточно широких пределах, но и учёт влияния вечной мерзлоты, которая на севере Западной Сибири имеет мощность в несколько сотен метров. Поэтому различными приёмами исключают гидратообразование в добываемом из месторождения газе при прохождении по скважинам в районе мерзлоты (необходимо исключить аварийную остановку скважины) и т. д. Этот список проблем, связанных с добычей и подготовкой природного газа, хорошо известен, известны и пути их преодоления, поскольку всё это требует грамотного подхода и чётких управленческих решений как на стадии проектирования освоения месторождения на основе результатов проектно-изыскательских работ (ПИР), так и при обустройстве и эксплуатации (хотя ошибки на всех стадиях встречаются и должны оперативно выявляться и устраняться авторским надзором проектной организации, подрядчиками, субподрядчиками и заказчиком). Кроме этого, на регулярной основе проводится подготовка к прохождению зимнего периода, когда добыча достигает предельно возможных уровней, а возможности по ремонту и обслуживанию оборудования существенно затрудняются. И такая подготовка, безусловно, достаточно затратная, производится из расчёта того, что параметры окружающей среды, такие как температура воздуха, скорость ветра и т. д., будут экстремальными для данной местности. Все эти параметры хорошо известны и включены в соответствующие разделы строительных норм и правил (СНиП). Именно поэтому серьёзных инцидентов на газовых промыслах РФ, в т. ч. на Крайнем Севере, связанных с неожиданным и к тому же резким похолоданием, практически нет [4].

Технологические возможности использования альтернативных источников. В настоящее время единственным процессом, альтернативным природным ископаемым источникам энергии, в идеальном случае может быть производство водорода.

Его сжигание в реакции с кислородом атмосферы позволит получать именно экологически чистую энергию. В частности, как отмечается, «водород – модная тема и, конечно же, важное тематическое направление взаимодействия между Wintershall Dea и Газпромом»¹². В рамках программы научно-технического сотрудничества обсуждаются различные методы производства водорода, основной упор делается на пиролиз метана. Также компании являются партнёрами в различных газотранспортных проектах, поэтому совместно рассматриваются перспективы закачки водорода в действующие газотранспортные сети. Этому посвящены и наработки ЕС по транспорту водорода в будущем¹³.

Действительно, с политической и, частично, с экологической точки зрения многое связывается с водородом, идеализируемым топливом будущего. Но нет его природных запасов и нельзя «открыть» месторождение и добывать водород как нефть или природный газ. Базовая на сегодня технология получения водорода – это упомянутая выше паровая конверсия метана, в ходе которой водород извлекают из углеводородного соединения в трубчатых печах (химических паровых реформерах) в присутствии пара. Технология крайне энергозатратна, но главное – в процессе производства выделяется углекислый газ, ответственный, с точки зрения апологетов ВИЭ, за создание парникового эффекта.

Известен и другой технологический процесс – электролиз, диссоциация молекулы воды на кислород и водород под воздействием электричества. Эта технология применяется на российских АЭС, где работают электролизеры, которые производят водород, и он используется в технологических процессах для собственных нужд. Также можно рассмотреть возможность масштабного производства водорода в разрабатываемых высокотемпературных газоохлаждаемых ядерных реакторах (ВТГР) нового поколения. «Газоохлаждаемый» означает, что для снятия тепла с тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) используется инертный газ – гелий, который нагревается до температуры 950°C. Это тепло направляют для получения водяного пара, который раскручивает турбину электрогенератора. Также производимое ВТГР тепло может быть непосредственно задействовано для получения из природного газа метановодородной смеси и чистого водорода термохимическими методами¹⁴. Но опять возникает вопрос КПД процесса. Почему не использовать напрямую полученную энергию, а трансформировать её снова в источник энергии – водород? Это практически повторение того же процесса пиролиза метана, ведь метан и сам можно использовать как источник энергии. Кроме того, эти разработки по ВТГР ещё весьма далеки от практического применения.

И снова возникает вопрос – почему нужно отказываться от добычи метана и заменять её так называемой «зелёной энергетикой» с достаточно низкими показателями КПД? Следовательно, даже получение водорода – очень энергоёмкий процесс; кроме того, его изготовление, размещение и транспорт для хранения и перемещения также связаны с очень энергоёмким производством. Кроме того, все эти процессы сложны в технологическом плане и экологически очень вредны. И, наконец, водород – это не метан, и этот газ при определённых обстоятельствах может диффундировать сквозь металлы, так что транспортировка водорода в промышленных масштабах – дело довольно дорогое и опасное. При авариях водород может соединяться с кислородом воздуха с

¹² https://www.kommersant.ru/doc/4704708?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com

¹³ https://www.popmech.ru/technologies/628233-mirnyy-atom-i-vodorodnyy-mir-novaya-energeticheskaya-revolyuciya/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com

¹⁴ <https://www.discred.ru/2021/02/02/gazprom-spas-evropu-ot-morozov-s-vygodoj>

образованием т. н. «гемучей смеси» и взрывом. Кроме производства электроэнергетики, не стоит забывать и про отопление, не говоря уже о газохимии. Здесь преимущества метана перед водородом ещё более очевидны и вряд ли будут оспорены новыми технологиями, которые только предстоит разработать.

Заключение. Таким образом, выполненный анализ геополитических, климатических и технологических факторов показал главенствующую роль природного газа как источника энергии. Несмотря на растущую долю производства электроэнергии из возобновляемых источников, для надёжности системы требуются балансирующие мощности, каковыми могут выступать газовая, угольная и атомная генерация. Поскольку из-за экологических проблем роль угольной генерации будет снижаться повсеместно, а атомная генерация хотя и обладает значительным потенциалом, но сроки строительства АЭС очень протяжённые, да и само строительство очень дорогое, сейчас можно уверенно прогнозировать, что даже и через 10–20 лет атомная генерация не станет заменой углю. Остаётся только газовая генерация как относительно дешёвый и экологически чистый источник энергии, причём именно самостоятельный источник, а не компенсирующий ВИЭ.

Даже если предположить, что ВИЭ станет дешевле традиционных источников энергии (что даже гипотетически маловероятно), всё равно невозможно обойтись только солнцем и ветром. Пример американского Техаса, где аномальная погода зимой 2021 г. отключила все ветряные фермы, можно даже не рассматривать, поскольку там вероятность таких морозов невысока и ею пренебрегали. Но можно рассмотреть пример Германии, где снег и морозы – вполне обычное явление, как во многих северных странах. Тем не менее, в конце января 2021 г., когда большую часть страны накрыли снегопады, снег засыпал солнечные панели, и одновременно безветренная погода остановила почти все 30 тыс. ветрогенераторов в стране (а в случае штормовых ветров их также останавливают, переводя в режим флюгирования, чтобы исключить поломку лопастей), энергобезопасность была обеспечена только угольной и газовой генерацией. И это в противоположность отмеченной ситуации в Техасе.

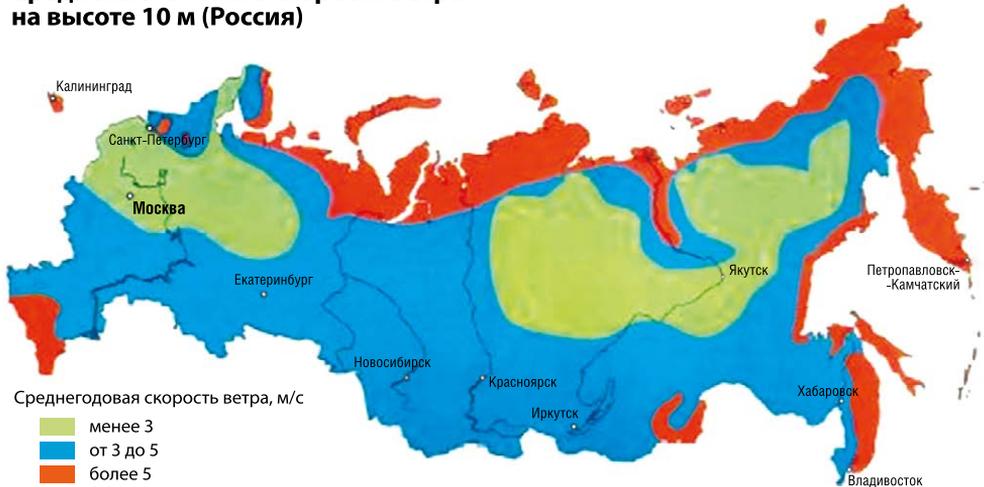
Общезвестно, что недостатки солнечной и ветряной энергии кроются, прежде всего, в её дискретном производстве, которое наблюдается не только зимой, а круглый год. Статистически доказано и многократно продемонстрировано, что бывают дни и недели, когда не вырабатывается ни солнечной, ни ветровой электроэнергии. Это подтверждается в течение всей истории человечества, но такие факты просто игнорируются во время обсуждения «зелёной энергетики»¹⁵.

Следует подчеркнуть, что речь идёт не только о зимних периодах. Например, спотовые цены на электроэнергетику в Техасе в августе 2019 г. взлетали с \$ 15 до \$ 9000 за мегаватт-час из-за закрытия угольных электростанций и слабого ветра. В июне нечто похожее произошло и в Германии, где в течение считанных дней цены на электроэнергетику многократно выросли из-за резкого спада объёмов ветровой генерации, а затем опускались ниже ноля на фоне избытка производства солнечной электроэнергии. В Великобритании также в августе 2019 г. без электричества осталось свыше 1 млн домов, что частично было обусловлено использованием чистой энергетики. В ходе расследования выяснилось, что удар молнии в линию электропередач к северу от Лондона спровоцировал отключение от сети газовой электростанции и гигантской ветровой электростанции, поскольку операционно ветрогенераторы, солнечные батареи и соответствующие интерконнекторы отличаются от традиционных источни-

¹⁵ <https://www.discred.ru/2021/02/02/gazprom-spas-evropu-ot-morozov-s-vygodoj>

ков электроэнергии¹⁶. Также можно видеть, что на большей части территории России ветроэнергетика не является эффективной, поскольку её потенциал достаточен лишь в арктических зонах (рис. 3).

Среднегодовое скорости ветра на высоте 10 м (Россия)



Виды потенциалов ветровой энергии мира и России на высоте 10 м

Виды потенциала	Валовой	Технический	Экономический
Мировые	$3300 \cdot 10^{12}$ кВт/ч	10–12 %	5–6 %
Россия	$260 \cdot 10^{12}$ кВт/ч		

Рис. 3. Оценочная картосхема для планирования размещения ветрогенераторов в РФ, на основании данных [9].

Fig. 3. Evaluative map-scheme for planning the location of wind turbines in the Russian Federation, based on available data [9].

Следовательно, можно отметить, что в реальности во многих странах развитие «зелёной энергии» превратили в самоцель, забывая, что это только средство для получения, на первый взгляд, экологически чистой и дешёвой энергии и тепла. Однако ни того, ни другого «зелёная энергия» не даёт, будучи всегда дотационной. Более того, всегда на неё заставляют переходить угрозами штрафов или путём законодательных решений и угроз. При этом не учитывается очевидный факт, что всегда экологический след любой «зелёной энергии» больше и опаснее, чем ДВС и даже угольных станций.

В большинстве случаев затраты на производство «альтернативной энергии» превосходят количество получаемой энергии. Из всех альтернативных вариантов сейчас мог бы быть термоядерный синтез, но до его практической реализации, очевидно, пройдёт ещё не одно десятилетие. Как отмечалось, возможно производство водорода, но также это процесс отнюдь не ближайшего времени, а лишь того, когда на его производство будет тратиться энергии меньше, чем он будет давать. В настоящее же время всё наоборот и потому нереализуемо в промышленных масштабах. Заявленные решения в основном имеют чисто политические подоплёки. Потому в

¹⁶ https://yandex.ru/turbo/profinance.ru/h/news/2019/08/27/bu6d-gotovy-li-lyubiteli-zelenoj-energetiki-plaitit-za-elektrichestvo-v-100-raz-bolshe.html?utm_source=turbo_turbo

ближайшие не то что 10–30 лет, а даже 30–50 лет нет и не будет альтернативы ископаемым источникам энергии. И среди них именно природному газу принадлежит и будет принадлежать, возможно, как и АЭС, решающая роль в обеспечении человечества доступной энергией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдусаматов Х.И. Долговременный отрицательный среднегодовой энергетический баланс Земли приведёт к Малому ледниковому периоду // Солнечная и солнечно-земная физика – 2014. Тр. Всерос. ежегодной конф. с междунар. участием. СПб, 2014. С. 3–6.
2. Андрейчик М.Ф., Монгуш М.М. Особенности распределения индекса континентальности в Тувинской горной области // Вестник Тувинского гос. ун-та. 2009. № 2. С. 50–53.
3. Анисимов М.В., Бышев В.И., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О междекадной изменчивости климатических характеристик океана и атмосферы в регионе Северной Атлантики // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 2. С. 304–311.
4. Башкин В.Н., Арабский А.К. Уроки зимы 2020/21. Перспективы природного газа как энергоисточника в свете геополитики, технологий... и капризов погоды // Газовый бизнес. 2021. № 1. С. 2–9.
5. Жизнин С.З., Тимохов В.М. Экономические и геополитические аспекты «Северного потока-2» // Балтийский регион. 2019. Т. 11, № 3. С. 25–42.
6. Каримов К.А., Крымская Д.Н. Особенности термодинамического режима нижней атмосферы в Центральноазиатском регионе под влиянием центров действия в Северной Атлантике // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2016. № 1. Ч. 3. С. 35–38.
7. Мотышов В.П. Газ и геополитика: шанс России. М.: Книжный мир, 2011. 352 с.
8. Мустафина А.Б. Изменения основных климатических показателей на территории Республики Татарстан за период 1966–2013 гг. // Географический вестник. 2017. № 2 (41). С. 99–108.
9. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Мониторинг изменений температуры воздуха и скорости ветра в атмосфере Северного полушария за последние десятилетия // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 2. С. 3–8.
10. Снакин В.В., Доронин А.В., Фрейбергс Г., Щербицкис И., Власова И.В., Чудовская И.В. Метан в атмосфере: динамика и источники // Жизнь Земли. 2017. Т. 39, № 4. С. 365–380.
11. Трубицина О.П., Башкин В.Н. Геополитические вызовы Российской Арктике при углеводородном освоении территории // Арктика и Север. 2021. № 43. С. 109–127.
12. ACER-CEER “European Green Deal”. Regulatory White Paper #1. “When and How to Regulate Hydrogen Networks?”, 9 February 2021. 8 p. (https://documents.acer.europa.eu/Official_documents/Position_Papers/Position%20papers/ACER_CEER_WhitePaper_on_the_regulation_of_hydrogen_networks_2020-02-09_FINAL.pdf).
13. Archibald D. Climate outlook to 2030 // Energy and Environment. 2007. V. 18. No. 5. P. 615–619.
14. Bashkin V. Carbon Biogeochemical Cycle and Consequences of Climate Changes // Encyclopedia of Ecology. 2nd ed. Ed by Brian Fath. Elsevier, 2018.
15. Bashkin V.N., Galiulin R.V. Geoeological Risk Management in Polar Areas. Springer, Environmental Pollution, 28. Switzerland, 2019. 155 p.
16. Global gas outlook to 2050. McKinsey. Summary Report. February 2021 (https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/oil%20and%20gas/our%20insights/global%20gas%20outlook%20to%202050/global%20gas%20outlook%202050_final.pdf).
17. World Energy Outlook 2020. Summary Report. IEA, 2020 (<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>).

REFERENCES

1. Abdusamatov Kh. I. Long-term negative average annual energy balance of the Earth will lead to a Small ice age. Solar and solar-terrestrial Physics-2014. *Proc. of the All-Russian Annual Conf.* P. 3–6. (SPb, 2014) (in Russian).
2. Andreychik M.F., Mongush M.M. Features of the distribution of the index of continentality in the Tuva mountain region. *Bull. of the Tyva State University.* 2, 50–53 (2009) (in Russian).

3. Anisimov M.V., Byshev V.I., Zalesny V.B., Moshonkin S.N., Neiman V.G., Romanov Yu.A., Serykh I.V. On the inter-decadal variability of the climatic characteristics of the ocean and atmosphere in the North Atlantic region. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. **9** (2), 304–311 (2012) (in Russian).
4. Bashkin V.N., Arabsky A.K. Lessons of winter 2020/21. Prospects of natural gas as an energy source in the light of geopolitics, technology... and the vagaries of the weather. *Gasovyy Biznes* [Gas Business]. **1**, 2–9 (2021) (in Russian).
5. Zhiznin S.Z., Timokhov V.M. Economic and geopolitical aspects of the North Stream-2. *Baltiyskij Region* [Baltic Region]. **11** (3), 25–42 (2019) (in Russian).
6. Karimov K.A., Krymskaya D.N. Features of the thermodynamic regime of the lower atmosphere in the Central Asian region under the influence of action centers in the North Atlantic. *Inovatsionnaya nauka* [Innovative Science]. **1** (3), 35–38 (2016) (in Russian).
7. Motyashov V.P. *Gas and geopolitics: the Chance of Russia*. 352 p. (Moscow: Knizhnyj Mir, 2011) (in Russian).
8. Mustafina A.B. Changes in the main climatic indicators on the territory of the Republic of Tatarstan for the period 1966–2013. *Geograficheskiy Vestnik* [Geographical Bulletin]. **2** (41), 99–108 (2017) (in Russian).
9. Perevedentsev Yu.P., Shantalinsky K.M. Monitoring of changes in air temperature and wind speed in the atmosphere of the Northern Hemisphere over the past decades. *Russian J. of Applied Ecology*. **2**, 3–8 (2015) (in Russian).
10. Snakin V.V., Doronin A.V., Freibergs G., Shcherbitskis I., Vlasova I.V., Chudovskaya I.V. Methane in the atmosphere: dynamics and sources. *Zhizn' Zemli* [Life of the Earth]. **39** (4), 365–380 (2017) (in Russian).
11. Trubitsina O.P., Bashkin V.N. Geopolitical challenges to the Russian Arctic in the hydrocarbon development of the territory. *Arktika i Sever* [The Arctic and the North]. **6**, 109–127 (2021) (in Russian).
12. ACER. When and How to Regulate Hydrogen Networks? “European Green Deal” Regulatory White Paper series (paper #1) relevant to the European Commission’s Hydrogen and Energy System Integration Strategies 9 February 2021.
13. Archibald D. Climate outlook to 2030. *Energy and Environment*. **18** (5), 615–619 (2007).
14. Bashkin V. Carbon Biogeochemical Cycle and Consequences of Climate Changes. *Encyclopedia of Ecology*. Ed. by Brian Fath. 2780 p. (Elsevier, 2018).
15. Bashkin V.N., Galiulin R.V. Geocological Risk Management in Polar Areas. *Springer, Environmental Pollution*. **28**. 155 pp. (Switzerland, 2019).
16. *Global gas outlook to 2050*. McKinsey. Summary Report. February 2021 (https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/oil%20and%20gas/our%20insights/global%20gas%20outlook%20to%202050/global%20gas%20outlook%202050_final.pdf).
17. *World Energy Outlook 2020*. Summary Report. IEA, 2021 (<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>).

УДК 572.021

DOI 10.29003/m2437.0514-7468.2020_43_3/328-335

РЕАЛЬНОСТЬ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА В ГЛОБАЛЬНОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА*

В.И. Ефимов**

Статья ставит под сомнение концепцию глобального усиления парникового эффекта из-за роста концентрации CO₂ в атмосфере вследствие антропогенной деятельности и саму возможность производственной деятельности человека существенно влиять на изменение климата Земли. Автор считает сомнительным изложенный в тексте Парижского соглашения подход к пониманию парниковых газов и их влиянию на климат. Проанализировав авторитетное мнение ведущих климатологов мира, автор пришёл к выводу, что увеличение глобальной температуры за счёт производственной деятельности человека не имеет научное подтверждение.

Ключевые слова: глобальное потепление, Парижское соглашение, атмосфера, парниковый эффект, выбросы углекислого газа, улавливание CO₂, научный подход к изменению климата.

Ссылка для цитирования: Ефимов В.И. Реальность углеродного следа в глобальном изменении климата // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 328–335. DOI: 10.29003/m2437.0514-7468.2020_43_3/328-335

Поступила 10.06.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

THE REALITY OF A CARBON FOOTPRINT IN GLOBAL CLIMATE CHANGE***

V.I. Efimov, Dr. Sci (Tech.)
Tula State University

The article calls into question the theory of the global greenhouse effect escalation attributable to the increase in the concentration of CO₂ in the atmosphere due to human activity, as well as the very ability of industry to influence the Earth's climate. The author finds dubitable the very approach to understanding greenhouse gases and their impact on the climate reflected in the Paris Agreement. Analysis of authoritative opinions of the world's leading climate scientists leads to the conclusion that the increase in global temperatures due to industrial production, given a doubling of carbon dioxide concentration in the atmosphere, would constitute about 0,02 degrees. This is lower than the margin of error in modern global temperature measurements.

Keywords: global warming, Paris Agreement, atmosphere, greenhouse effect, carbon dioxide emissions, CO₂ capture, climate change, climate science.

Введение. 22 апреля 2016 г. на саммите в штаб-квартире ООН в Нью-Йорке 197 государств подписали Рамочную конвенцию ООН, известную как Парижское соглашение по климату [3]. Парижское соглашение вступило в силу 4 ноября 2016 г. и объединяет свыше 90 стран, ответственных более чем за 55% всех выбросов парниковых газов (ПГ).

Этим соглашением государства-участники договорились удержать рост глобальной средней температуры ниже 2°C к 2100 г. по сравнению с её средней величиной

* Статья публикуется в порядке дискуссии.

** Ефимов Виктор Иванович – д.т.н., профессор Тульского государственного университета, v.efimov@msh.sds-ugol.ru.

*** The article is being published in the interest of open discussion.

во второй половине XVIII века. Страны-участницы принимают на себя добровольные обязательства по сокращению выбросов парниковых газов.

По состоянию на февраль 2020 г. 189 государств присоединились к Парижскому соглашению, которое нацелено на удержание прироста средней температуры на уровне существенно ниже 2°C, а в идеале не выше 1,5°C, повышение способности адаптации к последствиям изменения климата и переход на низкоуглеродное развитие. Участники соглашения добровольно ставят перед собой амбициозные цели по сокращению нетто-выбросов CO₂ в атмосферу: по состоянию на сентябрь 2019 г. 65 стран и Европейский Союз заявили о стремлении к углеродной нейтральности (выбросы CO₂ = 0) к 2050 г. Многие из них либо уже запустили систему торговли выбросами CO₂ или другие формы цены на углерод и «углеродных сборов», либо планируют это сделать в ближайшем будущем.

Доля России в выбросах парниковых газов составляет 5% – это 4 место в мире после Китая, США и Индии. Цели России в Парижских соглашениях сформулированы следующим образом: «Долгосрочной целью ограничения антропогенных выбросов парниковых газов в Российской Федерации может быть показатель в 70–75% выбросов 1990 года к 2030 году при условии максимально возможного учёта поглощающей способности лесов» [4], что не выглядит амбициозно на фоне стран-лидеров, стремящихся к климатической нейтральности (нетто-нулевым выбросам парниковых газов).

При этом представляется сомнительным сам подход в Парижском соглашении к пониманию парниковых газов и их влиянию на климат, что побудило автора провести анализ различных точек зрения на эту проблему с учётом мнения ведущих учёных-климатологов мира.

Различные точки зрения. Современная концепция глобального изменения климата, раскрытая западными политиками как научная, развивается несколько десятилетий. Согласно этой концепции, увеличение средней температуры поверхности Земли (рост на 0,8°C с середины XX в.) сопровождается таянием ледников, поднятием уровня Мирового океана, окислением и нагреванием морской воды; что за последние полторы тысячи лет человечество ещё не знало такого повышения температуры поверхности Земли, какое наблюдается в наши дни; что установленная причина этих процессов – усиление парникового эффекта из-за роста концентрации CO₂ в атмосфере вследствие деятельности человека, и прежде всего использования ископаемого топлива в энергетическом секторе, и что эта причинно-следственная связь – предмет консенсуса учёных-климатологов всего мира.

Последнее утверждение является, мягко говоря, неправдой. Многие ведущие учёные-климатологи мира, не соблазнившиеся получением выгодных грантов, не согласны с изложенной выше точкой зрения.

В средствах массовой информации подогреваются алармистские настроения: «Глобальное изменение климата уже в наши дни приводит к разнообразным физическим, социально-экономическим и гуманитарным последствиям. Страховые компании фиксируют устойчивый рост количества природных катастроф и неблагоприятных событий – наводнений, ураганов, тепловых волн, града, засух, природных пожаров. Общий нанесённый ими ущерб с 1980-х гг. превышает \$ 5 трлн. Последствия потепления на 5°C к концу XXI века оцениваются как катастрофические – и для здоровья и жизни населения планеты, и для мировой экономики» [1].

Озабоченность климатической угрозой от «научного сообщества» постепенно передаётся политикам, инвесторам, общественным деятелям и обычным гражданам по всему миру.

Еврокомиссия рассматривает возможность введения углеродного сбора на импорт товаров, который создал бы конкурентное преимущество для зарубежных компаний с невысокими выбросами парниковых газов. Это один из нескольких механизмов в рамках «Европейского зелёного курса», призванного превратить Европу в первый в мире «углеродно-нейтральный континент».

В Резюме доклада МГЭИК о потеплении на 1,5 градуса говорится, что средние инвестиции для ограничения потепления составляют \$ 900 млрд в год. Государства планируют введение пограничного углеродного регулирования (например, border carbon tax в Евросоюзе). Инвесторы по всему миру реагируют на эти действия и настроения, отказываясь от финансирования секторов, связанных с ископаемым топливом. Нефтегазовые и электроэнергетические компании активно реструктурируют активы в пользу низкоуглеродных проектов, а также наращивают инвестиции в возобновляемую энергетику, биотопливо, улавливание CO₂, повышение энергоэффективности, водородные технологии.

Углеродный след постепенно становится важной характеристикой товаров и услуг. Продажи компаний, имеющих экологические обязательства и программы устойчивого развития, растут быстрее, чем у конкурентов. Председатель Европейской комиссии Урсула фон дер Ляйен недавно назвала «Европейский зелёный курс» ключевым элементом экономического восстановления после пандемии COVID-19 [6].

Россия – второй по величине экспортёр в ЕС после Китая по объёмам CO₂ (около 150–200 млн т ежегодно по всем товарам и услугам), а на страны ЕС приходится 42% российского экспорта, причём его основу составляют как раз углеводороды и металлы. Boston Consulting Group (BCG) оценила бремя углеродного налога для России в 3–4,8 млрд долл. в год. Вот вам и ключевой элемент экономического восстановления для Зелёной Европы!

На сцену выходят «технологии отрицательных выбросов», или NET (negative-emissions technologies). NET позволяют удалять CO₂ или другие газы из атмосферы физическим или химическим путём. Сегодня благодаря нескольким технологиям учёные научились улавливать CO₂ ещё до того, как он достигнет атмосферы. Цель NET – извлекать CO₂ или другие газы непосредственно из воздуха, изменять методы земледелия, чтобы высаживать деревья и растения, которые секвестрируют углекислый газ, т. е. использовать природные системы для удаления CO₂ из окружающей среды¹.

Улавливание углекислого газа уже давно используется для очистки воздуха на подводных лодках и космических кораблях. Схожие технологии используются во всем мире для сокращения выбросов CO₂ на угольных электростанциях, заводах по переработке природного газа, на производствах удобрений и биотоплива и в других отраслях промышленности у источников CO₂. Эта технология сочетается с подземной закачкой и секвестрацией CO₂.

Основные принципы технологии захвата точечного источника и извлечения CO₂ в атмосфере одинаковы. Поток воздуха направляется через жидкий или твёрдый сорбент, который собирает CO₂. Затем сорбент нагревают, CO₂ выделяется в концентрированной форме, чтобы изолировать и использовать в качестве сырья для топлива или других продуктов.

Технология прямого захвата может использоваться непосредственно у точки выброса или там, где CO₂ пригодится в качестве исходного сырья. Таким образом можно обойтись без сложных систем трубопроводов. Больше всего стоимость технологии зависит от количества энергии, необходимой для нагрева сорбента и выделения захваченного CO₂, и колеблется от 200 до 500 и выше долларов за тонну.

¹ <https://profholod.ru/press/news/publikatsii/spasut-li-planetu-tehnologii-udaleniya-so2-iz-atmosfery/>

МГЭИК считает, что связывание углерода в почве способно снизить CO_2 при наименьших затратах от 0 до 100 долларов за тонну и может удалить от 2 до 5 гигатонн углекислого газа в год к 2050 г. Для сравнения, в 2017 г. мировые электростанции выпустили 32,5 гигатонны CO_2 .

Однако в масштабах планеты промышленные технологии очистки не дают достаточного эффекта: речь идёт не о миллиардах, а всего лишь о миллионах тонн в год, а углекислый газ они улавливают только в местах его концентрации, а не из атмосферы, в которой он растворяется. Улавливание углекислого газа растениями из атмосферы тоже не решает задачу Парижского соглашения.

Научная точка зрения по изменению климата. Атмосферный воздух пропускает излучения, исходящие от Солнца с его температурой 5778°C , в виде лучей света. Поверхность Земли со средней температурой около $+14,5^\circ\text{C}$ излучает энергию в инфракрасном диапазоне, который атмосфера пропускает не в полном объеме.

Физик Филипп де Соссюр впервые смоделировал подобный эффект, выставив на солнце накрытый стеклянной крышкой сосуд и измерив разницу температур внутри него и снаружи. Внутри воздух оказался теплее. Физик Жозеф Фурье в 1827 г. предположил, что подобный в эффекте в атмосфере Земли, может влиять на климат. Он сделал вывод, что температура в «парнике» повышается за счет различной прозрачности стекла в инфракрасном и видимом диапазонах [5, 11].

Поскольку нас интересует влияние углекислого газа на парниковый эффект атмосферы, логично было бы рассмотреть сначала имеющиеся в науке данные по динамике изменения глобальной температуры, которая представляет собой усредненную локальную температуру по времени года и суток по всему земному шару (метод американского ученого Хансена) [9]. Такие данные представлены в соответствии с данными НАСА 2015 года на рисунке 1².

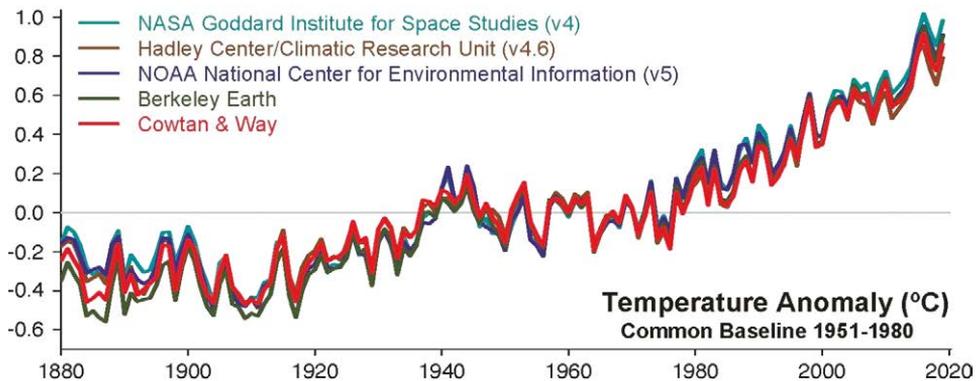


Рис. 1. Эволюция глобальной температуры Земли в соответствии с данными НАСА 2015 года.

Fig. 1. The evolution of global Earth temperatures according to NASA, 2015.

Из рисунка видно, что с середины 20 века идет постоянное потепление климата; ежегодный прирост глобальной температуры за последние 40 лет составляет $0,018 \pm 0,001^\circ\text{C}$.

Но что такое 50–70 лет для геологического времени? Это ничего. И на основании ничтожно малого промежутка времени строить научные обоснования по климату не корректно.

² <https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&text>

Изотопный состав льда (относительная концентрация разных типов молекул воды – $^1\text{H}^1\text{H}^{16}\text{O}$, $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$, $^1\text{H}^1\text{H}^{18}\text{O}$ и других) говорит нам о температуре воздуха в прошлом. Температуры поверхности и концентрации молекул углекислого газа вблизи поверхности Земли на станции «Восток» (Антарктида) показана на рисунке 2³.

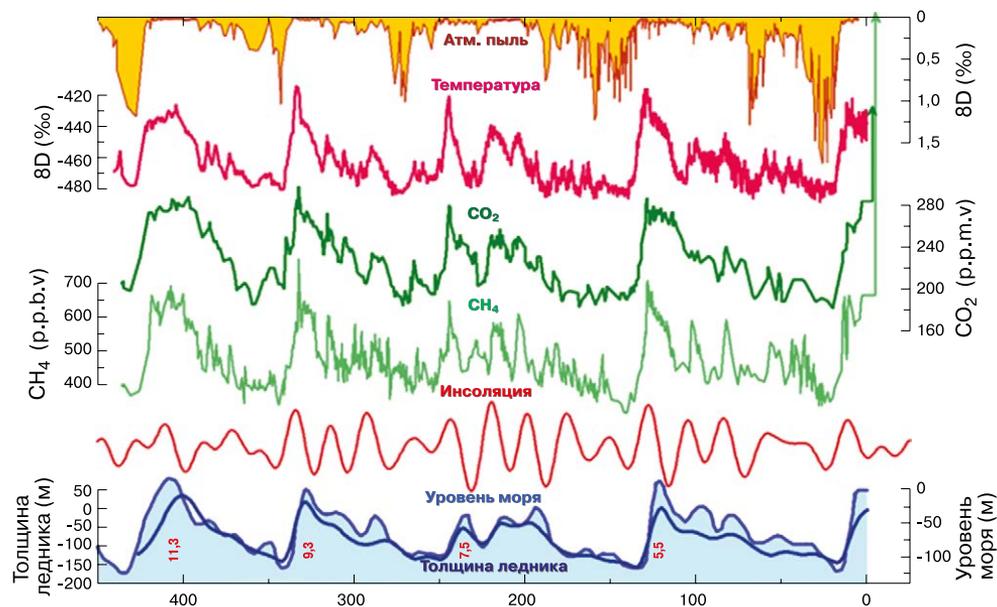


Рис. 2. Эволюция температуры поверхности и концентрации молекул углекислого газа вблизи поверхности Земли на станции «Восток» (Антарктида) [10].

Fig. 2. The evolution of surface temperatures and the concentration of carbon dioxide molecules near the Earth's surface at the Vostok Antarctic station [10].

Благодаря «восточному» керну можно утверждать, что мы живем в теплую эпоху, которая называется Голоцен. Примерно 30 тысяч лет назад был максимум последнего оледенения, а 120 тыс. лет – предыдущее межледниковье. И так повторяется каждые 100 тыс. лет.

Количество парниковых газов действительно связано с температурой. Чем больше этих газов, тем теплее, но изначально изменения климата обусловлены изменениями орбитальных параметров Земли – эксцентриситета орбиты, наклона оси вращения и прецессией равноденствий (так называемыми «циклами Миланковича» [7]).

Возвращаясь к рисунку 1 и сравнивая его с рисунком 2, задаем вопрос: Корректно ли потепление климата в последнее время связывать с антропогенными факторами? Ведь, безусловно «восточный» керн и подтвержденная благодаря ему теория Миланковича более убедительны. Здесь чистая наука, физические законы и никакой политики.

Углекислый газ в атмосфере Земли и его влияние на глобальную температуру. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) имеет лоббистскую привычку исказить данные по содержанию CO_2 в атмосфере и по его эффекту на климат.

³ <https://ekaykin.livejournal.com/122025.html>

Углекислый газ составляет только 0,04% в атмосфере Земли. Это не самый важный и не единственный парниковый газ, как об этом благодаря климатической пропаганде думает большинство населения.

Водяной пар, объемы которого составляют до 95% всех парниковых газов планеты, является наиболее важным и распространенным парниковым газом.

Рассматривая известную таблицу⁴ из доклада МГЭИК (содержание парниковых газов в атмосфере Земли), также видно, что основной парниковый газ – это водяной пар. Но почему такой разброс оценок?

Таблица 1. Содержание парниковых газов в атмосфере Земли
Table 1. Greenhouse gas content in the Earth's atmosphere

Compound	Formula	Concentration in atmosphere (ppm)	Contribution (%)
Water vapor	H ₂ O	10–50,000	39–72
Carbon dioxide	CO ₂	~400	9–26
Methane	CH ₄	~1.8	4–9
Ozone	O ₃	2–8	3–7

Ведь с подобным диапазоном говорить, что определенный газ вызывает точный процент парникового эффекта – невозможно.

Оценки количества ежегодных выбросов CO₂ от деятельности человека также производятся МГЭИК и оцениваются в 35,9 Гт CO₂⁵ или 9,855 ГтС на 2014 год⁶ выбросов от ископаемого топлива, что составляет 4,6 ppm выбросов/год против 98 ppm/год от природных явлений, то есть менее 5% от естественных выбросов нашей планеты⁷ (рис. 3).

МГЭИК, предоставляя эти цифры, все равно утверждает, что на 100% увеличение концентрации углекислого газа от всего общего роста CO₂ на 30% после начала

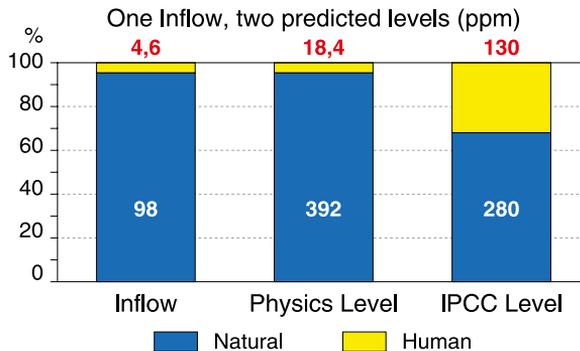


Рис. 3. Оценки количества ежегодных выбросов CO₂.
Fig. 3. Estimates of annual CO₂ emissions.

⁴ <https://zen.yandex.ru/media/id/5b0200594bf161a5aeb306c5/zablujdeniia-o-co2-i-globalnom-poptelenii-5d8a48bc433ecc00addb2794>

⁵ https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/archive/2015/GCP_budget_2015_v1.02.pdf

⁶ https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2014.ems

⁷ <https://ams.confex.com/ams/2019Annual/webprogram/Manuscript/Paper349565/Contradictions%20to%20IPCC%27s%20Climate%20Change%20Theory.pdf>

промышленной революции вызвано антропогенными факторами. Но это научно не доказано!

Вышел шестой оценочный доклад по глобальным изменениям климата МГЭИК⁸, где дана новейшая оценка глобального потепления. Авторы доклада по-прежнему утверждают, что глобальное потепление продолжается, а его бесспорна причина – человек.

Заключение. В результате проведённого исследования приходим к следующим выводам:

- Рассматривая эволюцию локальной температуры в прошлом можно предоставить гораздо большие долговременные флуктуации (случайные изменения) температуры, чем в современный период; это приводит к мысли, что наблюдаемое в последние 40 лет потепление является долговременной флуктуацией и поэтому может смениться в любой момент похолоданием. Имеется ряд примеров этому в прошлом.

- Оценки количества ежегодных выбросов CO₂ от деятельности человека составляет 4,6 ppm выбросов/год против 98 ppm/год от природных явлений, то есть менее 5% от естественных выбросов нашей планеты.

- Основной экономический тезис Парижского соглашения глубоко спрятан в тексте (пункт 9.3). Он сводится к тому, что для передачи этих технологий слаборазвитым странам необходимо, чтобы остальные страны ежегодно отдавали 100 млрд долл. определённым корпорациям, создающим эти технологии. Наша страна будет платить за это сумму, которая сравнима с той, что тратится на образование или здравоохранение. В Резюме доклада МГЭИК для политиков о потеплении на 1,5 градуса говорится, что средние инвестиции для ограничения такого потепления составляют \$900 млрд в год. Это действительно фантастические суммы, но как видно из аргументов в статье – это деньги, выпущенные на ветер или на какие-то другие цели, не связанные с изменением климата.

Проанализировав мероприятия по снижению CO₂ в атмосфере приходим к выводу, что в масштабах планеты промышленные технологии очистки не дают достаточного эффекта: речь идет не о миллиардах, а всего лишь о миллионах тонн в год, а углекислый газ они улавливают только в местах его концентрации, а не из атмосферы, в которой он растворяется. Улавливание углекислого газа растениями из атмосферы тоже не решает задачу Парижского соглашения.

В целом, с научной точки зрения, цель Парижского соглашения абсолютно бессмысленна. В то же время в мире накопилось достаточно экологических проблем, например:

- 25 млрд т отходов в год уничтожают флору и фауну; большая часть мусора – пластик (разлагается 500 лет);

- 67,5 млн т CO и 12,5 млн т NO_x в год выделяется в атмосферный воздух автотранспортом; ежегодно по всему миру из-за оксидов азота преждевременно умирают 385 тыс. чел. (результаты исследований ICST);

- производятся 2 млн т в день загрязнённых сточных вод, промышленных и сельскохозяйственных отходов; более 40% мирового населения страдает от дефицита чистой питьевой воды;

- 70 видов растений и животных вымирает ежедневно по всему миру; около 22 000 видов под угрозой исчезновения;

- лесные ресурсы мира ежегодно сокращаются на 3,3 млн га [2].

⁸ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Надо избегать выброса в атмосферу не углерода, а отравляющих веществ: серы, мышьяка, отходов химической промышленности. То, что отравляет землю, губит Аральское море, Байкал, загрязняет мировые акватории. Поэтому лучше использовать в промышленности сырьё с низким содержанием вредных веществ, например, низкосернистые угли Кузбасса – наилучшие из энергоносителей, которые более экологически безопасны и обеспечивают мобилизационную готовность в чрезвычайных ситуациях.

Лучше использовать опыт сплочения наций не вокруг мифов, а вокруг основополагающей идеи, такой, как, например, «Чистая планета».

ЛИТЕРАТУРА

1. Глобальная экономическая угроза и экономика России: в поисках особого пути (<https://climatescience.ru/pubs/5eedcd11b1ae1af001912694c>).
2. Национальный проект «Экология» (<http://government.ru/rugovclassifier/848/events/>).
3. Полный текст Парижского соглашения (<https://www.break-fast.com.ua/paris-agreement/>).
4. Порфирьев Б., Широ А., Колпаков А. Климат для людей, а не люди для климата // Эксперт, 2020. № 31–34. С. 44–47.
5. Смирнов Б.М. Физика глобальной атмосферы // Интеллект. Долгопрудный, 2017. С. 17–23.
6. Существование человечества под угрозой (<https://www.kommersant.ru/doc/4194339>).
7. Яроцкий С. Циклы Миланковича. Нас ждёт глобальное потепление или ледниковый период? (<https://sci-news.ru/2019/cikly-milankovicha/>).
8. Arrhenius S. On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground // *Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 5*, V. 41, April 1896. P. 237–276.
9. Hansen J., Lebedeff S. Global trends of measured surface air temperature // *J. Geophys. Res.* 1987. P. 13345–13372.
10. Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D. et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica // *Nature*. 1999. Vol. 399, N 6735. P. 429–436.
11. Smirnov B.M. *Microphysics of Atmospheric Phenomena*. Switzerland: Springer Nature, 2017. P. 28–36.

REFERENCES

1. *The global economic threat and Russia's economy: in search of a special path* (<https://climatescience.ru/pubs/5eedcd11b1ae1af001912694c>) (in Russian).
2. *National Ecology Project* (<http://government.ru/rugovclassifier/848/events/>) (in Russian).
3. *The full text of the Paris Agreement* (<https://www.break-fast.com.ua/paris-agreement/>) (in Russian).
4. Porfiriyev B., Shirov A., Kolpakov A. Climate for people, not people for climate. *Expert*. **31–34**, 44–47 (2020) (in Russian).
5. Smirnov B.M. Physics of the Global Atmosphere. *Intellect* [Intelligence]. P. 17–23. (Dolgohrudny, 2017) (in Russian).
6. *The existence of humanity under threa* (<https://www.kommersant.ru/doc/4194339>) (in Russian).
7. Jarotsky S. *Milankovic Cycles. Is global warming or ice age coming?* (<https://sci-news.ru/2019/cikly-milankovicha/>) (in Russian).
8. Arrhenius S. On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science. Series 5*. **41**, 237–276 (1896).
9. Hansen J., Lebedeff S. Global trends of measured surface air temperature. *J. Geophys. Res.* P. 13345–13372 (1987).
10. Petit J. R., Jouzel J., Raynaud D. et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*. **399** (6735), 429–436 (1999).
11. Smirnov B.M. *Microphysics of Atmospheric Phenomena* (Switzerland: Springer Nature, 2017). P. 28–36.

УДК 574

DOI 10.29003/m2438.0514-7468.2020_43_3/336-346

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОД: ВЛИЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА НА РАЗВИТИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ДВУХ ЭВТРОФНЫХ ПРУДАХ

Т.Н. Герасимова, А.П. Садчиков*

На основе исследования размерной структуры фито- и зоопланктона показано, что трофический пресс рыб приводит к снижению численности и размера зоопланктона. Изоляция фильтрующего зоопланктона от рыб-планктофагов способствует развитию крупных фильтраторов, в частности, *Daphnia magna* и *Daphnia longispina*, которые способны поедать цианобактерии. При высокой численности зоопланктон дробит крупные колонии и улучшает свою кормовую базу. Рыбы-планктофаги и мальки рыб за счёт выедания фильтрующего зоопланктона косвенно способствуют развитию цианобактерий. В условиях повышенного поступления биогенных веществ и при отсутствии рыб-планктофагов фильтрующий зоопланктон может регулировать развитие фитопланктона (в т. ч. цианобактерий) и определять высокую прозрачность воды. Основными потребителями колониальных цианобактерий являются крупноразмерные фильтраторы *D. magna*, *D. longispina* и др.

Ключевые слова: зоопланктон, фитопланктон, цианобактерии, *Daphnia magna*, *Daphnia longispina*, *Anabaena spiroides*, *Aphanizomenon flexuosum*, минеральный фосфор, прозрачность воды, фильтраторы-фитофаги.

Ссылка для цитирования: Герасимова Т.Н., Садчиков А.П. Восстановление качества вод: влияние зоопланктона на развитие цианобактерий в двух эвтрофных прудах // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 336–346. DOI: 10.29003/m2438.0514-7468.2020_43_3/336-346

Поступила 07.06.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

WATER QUALITY RESTORATION: THE EFFECT OF ZOOPLANKTON ON CYANOBACTERIA DEVELOPMENT IN TWO EUTROPHIC PONDS

T.N. Gerasimova¹, Ph.D., A.P. Sadchikov², Dr. Sci (Biol.)

¹Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences

²Lomonosov Moscow State University (International Biotechnological Centre)

Based on a study of the dimensional structure of phyto- and zooplankton, it is demonstrated that fish trophic press leads to a decrease in the population and size of zooplankton. The isolation of filtering zooplankton from plankton-eating fish favors the development of large-size filterers, in particular, *Daphnia magna* and *Daphnia longispina*, which can consume cyanobacteria. In cases of high abundance, zooplankton breaks up large colonies and improves its food base. Plankton-eating fish and hatchlings eat filtering zooplankton, thereby indirectly contributing to the development of cyanobacteria. In cases of higher nutrient input in the absence of plankton-eating fish, filtering zooplankton can regulate the development of phytoplankton, contributing to higher water transparency. The main consumers of colonial cyanobacteria are large-size filterers *D. magna*, *D. longispina*, etc.

Keywords: zooplankton, phytoplankton, cyanobacteria, *Daphnia magna*, *Daphnia longispina*, *Anabaena spiroides*, *Aphanizomenon flexuosum*, mineral phosphorus, water transparency, filtering phytophages.

* Герасимова Татьяна Николаевна – к.б.н., н.с. Института водных проблем Российской академии наук, gerasimov@gmail.com; Садчиков Анатолий Павлович – д.б.н., проф. Международного биотехнологического центра МГУ им. М.В. Ломоносова, aquacotex@yandex.ru.

Введение. Эвтрофирование водоёмов и развитие в них цианобактерий приводит к ухудшению условий жизни для гидробионтов (в т. ч. и рыбы). Для борьбы с цветением водоёмов существует много способов, однако большинство из них или дорогостоящие, или малоэффективные. Высказано предположение о способности фильтрующего зоопланктона снижать численность цианобактерий за счёт их выедания. Однако трофический пресс рыб-планктофагов и мальков рыб не позволяет зоопланктону в полной мере реализовать свои возможности. Рыбы выедают в основном крупных ракообразных, трофический потенциал которых значительно выше, чем более мелких.

В экспериментах с использованием изолированных проточных экосистем при отсутствии рыб-планктофагов в больших количествах развиваются фильтрующие ракообразные, которые выедают цианобактерии и снижают их численность [3, 4, 6, 16, 18, 19]. Показано, что зоопланктон способен дробить колонии цианобактерий, потребляя в пищу небольшие фрагменты, и в конечном счёте подавлять их развитие. Однако, как показали исследования, это наиболее эффективно проявляется при высокой численности крупных ракообразных [5].

Цель работы состояла в оценке влияния зоопланктона на развитие цианобактерий в условиях повышенного поступления в водоёмы биогенных веществ и при отсутствии трофического пресса рыб-планктофагов.

Материалы и методы. Исследования проводили в двух прудах: высокотрофном Чистом пруду (г. Москва)¹ и пруду с высоким поступлением биогенных веществ с сельскохозяйственных полей (Московская обл.). В Чистом пруду была установлена проточная экологическая система, которая позволяла проводить эксперименты в отсутствии рыб-планктофагов. Для изоляции зоопланктона от ихтиофауны использовалась капроновая сетка с ячейёй размером 0,5 мм, которая не позволяла малькам рыб проникать в проточную экосистему (конструкция которой описана в работах [7, 18]). Её рабочий объём составлял 1,5 м³, полная замена воды осуществлялась в течение одного часа. Площадь Чистого пруда равна 1,5 га, средние и максимальные глубины 1,5 и 2,5 м. В пруду отмечено продолжительное «цветение» цианобактерий.

Другой небольшой пруд расположен на территории, используемой для выращивания сельскохозяйственных культур. Пруд постоянно подвергался воздействию смываемых с полей стоков, богатых биогенными веществами. Площадь водоёма около 100 м², средняя глубина 2 м, максимальная – 4 м.

Отбор проб воды для определения видового и размерного состава фито- и зоопланктона в Чистом пруду проводили еженедельно с июня по сентябрь (параллельно отбирали пробы воды в самой проточной экосистеме), в подмосковном пруду – с июля по сентябрь. Прозрачность воды в прудах измеряли с помощью диска Секки (характеристикой прозрачности служит глубина, на которой становится невидимым белый диск диаметром 30 см). Температуру воды, концентрацию растворённого кислорода измеряли послойно через каждые 20 см от поверхности до дна, а в проточной экосистеме – на глубине 20 см (анализатор Water quality checker U-10, «Horiba», Япония). Количество биогенных элементов определяли химическими методами [15]. В водоёмах пробы воды для учёта фитопланктона и цианобактерий отбирали батометром с глубины 20 см. Для отбора коловраток применяли трубчатый батометр длиной 1,2 м. Ракообразных отлавливали планктонной сетью Апштейна из капронового газа № 77 с

¹ Чистый пруд – небольшой водоём в центральной части Москвы, возле станции «Чистые пруды» московского метрополитена и театра «Современник». В настоящее время сохранился только один пруд, остальные закопаны, однако в названии станции метро множественное число сохранилось.

диаметром входного отверстия 11,5 см; сеть протягивали вертикально от дна водоёма до поверхности. Анализ проб зоопланктона (видовой состав, численность) проводили в камере Богорова под бинокулярном (МБС-9, Россия).

Для оценки структуры популяций зоопланктона из пробы отбирали часть особей (50 экз.) и определяли их размер с помощью окуляр-микрометра с ценой деления 0,05 мм. Учитывали долю ювенильных и половозрелых особей; подсчитывали численность партеногенетических и эфиппийальных самок, общее количество яиц в выводковой камере. Биомассу ракообразных вычисляли на основе зависимости массы от длины тела [1]. Биомассу коловраток и клеток фитопланктона определяли методом приравнивания их формы к наиболее близкому геометрическому телу (метод геометрического подобия фигур) [12]. Фитопланктон и цианобактерии² по размерному составу были разделены на «съедобные» для растительноядного зоопланктона (<50 мкм), условно «съедобные» (50–100 мкм) и «несъедобные» (>100 мкм) [10].

Результаты и их обсуждение.

Эвтрофный Чистый пруд. Ихтиофауна Чистого пруда состояла из карася *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758); ротана *Perccottus glenii* (Dybowski, 1877); щуки *Esox lucius* (Linnaeus, 1758); окуня *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758); толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844); карпа *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758); леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758); плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758); верховки *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843); уклей *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758); вьюна *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758) и др. Одни из них обитают в водоёме постоянно, других регулярно вселяют при зарыблении. В результате продолжительного порционного нереста некоторых рыб в течение вегетационного сезона в пруду постоянно присутствуют мальки и молодь разного размера [16].

Многие из перечисленных рыб являются планктофагами, особенно в молодом возрасте, активно питаются зоопланктоном. Рыбы при охоте ориентируются визуально, в первую очередь поедают крупных особей, хорошо заметных в толще воды. Трофический пресс рыб-планктофагов приводит к заметному уменьшению размеров зоопланктона. Из-за этого в планктоне доминирующими становятся мелкие виды зоопланктона (коловратки, ракообразные). Это чем-то напоминает стрижку газона.

В составе зоопланктона Чистого пруда в период исследований были зарегистрированы 19 таксономических коловраток, 12 видов кладоцер и 3 вида копепод. Фауна коловраток доминировала по численности в течение всего периода исследований. Наиболее высокой численности (2,8 тыс. экз./л) в конце июля достигала мелкая *Polyarthra minor* Voigt, 1904 размером до 90 мкм.

Основу биомассы зоопланктона Чистого пруда составляли коловратки и мелкокоразмерные кладоцеры. Размер основной массы коловраток не превышал 0,5 мм. Кладоцеры в начале июля достигали 16% численности зоопланктона. С конца июля по начало сентября их численность составляла <1% исследованного зоопланктона. Максимальная биомасса кладоцер была зарегистрирована в начале июля и составляла 1,0 мг/л, или 85% биомассы растительноядного зоопланктона ($B_{з\text{раст}}$). В период цветения цианобактерий с конца июля по третью декаду августа биомасса кладоцер составляла лишь 0,04–0,2 мг/л.

В основном это были мелкие виды. Так, размер *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Müller, 1785) составлял 0,3–0,6 мм, *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1776) –

² Цианобактерии ранее входили в систематическую группу синезелёных водорослей. По новой классификации их называют цианобактерии, хотя их экологическая роль в природе осталась прежней.

0,2–0,3 мм, *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) – 0,3–0,4 мм. Размер *Diaphanosoma brachyurum* (Livin, 1848) не превышал 0,9 мм. Крупноразмерные кладоцеры *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1776) постоянно присутствовали в пруду, однако размер их особей не превышал 0,5–0,6 мм. В период максимального цветения цианобактерий в августе в составе кладоцер были зарегистрированы лишь *Ch. sphaericus* и *D. longispina* с длиной особей 0,3 и 0,5 мм, соответственно. Таким образом, в Чистом пруду размер этих видов был на уровне размера коловраток.

Наибольший размер *D. longispina* (1,15 мм) был зарегистрирован в конце сентября. В это время, скорее всего из-за низкой температуры воды (около 10–12°C), активность рыб-планктофагов и их мальков сильно снизилась. Крупноразмерный (1,3 мм) представитель кладоцер *Simocephalus vetulus* (O.F. Müller, 1776) также был отмечен только в середине сентября, в другое время он в количественных пробах не регистрировался.

Daphnia magna (Straus, 1820) в течение всего периода исследований в Чистом пруду отмечена не была (даже в прибрежье и зарослях растений), хотя этот вид вполне обычен для высокотрофных водоёмов. Скорее всего, *D. magna* в Чистом пруду находится под жёстким трофическим прессом рыб, и в количественных пробах не регистрировалась.

Растительные копеподы (*Eudiaptomus* sp.) присутствовали в планктоне Чистого пруда в виде науплиусов и мелких копеподитных стадий. Доля науплиусов в составе сообщества копепод в период исследований составляла 67–99%. Трофический пресс ихтиофауны приводит к преобладанию в составе копепод по численности мелких по размеру науплиусов.

Выедание зоопланктона рыбами-планктофагами привело к значительному уменьшению биомассы растительного зоопланктона (до 0,5 мг/л). Наибольшие значения $V_{з\text{ раст}}$ (2,7 мг/л) были отмечены только в середине сентября, когда активность рыб сильно уменьшилась.

Таким образом, при трофическом прессе рыб в водоёме развиваются небольшие по размеру особи ракообразных и коловратки. Они менее чувствительны к выеданию (в основном из-за своих размеров). Когда пресс рыб снижается, размер особей увеличивается, порой в 2 раза. Такой полиморфизм – обычное явление в пресных водоёмах [17].

Изменение сообщества зоопланктона сказывается на структуре фитопланктона. В Чистом пруду начинают развиваться цианобактерии, что приводит к цветению водоёма. Концентрация минерального фосфора ($P_{\text{мин}}$) с конца июня до середины июля возрастала с 0,01 до 0,05 мг P/л, а уже со второй половины июля до второй половины августа при развитии цианобактерий количество минерального фосфора снизилось до нулевых значений. Фотосинтетические процессы при максимальном развитии цианобактерий в начале августа привели к увеличению количества растворённого кислорода в толще воды (от поверхностного слоя до глубины 1,4 м) до 12,5–13,4 мг O_2 /л, а прозрачности пруда – до 0,6 м. В начале июля прозрачность воды была 1,5 м. В это время биомасса доминирующей цианобактерии *Anabaena spiroides* Klebahn, 1985 достигала 39,3 мг/л, или 88% биомассы фитопланктона. Рыбы-планктофаги и мальки рыб, поедая зоопланктон, снижают численность крупных видов ракообразных. Оставшиеся мелкие виды не могут противостоять развитию цианобактерий. Таким образом, рыбы-планктофаги косвенно способствуют развитию цианобактерий.

В период цветения Чистого пруда большая часть цианобактерий (70%) приходилась на «непоедаемую» фракцию *A. spiroides* (размер >100 мкм). Поедаемые фракции размерами <50 мкм и 50–100 мкм составляли 8 и 22% общей биомассы *A. spiroides*.

Наличие в водоёме «съедобных» размерных групп цианобактерий (до 50 мкм и 50–100 мкм), казалось бы, должно способствовать развитию фильтраторов. Однако присутствие крупных колоний не позволяет зоопланктону в полной мере использовать пищевые ресурсы. Колониальные цианобактерии «забивают» фильтрационный аппарат ракообразных и уменьшают их фильтрационную активность [8].

Осенью количество цианобактерий в Чистом пруду уменьшилось за счёт их частичного отмирания. Биомасса фитопланктона снизилась до 0,9 мг/л. Прозрачность воды в сентябре возросла до 1,8 м, практически до дна водоёма. Появление растворённого органического вещества и биогенных веществ привело к развитию зелёных водорослей, многие из которых способны потреблять готовые органические соединения. В это время доля зелёных увеличилась до 70% биомассы фитопланктона.

Экспериментальная установка. Поскольку в Чистом пруду крупных ракообразных было немного из-за их выедания рыбами-планктофагами, во все секции экспериментальной установки были внесены особи *D. magna*. Эти ракообразные нетребовательны к условиям среды и являются активными фильтраторами. Суточное потребление пищи взрослой *D. magna* достигает 600% от массы тела [9, 14]. Они потребляют бактерии, мелкие водоросли, а также колонии цианобактерий длиной до 100 мкм (были обнаружены в кишечниках) [2].

Отделение рыб-планктофагов в экспериментальной установке сказалось на структуре зоопланктона. В составе кладоцер произошло сокращение видов; из сообщества выпали *B. longirostris*, *D. brachyurum*, *Sida crystallina* (O.F. Müller, 1776), *D. longispina*, которые не могли конкурировать с *D. magna*. В результате *D. magna* достигла 98% численности и 99–100% биомассы зоопланктона.

Оказалось, крупноразмерная *D. magna* способна потреблять в пищу и снижать биомассу цианобактерий [3, 16]. После внесения дафний в экспериментальную установку численность цианобактерий начала постепенно понижаться, через три недели она стала в 6 раз ниже таковой в водоёме, в основном за счёт *A. spiroides*, *Microcystis aeruginosa* (Kützing, 1846) и *Oscillatoria subtilissima* (Kützing ex Forti, 1907). В Чистом пруду в разное время численность этих видов была в 3–8 раз выше, чем в экспериментальной установке.

В начале эксперимента в проточной экосистеме в июне численность особей *D. magna* составляла всего 90 экз./л, в дальнейшем она возросла, в конце августа достигнув 4650 экз./л (т. е. в 51 раз); биомасса с конца июня по конец августа увеличилась с 45 до 2860 мг/л (в 64 раза).

Размерная структура дафний в течение исследованного периода также менялась. Средний размер особей варьировал от 1,5 до 2,4 мм, а максимальный достигал 3,6 мм. В составе популяции постоянно присутствовали ювенильные и размножающиеся особи. Наибольшие значения средней длины дафний (2,4 мм) были зарегистрированы осенью, в конце эксперимента. Таким образом, снижение трофического пресса рыб в экспериментальной установке приводит к увеличению размера особей *D. magna*, повышению их численности и биомассы.

Максимальная плодовитость *D. magna* с конца июля по начало сентября составляла 2–8 яиц/самку. Эфиippiальные самки в августе, включая период цветения цианобактерий, зарегистрированы не были. Отсутствие эфиippiальных самок во время цветения цианобактерий в экспериментальной экосистеме указывает на благоприятные условия среды для развития *D. magna*. Осенью доля эфиippiальных самок составляла 16% от размножающихся самок. Это связано с понижением температуры воды и недостатком пищи.

Оказалось, *D. magna* при высокой численности в экспериментальной установке способны разрушать (дробить) колонии цианобактерий, и тем самым улучшать кормовые условия. За счёт механического воздействия дафний (при движении и биении плавательных антенн), а также тока воды происходит дробление крупных нитей *A. spiroides* размером >100 мкм и перевод их в более мелкие фракции. Доля нитей *A. spiroides* размерами <50 мкм и 50–100 мкм возросла с 2% до 42% и с 21% до 58%, соответственно. Биомасса «съедобных» нитей увеличилась в 11 и 2 раза. Наоборот, доля биомассы нитей размерами >100 мкм снизилась с 77% практически до нулевых значений. Их биомасса перешла в более мелкие размерные фракции, потребляемые *D. magna* [5].

В результате возросла кормовая база экосистемы, а это привело к росту биомассы зоопланктона. Однако этот процесс возможен лишь при высокой численности зоопланктона. Высокая плодовитость дафний связана с благоприятными кормовыми условиями и удалением метаболитов в проточной экосистеме. Своевременное удаление метаболитов является важным условием при культивировании зоопланктона [11]. Защита экосистемы от трофического пресса ихтиофауны позволяет *D. magna* выполнять функцию природного фильтра для подавления цветения, очищать водоём от цианобактерий, восстанавливать качество воды.

Пруд с высоким поступлением биогенных веществ. Другой пруд расположен рядом с полем, где выращивают сельскохозяйственные культуры. Из-за этого биогенные элементы всегда присутствуют в нём в достаточных для развития водорослей количествах.

В период исследования минеральный фосфор постоянно регистрировался в пруду: в июле в концентрации 0,05–0,07 мг P/л. Даже в августе, во время максимального развития водорослей, его концентрация составляла 0,01–0,02 мг P/л. Таким образом, в пруду биогенные вещества в течение всего вегетационного сезона были в достаточных количествах для развития фитопланктона и цианобактерий.

В год, когда проводили исследования, пруд не зарыблялся. Его предварительно осушили, чтобы избавиться от «сорной» рыбы, и запустили несколько крупных лещей, которые питались в основном донной фауной (хирономидами, моллюсками, олигохетами). Их воздействие на экосистему планктона было минимальным.

Температура толщи водоёма летом была в пределах 20–23°C, в начале сентября она понизилась до 17°C. В течение всего периода исследований прозрачность воды по диску Секки составляла более 2 м, в начале июля и в первой половине августа она достигала дна. Это указывает на отсутствие взвеси и слабое развитие фитопланктона и цианобактерий.

Количество кислорода в воде было высоким. Наименьшие значения растворённого кислорода в придонных слоях составляли 3,5–4,0 мг O₂/л. Это было отмечено во второй половине июля. В начале августа количество кислорода было значительно выше: 7,5 мг O₂/л в поверхностных слоях и 6 мг O₂/л у дна.

В сообществе фитопланктона пруда в период исследования отмечены 33 таксономические единицы *Chlorophyta*, 21 – *Diatomea*, четыре – *Euglenophyta*, один представитель *Dinophyta*, один – *Chrysophyta*, пять – *Cyanobacteria*. Видовой состав фитопланктона в пруду был достаточно разнообразным.

В начале июля в планктоне преобладали зелёные водоросли. В конце июля их доля снизилась с 89 до 36% общей численности фитопланктона. Максимум численности водорослей (39 млн кл/л) был зарегистрирован в начале августа. В это время представи-

тель цианобактерий – *Aphanizomenon flexuosum* (Komárek et Kováčik, 1989) и коккоидные формы зелёных водорослей составляли, соответственно, 74% и 24% численности фитопланктона.

Биомасса фитопланктона (B_{ϕ}) в течение июля возростала с 0,6 до 2,7 мг/л. Среди цианобактерий с июля и до середины сентября доминировала *A. flexuosum*, биомасса которой достигала 100% биомассы цианобактерий. Максимальное значение B_{ϕ} 2,7 мг/л, зарегистрированное в начале августа, наблюдалось при наибольшей биомассе *A. flexuosum* (2,0 мг/л). В это же время было зарегистрировано наибольшее число нитей (трихом) *A. flexuosum* (417 нитей/мл), среди которых 75% общего количества и 95% биомассы были в размерном диапазоне от 150 до 600 мкм. Эта размерная фракция *Aphanizomenon* не потреблялась фильтраторами-фитофагами зоопланктона [8]. В течение всей первой половины августа *A. flexuosum* составляла от 72 до 87% B_{ϕ} .

Исследования показали, что, несмотря на наличие в пруду большого количества биогенных веществ, биомасса фитопланктона была относительно небольшой. В ней явного цветения цианобактерий не наблюдалось. Прозрачность воды достигала придонного слоя. Цианобактерии если и доминировали в водоёме (в первой половине августа), их биомасса не очень сильно преобладала над биомассой остальных систематических групп фитопланктона.

В июле большая часть биомассы водорослей (98–63%) B_{ϕ} приходилась на долю «съедобного» по размеру фитопланктона; в разные даты июля в эту фракцию входили зелёные (78–39%) и золотистые (35–15%). Среди зелёных *Chlamidomonas sp.* одиночные клетки размером 8 мкм и *Pediastrum boryanum* ([Turpin] Meneghini, 1840) (размер ценобий 5–40 мкм) составляли, соответственно, до 66% и 11% их биомассы. *Mallomonas sp.* – жгутиковые клетки длиной 12 мкм – составляли 100% биомассы золотистых. Биомасса перечисленных выше водорослей входила во фракцию «съедобных» для зоопланктона. Цианобактерии *A. flexuosum* в июле на 94–99% были представлены «непоедаемой» фракцией размером более 100 мкм.

Также и в первой половине августа при биомассе *A. flexuosum* 1–2 мг/л несъедобная часть составляла 98–99%. В то же время значительная часть водорослей входила в группу «съедобных». В этот период прозрачность воды достигала дна (2,4 м).

Таким образом, в течение всего вегетационного периода в планктоне преобладали «съедобные» по размеру водоросли, видовой состав которых был достаточно разнообразным. Цианобактерии хотя и присутствовали в планктоне, биомасса их съедобных фракций (до 100 мкм) не преобладала среди других групп водорослей. Мелкие съедобные фракции цианобактерий *A. flexuosum*, обладающие более высокой скоростью роста по сравнению с более крупными, выедались *D. longispina*.

В сообществе зоопланктона пруда были зарегистрированы пять таксономических единиц коловраток, четыре вида кладоцер, два вида копепод и остракоды. В составе кладоцер оказались мелкие *Alona rectangula* (Sars, 1862), *Ceriodaphnia affinis* (Lilljeborg, 1901), *Ch. sphaericus*, размер которых не превышал 0,6 мм, и крупноразмерная *D. longispina* (размер 1,5–2,1 мм). В июле по численности преобладали коловратки, они составляли 97% численности зоопланктона; доминировала *Keratella cochlearis cochlearis* (Gosse, 1851) – 7,0 тыс. экз./л.

В основном преобладали мелкие виды зоопланктона. Крупноразмерная *D. longispina* была представлена в течение всего периода исследований и составляла 49–98% биомассы растительноядного зоопланктона. Размерный состав популяции *D. longispina* достигал 2,1 мм. Средний размер особей в июле составлял 1 мм, в августе

и сентябре – до 1,5 мм, максимальный размер самок – 1,4 мм и 1,7–2,1 мм, соответственно.

Наибольшая плодовитость *D. longispina* в первой декаде августа составляла 2 яйца/самку, в остальные дни – 1 яйцо/самку. Эфиippiальные самки в составе популяции *D. longispina* за весь период исследований зарегистрированы не были. Численность особей *D. longispina* в летне-осеннее время достигала 46–67 экз./л, биомасса – 3,1–9,3 мг/л (или 71–98% V_3 раст).

Таким образом, в течение летнего периода в пруду из-за отсутствия хищных планктофагов в основном присутствовали растительоядные фильтраторы, среди которых доминировала *D. longispina*. Широкий спектр размерного состава *D. longispina*, отсутствие эфиippiальных самок характеризуют пригодные условия для обитания этих фильтраторов.

Возникает вопрос, почему в исследованном пруду не наблюдалось цветения цианобактерий при высокой концентрации биогенных веществ. Скорее всего, это связано с интенсивным выеданием водорослей фильтрующим зоопланктоном. *D. longispina* – крупный представитель планктона, её размер в исследованном пруду достигал 2,1 мм. На эту размерную группу *D. longispina* приходилось 14–77% всех особей и, несмотря на относительно низкую плодовитость, отсутствие хищников позволяет этому виду достигать высокой численности. Вид является активным фильтратором, питается водорослями, бактериями, детритом. Кишечник короткий, время пребывания в нём пищи – 10–15 минут. Из-за этого усвояемость пищи низкая, до 10–20%, из-за чего фекальные частицы (пеллеты) обладают высокой калорийностью. Дафния активно переводит биомассу планктонных водорослей в экскременты и осветляет водоём. Пеллеты быстро оседают и в дальнейшем потребляются донной фауной (хириномидами, олигохетами, моллюсками и др.) [8]. Скорость оседания пеллет во много раз выше скорости оседания водорослевого детрита, составляющей около 1 м/сут. За время пребывания детрита в толще воды значительная часть содержимого отмерших клеток оказывается в среде до того, как они оседают на дно водоёма [13].

Зоопланктон за счёт фильтрационной активности быстро осветляет толщу воды, переводит взвесь (водорослей и цианобактерий) в фекальные пеллеты. Перевод водорослей и цианобактерий в донные отложения осуществляется наиболее эффективно при условии наличия в водоёме достаточного количества крупного фильтрующего зоопланктона. Зоопланктон в этом случае способен контролировать развитие водорослей, в т. ч. цианобактерий. О том, что в пруду зоопланктон эффективно осветляет воду и переводит взвешенные частицы в донные отложения, свидетельствует высокая прозрачность пруда (практически до дна по диску Секки).

При отсутствии рыб-планктофагов развиваются крупные виды фильтрующего зоопланктона, обладающие высокой фильтрационной активностью. Излишки биомассы водорослей переводятся в донные отложения, которые там утилизируются донной фауной. На то, что условия жизни для фильтрующего зоопланктона были вполне сносные, указывает отсутствие эфиippiальных самок в течение всего периода исследований.

Выводы.

1. Трофический пресс рыб-планктофагов приводит к снижению численности крупных видов зоопланктона. Из-за этого в планктоне доминирующими становятся мелкоразмерные особи, которые не способны эффективно воздействовать на сообщество цианобактерий и контролировать их развитие. При снижении пресса рыб (в сентябре) размер особей зоопланктона увеличивается в 2 раза.

2. Отсутствие контролирующего фактора сказывается на структуре цианобактерий в водоёме, что приводит к цветению. Во время цветения Чистого пруда большая часть цианобактерий (70%) приходится на непоедаемую фракцию (размер более 100 мкм). Поедаемые размерные фракции *A. spiroides* менее 50 мкм и 50–100 мкм составляли 8 и 22% общей биомассы *A. spiroides*.

3. Изоляция рыб-планктофагов от зоопланктона в экспериментальной установке (или в водоёме при отсутствии рыб) приводит к увеличению численности и биомассы крупноразмерных особей зоопланктона (*Daphnia magna*, *Daphnia longispina* и др.).

4. При высокой численности в экспериментальной установке зоопланктон способен дробить крупные колонии цианобактерий и улучшать свою кормовую базу. *A. spiroides* размером >100 мкм за счёт этого переходит в более мелкие фракции. Этот процесс возможен при высокой численности зоопланктона в экспериментальной экосистеме.

5. В условиях высокого поступления биогенных веществ в водоёмы и при отсутствии рыб-планктофагов зоопланктон способен регулировать развитие фитопланктона и определять высокую прозрачность воды.

Работа выполнена в рамках темы № 0147-2019-0002 (№ государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8) государственного задания Института водных проблем Российской академии наук и по тематике научно-образовательной школы Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

ЛИТЕРАТУРА

1. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 169–172.
2. Богатова И.Б. Питание дафний и диаптомусов в прудах // Тр. ВНИИ прудового рыбного х-ва. 1965. Т. 13. С. 165–178.
3. Герасимова Т.Н., Погожев П.И., Садчиков А.П. Борьба с цианобактериями использованием зоопланктона в экспериментальной экосистеме // Экологические системы и приборы. 2020. № 6. С. 49–55. DOI: 10.25791/esip.06.2020.1164.
4. Герасимова Т.Н., Погожев П.И., Садчиков А.П. Влияние зоопланктона на развитие водорослей и цианобактерий в экспериментальной экосистеме // Экология промышленного производства. 2020. № 1 (109). С. 43–48.
5. Герасимова Т.Н., Погожев П.И., Садчиков А.П. Влияние *Daphnia magna* на размерную структуру и потребление *Anabaena spiroides* // Экологическая химия. 2021. Т. 30, № 2. С. 106–109.
6. Герасимова Т.Н., Погожев П.И., Садчиков А.П. Подавление цветения цианобактерий фильтрующим зоопланктоном // Вода: химия и экология. 2019. № 7–9. С. 67–71.
7. Герасимова Т.Н., Погожев П.И., Садчиков А.П. Развитие зоопланктона в экспериментальной экосистеме // Экология промышленного производства. 2019. № 3. С. 55–58.
8. Гутельмахер Б.Л., Садчиков А.П., Филиппова Т.Г. Питание зоопланктона // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. «Общая экология. Биоценология. Гидробиология». 1988. Т. 6. 155 с.
9. Ивлева И.В. Биологические основы и методы массового культивирования кормовых беспозвоночных. М.: Наука, 1969. 170 с.
10. Садчиков А.П. Гидробиология: планктон (трофические и метаболические взаимоотношения). М.: ПКЦ Альтекс, 2013. 240 с.
11. Садчиков А.П. Культивирование водных и наземных беспозвоночных (принципы и методы). М.: МАКС Пресс, 2009. 272 с.
12. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М.: Изд-во Университет и школа, 2003. 157 с.

13. Садчиков А.П. Продуцирование и трансформация органического вещества размерными группами фито- и бактериопланктона (на примере водоёмов Подмосковья). Дисс. ... доктора биол. наук. М.: МГУ, 1997. 591 с.
14. Сущенко Л.М. Количественные закономерности питания ракообразных. Минск: Наука и техника, 1975. 208 с.
15. Фомин Г.С. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. Серия «Международные стандарты России». М.: Протектор, 2000. 840 с.
16. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Changes in Zooplankton Structure in an Experimental System at the Isolation of Plankton-Eating Fish // Russian J. of General Chemistry. 2020. V. 90, № 13. P. 2681–2686. DOI: 10.1134/S107036322013023X.
17. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Suppression of Alga Blooming by Zooplankton Filter Feeders in Small Water Bodies // Water Resources. 2018. V. 45, № 2. P. 199–204. DOI: 10.1134/S0097807818020070.
18. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Suppression of Cyanobacterial Blooms by Zooplankton: Experiments in Natural Water Bodies with the Use of Flow-Through Ecosystems // Russian J. of General Chemistry. 2019. V. 89, № 13. P. 2840–2844. DOI: 10.1134/S1070363219130164.
19. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Suppression of Phytoplankton Blooming in Water Bodies with the Use of Filtering Zooplankton in Flow-Through Ecosystems // Water Resources. 2020. V. 47, № 2. P. 231–237. DOI: 10.1134/S0097807820020050.

REFERENCES

1. Balushkina E.V., Vinberg G.G. Dependence between mass and body length in planktonic animals. *Obshchie osnovy izucheniya vodnyh ekosistem* [General principles for the study of aquatic ecosystems]. P. 169–172 (Leningrad: Nauka, 1979) (in Russian).
2. Bogatova I.B. Daphnia and diaptomus feeding in ponds. *Trudy Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz.* [Transactions of Vses. Scientific research Institute of Pond Fish] **13**, 165–178 (1965) (in Russian).
3. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Control of cyanobacteria with the use of zooplankton in an experimental ecosystem. *Ekologicheskie systemy i pribory*. **6**, 49–55 (2020) (in Russian). DOI: 10.25791/esip.06.2020.1164.
4. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Effect of zooplankton on the development of algae and cyanobacteria in an experimental ecosystem. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva* [Ecology of industrial production]. **1** (109), 43–48 (2020) (in Russian).
5. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. The Effect of Daphnia magna on the Dimensional Structure and Consumption of Anabaena spiroides. *Ekologicheskaya Khimiya* [Ecological chemistry]. **30** (2), 106–109 (2021) (in Russian).
6. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Suppression of cyanobacteria blooming by zooplankton filter feeders. *Voda: himiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology]. **7–9**, 67–71 (2019) (in Russian).
7. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Zooplankton development in an experimental ecosystem. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva* [Ecology of industrial production]. **3** (107), 55–58 (2019) (in Russian).
8. Gutelmacher B.L., Sadchikov A.P., Filippova T.G. Zooplankton nutrition. *Itogi nauki i tekhniki. VINITI. Ser. Obshchaya ekologiya. Biocenologiya. Gidrobiologiya* [Results of science and technology. VINITI. Ser. General ecology. Biocenology. Hydrobiology]. **6**, 155 p. (1988) (in Russian).
9. Ivleva I.V. *Biological basis and methods of mass cultivation of food invertebrates*. 170 p. (Moscow: Nauka, 1969) (in Russian).
10. Sadchikov A.P. *Hydrobiology: plankton (trophic and metabolic relationships)*. 240 p. (Moscow: PKC Altaks, 2013) (in Russian).

11. Sadchikov A.P. *Cultivation of aquatic and terrestrial invertebrates (principles and methods)*. 272 p. (Moscow: MAX Press, 2009) (in Russian).
12. Sadchikov A.P. *Methods of studying freshwater phytoplankton*. 157 p. (Moscow: Universitet i Shkola, 2003) (in Russian).
13. Sadchikov A.P. *Production and transformation of organic matter by size groups of phyto- and bacterioplankton*. Dr. Sci. (Biol.) diss. 591 p. (Moscow: MGU, 1997) (in Russian).
14. Sushchenya L.M. *Quantitative patterns of nutrition of crustaceans*. 208 p. (Minsk: Nauka i tekhnika, 1975) (in Russian).
15. Fomin G.S. *Control of chemical, bacterial and radiation safety in accordance with international standards. Encyclopedic reference*. Series «International standards of Russia». 840 p. (Moscow: Protektor, 2000) (in Russian).
16. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Changes in Zooplankton Structure in an Experimental System at the Isolation of Plankton-Eating Fish. *Russian J. of General Chemistry*. **90** (13), 2681–2686 (2020). DOI: 10.1134/S107036322013023X.
17. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Suppression of Alga Blooming by Zooplankton Filterer Feeders in Small Water Bodies. *Water Resources*. **45** (2), 199–204 (2018). DOI: 10.1134/S0097807818020070.
18. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Suppression of Cyanobacterial Blooms by Zooplankton: Experiments in Natural Water Bodies with the Use of Flow-Through Ecosystems. *Russian J. of General Chemistry*. **89**(13), 2840–2844 (2019). DOI: 10.1134/S1070363219130164.
19. Gerasimova T.N., Pogozhev P.I., Sadchikov A.P. Suppression of Phytoplankton Blooming in Water Bodies with the Use of Filtering Zooplankton in Flow-Through Ecosystems. *Water Resources*. **47**(2), 231–237 (2020). DOI: 10.1134/S0097807820020050.

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

УДК 572.632 (470.314)

DOI 10.29003/m2439.0514-7468.2020_43_3/347-360

КАК ВЫГЛЯДЕЛИ НАШИ ПРЕДКИ, ИЛИ ЧТО МОЖЕТ АНТРОПОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ?

Е.В. Веселовская*

Повествуется о современном состоянии Лаборатории антропологической реконструкции имени М.М. Герасимова Центра физической антропологии Института этнологии и антропологии РАН. Рассмотрены последние работы по совершенствованию метода, позволившие создать программу краниофациального соответствия «Алгоритм внешности», которая существенно уточняет процесс восстановления прижизненного облика на основе черепа. Визуальное восстановление облика дополнительно антропологическим описанием прижизненной внешности в терминах «словесного портрета», используемого в криминалистике. Приведено описание уникальной коллекции, насчитывающей более 300 скульптурных и графических портретов, выполненных по черепам древних людей и исторических лиц. Сейчас в Лаборатории проводится воссоздание реального облика А.В. Суворова на основе посмертной маски.

Ключевые слова: антропологическая реконструкция, словесный портрет, краниофациальное соответствие, антропометрия и антропоскопия лица и черепа, археологическая культура.

Ссылка для цитирования: Веселовская Е.В. Как выглядели наши предки, или что может антропологическая реконструкция? // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 347–360. DOI: 10.29003/m2439.0514-7468.2020_43_3/347-360

Поступила 31.07.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

WHAT DID OUR ANCESTORS LOOK LIKE? OR, THE CAPABILITIES OF ANTHROPOLOGICAL RECONSTRUCTION

E.V. Veselovskaya, Dr. Sci (Hist.)

*Anthropological Reconstruction Laboratory of the Center for Physical Anthropology,
Institute of Ethnology and Anthropology RAS*

The article relates the current state of the M.M. Gerasimov Laboratory of Anthropological Reconstruction of the Center for Physical Anthropology, Institute of Ethnology and

* Веселовская Елизавета Валентиновна – д.и.н., гл.н.с., рук. Лаборатории антропологической реконструкции Центра физической антропологии Института этнологии и антропологии РАН; veselovskaya.e.v@yandex.ru. ORCID ID: 0000-0002-2932-9884.

Anthropology, Russian Academy of Sciences. Emphasizing the role of the founder of the method of face reconstruction from the skull, the author discusses the latest improvements to this method. The data bank on the thickness of the facial integument in representatives of various ethnic groups, and the accumulated experience with regard to the relationships between facial features and the underlying structures of the skull, made it possible to create a program of craniofacial correspondence 'The Algorithm of Appearance', which significantly improves the process of reconstructing in vivo appearance based on the skull. The visual reconstruction of the appearance is supplemented by an anthropological description of the lifetime appearance, in terms of the 'verbal portrait' used in forensic science. A description of a unique collection of more than 300 sculptural and graphic portraits made on the basis of the skulls of ancient people and historical figures is given. Based on the examples of specific projects, the possibilities of anthropological reconstruction for solving applied and theoretical problems of science are shown. The reconstruction of the appearance of soldiers killed in the Second World War is the key patriotic direction of the Laboratory's work. Based on the results of these reconstructions, several fighters were identified. The Laboratory is currently at work on reconstructing the lifetime appearance of A.V. Suvorov on the basis of a death mask.

Keywords: *anthropological reconstruction, verbal portrait, craniofacial correspondence, anthropometry and anthroposcopy of the face and skull, archaeological culture.*

Введение. 11 июля мировая и отечественная общественность отмечала День народонаселения. Функционирование многочисленных популяций нашего вида, населяющих планету сейчас и живших на ней на протяжении всей истории *Homo sapiens*, а также поступательное развитие предковых форм составляют одно из основных содержания Жизни Земли. Направление антропологической науки, о котором пойдёт речь в статье, связано с восстановлением внешнего облика субъектов Жизни Земли, существовавших на ней в прошлые эпохи. Практически единственным источником информации об их биологии являются костные останки, извлекаемые археологами из недр планеты при раскопках могильных сооружений, если речь идёт о сравнительно близких к нам временах. Останки же более древних людей, в т. ч. предковых форм, наука обретает при археологических исследованиях их мест обитания. Как же выглядели эти люди, похожи ли на живущих сейчас? На эти вопросы отвечает раздел антропологии под названием *антропологическая реконструкция внешнего облика*.

Лицо человека является одной из основных характеристик личности, определяющих её индивидуальность. Огромное разнообразие лиц, свойственное людям, отчётливо выделяет их из остального мира живых существ. Диапазон изменчивости многих антропологических признаков у человека выражен резче, чем у обезьян и других млекопитающих [5]. Именно признаки головы положены в основу антропологической классификации человечества. В последние годы внешность человека приобретает всё большую значимость в научных исследованиях различных дисциплин. Примером может служить коллективная монография «Лицо человека в науке, искусстве и практике», подготовленная ведущими специалистами различных областей знаний [14].

Информацию о внешнем облике древнего человека, как отмечал В.П. Алексеев, можно получить, изучая антропоморфные изображения разных археологических культур или анализируя письменные источники, содержащие описания внешнего облика. Но лишь анализ палеоантропологического материала даёт надёжные сведения о том, как выглядели люди прошлых эпох [2].

Именно антропологическая реконструкция внешности на основе краниологических данных позволяет составить объективное представление о прижизненных мор-

фологических особенностях людей прошлого и провести корректное сопоставление с современными популяциями. Признанным во всём мире творцом научного метода восстановления лица по черепу является российский учёный, антрополог Михаил Михайлович Герасимов [12]. Этот одарённый человек оставил после себя целую галерею документальных портретов, выполненных по черепам исторических лиц и древних людей (рис. 1).

Основав в 1950 г. Лабораторию пластической реконструкции при Институте этнографии АН СССР, Михаил Михайлович работал над созданием российской школы восстановления лица на основе черепа. На протяжении вот уже более 70 лет своего существования Лаборатория продолжает исследовательскую и музейную работу, соблюдая традиции, заложенные основателем. Сотрудники Лаборатории совершенствуют методы и приёмы восстановления внешности по черепу, постоянно пополняют уникальную коллекцию скульптурных и графических портретов представителей различных культур прошлого: скифов, сарматов, славян.

Коллекция портретов, выполненных по черепам. Экспозиция Лаборатории насчитывает более 300 скульптурных и графических реконструкций и охватывает время существования человека и его предков от 4 млн лет до современности. Экспонаты объединяются в пять разделов. Первый из них посвящён происхождению человека. Здесь можно увидеть представителей обширного предкового для рода *Homo* семейства австралопитековых, как грацильных, среди которых знаменитая Люси, так и массивных; человека умелого, творца первой каменной индустрии. Знаменитый череп KNM ER 1470, наделавший много шума благодаря своему прогрессивному строению и крупным размерам мозговой коробки, также лёг в основу реконструкции, представленной на экспозиции Лаборатории (рис. 2). Сейчас этого индивида считают классическим представителем вида *Homo rudolfensis* – первого, наряду с *Homo habilis*, представителя рода, к которому относится современное человечество. Находка была сделана в 1996 г. в местонахождении Кооби Форэ – Эфиопия, восточный берег оз. Туркана.

Здесь же представлены архантропы, в т. ч. вышедшие за пределы африканского континента; гейдельбергский человек, широко расселившийся

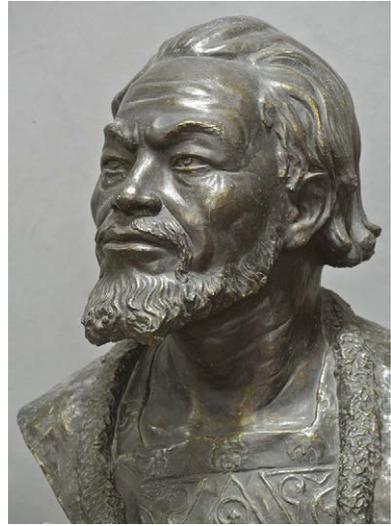


Рис. 1. Скульптурная реконструкция по черепу владимирского князя Андрея Боголюбского. Автор реконструкции М.М. Герасимов.

Fig. 1. Sculptural reconstruction, based on the skull of the Vladimir prince Andrey Bogolyubsky. Reconstructed by M.M. Gerasimov.



Рис. 2. Скульптурная реконструкция по черепу предковой формы человека *Homo rudolfensis*. Автор реконструкции Е.В. Веселовская.

Fig. 2. Sculptural reconstruction, based on the skull of the ancestral human *Homo rudolfensis*. Reconstructed by E.V. Veselovskaya.

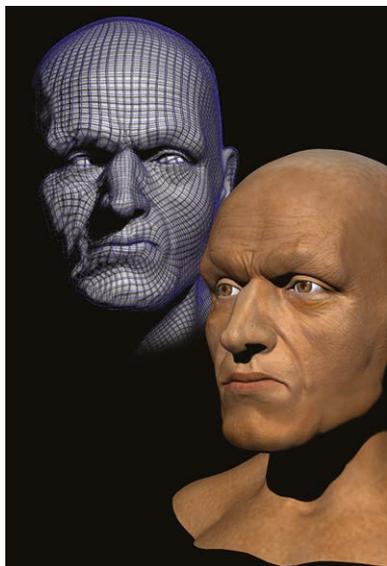


Рис. 3. Скульптурная реконструкция по черепу мужчины из могильника Шарахалсун. Ямная культура. Бронзовый век. Ставрополье. Автор реконструкции Р.М. Галеев.

Fig. 3. Sculptural reconstruction, based on the skull of a man from the Sharakhalsun burial. Yamnaya culture. Bronze Age. Stavropol region. Reconstructed by R.M. Galeev.

вплоть до умеренных климатических зон Старого Света, а также неандертальцы, которые, как показали недавние открытия в области генетики, всё же оставили свой след в геноме современного человека.

Второй раздел посвящён людям современного вида, жившим в каменном веке. Ряд экспонатов демонстрирует разнообразие внешнего облика верхнепалеолитических сапиенсов с территории Евразии. Здесь представлены такие знаменитые стоянки, как Сунгирь, Костенки, Кро-Маньон, Пршедмости, Дольни Вестонице, Чжоу-Коу-Дянь и др. Неолитическое население представлено реконструкциями по черепам афанасьевской и древнеберингоморской культур, погребений с территории Сибири и Казахстана.

Третий раздел охватывает период бронзового и железного веков. Физический тип людей бронзового века иллюстрируют скульптуры древних ямников (рис. 3), жителей Гонура и Мангышлака. Скифы и сарматы представлены многочисленными могильниками с территории Поволжья, Причерноморья, Урала, Западной и Южной Сибири.

Четвёртый раздел суммирует реконструкции более поздних периодов истории вплоть до современности. Славяне Западной Европы и Восточно-Европейской равнины демонстрируются рядом с представителями угро-финских племён (рис. 4).



Рис. 4. Графические реконструкции по черепам ребенка и старика. 13 век, Переславль-Залесский. Автор реконструкций А.В. Рассказова.

Fig. 4. Graphic reconstructions, based on the skulls of a child and an old man. Thirteenth century, Pereslavl-Zalessky. Reconstructed by A.V. Rasskazova.

Пятый раздел экспозиции посвящён историческим личностям, чей облик неизвестен. Здесь, наряду с известными реконструкциями М. М. Герасимова, можно увидеть работы его учеников и последователей, выполненные по черепам выдающихся личностей страны и зарубежья, среди которых предводитель национально-освободительного движения индейцев майя, князь Олег Рязанский, Николай Николаевич Миклухо-Маклай и многие другие.

Работы по совершенствованию метода. Во всём мире метод антропологической реконструкции востребован весьма широко. Его применяют в первую очередь в криминалистике при идентификации личности по костным останкам. Преимущественно такое использование метода характерно для зарубежных специалистов, редко уделяющих внимание разработке методических аспектов. Иногда зарубежные коллеги обращаются к восстановлению облика исторических лиц; встречаются работы, иллюстрирующие стадии эволюции человека. В России же продолжаются научные поиски новых зависимостей между черепом и мягкими покровами головы; выполняются работы по восстановлению облика представителей различных культур прошлого: скифов, сарматов, славян. Метод восстановления внешнего облика на основе черепа продолжает развиваться на протяжении всех десятилетий существования Лаборатории. Собранный материал по толщине лицевых покровов у представителей различных этнических групп, а также изучение взаимосвязей между элементами лица и подлежащими структурами черепа позволили создать программу краниофациального соответствия «Алгоритм внешности», которая существенно уточняет процесс восстановления прижизненного облика на основе черепа [3, 6, 8, 9]. Эта программа опирается на классические методы отечественной антропологии [1, 4] и разработки корифеев в области антропологической реконструкции [13, 14]. Благодаря синтетическому подходу к исследованиям в области краниологии и краниоскопии, с одной стороны, и в области антропометрии и антропоскопии живого лица, с другой, удалось создать алгоритм перехода от размеров и признаков черепа к соответствующим характеристикам лица. Программа охватывает измерительные признаки, балловые характеристики и качественные варианты элементов лица. Теперь по конкретному черепу можно получить расчёты к более точному воспроизведению внешности в сочетании с антропологической характеристикой физического облика в терминах описания живого лица, т. н. «словесный портрет по черепу» [7].

В настоящее время антропологическая реконструкция внешности постоянно используется в палеоантропологических исследованиях для решения этногенетических задач и визуализации облика древнего населения. В криминалистике это направление оказывает серьёзную помощь при идентификации личности. Во многих музеях мира скульптурные и графические портреты иллюстрируют изменчивость антропологического типа в разные хронологические эпохи, а также представляют облик знаменитых персоналий прошлого. Несмотря на разработанность метода и его широкое применение остаются ещё области лица, реконструкция которых требует дополнительных поисков соответствия между мягкими покровами и костными структурами. Целью одного из проектов Лаборатории было изучение взаимосвязей признаков носовой области лица для уточнения восстановления по черепу отдельных элементов внешности. Для этого проводили измерения элементов среднего этажа лица на контингенте московского студенчества. Была задействована дисперсная выборка (143 юноши, 154 девушки) среднеевропеоидного антропологического типа. Средний возраст исследуемых составил 21 год. Программа включала измерительные признаки спинки носа,

кончика носа, его основания, крыла носа, а также ширину филтра. В результате по целому ряду детальных признаков лицевой морфологии были получены таблицы основных статистических параметров для мужчин и женщин, которые представляют собой важное подспорье при реконструкции лица по черепу. Результаты исследования свидетельствуют, что признаки мягких тканей и признаки костной основы развиваются в онтогенезе вполне согласованно. Проведённый корреляционный анализ позволил выявить достоверные связи между признаками, не имеющими костной основы (размеры кончика носа, длина и ширина основания носа, ширина носовой перегородки и др.), с одной стороны, и размерами, имеющими костное основание (ширина переносья, ширина спинки носа, расстояние между альвеолярными возвышениями клыков и др.), с другой. Были рекомендованы уравнения регрессии для расчёта прижизненных размеров отдельных элементов среднего этажа лица на основе черепных измерений [12].

Продолжением данного исследования было применение для тех же целей компьютерной томографии, которая является перспективным методом в изучении черепнолицевых взаимозависимостей, т. к. позволяет сопоставлять особенности лица с морфологией черепа одного и того же индивида. На основе томограмм изучали краниофациальные взаимосвязи носовой области, проверяли и уточняли существующие наработки по реконструкции деталей среднего этажа лица. Материалом для исследования служили 50 томограмм головы мужчин европеоидного антропологического типа, жителей Москвы, 19–56 лет. Программа включала 30 признаков, объединяющих размеры черепа, размеры лица и толщины мягких тканей. По результатам исследования было уточнено распределение толщины мягкого покрова на некоторых участках лица, где его измерения с применением ультразвукового оборудования, проводившиеся ранее, были затруднены. Это касается толщины тканей на носовых костях, в точке назион и точке субспинале. Удалось показать, что крыло носа отстоит примерно на 7 мм от контура грушевидного отверстия при позиции головы в профиль. Были рассчитаны уравнения регрессии для реконструкции размеров носовой области на основе размеров черепа. Так, найдены достоверные корреляции между шириной кончика носа и длиной подносового шипа, а также подтверждена статистически достоверная связь между шириной носа и шириной между клыковыми точками. Не получено достоверных корреляций между шириной грушевидного отверстия и шириной носа. Полученные в работе результаты подвергают сомнению широко применяемый метод восстановления ширины носа на основании ширины грушевидного отверстия, применяемый западными коллегами [16].

Проекты Лаборатории. В 2018 г. исполнилось 130 лет, как ушёл из жизни наш знаменитый соотечественник, величайший учёный, гуманист Николай Николаевич Миклухо-Маклай¹. Этот человек в полном смысле слова «положил свою жизнь на алтарь науки». Он прожил всего 42 года и умер от болезни, которая была следствием его полного пренебрежения к собственному здоровью из-за стремления как можно больше сделать для выполнения своей жизненной миссии, коей он считал борьбу за права так называемых «примитивных» народов. Эту борьбу он осуществлял на базе изучения социальных, культурных, этнографических, лингвистических, биологических особенностей папуасов, меланезийцев, австралийцев и других народов, сохраняющих традиционный уклад жизни. Будучи беззаветно преданным науке, Н.Н. Миклухо-Маклай завещал свой череп Кунсткамере для научных исследований. В ознаменование этой

¹ В связи со 175-летием со дня рождения Н.Н. Миклухо-Маклая см. в данном номере журнала статью Д.А. Шумовской.

даты в Центре физической антропологии ИЭА РАН было осуществлено полное исследование черепа, и на его основе с использованием последних достижений в области антропологической реконструкции был восстановлен внешний облик учёного (рис. 5). На самом деле, имеется ряд фотоснимков и портретов Миклухо-Маклая, однако на них он изображён с пышной шевелюрой, бородой и усами. К тому же фотографии не всегда выполнены чётко, многие художественные и скульптурные портреты сделаны уже после смерти, а информация о нижней части лица (из-за бороды) вовсе отсутствует на большинстве изображений. Это послужило веским доводом в пользу воспроизведения реального прижизненного облика учёного, чтобы охарактеризовать индивидуальные особенности его внешности, скрытые за пышной бородой. Особого внимания заслуживает значимый вклад Н.Н. Миклухо-Маклая в науку и его нравственный подвиг, которые прославили его на весь мир [10].



Рис. 5. Скульптурная реконструкция по черепу Н.Н. Миклухо-Маклая. Процесс работы. Авторы реконструкции Е.В. Веселовская, О.М. Григорьева.

Fig. 5. Sculptural reconstruction, based on the skull of N.N. Miklouho-Maclay. The process of reconstruction by E.V. Veselovskaya and O.M. Grigorieva.

Сотрудники Лаборатории являются экспертами Следственного комитета РФ и выполняют экспертизы по восстановлению облика и идентификации личности. Так, в 2020 г. был идентифицирован градоначальник Тюмени конца XIX – начала XX века. В соответствии с Государственным контрактом № ЗИКН от 11.09.2020 по заказу Комитета по охране и использованию объектов историко-культурного наследия Тюменской области сотрудниками Лаборатории Е.В. Веселовской и А.В. Рассказовой была проведена экспертиза фрагментов черепа, найденных при реставрации объекта культурного наследия федерального значения «Церковь Спаса», расположенного в городе Тюмени. Предположительно, в склепе храма в 1916 г. были перезахоронены А.И. Текутьев и его супруга. Купец первой гильдии Андрей Иванович Текутьев (1838–1916) – одна из самых известных фигур в истории Тюмени. С 1899 г. по 1911 г. он неоднократно избирался городским головой, а в 1907 г. был удостоен звания «Почётный гражданин города Тюмени». Тюменский предприниматель и общественный деятель снискал признание современников и потомков своей благотворительностью. На его средства и

по его инициативе были построены, оснащены и содержались больница, городской театр, ремесленное училище, библиотека. Благодаря его настойчивым и обоснованным просьбам, обращённым к правительству, была проведена железнодорожная линия Тюмень – Омск, что способствовало бурному социально-экономическому развитию региона.

Для успешной, но не обязательно положительной идентификационной экспертизы необходимы два условия: 1) удовлетворительная сохранность черепа, 2) наличие прижизненных фотографий хорошего качества. Здесь оба условия были соблюдены. Первоначально проводили реставрацию черепа путём сборки его из фрагментов. Для идентификационной процедуры фотосовмещения была построена виртуальная трёхмерная модель черепа методом фотограмметрии. Такая модель необходима для приведения черепа в строгое соответствие ракурсу прижизненных фотографий (рис. 6). На основе черепа была выполнена графическая реконструкция облика, которую сопоставили с фотоизображениями (рис. 7). Результаты экспертизы позволяют сделать заключение о принадлежности останков Текутьеву Андрею Ивановичу с высокой достоверностью [11].

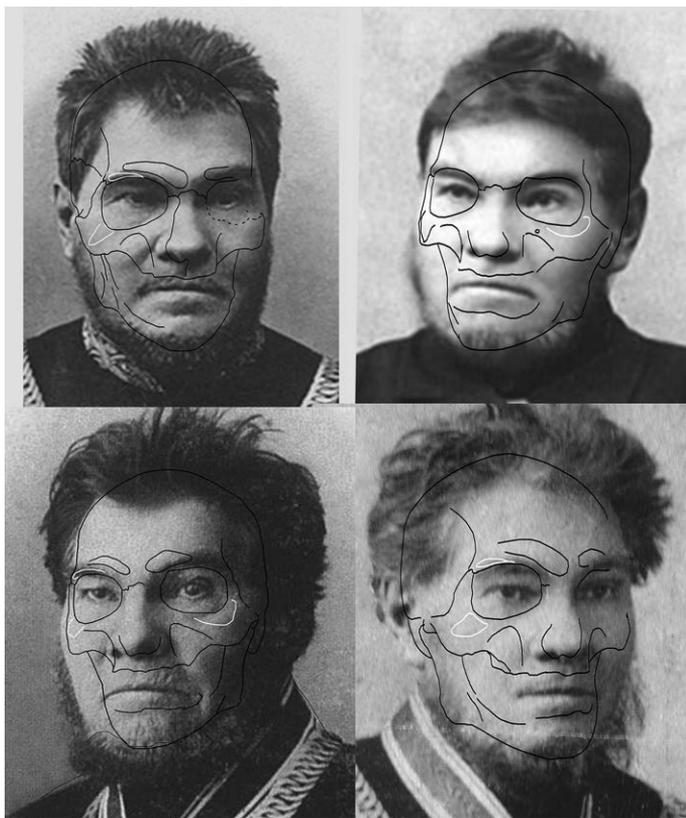


Рис. 6. Фотосовмещение контуров черепа с изображением А.И. Текутьева на прижизненных портретах.

Fig. 6. Photocomposition of the skull contours, based on lifetime photographs of A.I. Tekutyev.



Рис. 7. Сопоставление реконструкции, выполненной по черепу, и фотографий, принадлежащих А.И. Текутьеву.

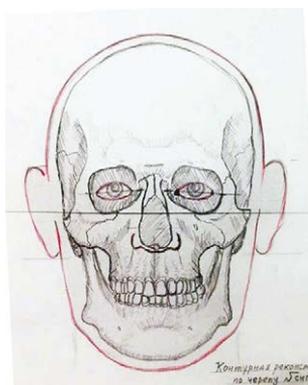
Fig. 7. Comparison of the reconstruction based on the skull and lifetime photographs of A.I. Teutyev.

В течение многих лет в рамках НИР ИЭА РАН сотрудники Лаборатории занимаются восстановлением облика воинов, павших в Великой Отечественной войне. Имеются случаи идентификации погибших на основе реконструированных в Лаборатории портретов.

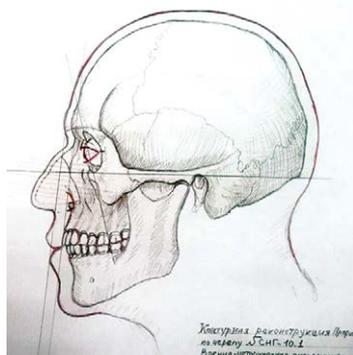
В 2020 г. к 75-летию победы в Великой Отечественной войне было проведено остеологическое исследование и научная реконструкция внешности воинов, погибших с сентября 1941 по январь 1944 г. на Волховском фронте. Были задействованы материалы по 14 воинам из раскопок военно-исторической экспедиции «Волховский фронт. Апраксин» 2019 г. на территории Кировского района Ленинградской области возле п. Апраксин близ урочища Вороново. Участники проекта – научные сотрудники ИЭА РАН, сотрудники ИА РАН, студенты, волонтеры; руководитель Е.В. Веселовская.

Целью проекта было представление максимально полной информации о физическом облике эксгумированных воинов с широким освещением в средствах массовой информации. По остеологическим материалам восстанавливали рост и тип телосложения погибших, проводили стандартное краниологическое измерение и описание. На основе черепов выполняли контурные – фас (рис. 8а) и профиль (рис. 8б) и графические – фас (рис. 8в) и профиль (рис. 8г) реконструкции внешнего облика. Рассчитывали прижизненные размеры головы, проводили восстановление описательных признаков внешности с фиксацией особых примет, если таковые имелись. По каждому воину приводили краткое описание контекста захоронения (возможные причины смерти, сопровождающие захоронение предметы, найденные медальоны).

Результаты работы публиковали в сети Интернет. В мае нам поступило обращение А.Р. Шамсутдиновой, которая опознала в реконструкции, сделанной по черепу индивида № 86-1.1, своего прадеда, С.Ш. Шамсутдинова. Д.В. Веселковой и Е.В. Веселовской была проведена сравнительная экспертиза фотографий С.Ш. Шамсутдинова и графической реконструкции, а также фотографий черепа № 86-1.1. Анализ показал совпадение по большинству параметров лица на прижизненной фотографии (рис. 9а) и научной графической реконструкции (рис. 9б). Результат фотосовмещения изображений лица и черепа также оказался положительным. Это позволило сделать вывод о большой вероятности принадлежности останков № 86-1.1 С.Ш. Шамсутдинову.



а) контурная реконструкция, фас.
a) contour reconstruction, frontal view.



б) контурная реконструкция, профиль.
b) contour reconstruction, profile.



в) графический портрет, фас.
c) sketched portrait, frontal view.



г) графический портрет, профиль.
d) sketched portrait, profile.

Рис. 8. Реконструкция облика воина ВОВ по черепу СНГ-10.1.

Fig. 8. Reconstruction of the appearance of a Second World War warrior, based on skull СНГ-10.1.

В настоящее время в Лаборатории открыт проект «Восстановление реально-го облика А.В. Суворова на основе посмертной маски» (участники: Е.В. Веселовская, Р.М. Галеев, О.В. Калашникова). Скульптурные и графические портреты генералиссимуса А.В. Суворова схожи между собой лишь в отношении атрибутики. Черты лица этого признанного всеми поколениями героя нашей истории значительно различаются от портрета к портрету. Настоящим проектом мы поставили себе задачу воссоздать облик Александра Васильевича на основе сохранившейся посмертной маски. Известно, что посмертные маски передают определённые искажения черт внешности, связанные с тофономическими изменениями лица и горизонтальным положением тела при снятии слепка. Коррекцию распределения мягких покровов и отдельных элементов лица на поверхности 3D модели маски проводили в пакете программ для обработки 3D моделей (Geomagic Design X, ZBrush). При коррекции опирались на разницу толщин мягких покровов головы, полученных при измерении анатомического материала



а) фотография С.Ш. Шамсутдинова.
a) photograph of S. Shamsutdinov.



б) графическая реконструкция облика по черепу 86-1.1, фас.
б) graphic reconstruction of the appearance, based on skull 86-1.1, frontal view.

Рис. 9. Случай идентификации воина ВОВ.
Fig. 9. A case of identification of a Second World War warrior.

и современного населения. Для восстановления формы и размеров мозговой части головы были использованы генеральные размеры теменной и затылочной областей черепа предполагаемого сына (рис. 10).

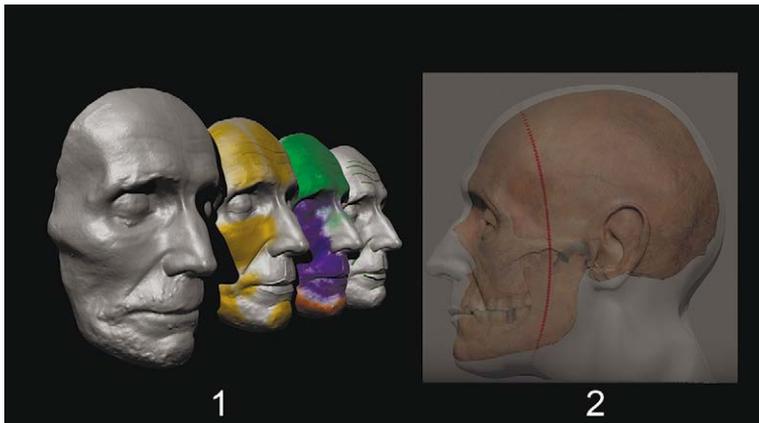


Рис. 10. Этапы работы с 3D моделью посмертной маски А.В. Суворова: 1 – перераспределение деформированных после смерти мягких покровов лица; 2 – восстановление размеров и формы головы с использованием черепа сына.

Fig. 10. Stages of work with a 3D model of the A.V. Suvorov death mask: 1 – redistribution of the soft facial tissues deformed after death; 2 – restoration of the proportions and forms of the head, using the skull of Suvorov's son.

После коррекции мягких тканей лица и восстановления размеров и формы мозгового отдела модель была напечатана на 3D принтере, и путём снятия кусковой формы была изготовлена пластилиновая модель головы (рис. 11).

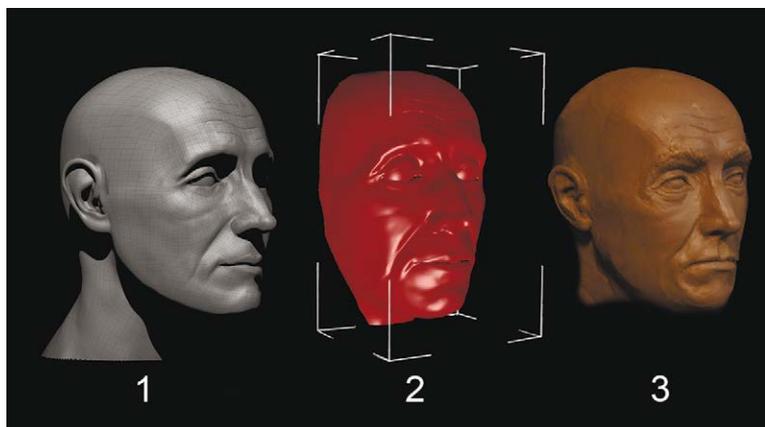


Рис. 11. Этапы создания пластилиновой модели головы: 1 – виртуальная модель, подготовленная для печати; 2 – пластиковая модель головы; 3 – пластилиновая модель.

Fig. 11. Stages of creating a plasticine head model: 1 – virtual model prepared for printing; 2 – plastic head model; 3 – plasticine model.

Именно на ней проводили восстановление прижизненной конфигурации глазной и околоротовой областей. Полученная модель головы без эмоций и какого-либо выражения на лице послужит основой для создания художественного скульптурного портрета великого полководца (рис. 12).

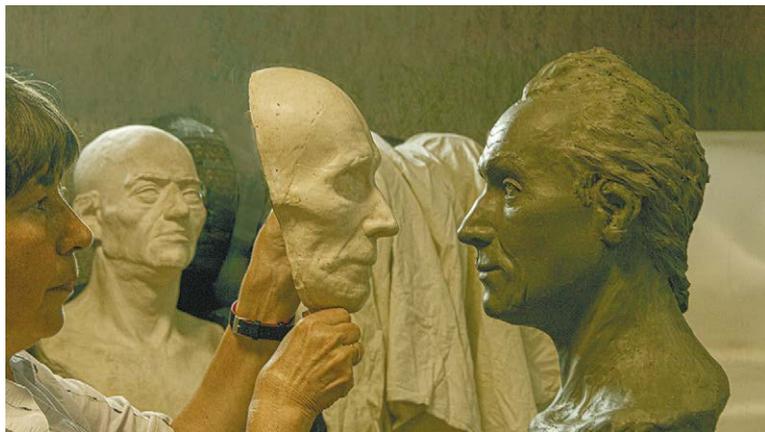


Рис. 12. Процесс создания скульптурного портрета А.В. Суворова. Предварительный этап. Фото О.В. Калашниковой.

Fig. 12. The process of creating a sculptural portrait of A.V. Suvorov. Preliminary stage. Photo by O.V. Kalashnikova.

Заключение. Антропологическая реконструкция сегодня – это самостоятельное направление в антропологии, соединяющее два поля антропологических исследований. С одной стороны, изучение современных популяций основывается на методах антропометрии, антропоскопии, соматологии и др. С другой, исследование биологических характеристик людей прошлых эпох проводят методами краниометрии, краниоскопии, остеологии. Антропологическая реконструкция внешности изучает взаимосвязи между черепом и покрывающими его тканями и позволяет восстанавливать прижизненные биологические параметры на основе краниологии. Современный уровень метода обеспечивает воспроизведение индивидуальных особенностей внешности, о чём свидетельствуют случаи успешной идентификации. Разработанная на базе трудов предшественников и многолетних исследовательских работ учеников М.М. Герасимова и Г.В. Лебединской программа «Алгоритм внешности» позволяет на основе черепа получить полный антропометрический бланк живого лица и описание пропорций головы и индивидуальных качественных признаков. Постоянные работы по совершенствованию метода делают более корректным восстановление внешности по черепу. Это позволяет сотрудникам Лаборатории осуществлять многочисленные научные проекты.

Работа публикуется в соответствии с планом работ ИЭА РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В.П., Дебец Г.Ф.* Краниометрия. Методика антропологических исследований. М.: Наука, 1964. 128 с.
2. *Алексеев В.П.* Историческая антропология и этногенез. М.: Наука, 1989. 446 с.
3. *Балуева Т.С., Веселовская Е.В.* Новые разработки в области восстановления внешнего облика человека по краниологическим данным // Археология, этнография и антропология Евразии. Новосибирск, 2004. № 1. С. 143–150
4. *Бунак В.В.* Антропометрия. М., 1941. 368 с.
5. *Бунак В.В.* Череп человека и стадии его формирования у ископаемых людей и современных рас. М.: Изд-во Академии наук, 1959. 284 с.
6. *Веселовская Е.В.* Краниофациальные пропорции в антропологической реконструкции // Этнографическое обозрение. 2015. № 2. С. 83–98.
7. *Веселовская Е.В.* Словесный портрет по черепу // Сб. тр. Всерос. науч. конф. «Палеоантропологические и биоархеологические исследования: традиции и новые методики» (VI Алексеевские чтения). СПб, 2015. С. 31–33
8. *Веселовская Е.В.* «Алгоритм внешности» – комплексная программа антропологической реконструкции // Вестник Московского ун-та. Серия XXIII. Антропология. 2018. № 2. С. 38–54.
9. *Веселовская Е.В., Балуева Т.С.* Новые разработки в антропологической реконструкции // Вестник антропологии. М.: ИЭА РАН, 2012. Вып. 22. С. 22–42.
10. *Веселовская Е.В., Григорьева О.М.* Восстановление по черепу облика Н.Н. Миклухо-Маклая // Вспомогательные исторические дисциплины в современном научном знании. Мат-лы XXXI Межд. науч. конф. Москва, 12–14 апреля 2018 г. М., 2018. С. 13–14.
11. *Веселовская Е.В., Синева И.М., Борисова Е.Б.* Новые данные к реконструкции по черепу среднего этажа лица // Вестник Московского ун-та. Серия XXIII. Антропология. 2019. № 1. С. 5–17.
12. *Герасимов М.М.* Восстановление лица по черепу (современный и ископаемый человек) // Тр. Ин-та этнографии АН СССР. Нов. серия. М., 1955. Т. XXVIII. 585 с.
13. *Лебединская Г.В.* Реконструкция лица по черепу (методическое руководство). М.: Старый сад, 1998. 125 с.

14. Лицо человека в науке, искусстве и практике / Под ред. К.И. Ананьевой, В.А. Барабанщикова, А.А. Демидова. М.: Когито-Центр, 2015. 694 с.

15. Рассказова А.В., Веселовская Е.В., Пеленицына Ю.В. Краниофациальные соотношения среднего этажа лица по материалам компьютерных томограмм // Вестник Московского ун-та. Серия XXIII. Антропология. 2020. № 4. С. 66–78. DOI: 10.32521/2074-8132.2020.4.066-078.

REFERENCES

1. Alekseyev V.P., Debets G.F. *Craniometry. Methodology of anthropological research*. 128 p. (Moscow: Nauka, 1964) (in Russian).

2. Alekseyev V.P. *Historical anthropology and ethnogenesis*. 446 p. (Moscow: Nauka, 1989) (in Russian).

3. Balueva T.S., Veselovskaya E.V. New developments in the field of the human appearance reconstruction according to craniological data. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Yevrazii* [Archaeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia]. **1**, 143–150 (Novosibirsk, 2004) (in Russian).

4. Bunak V.V. *Anthropometry*. 368 p. (Moscow, 1941) (in Russian).

5. Bunak V.V. *Human skull and the stages of its formation in fossil humans and modern races*. 284 p. (Moscow: Publ. Akademii nauk, 1959) (in Russian).

6. Veselovskaya E.V. Craniofacial proportions in anthropological reconstruction. *Etnograficheskoye obozreniye* [Ethnographic Review]. **2**, 83–98 (2015a) (in Russian).

7. Veselovskaya E.V. A verbal portrait on the skull. *Proc. of the All-Russian Sci. Conf. "Paleo-anthropological and bioarchaeological studies: traditions and new techniques"* [VI Alekseev's Reading]. P. 31–33 (St. Petersburg, 2015) (in Russian).

8. Veselovskaya E.V. "Algorithm of the Appearance" – a comprehensive program of anthropological reconstruction. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya* [Moscow University Bulletin. Series XXIII. Anthropology]. **2**, 38–54 (2018) (in Russian).

9. Veselovskaya E.V., Baluyeva T.S. New developments in anthropological reconstruction. *Vestnik antropologii* [Herald of anthropology]. P. 22–42 (Moscow: Institute of ethnology and anthropology RAS, 2012) (in Russian).

10. Veselovskaya E.V., Grigorieva O.M. Reconstruction from the skull of N.N. Miklouho-Maclay. Auxiliary historical disciplines in modern scientific knowledge. *Materials of the XXXI Intern. Sci. Conf.*, April 12–14, 2018. P. 13–14. (Moscow, 2018) (in Russian).

11. Veselovskaya E.V., Sineva I.M., Borisova E.B. New data for reconstruction based on the skull of the middle floor of the face. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya* [Moscow University Bull. Ser. XXIII. Anthropology]. **1**, 5–17 (2019) (in Russian).

12. Gerasimov M.M. Reconstruction of the face on the skull (modern and fossilized person). *Transactions of the USSR Academy science*. 585 p. (Moscow, 1955) (in Russian).

13. Lebedinskaya G.V. *Reconstruction of the face on the skull (a methodological manual)*. 125 p. (Moscow: Staryj sad, 1998) (in Russian).

14. Anan'yeva K.I., Barabanshchikov V.A., Demidov A.A. (Eds.). *The person's face in science, art and practice*. 694 p. (Moscow: Kogito-Tsentr Publ., 2015) (in Russian).

15. Rasskazova A.V., Veselovskaya E.V., Pelenitsyna Yu.V. Craniofacial ratios of the middle floor of the face based on computed tomograms. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. XXIII. Antropologiya* (in Russian). DOI: 10.32521/2074-8132.2020.4.066-078.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ МУЗЕЯ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ МЕТОДАМИ ОПТИЧЕСКОЙ И СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Н.А. Громалова, П.А. Чехович*

На драгоценных камнях первой группы из коллекции основного фонда Музея земледедения МГУ впервые выполнено исследование химического состава и их диагностических свойств. Используются современные разновидности неразрушающих аналитических методов – оптическая и сканирующая электронная микроскопия. Они позволяют изучать вещественный состав материала без специальной пробоподготовки, что является чрезвычайно актуальным для музейного дела. По данным оптической микроскопии установлено, что большинство изученных драгоценных камней содержат большое количество газовой и твёрдофазных включений других минералов, что однозначно указывает на природное происхождение исследованных образцов. В кристаллах изумруда выявлены типоморфные признаки, соответствующие сланцевому генетическому типу этого минерального вида. По данным сканирующей электронной микроскопии в составе монокристаллов алмаза показано присутствие примеси бора.

Ключевые слова: оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, исследования научных коллекций, портативные анализаторы, музейные фонды, включения, алмаз, александрит, изумруд, сапфир.

Ссылка для цитирования: Громалова Н.А., Чехович П.А. Исследование драгоценных камней из коллекции Музея земледедения методами оптической и сканирующей электронной микроскопии. Первые результаты // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 361–367. DOI: 10.29003/m2440.0514-7468.2020_43_3/361-367

Поступила 22.07.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

ANALYSIS OF PRECIOUS GEMSTONES IN THE COLLECTION OF THE EARTH SCIENCE MUSEUM, BY OPTICAL AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPY. THE FIRST RESULTS

N.A. Gromalova, PhD, P.A. Chekovich, Dr. Sci (Geol. and Miner.)
Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)

For the first time, a study of the chemical composition and diagnostic properties of gemstones of the main collection of the Earth Science Museum at Moscow State University has been carried out. The modern non-destructive analytical methods were used. These were the optical and scanning electron microscopy, which make it possible to study material composition without special sampling or probing, the latter fact being highly relevant in the museum field. Optical microscopy data showed that the majority of the studied gems contain a lot of fluid and solid inclusions of other minerals, indicating the natural origin of the examined samples. Typomorphic features of emerald crystals show a shale genetic type of this species. Data from scanning electron microscopy revealed the presence of boron impurity in the composition of diamond single crystals.

* Громалова Наталья Александровна – к.г.-м.н., с.н.с., gromalnat@mail.ru; Чехович Пётр Андреевич – д.г.-м.н., сектор минералогии и истории Земли Музея земледедения МГУ, p.chekhovich@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1647-7001.

Keywords: optical microscopy, scanning electron microscopy, scientific collections, handheld analyzers, museum collections, inclusions, diamond, alexandrite, emerald, sapphire.

Введение. Драгоценные, ювелирные и поделочные камни – это природные минералы и/или горные породы, образовавшиеся без вмешательства человека, используемые в ювелирном деле и при создании предметов искусства. Согласно Федеральному закону «О драгоценных металлах и драгоценных камнях»¹ к драгоценным камням относятся: природные алмазы, изумруды, рубины, сапфиры и александриты, а также природный жемчуг в сыром (естественном) и обработанном виде. На рынке драгоценных камней наиболее востребованными являются камни первой группы, к которой, согласно геммологической классификации Е.Я. Киевленко [7], относятся перечисленные минеральные виды. Исследование драгоценных камней из экспонируемой части основного фонда Музея землеведения МГУ представляется актуальным, таким образом, не только в аспекте предметного (минералогического) изучения, но и в плане нормативно-правовой регламентации экспонатов и требований федерального законодательства.

Общая характеристика исследованного материала. Коллекция «Драгоценные и поделочные камни», экспонирующаяся в разделе «Неметаллические полезные ископаемые», включает 16 образцов драгоценных камней первой группы. Часть из них показана на рис. 1. Полный состав коллекции после её комплектования в конце 60-х годов был охарактеризован М.Д. Капитоновым и М.С. Барсановой [6].

Алмаз представлен тремя монокристаллами массой 1.44, 2.33 и 2.70 карат. Все они обладают желтоватым оттенком и характерной октаэдрической формой с искривлёнными гранями. Они были переданы в музей из фондов Гохрана СССР в период между 1958 и 1969 гг., когда административная принадлежность этой организации перешла от спецотделов силовых ведомств (МГБ, МВД) к Министерству финансов. Местонахождение для данных образцов в фондовой документации определено как Якутия, но точная геологическая привязка для них отсутствует. Судя по особенностям морфологии, эти монокристаллы, скорее всего, происходят из россыпных месторождений Приленского алмазоносного района.

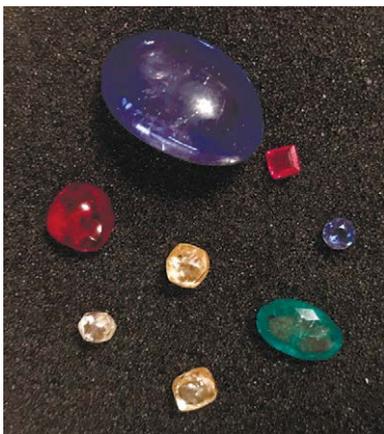


Рис. 1. Драгоценные камни I группы: алмазы, сапфиры, рубины и изумруд из коллекции основного фонда МЗ МГУ.

Fig. 1. The gemstones from group I: diamonds, sapphires, rubies, and an emerald from the collection of Earth Science Museum, Moscow State University.

В состав коллекции также входят три образца **рубина** (огранка каре, кабашон) массой 0.54, 3.50, 5.20 карат, переданных в дар музею от Свердловской минералогической лаборатории в 1957 г. Местонахождение образцов – долина Могок, Бирма, где начиная с VI в. н. э. добываются одни из лучших и наиболее ценных в мире рубинов. Бирманские рубины – устоявшийся бренд в мире драгоценных камней. Минерал находят как в делювиальных россыпях, так и в коренном залегании – в скарнированных мраморах и кальцифирах. Рубиновая минерализация, возраст которой, согласно последним данным, оценивается

¹ ст. 1 в ред. от 02.05.2015 № 111-ФЗ.

в 25 млн лет [15], приурочена к контакту мраморов с массивами, мелкими телами и дайками гранитов и пегматитов.

Сапфир экспонируется четырьмя огранёнными образцами (кабошон, изумрудная, круглая) массой 0.60, 0.99, 4.10 и 54.50 карат, местонахождение – о. Цейлон (Шри-Ланка). Они были получены музеем в дар от камнерезной промыслово-кооперативной артели «Красный пуговичник» в 1953 г. и от Свердловской минералогической лаборатории в 1957 г.

Образцы **изумруда** представлены обломком кристалла пинакоидальной формы (3.79 карат) и образцом бриллиантовой, овальной огранки (0.92 карат). Эти образцы были переданы музею Свердловской минералогической лабораторией в 1957 г. и из частной коллекции в 1965 г. Местонахождение – Малышевское месторождение (Россия, Изумрудные копи Урала). По данным бурения глубокой поисково-структурной скважины, пройденной в 1991 г., разрабатываемая сейчас рудная зона в южной части этого месторождения протягивается на глубину 1100 м от поверхности без признаков выклинивания. Рудные тела месторождения представлены изумрудоносными флогопитовыми и бериллоносными кварц-плагиоклазовыми жилами, заключёнными среди тальковых и тальк-тремолитовых сланцев [5].

Попутно здесь добывается **александрит**, который также представлен в музейной коллекции несколькими сростками кристаллов, образующими характерные тройники. Не так давно (в 2014 г.) экспозиция пополнилась огранённым образцом синтетического александрита (0.88 карат), выращенным по методу Чохральского. Этот искусственный образец обладает ярко-выраженным александритовым эффектом. Его диагностические и структурные особенности были подробно охарактеризованы ранее [11, 2]

Методы диагностики и результаты исследования. Исследования проводились с применением современных инструментальных разновидностей неразрушающих методов. Использовались оптическая и сканирующая электронная микроскопия, позволяющие определять вещественный состав материала без специальной пробоподготовки, что является чрезвычайно актуальным для музейного дела.

Диагностика включений в драгоценных камнях является важным критерием оценки их качества и происхождения. По результатам исследования на оптическом микроскопе «Science ADL-601P» (Bresser GmbH) при увеличении $\times 50-100$ было установлено, что изученные образцы содержат, как правило, большое количество газовой-жидких и твёрдофазных включений других минералов. Это однозначно указывает на природное происхождение материала (рис. 2).

Согласно литературным данным² [8 и др.], в геммологической практике при определении географического происхождения изумрудов целесообразно выделять два главных генетических вида этого минерала: гидротермальный и сланцевый. Как известно, даже весьма высококачественные изумруды имеют в большинстве случаев множество включений, и их диагностика является важным инструментом при выяснении географического происхождения этих камней. По морфологии включений геммологи разделяют изумруды на две большие группы: кристаллы с «зубчатыми» и «блочными» включениями. В целом они соответствуют двум генетическим типам изумрудов (гидротермальному и сланцевому) и позволяют, в частности, отличить камни изумрудных поясов Колумбии от изумрудов из других месторождений мира. Отсутствие в исследуемом образце флюидных включений зубчатой формы, наличие удлинённых трубчатых, а также твёрдофазных включений пластинчатой формы (вероятно, слюды) и игольчатых включений (вероятно, амфиболов) являются типоморфными признаками сланцевого генетического типа изумруда (рис. 2, слева).

² См. также сайт: <https://www.gem-center.ru/labnotes-emerald-deposits.htm>, 2020.

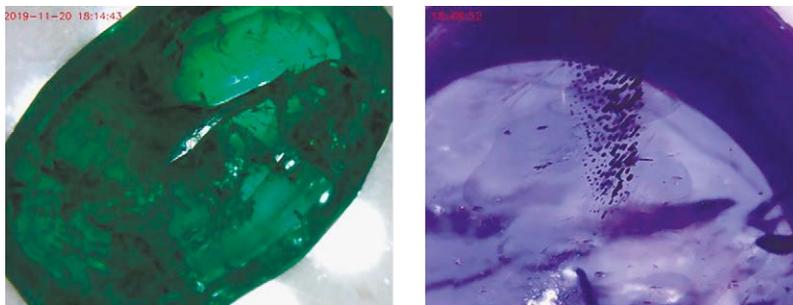


Рис. 2. Образцы изумруда (слева) и сапфира (справа), содержащие многочисленные твёрдофазные и газовой-жидкие включения. Музей землеведения МГУ. Фото сделаны с помощью оптического микроскопа.

Fig. 2. Solid and fluid inclusions in emerald (left) and sapphire (right) crystals. Earth Science Museum, Moscow State University. Imaged with an optical microscope.

Сетевидные скопления иголок рутила («шёлк»), сопровождающиеся включениями кристаллов кальцита и доломита – классический диагностический признак рубина Бирмы.

Кристаллы природного александрита всегда содержат как газовой-жидкие первичные и вторичные (развивающиеся по трещинам) включения, так и твёрдофазные включения других минералов (флюорита, плагиоклаза, мусковита). Синтетический кристалл александрита, полученный раствор-расплавным методом Чохральского, содержит включения направленного флюса. Для синтетического образца александрита можно отметить практически однородную люминесценцию и несколько специфический характер ростовой зональности: присутствие слабовыраженных округлых зон роста, связанную с методом кристаллизации (вытягивание из расплава). В отличие от этого природные кристаллы люминесцируют в красной области спектра и имеют характерную ростовую зональность, что связано с нестабильными условиями минералообразования и неравномерным изоморфным замещением части Al^{3+} на Cr^{3+} в процессе роста. Детальное изучение природного и синтетического александрита с использованием почти двух десятков современных методов исследования было проведено ранее [1, 2].

Анализ морфологии изученных кристаллов алмаза (рис. 3) показал, что температура кристаллизации, вероятно, варьировала в пределах от 1400 до 1500°C. Поверхности граней кристаллов часто усеяны равносторонними треугольными углублениями, которые возникают вследствие травления и растворения. Часто наблюдающееся искривление рёбер кристаллов является результатом последовательного отступания плоскостей роста. Считается, что эта морфологическая особенность, присущая многим алмазам якутских россыпей, могла сформироваться еще до захвата кристаллов кимберлитовой магмой и, возможно, отражает мантийные параметры давления и температуры [9].

Для исследования элементного состава в локальных зонах использовался настольный сканирующий электронный микроскоп Phenom-World B.V (Голландия), технические характеристики которого были изложены ранее [3, 4]. С использованием микрозондирования на настольном СЭМ нами были исследованы несколько образцов из коллекции: монокристаллы алмаза и сапфир. По данным сканирующей электронной микроскопии, образцы сапфира имеют состав, отвечающий формуле Al_2O_3 .

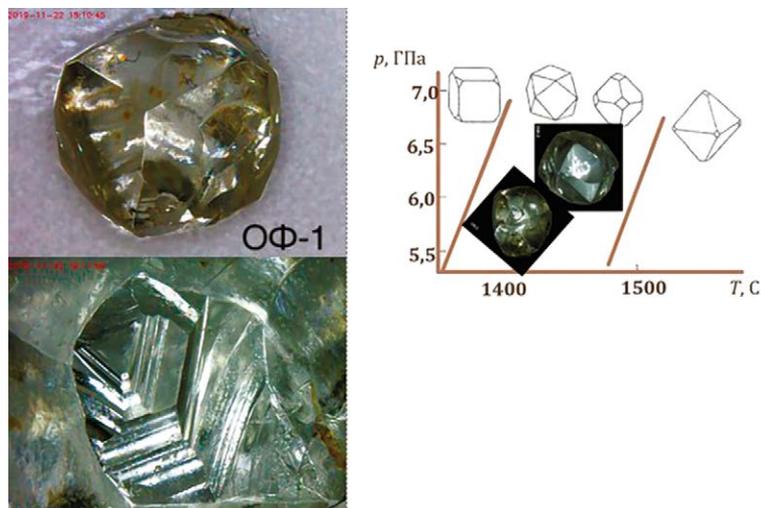


Рис. 3. Зависимость кристалломорфологии алмаза от температуры и давления (справа, по [10]), характерное искривление рёбер и фигуры травления на поверхности кристалла алмаза (слева); фото при естественном освещении, образцы из коллекции Музея землеведения МГУ.

Fig. 3. Dependence of a diamond's crystal morphology on temperature and pressure (right, after [10]); characteristic curvature of edges and etch pits on the surface of a diamond (left). Imaged in daylight. Collection of Earth Science Museum, Moscow State University.

Неожиданные результаты получены при исследовании алмазов. Выяснилось, что основная матрица (рис. 4), сложенная углеродом, содержит в своей структуре (и, возможно, в составе включений) примесь бора. Почти полностью отсутствуют какие-либо другие примеси, в первую очередь – азот, типичный для алмазов типа I. Наличие примеси бора, возможно, указывает на принадлежность исследованных кристаллов к очень редкому типу IIb. Всего лишь 0,2% всех природных алмазов относятся к этой

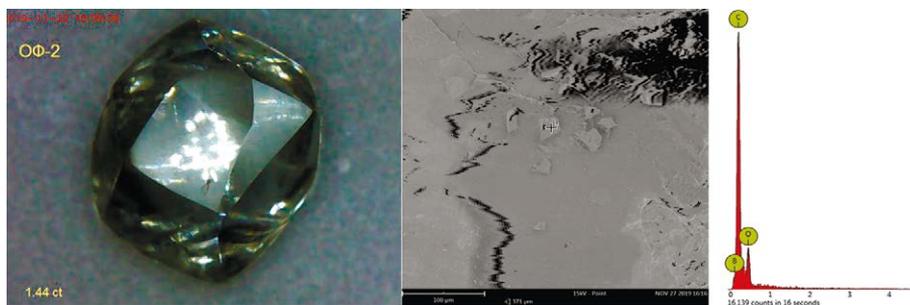


Рис. 4. Кристалл алмаза с примесью бора. Коллекция Музея землеведения МГУ. Фотография при естественном освещении (слева), изображение в отражённых электронах (в центре), характерный энергодисперсионный спектр элементного состава основной матрицы (справа). Изображение получено с помощью настольного СЭМ в техническом центре компании «ООО Мелитек».

Fig. 4. A diamond crystal with boron impurities from the collection of the Earth Science Museum, Moscow State University. Imaged in daylight (left); in reflected electrons (center); characteristic energy dispersive spectrum of the elemental composition, main matrix (right), image obtained with a desktop SEM, Melitek, LLC.

разновидности [12 и др.]. Использование локальных неразрушающих методов анализа таких алмазов на «времяпролётных» (ToF-SIMS) масс-спектрометрах показало, что концентрация бора распределяется весьма неравномерно по отдельным зонам кристалла и может варьировать от долей до 8 ppm и более (там же).

Обсуждение результатов и заключение. Проблема изучения физических свойств алмазов и, в частности, их безазотистых (боросодержащих) разновидностей актуальна во многих прикладных и фундаментальных аспектах. Она имеет богатую и очень давнюю историю [13 и др.]. Минералоги, изучавшие в последние годы такие алмазы, установили, что в виде включений в них иногда содержатся следы распада бриджманита [14]. Эта минеральная фаза, обладающая структурой перовскитового типа, стабильна при сверхвысоком давлении (более 120 ГПа) и температуре выше 3000°K. Такие параметры могут реализовываться только в нижней мантии, что даёт основание считать алмазы типа Пв сверхглубинными минералами. Особый интерес представляет «возвращение» бора из глубин нижней мантии в виде примеси в алмазах Пв. Его главным источником обычно считаются минеральные фазы в составе океанической коры, погружающейся в зонах субдукции в мантию вместе с фрагментами осадочного чехла. Нижнемантийная природа безазотистых алмазов Па и Пв может рассматриваться как ещё одно доказательство общемантийной конвекции вещества Земли и позволяет окончательно отказаться от двухуровневых геодинамических моделей конвекции.

Проведённые исследования позволили получить важную информацию о кристалломорфологических особенностях, химическом и минералогическом составе образцов из коллекции основного фонда МЗ МГУ, а также содержащихся в них включений и примесей. Задачей дальнейшего изучения музейной коллекции является уточнение диагностики минеральных фаз и газовой-жидких включений драгоценных камней с привлечением методов инфракрасной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния света, масс-спектрометрии вторичных ионов ToF-SIMS, а также возможное люминесцентное исследование кристаллов алмазов.

Результаты исследований получены в ходе реализации госзаданий АААА-А16-116042010088-5 и АААА-А16-116042710030-7.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громалова Н.А. Диагностика природного и синтетического александрита комплексом современных инструментальных методов // Жизнь Земли. 2019. Т. 41 (4), С. 440–448.
2. Громалова Н.А., Урусов В.С. Хризоберилл и его ювелирная разновидность – александрит. Раствор-расплавная кристаллизация и комплексное изучение состава, морфологии и свойств природных и синтетических кристаллов. Lambert Academic Publishing, 2011. 262 с.
3. Громалова Н.А., Набелкин О.А., Чехович П.А., Иванова Т.К. Неразрушающий элементный анализ в практике естественнонаучного музея. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия образцов минерализованной древесины из Аризоны, США // История техники и музейное дело. Материалы IX Межд. научно-практ. конф. Т. 8. М., 2016. С. 97–101.
4. Громалова Н.А., Чехович П.А. Минералого-геохимическое изучение материалов из музейных коллекций методами неразрушающего экспресс-анализа // Жизнь Земли. 2016. Т. 38 (2). С. 167–175.
5. Золотухин Ф.Ф. Мариинское (Мальшевское) месторождение изумруда, Средний Урал, Асбест. Екатеринбург – С.-Петербург: Изд-во СПбГУ, 1996. 70 с.
6. Капитонов М.Д., Барсанова М.С. Драгоценные и поделочные камни в Музее землеведения // Жизнь Земли. 1970. № 6. С. 209–214.
7. Киевленко Е.Я. Геология самоцветов. М.: Земля, Ассоциация «ЭкоСт», 2001. 584 с.
8. Смит Г. Драгоценные камни. М.: «Мир», 1984. 560 с.
9. Сонин В.М., Жимулев Е.И., Чепуров А.А., Помазанский Б.С., Афанасьев В.П., Чепуров А.И. Начальные стадии переограничения округлых природных алмазов при растворении в расплаве

Fe-S при высоком давлении // Литосфера. 2019. 19 (6). С. 945–952. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-6-945-952>.

10. Сортировка и аттестация алмазного сырья. Учебное пособие. М.: Геммологический центр МГУ, 2011. 9 с.

11. Урусов В.С., Громалова Н.А., Вяткин С.В., Русаков В.С., Мальцев В.В., Еремин Н.Н. Исследование методами ЭПР и мессбауэровской спектроскопии структурного и валентного состояния атомов хрома и железа в хризоберилле и александрите // Вестник Московского ун-та. Сер. 4. Геология. 2011. № 2. С. 29–33.

12. Gaillou E., Jeffrey E. Post J.E., Rost D., Butler J.E. Boron in natural type IIb blue diamonds: Chemical and spectroscopic measurements // *American Mineralogist*. 2012. V. 97. P. 1–18. DOI: 10.2138/am.2012.3925.

13. Robertson R., Fox J.J., Martin A.E. Two types of diamonds // *Philos. Trans. Roy. Soc. London*. A, 1934, 232. P. 463–565.

14. Smith E.M., Wang W. New insights into sublithospheric Type IIa and Type IIb diamonds // *Goldschmidt, Abstract*. 2020. <https://doi.org/10.46427/gold2020.2410>.

15. Zhang D., Guo S., Chen Y., Li Q., Ling X., Liu C., Sein K. ~25 Ma Ruby Mineralization in the Mogok Stone Tract, Myanmar: New Evidence from SIMS U–Pb Dating of Coexisting Titanite // *Minerals*. 2021. V. 11, 536. DOI:10.3390/min11050536.

REFERENCES

1. Gromalova N.A. The diagnostics of natural and synthetic alexandrite using set of advanced instrumental techniques. *Zhizn' Zemli* [Life of the Earth]. **41** (4), 440–448 (2019) (in Russian).

2. Gromalova N.A., Urusov V.S. *Chrysoberyl and its jewelry variety – alexandrite. Flux growth and complex research of composition, morphology, and properties of natural and synthetic crystals*. 262 p. (Lambert Academic Publishing, 2011) (in Russian).

3. Gromalova N.F., Nabelkin O.A., Chekhovich P.A., Ivanova T.K. Non-destructive elemental analysis in natural history museum practice. *X-ray fluorescence spectrometry of silicified wood from Arizona, USA. Proc. of the Ninth Intern.l Sci. Conf. «History of technology and museum experience»*. P. 97–101 (Moscow: IIET RAN, 2016) (in Russian).

4. Gromalova N.A., Chekhovich P.A. Mineralogical and geochemical investigation of museum specimens through non-destructive express analysis. *Zhizn' Zemli* [Life of the Earth]. **38** (2), 167–175 (2016) (in Russian).

5. Zolotukhin F.F. *Mariinskoye (Malyshevskoye) field of emerald, Middle Ural, Asbest*. 70 p. (Ekaterinburg – S.-Petersburg, 1996) (in Russian).

6. Kapitonov M.D., Barsanova M.S. Gems and ornamental stones at Earth Science Museum. *Zhizn' Zemli*. **6**, 209–214 (1970) (in Russian).

7. Kievlenko E.Ya. *Gemstone Geology*. 584 p. (Moscow: Ecost Association, 2001) (in Russian).

8. Smith G.F. *Gemstones*. 580 p. (London: Chapman and Hall, 1972).

9. Sonin V.M., Zhimulev E.I., Chepurov A.A., et al. Incipient stages of transformation of round natural diamonds under dissolution in Fe-S melt at high pressure. *Lithosphere*. **19** (6), 945–952 (2019). <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-6-945-952> (in Russian).

10. *Screening and certification of diamond raw materials*. 9 p. (Moscow: The Moscow University Gemology Centre, 2011) (in Russian).

11. Urusov V.S., Gromalova N.A., Vyatkin S.V., Rusakov V.S., Maltsev V.V., Eremin N.N. Study of structural and valence states of Cr and Fe in chrysoberyl and alexandrite with EPR and Mössbauer spectroscopy. *Moscow University Geology Bull.* **66** (2), 102–107 (2011) (in Russian).

12. Gaillou E., Jeffrey E. Post J.E., Rost D., Butler J.E. Boron in natural type IIb blue diamonds: Chemical and spectroscopic measurements. *American Mineralogist*. **97**, 1–18 (2012). DOI: 10.2138/am.2012.3925.

13. Robertson R., Fox J.J., Martin A.E. Two types of diamonds. *Philos. Trans. Roy. Soc. London*. A. **232**, 463–565 (1934).

14. Smith E.M., Wang W. New insights into sublithospheric Type IIa and Type IIb diamonds. *Goldschmidt, Abstract*. 2020. <https://doi.org/10.46427/gold2020.2410>.

15. Zhang D., Guo S., Chen Y., Li Q., Ling X., Liu C., Sein K. ~25 Ma Ruby Mineralization in the Mogok Stone Tract, Myanmar: New Evidence from SIMS U–Pb Dating of Coexisting Titanite. *Minerals*. **11** (5), 536 (2021). DOI: 10.3390/min11050536.

ГЕОТУРИЗМ КАК НОВЫЙ ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

Ю.Н. Голубчиков, В.И. Кружалин*

Геотуризм рассматривается как продолжение в природе осмотра экспозиций геологических и географических музеев. Как и экотуризм, геотуризм является составной частью научного туризма. Если экотуризм опирается на биоразнообразие, то в основе геотуризма лежит разнообразие геологических структур, минералов, горных пород, окаменелостей и форм рельефа. Прослеживаются формы синтеза музейной работы и геотуризма в сохранении и познании геолого-геоморфологических объектов. Рассматривается значение геопарков в консервации геонаследия и перспективы их создания в России. Предлагается расширение их сети на основе опыта деятельности геологических отделов музеев. Как ресурс объектов геотуризма и георазнообразия выдвигаются заброшенные подземные шахты и горные выработки. Приводится опыт создания геологических музеев на их базе. На примере месторождений угля рассматриваются возможности геологических экскурсий для познания былых катастроф. Введение элементов загадочности в геолого-геоморфологическую экскурсию позволяет увлечь туриста науками о Земле. Рассматриваются возможности геотуризма в расширении предметного поля геологии, географии и геоморфологии. Наряду с деятельностью геологических музеев, геотуризм видится одним из главных путей интеграции наук о Земле и общества. От любительски занимающихся наукой людей можно ожидать верификации научного знания и новых прорывов в науке.

Ключевые слова: геологический музей, геолого-геоморфологические экскурсии и походы, геонаследие, геопарки, георазнообразие, геотуризм, катастрофизм, народная наука, научный туризм.

Ссылка для цитирования: Голубчиков Ю.Н., Кружалин В.И. Геотуризм как новый объект исследований в науках о Земле // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 368–376. DOI: 10.29003/m2441.0514-7468.2020_43_3/368-376

Поступила 22.07.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

GEOTOURISM AS A NEW OBJECT OF STUDY IN EARTH SCIENCE

Yu. N. Golubchikov, PhD, V.I. Kruzhalin, Dr. Sci (Geol.)

Lomonosov Moscow State University (Department of Geography)

Geotourism is here considered as an outdoor extension of the study of geological and geographical museum collections. Like ecotourism, geotourism is an integral constituent of scientific tourism. Whereas ecotourism is interested in biodiversity, geotourism is concerned with the variety of geological structures, minerals, rocks, fossils and landforms. Forms of synthesis of museum work and geotourism in the preservation and study of geological and geomorphological objects are traced. The importance of geoparks in the conservation of geoheritage and the prospects of their creation in Russia are considered. Expansion of geopark network is proposed, in view of the experiences of museum geological departments. Abandoned underground mines and similar objects are proposed as a basis for geotourism and as objects of geodiversity. The experience of creating geological museums on their basis is given. Coal mines present an example of such potential for geological excursions, given the history of past catastrophes. The elements of mystery inherent

* Голубчиков Юрий Николаевич – к.г.н., в.н.с. кафедры рекреационной географии и туризма, golubchikov@list.ru; Кружалин Виктор Иванович – д.г.н., профессор, заведующий кафедрой рекреационной географии и туризма, v.kruzhalin@gmail.com; географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

in geological and geomorphological excursions captivate tourists, increasing the attraction of earth sciences. The possibilities of geotourism in expanding the subject field of geology, geography and geomorphology are considered. Along with the activities of geological museums, geotourism is seen as one of the main avenues for integrating geosciences with society. Amateur science is able to contribute to the verification of scientific knowledge, and to new breakthroughs in science.

Keywords: *geological museum, geomorphological excursions, hiking, geoheritage, geoparks, geodiversity, geotourism, catastrophism, citizen science, scientific tourism.*

Геотуризм как часть научного туризма. Одним из интеллектуальных путей интеграции наук о Земле с обществом видится геотуризм. Он определяется как «предоставление услуг, позволяющих туристам приобретать знание и понимание геологии и геоморфологии выше уровня простой эстетической оценки» [25, с. 221]. Геоморфологические экскурсии и походы доступны повсеместно и в любое время года, поскольку всегда и везде предстают перед нами формы рельефа. Геотуризм позволяет наглядно совместить познание с оздоровлением.

Среди объектов геотуризма уникальные формы рельефа, вулканы, гейзеры, водопады, каньоны, обрывистые берега, мегалиты. Теснее всего он связан с путешествиями в горы, альпинизмом, скалолазанием, спелеологией [3]. Основоположник отечественной школы геотуризма Н.А. Гвоздецкий полагал, что одно из главных значений в спелеологическом туризме имеют «богато украшенные природой сказочные подземные дворцы-пещеры, служащие объектами посещения не только спелеологов, но и многочисленных туристов из многих стран мира» [2, с. 5].

Если экотуризм опирается преимущественно на биоразнообразие, то в основе геотуризма лежит георазнообразие геологических структур (разломов, складок, стратификаций, наслоений), минералов, горных пород, окаменелостей и форм рельефа. Между георазнообразием и биоразнообразием существует очевидная, но недостаточно ещё изученная ландшафтная связь. Поэтому столь же тесная связь и взаимоперекрывание обнаруживаются между экотуризмом и геотуризмом. Вместе они составляют основу более целостного понимания окружающей среды.

Мы рассматриваем геотуризм и экотуризм как части научного туризма. Под ним понимаем все виды туризма, связанные с исследовательским элементом. Например, если археологический туризм связан с раскопками вместе с учёными, то это научный туризм, а простое посещение археологических раскопок относим к познавательному туризму, наряду с краеведческими или историческими экскурсиями.

Научный туризм – это естественное продолжение и расширение экскурсий в естественнонаучных музеях. Некоторые из них просто не выживут, не создавая турпродукт. Поэтому тенденцией XXI века стало всё большее совмещение деятельности естественнонаучных музеев с научным туризмом. Например, музей естественных наук в г. Хьюстон (США) организует выездные и экспедиционные программы, использует для них многочисленные национальные парки Хьюстона (Германн-парк, Бразос-Бенд, Вудландс Молл, Клеар Лейк и др.). Так, в парке Вудландс Молл желающие могут принять участие в раскопках костей динозавров [12].

Близкие формы синтеза музейной работы и научного туризма практикует Научно-просветительский плавучий университет, созданный Музеем земледования МГУ им. М.В. Ломоносова и Саратовским государственным техническим университетом им. Ю.А. Гагарина. Основной особенностью проводимых плавучим университетом

экспедиций является принцип «обучение через исследования» и проведение просветительской работы с населением по пути следования, где проходит постоянное общение и сотворчество известных российских учёных, студентов вузов, молодых учёных, школьников, а также жителей сёл и городов. По мере продвижения экспедиции участниками совместно осуществляются разнообразные формы исследовательской и просветительской работы, включая полевые экскурсии [7].

Музеизация геологических объектов служит их сохранению. Сверхглубокая скважина на Кольском полуострове бурилась с 1972 г. и достигла 12 км. В 1992 г. скважина была законсервирована и теперь разрушается. Германская же сверхглубокая скважина «Хауптборунг» бурилась с 1990 по 1994 г. и достигла 9 км. Затем обрела статус туристического объекта и музея. Тем самым превратилась в лабораторию для наблюдений за земными недрами.

Среди видов геотуризма различают сельский, городской, подземный и пещерный, подводный, метеоритный, горнорудный, приключенческий, вулканический, оздоровительный, спортивный [20, 27, 32]. На основе интеграции знаний о геосферах Земли сложилась социальная геоморфология и её отдельные отрасли (экологическая, городская, эстетическая геоморфология) [11] с соответствующими видами геотуризма. Так, в рамках культурной геоморфологии [30] геотуризм взаимодействует с искусством, когда, например, рассматривается набор каменных материалов, применявшихся для создания памятников, зданий и площадей. В объективе геотуризма находятся также сакральные геоморфологические объекты. Таковыми могут быть священные горы, перевалы, пещеры.

В итоге геотуризм охватил широкий спектр видов туризма – от изучения морфолитогенной основы ландшафта [18] до сбора в природе коллекций минералов, окаменелостей и горных пород. Геоморфология служит также основой для ландшафтной и культурной фокусировки геотуризма, который поддерживает и расширяет идентичность территории с учётом её геологии, окружающей среды, культуры, эстетики, наследия и благополучия жителей [24].

Геопарки. Наиболее оптимальные научные и образовательные возможности для геотуризма, в т. ч. для подрастающего поколения, открываются в геопарках. Геопарк определяется как единая территория с объектами и ландшафтами международного геологического значения. Основными видами деятельности любого геопарка являются сохранение геонаследия, образование (геоинтерпретация) и устойчивое развитие через геотуризм [34]. Геопарки обычно включают в себя также объекты археологической, экологической, исторической или культурной ценности [22, 31]. Хорошим примером очень посещаемого геопарка служит Йелиу (Yehliu Geopark) на восточном побережье Тайваня (рис. 1, 2).

Проборазом геопарка можно считать созданный на Урале в 1920 г. первый в мире Ильменский минералогический заповедник. Но заповедник относится к особо охраняемым природным территориям (ООПТ). Туризм на ООПТ предполагает очень немногочисленный, строго контролируемый и отчётливо локализуемый поток посетителей в специальных функциональных зонах [5]. Если геопарки не принадлежат к ООПТ, то они не предполагают изъятия территорий из хозяйственного использования, но ограничивают его формы. Так, вводятся ограничения или запреты на въезд автотранспорта, размещение промышленных предприятий, электростанций, формы лесопользования. Потоки туристов в пределах геопарков могут быть очень значительными. Поэтому геопарки лучше позволяют местным жителям находить источники дохода.



Рис. 1, 2. Виды необычайно популярного на Тайване геопарка Йелиу. Фото Ю.Н. Голубчикова.
Figs. 1, 2. Views of the exceptionally popular Yehliu geopark, Taiwan (photo by Y.N. Golubchikov).

На основе понятия «геопарк» утвердились многие международные юридические документы и понятия, создающиеся для сохранения каменных памятников природы. Управление геопарками ведётся на основе комплексной концепции защиты объектов и ландшафтов международного геологического значения [9, 28].

К 2020 г. насчитывался 161 геопарк в 44 странах, объединённых в глобальную сеть Global Geopark Network [28]. Статус глобального геопарка ЮНЕСКО даётся сроком на четыре года, после чего функционирование и качество каждого геопарка повторно проверяется и подтверждается. По количеству и популярности геопарков лидирует Китай. В нём организован 31 глобальный геопарк мира [26].

Россия в этом списке представлена только геопарком «Янган-Тау» в Салаватском районе Башкортостана, созданном в 2018 г. Геопарк включает 9 ООПТ, среди них Мечетлино с хорошо представленным разрезом кунгурского яруса нижней перми [1, 4].

В мае 2016 г. в Республике Алтай объявили о создании геопарка «Алтай» на территории Кош-Агачского, Онгудайского и Усть-Коксинского районов. В списке геопарков ЮНЕСКО он не фигурирует.

Планируется создание трансграничного геологического парка под эгидой ЮНЕСКО «Ингерманландия» вдоль линии Балтийско-Ладожского глинта – уникального уступа в рельефе длиной 1200 км. Глинт принадлежит трём странам – Швеции, Эстонии и России. Вдоль него созданы лучшие ландшафтные парки в России – Александровский, Екатерининский, Павловский, бальнеологические курорты и Пулковская астрономическая обсерватория. Но если шведско-эстонская часть глинта готова к получению подобного статуса, то в российской части уступ в рельефе зачастую воспринимается как готовая протяжённая яма для полигонов ТБО [14].

Фактически уничтожен при разработке Кипарисовского карьера уникальный каменный лес со скоплением в верхней части пеплового пласта и перекрывающих его базальтовых лав крупных, расположенных вертикально и горизонтально окремнённых стволов деревьев. На его базе предполагалось создать научно-познавательный «Геопарк неогенового периода “Кипарисовский карьер” на юге Приморья» [19].

Одного геопарка ЮНЕСКО для России очевидно недостаточно. Огромной стране необходимо расширение сети геопарков. Создавать её наиболее оптимально и целесообразно на основе опыта деятельности геологических отделов музеев. Геопарки должны служить их логическим продолжением под открытым небом. Собственно говоря, они и есть геологические музеи, сохраняющие геонаследие с целью популяризации

науки и исследования связей между геологическим наследием и всеми другими аспектами природного, культурного и нематериального наследия.

В России есть опыт создания геологических музеев на базе старинных горных выработок. Добыча мрамора в течение сотен лет на Рускеальском месторождении в северном Приладожье привела к созданию крупных подземных камер – залов, штолен, шахтных стволов. Прекращение добычи после Второй мировой войны привело к их затоплению и превращению в подобие живописных озёр. Для спасения уникального объекта был утверждён памятник горно-индустриального наследия Республики Карелия, а затем и природный парк [13].

В России подземное пространство заброшенных горных выработок используется слабо. Некоторые каменоломни Московской, Тверской и Тульской областей организованы для туризма. В Аджимушкайских каменоломнях Крыма, где держали оборону в 1942–44 гг. советские бойцы, устроен музей. Но многие каменоломни Керченского района стоят заброшенными. В каменоломню под центральной частью Керчи были пробиты отверстия, и их использовали в качестве гигантской выгребной ямы [16]. Для сброса мусора используется большинство карьеров и впадин в России. А ведь многие из них имеют важное гидролого-геологическое значение.

Заброшенные подземные шахты и связанные с ними формы рельефа служат ресурсом большого георазнообразия [33]. Горнорудный туризм распространён в Польше (шахты Величка и Бохни), Швеции (железорудные шахты г. Кирин), Чехии (серебряный рудник Кутна Гора), Словакии (золоторудная шахта Банска Штявница), Чили (медный рудник Чукикамата), ЮАР (алмазные шахты Кимберли), Австралии (золотые шахты г. Теннант Крик). На Донбассе объектом спелеотерапии стала Соляная шахта города Соледаара, занесённая в список мирового культурного наследия ЮНЕСКО. Кроме добычи соли и экскурсий здесь ещё проводят музыкальные концерты.

Элементы таинственности в геологической экскурсии. Нигде в мире нет такой плотности шахт и карьеров, каменоломен и тоннелей, как на угольных месторождениях. Значит, нет и столь разнообразных «окон» в подземный мир. Часто они соединены подземными узкоколейками и подвесными дорогами. Если их реконструировать, то выстроятся геологические музеи и целые подземные города. Очень важно, что заброшенные или даже экологически вредные производства на этом пути обретают вторую жизнь. Причём никакие пришлые турфирмы не могут на этом поприще конкурировать с местными, поскольку никто, кроме местных горнодобывающих управлений, не сможет обеспечить «экспедиции в недра» необходимой безопасностью и транспортно-экипировочным оснащением. Однако многие туристические предприятия боятся браться за это направление. Предмет им кажется скучным и непривычным. Но введение элементов загадочности в геологическую экскурсию превращает многие шахты и карьеры в настоящие объекты притяжения туристов.

Возьмём, к примеру, знакомство с происхождением каменного угля. Уголь всегда залегает на песчанике, алевролите или глинистом сланце, а сверху чаще всего перекрыт известняком или слоистым аргиллитом. Снизу и выше известняка залегают цементированные в конгломерат валуны. Некоторые угольные и известняковые слои толщиной всего несколько сантиметров простираются на многие тысячи квадратных километров. При этом соседние пласты – и выше, и ниже лежащие – лишены каких-либо ископаемых остатков угля. Классической геологией формирование таких угольных циклитов (повторяющихся пластов угля, аргиллитов, глинистых сланцев, песчаников и конгломератов) трактуется как результат обычного изменения границ суши и моря. Море медленно затапливало прибрежные торфяники и мангровые леса, и они подвергались углефикации.

Владивостокский учёный С.А. Зимов [6] приходит к выводу, что все угленосные пласты были созданы катастрофически быстро. Их захоронение могли вызвать гигантские повторяющиеся мегаволны, возникающие, к примеру, при падении метеорита в мелководный морской бассейн. Они напоминают удар камня в лужу. Подняв и перемешав огромные массы песка, глины и других пород, гигантские волны смывают богатую прибрежную растительность и плотно набьют ею бухты и морские заливы. Затем слой затонувшей растительности внезапно, можно сказать, заживо был погребён толщей следующего осадка, обеспечивающего надёжную изоляцию от воздействия кислорода. Растительные остатки без доступа кислорода подвергнутся углефикации. Те же волны возможны и в результате крупных провалов океанического дна.

Даже письменная история свидетельствует о гораздо большей силе и частоте землетрясений, чем современные. М.Д. Рукин [15] доносит до нас исторические свидетельства стран Древнего Средиземноморья о том, что в среднем почти каждый год в их пределах происходило по одному катастрофическому землетрясению. Таковы, например, многочисленные землетрясения в Греции во время Пелопонесской войны (431–404 гг. до н. э.), описанные их современником Фукидидом. В Риме только за один год Пунических войн (217 г. до н. э.) между Римом и Карфагеном произошло 57 землетрясений. Древний город Антиохия разрушался землетрясениями 9 раз. Троя тоже, как выяснилось, была разрушена землетрясением. О частых землетрясениях в Палестине упоминает Библия. В наши дни эти бедствия там достаточно редки. М.Д. Рукин приводит сведения о средневековых землетрясениях на Русской равнине, относящейся сегодня к сейсмически стабильным областям.

Народная наука. Геология – самая загадочная и таинственная дисциплина. Постигание её может завораживать. К сожалению, на все главные вопросы в учебниках по геологии появился не просто утвердительный, а повелительный ответ. Обучаемый по их схемам быстро утрачивает знакомое всем с детских лет ощущение тайны. Тем самым пресекаются гипотезы, которые могли бы стать теориями завтрашнего дня. «Эпохальные прорывы в развитии фундаментальной науки практически всегда были связаны со снятием тех или иных запретов на границы познания, отказа от тех или иных устоявшихся убеждений и заблуждений» – пишет академик В.А. Садовничий [17].

Сегодня такие прорывы можно ожидать от людей, любительски занимающихся наукой. Их становится всё больше. С увеличением свободного времени у населения занятия наукой всё более реализуются в рамках отдыха. Главной основой для массовых занятий наукой служат Интернет и туризм. В США говорят о становлении на основе туризма народной науки – «citizen science» [21, 23, 29]. В.Л. Каганский [8] утверждает науку странствий и пишет о ней как об элитарной динамической экспертизе.

Такая ситуация господствовала в науке вплоть до конца XIX века. В то время наука развивалась главным образом людьми, имеющими дополнительный источник доходов и была своего рода «citizen science». Известный географ, путешественник и философ П.А. Кропоткин отмечал: «Почему-то все великие исследования, все перевернувшие науку открытия были сделаны помимо академий и университетов» [10, с. 121]. Интернет и туризм позволяют вновь вернуться к таким открытиям.

Выводы. Геотуризм становится одной из основных форм туризма и способствует возвышению науки о Земле в обществе. Соединение музейной деятельности с туризмом открывает новые возможности и перспективы, в частности, в создании в России сети геопарков. Геотуризм успешно расширяет предметное поле геологии, географии и геоморфологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акбашев А.Р., Абдрашитов Р.Х., Ардисламов Ф.Р., Белан Л.Н., Богдан Е.А., Полежанкина П.Г., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М. Геопарк «Янган-Тау» // Геологический вестник. 2018. №1. С. 3–12 (<http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-1>).
2. Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Мысль, 1981. 214 с.
3. Гвоздецкий Н.А., Голубчиков Ю.Н. Горы. М.: Мысль, 1987. 400 с.
4. Глазырина Ю.В., Бузмаков С.А. Сохранение и использование геонаследия пермской системы на особо охраняемых природных территориях и в музейных коллекциях // Жизнь Земли. 2021. Т. 43, № 1. С. 77–90. DOI: 10.29003/ m1996.0514-7468.2020_43_1/77-90.
5. Землянский Д.Ю., Климанова О.А., Илларионова О.А., Колбовский Е.Ю. Экологическая емкость туристских территорий: подходы к оценке, индикаторы и алгоритмы расчета. М.: ВАВТ, 2020. 101 с.
6. Зимов С.А. Резонансный прилив в Мировом океане и проблемы геодинамики. М.: Наука, 1989. 120 с.
7. Иванов А.В., Снакин В.В., Яшков И.А., Сочивко А.В. Геологический след человека: совместная выставка Музея землеведения МГУ и Музея естествознания СГТУ // Жизнь Земли. 2019, т. 41, № 2. С. 184–196.
8. Каганский В.Л. Наука странствий: корни и перспективы // Знание–Сила. 2014. № 1. С. 21–29.
9. Корф Е.Д. Геопарки и геотуризм как инструмент устойчивого развития сельской местности // Мат-лы XI Межд. конф. «Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий». Сочи, 2014. С. 579–581.
10. Кротошкин П.А. Хлеб и воля. М., 1990. 642 с.
11. Кружалин В.И., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. Человек, общество, рельеф: Основы социально-экономической геоморфологии. М.: АНО «Диалог культур», 2009. 128 с.
12. Ливеровская Т.Ю., Пикулько М.М. Взаимодействие науки и общества в пространстве естественнонаучного музея США // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 451–464. DOI: 10.29003/ m1774.0514- 7468.2020_42_4/451-464.
13. Ляхницкий Ю.С. Создание подземного экскурсионного маршрута в рускеальском природном парке // Изв. РГО. 2018. Т. 150, вып. 5. С. 33–47. DOI: 10.7868/S0869607118050031.
14. Натальин Н.А., Алметьева Л.Ф. Российская часть Балтийско-Ладожского глинта – планируемый геопарк «Ингерманландия» или сосредоточие мусорных полигонов? // Науки о Земле и Цивилизация: Коллективная монография. Т. XI / Под ред. Е.М. Нестерова, В.А. Снытко. СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2019. С. 128–134.
15. Рукин М.Д., Славинский А.З., Ясаманов Н.А. Живой пульс Земли. М., 2003. 252 с.
16. Савельев К.В. Экологический анализ возможностей использования бесхозных горных выработок // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). # 5 (14), 2015 (<https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskij-analiz-vozmozhnostey-ispolzovaniya-beshoznyh-gornyh-vyrabotok/viewer>).
17. Садовничий В.А. Математическое образование: настоящее и будущее // Доклад на конференции в Дубне 18.09.2000 (<http://www.mccme.ru/conf/2000/trudy/sadov.htm>).
18. Симонов Ю.Г., Конищев В.Н., Лукашов А.А., Мысливец В.И., Никифоров Л.Г., Рычагов Г.И. Учение о морфолитогенезе и его месте в географической науке // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1998. № 4. С. 41–54.
19. Соляник В.А., Попов В.К., Пахомова В.А., Тишкина В.Б. Развитие геологической науки – в новых коллекциях музея ДВГИ ДВО РАН // Вестник ДВО РАН. 2019. № 1. С. 148–152. DOI: 10.25808/08697698.2019.203.1.017.
20. Dowling R. K., Newsome D. Geotourism Destinations – Visitor Impacts and Site Management Considerations // Czech J. of Tourism. 2017. 6 (2). P. 111–129.
21. Goodchild M.F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography // GeoJournal. 2007. № 69 (4). P. 211–221.
22. Gordon J.E. Geoheritage, Geotourism and the Cultural Landscape: Enhancing the Visitor Experience and Promoting Geoconservation // Geosciences. 2018. V. 8(4). P. 136 (<https://doi.org/10.3390/geosciences8040136>).
23. Graham M. Neogeography and the Palimpsests of Place // Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie. 2010. № 101 (4). P. 422–436.

24. Herrera-Franco G., Montalván-Burbano N., Carrión-Mero P., Apolo-Masache B., Jaya-Montalvo M. Research Trends in Geotourism: A Bibliometric Analysis Using the Scopus Database // *Geosciences*. 2020. 10 (379). P. 1–30. DOI: 10.3390/geosciences10100379.
25. Hose T.A. Towards a history of geotourism: definitions, antecedents and the future // *The history of geoconservation* / Ed. by C. Burek, C. Prosser. Bath: Geological Society, 2008. P. 37–60.
26. Hose T.A. Foreword // *The geotourism industry in the 21st century: the origin, principles, and futuristic approach* / Ed. by Bahram Nekouie Sadry. Apple Academic Press, 2020. P. XXV–XVII.
27. Geotourism: The tourism of Geology and Landscape / Ed. by D. Newsome, R.K. Dowling. Oxford: Goodfellow Publishers Ltd, 2010. 320 p.
28. List of UNESCO Global Geoparks (UGGp). 2020 (<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/list-of-unesco-global-geoparks>).
29. Nutman A.P., Bennett V.C., Friend C.R.L., Van Kranendonk M.J., Sui D., Elwood S. and Goodchild M. Crowdsourcing Geographical Knowledge // *Volunteered Geographic Information in Theory and Practice*. Berlin: Springer, 2013. P. 1–14.
30. Panizza M., Piacente S. Cultural geomorphology and geodiversity // *Geomorphosites* / Ed. by E. Reynard, G.R.-B. Paola Coratza. München (Germany): Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2009. P. 35–48.
31. Rozenkiewicz A., Widawski K., Jary Z. Geotourism and the 21st Century–NTOs' Website Information Availability on Geotourism Resources in Selected Central European Countries: *International Perspective* // *Resources*. 2020. 9 (4). 28 p. DOI: 10.3390/resources9010004.
32. Sadry B.N. The Scope and Nature of Geotourism in the 21st Century // *The geotourism industry in the 21st century: the origin, principles, and futuristic approach*. Apple Academic Press, 2020. P. 3–21.
33. Schuchová K., Lenart J. Geomorphology of old and abandoned underground mines: Review and future challenges // *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. 2020. V. 44 (6). P. 791–813.
34. UNESCO Global Geoparks. Paris: UNESCO, 2016 (<https://en.unesco.org/global-geoparks>).

REFERENCES

1. Akbashev A.R., Abdrashitov R.H., Ardislamov F.R., Belan L.N., Bogdan E.A., Polezhankina P.G., Farkhutdinov I.M., Farkhutdinov A.M. Geopark “Yangan-Tau”. *Geological Bull.* 1, 3–12 (2018). <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-1> (in Russian).
2. Gvozdetsky N.A. *Karst*. 214 p. (Moscow: Mysl', 1981) (in Russian).
3. Gvozdetsky N.A., Golubchikov Y.N. *Mountains*. 400 p. (Moscow: Mysl, 1987) (in Russian).
4. Glazirina Y.V., Buzmakov S.A. Preservation and use of geoheritage Permian system in specially protected natural areas and museum collections. *Zhizn' Zemli [Life of the Earth]*. 43 (1), 77–90 (2021). DOI: 10.29003/m1996.0514-7468.2020_43_1/77-90 (in Russian).
5. Zemlyansky D.Y., Klimanova O.A., Illarionova O.A., Kolbovsky E.Y. *Ecological capacity of tourist territories: approaches to assessment, indicators and calculation algorithms*. 101 p. (Moscow: VAVT, 2020) (in Russian).
6. Zimov S.A. *Resonant tide in the World Ocean and problems of geodynamics*. 120 p. (Moscow: Nauka, 1989) (in Russian).
7. Ivanov A.V., Snakin V.V., Yashkov I.A., Sochivko A.V. Geological footprint of man: a joint exhibition of the Museum of Earth Science of Moscow State University and the Museum of Natural History of SSTU. *Zhizn' Zemli [Life of the Earth]*. 41 (2), 184–196 (2019) (in Russian).
8. Kagansky V.L. Science of wanderings: roots and prospects. *Znanie–Sila [Znanie–Power]*. 1, 21–29 (2014) (in Russian).
9. Korf E.D. Geoparks and geotourism as a tool for sustainable development of rural areas. *Proc. of the XI Inter. Conf. “Innovations on the basis of information and communication technologies”*. P. 579–581 (Sochi, 2014) (in Russian).
10. Kropotkin P.A. *Bread and Will*. 642 p. (Moscow, 1990) (in Russian).
11. Kruzhalin V.I., Simonov Y.G., Simonova T.Yu. *Man, society, relief: Foundations of socio-economic geomorphology*. 128 p. (Moscow: ANO “Dialogue of Cultures”, 2009) (in Russian).
12. Liverovskaya T.Y., Pikulenko M.M. Interaction of Science and Society in the Space of Natural Science Museum of the USA. *Zhizn' Zemli [Life of the Earth]*. 42 (4), 451–464 (2020). DOI: 10.29003/m1774.0514- 7468.2020_42_4/451-464 (in Russian).

13. Lyakhnitsky Y.S. Creation of an underground excursion route in the Ruskeala Nature Park. *Izvestiya RGO*. **150** (5), 33–47 (2018). DOI: 10.7868/S0869607118050031 (in Russian).
14. Natalin N.A., Almetyeva L.F. Russian part of Baltic-Ladoga glint – planned geopark "Ingermanlandia" or concentration of garbage dumps? *Earth Sciences and Civilization*. Collective Monograph. Vol. XI. Ed. by E.M. Nesterov, V.A. Snitko. P. 128–134 (St. Petersburg: Publishing house of the Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen, 2019) (in Russian).
15. Rukin M.D., Slavinsky A.Z., Yasamanov N.A. *The living pulse of the Earth*. 252 p. (Moscow, 2003) (in Russian).
16. Savelyev K.V. Ecological analysis of possibilities of the use of ownerless mine workings. *Eurasian Union of Scientists (ESU)*. #5 (14), 2015 (<https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskii-analiz-vozmozhnostey-ispolzovaniya-beshoznyh-gornyh-vyrabotok/viewer>) (in Russian).
17. Sadovnichy V.A. *Mathematical education: present and future*. Report at the conference in Dubna 18.09.2000 (<http://www.mccme.ru/conf/2000/trudy/sadov.htm>) (in Russian).
18. Simonov Yu.G., Konischev V.N., Lukashov A.A., Myslivets V.I., Nikiforov L.G., Rychagov G.I. The teaching of morpholithogenesis and its place in geographical science. *Vestnik Moscovskogo Universiteta. Ser. 5. Geography*. **4**, 41–54 (1998) (in Russian).
19. Solyanik V.A., Popov V.K., Pakhomova V.A., Tishkina V.B. Development of geological science – in the new collections of the Museum of FEB RAS. *Bull. of FEB RAS*. **1**, 148–152 (2019). DOI: 10.25808/08697698.2019.203.1.017 (in Russian).
20. Dowling R.K., Newsome D. Geotourism Destinations – Visitor Impacts and Site Management Considerations. *Czech J. of Tourism*. **6** (2), 111–129 (2017).
21. Goodchild M.F., Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*. **69** (4), 211–221 (2007).
22. Gordon J.E. Geoheritage, Geotourism and the Cultural Landscape: Enhancing the Visitor Experience and Promoting Geoconservation. *Geosciences*. **8** (4), 136 (2018). <https://doi.org/10.3390/geosciences8040136>.
23. Graham M. Neogeography and the Palimpsests of Place. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*. **101** (4), 422–436 (2010).
24. Herrera-Franco G., Montalván-Burbano N., Carrión-Mero P., Apolo-Masache B., Jaya-Montalvo M. Research Trends in Geotourism: A Bibliometric Analysis Using the Scopus Database. *Geosciences*. **10** (379), 1–30 (2020). DOI: 10.3390/geosciences10100379.
25. Hose T.A. Towards a history of geotourism: definitions, antecedents and the future. *The history of geoconservation*. Ed. by C. Burek, C. Prosser. P. 37–60 (Bath: Geological Society, 2008).
26. Hose T.A. Foreword. *The geotourism industry in the 21st century: the origin, principles, and futuristic approach*. Ed. by Bahram Nekouie Sadry. P. XXV–XVII (Apple Academic Press, 2020).
27. Newsome D., Dowling R.K. (Eds.). *Geotourism: The tourism of Geology and Landscape*. 320 p. (Oxford: Goodfellow Publishers Ltd, 2010).
28. *List of UNESCO Global Geoparks (UGGp)*, 2020 (<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/list-of-unesco-global-geoparks>).
29. Nutman A.P., Bennett V. C., Friend C.R.L., Van Kranendonk M.J., Sui D., Elwood S. and Goodchild M. Crowdsourcing Geographical Knowledge. *Volunteered Geographic Information in Theory and Practice*. P. 1–14 (Berlin: Springer, 2013).
30. Panizza M., Piacente S. Cultural geomorphology and geodiversity. *Geomorphosites*. Ed. by E. Reynard, G.R.-B. Paola Coratza. P. 35–48 (München, Germany: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2009).
31. Rozenkiewicz A., Widawski K., Jary Z. Geotourism and the 21st Century–NTOs' Website Information Availability on Geotourism Resources in Selected Central European Countries: International Perspective. *Resources*. **9** (4). 28 p. (2020). DOI: 10.3390/resources9010004.
32. Sadry B.N. The Scope and Nature of Geotourism in the 21st Century. *The geotourism industry in the 21st century: the origin, principles, and futuristic approach*. Ed. by Bahram Nekouie Sadry. P. 3–21 (Apple Academic Press, 2020).
33. Schuchová K., Lenart J. Geomorphology of old and abandoned underground mines: Review and future challenges. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. **44** (6), 791–813 (2020).
34. *UNESCO Global Geoparks*. Paris: UNESCO, 2016 (<https://en.unesco.org/global-geoparks>).

ВЕСТИ ИЗ МУЗЕЕВ

УДК 377.031.4

DOI 10.29003/m2441.0514-7468.2020_43_3/368-376

ИСТОРИЯ ТУЛЬСКОГО РАБФАКА: РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА БАЗЕ МУЗЕЯ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.В. Гоголев*

Одним из важнейших направлений деятельности музея образовательного профиля является научно-исследовательская работа. Иногда её результаты являются единственным источником пополнения фондов музеев подобного рода. В статье представлены результаты научно-исследовательской работы Музея истории развития образования в Тульской области о деятельности Тульского рабочего факультета (1922–1941 гг.).

Ключевые слова: научно-исследовательская деятельность, Музей истории образования, образовательный процесс, рабочий факультет, история отечественного образования, краеведение.

Ссылка для цитирования: Гоголев Н.В. История Тульского рабфака: результаты научно-исследовательской деятельности на базе Музея истории развития образования в Тульской области // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 377–381. DOI: 10.29003/m2441.0514-7468.2020_43_3/368-376

Поступила 27.04.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

THE HISTORY OF WORKERS' EDUCATION IN TULA: RESULTS OF RESEARCH IN THE MUSEUM OF THE HISTORY OF EDUCATION IN THE TULA REGION

N.V. Gogolev, PhD

Institute of Education Employees of Tula region (Professional Education and Management Department)

One of the most important functions of an education-centered museum is research and scholarship. Occasionally, their results become the sole driver of acquisition for such

* Гоголев Николай Васильевич – к.п.н., доцент кафедры профессионального образования и менеджмента ГОУДПО ТО «Институт повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников образования Тульской области», tspunvg@gmail.com.

a museum. The article presents the results of research conducted in the Museum of the History of Education in the Tula region, dedicated to the activities of the Tula Workers' Faculty (1922–1941).

Keywords: *research, museums, history of education, pedagogy, workers' education, history of national education, local history.*

Введение. Первые рабфаки (рабочие факультеты) стали появляться в стране после выхода в свет 11 сентября 1919 г. Постановления Народного комиссариата просвещения «Об организации рабочих факультетов при университетах». В документе чётко определялась цель их создания – подготовка рабочих и крестьян в кратчайший срок для поступления в высшие учебные заведения [2].

В условиях отсутствия развитой университетской системы было принято решение об увеличении сети рабфаков в стране. В декрете Совета народных комиссаров РСФСР «О Рабочих Факультетах» от 17 сентября 1920 г. говорилось о необходимости со стороны Рабфаков широкого вовлечения пролетарских и крестьянских масс в стены высшей школы.

В соответствии с декретом слушателями рабочих факультетов могли быть «рабочие и крестьяне от 16 лет, делегированные производственными союзами, фабрично-заводскими комитетами, партийными отделами работы в деревне, волостными, уездными и губернскими исполнительными комитетами, а также поступающие добровольно при условии представления рекомендации от народных комиссариатов или их местных органов или от какой-либо из указанных выше организаций» [3, с. 576].

В дальнейшем правила приёма на рабочие факультеты были серьёзно уточнены и дополнены.

История вопроса и обсуждение. В соответствии с правилами приёма на утреннее отделение Тульского государственного рабочего факультета на 1924/25 учебный год могли приниматься лица не моложе 18 и не старше 30 лет (в исключительных случаях, с разрешения Отдела рабфаков Главного управления профессионального образования, могли приниматься лица старше этого возраста, но не более 35 лет – Н.Г.), «твёрдо знающие четыре арифметических действия над целыми числами, умеющие удовлетворительно выражать свои мысли в письменной и устной форме и обладающие общим политическим развитием в объёме элементарной программы по политграмоте» [1; Оп. 4. Д. 5942. Л. 12–13].

Слушателями факультета могли стать:

1. «Лица, принадлежавшие по своему происхождению к рабочим и крестьянам и проработавшие непосредственно перед поступлением на Рабфак в качестве наёмных рабочих физического труда, в промышленных, транспортных и сельскохозяйственных предприятиях не менее 3-х лет – в возрасте от 18 до 20 лет, не менее 4-х лет – в возрасте от 20 до 25 лет, не менее 6-ти лет – в возрасте от 25 до 30 лет (в рабочий стаж могла быть засчитана и работа на селе в качестве земледельца до его поступления на промышленное или транспортное предприятие – Н.Г.).

2. Земледельцы, занимавшиеся непосредственно перед поступлением на Рабфак земледельческим трудом без эксплуатации чужого труда (они принимались на тех же основаниях, что и лица, относящиеся к предыдущей категории – Н.Г.).

Для земледельцев, поступавших из волостей, в которых имелись ячейки РКП (б) и РЛКСМ¹, была необходима их рекомендация, утверждённая Уездным комитетом РКП (б) или РЛКСМ.

¹ РКП (б) – Российская коммунистическая партия (большевик); РЛКСМ – Российский ленинский коммунистический союз молодёжи.

В производственный стаж для рабочих и крестьян засчитывалась и их служба в рядах Красной армии.

3. Рабочие и крестьяне – члены РКП (б), не работавшие непосредственно перед поступлением на Рабфак на предприятиях, но имеющие соответствующий партийный стаж: в возрасте от 18 до 20 лет – не менее 2, от 20 до 25 лет – не менее 3, от 25 до 30 лет – не менее 4 лет.

4. Рабочие и крестьяне – члены РЛКСМ, не работавшие непосредственно перед поступлением на Рабфак на предприятиях, но имеющие соответствующий комсомольский стаж: от 18 до 20 лет – не менее 3, от 20 до 23 лет – не менее 4 лет.

При этом и члены РКП (б), и члены РЛКСМ должны были обязательно иметь не менее чем двухлетний стаж физического труда в производстве или в сельском хозяйстве.

В сентябре 1922 г. в Туле прошёл ряд организационных мероприятий по формированию штата преподавателей рабочего факультета и набору студентов. Был сформирован Президиум рабфака. В него вошли: от преподавателей – А.И. Рябов (до назначения заведующего он исполнял его обязанности – Н.Г.) и Н.Е. Северный, от студентов – П. Дьяков и И. Ростовцев» [1; Оп. 4. Д. 5942. Л. 3].

Тульский рабфак начал свою работу 2 октября 1922 г. в здании бывшего реального училища. Первым его заведующим был назначен Емельян Игнатьевич Игнатьев, который уже являлся руководителем Тульского коммунистического университета и Тульской губернской советско-партийной школы. В 1923 г. он принимал участие в составе тульской делегации в работе II Всероссийского съезда рабочих факультетов [4]. После скоропостижной кончины Емельяна Игнатьева в августе 1923 г. заведующим рабфаком был назначен Сергей Александрович Попов.

Следует отметить достаточно высококвалифицированный преподавательский состав рабочего факультета. В первый год работы 91 % педагогов имели высшее образование. В дальнейшем эта цифра немного снизилась, но никогда не опускалась ниже 80% [2; Оп. 4. Д. 5942. Л. 8].

Среди преподавателей Тульского рабфака следует выделить таких известных в Туле и за её пределами педагогов, как Д.В. Богородицкий, П.С. Глаголев, П.П. Гончаров, М.Н. Ижевский, Е.А. Ильин, А.Э. Купфер, И.К. Лепорский, Ф.В. Любимов, А.П. Милонов, Н.И. Поспелов, С.Н. Поляков, С.И. Розанов, А.П. Рудаков, С.А. Тесков, П.В. Шаблювский, А.А. Чернов, Е.Н. Юргенсон и др.

Большая часть педагогов совмещала преподавательскую деятельность с работой в других учебных заведениях. В 1925/26 учебном году лишь 23% преподавателей работали исключительно на рабфаке, в 1929/30 учебном году их количество возросло до 43%. В дальнейшем эта цифра снова уменьшилась, и в 1932/1933 учебном году число таких преподавателей составило всего 20% от общего количества.

Наверное, можно согласиться с тезисом преподавателя русского языка и литературы Н.И. Поспелова о том, что одной из причин этого является невозможность «дать большинству преподавателей такую нагрузку, которая обеспечивала бы им привычный, годами установившийся жизненный уровень» [1; Оп. 4. Д. 5942. Л. 9].

При подборе преподавателей внимание обращалось не только на педагогический стаж, но и мировоззренческие позиции педагога. Это было естественно, т. к. 80% слушателей были представителями коммунистической партии и комсомольской организации. В этой связи в целях повышения политической грамотности педагогов действовал кружок по диалектическому материализму [там же].

В структуре рабфака были предусмотрены дневное и вечернее отделения. На дневном срок обучения составлял 3, а на вечернем – 4 года (в 1925 г. срок обучения на дневном отделении будет увеличен до 4-х лет – Н.Г.).

Слушателям была предоставлена возможность проживать в общежитии. Студенты, которые обучались на дневном отделении, получали стипендию от государства, их период обучения засчитывался в трудовой стаж. В перечне преподаваемых дисциплин были математика, физика, механика, химия, география, политическая экономика, история культуры, история математики, немецкий язык, рисование, черчение, гигиена и другие предметы.

К преподавателям и студентам предъявлялись достаточно жёсткие требования в отношении организации образовательного процесса. На четвёртый день занятий ряду преподавателей были сделаны предупреждения о возможности их увольнения за пропуск учебных занятий.

Несмотря на настойчивые указания Отдела рабфаков о необходимости учёта мнения студентов при оценивании их успеваемости, в первый год работы рабфака за непосещение занятий без уважительных причин были отчислены два студента с дневного отделения и 36 – с вечернего. На заседании Президиума рабочего факультета 3 мая 1923 г. заведующий учебной частью Афанасий Иванович Рябов отмечал: «часто приходится слышать от студентов, что легче работать на заводе у станка, чем учиться на рабфаке» [1; Оп. 4. Д. 6115. Л. 5].

В первые годы своего существования рабфак столкнулся с рядом организационных вопросов. Серьёзной проблемой для руководства и преподавателей рабфака стало постоянное изменение учебных планов, программ для студентов со стороны Главного управления профессионального образования.

Пожалуй, наиболее серьёзной проблемой стала нехватка учебного оборудования. Особенно это стало актуальным в условиях доминирующего в 20-е гг. лабораторного метода обучения, требующего акцента на самостоятельную работу учащихся. В ежегодных отчётах Тульского рабочего факультета вплоть до 1927 г. говорится о нехватке оборудования – как для учебных кабинетов, так и для лабораторий. В этой связи рабфак перешёл на использование лабораторного метода лишь с 1925/26 учебного года, и то только для студентов 2-го курса.

Хотелось бы отметить, что использование лабораторного метода не дало повышения эффективности образовательного процесса, о котором говорилось в циркулярах Народного комиссариата просвещения. Наоборот, если в начале своей деятельности успеваемость студентов на дневном отделении составляла 82–86%, то к 30-му году она снизилась до 63–72%. Та же картина наблюдалась и на вечернем отделении: снижение с 80–82 до 51–60% [1; Оп. 4. Д. 6115. Л. 23]. Существенные подвижки в решении вопроса с учебным оборудованием произойдут только после того, как со стороны ВСНХ увеличится финансирование профессиональной деятельности рабфаков.

В 1927 г. в здании рабфака появляется кабинет русского языка и литературы, открывается вторая физическая лаборатория; в 1928 – кабинет обществоведения [1; Оп. 4. Д. 6115. Л. 7].

С момента своего возникновения рабфак активно развивал политическую просветительскую работу – как внутри учебного заведения, так и за его пределами [1; Оп. 4. Д. 6115. Л. 5]. С 1930 г. на его базе будут проводиться месячные курсы по подготовке к поступлению в вузы «парттысячников».

Заключение. В 1940/41 учебном году на основании предписания начальника Главного управления учебными заведениями Народного комиссариата боеприпасов Тульский механический рабфак войдёт в состав Тульского индустриально-механического техникума. 19 июня 1941 г. на основании распоряжения СНК союза СССР Тульский рабфак официально прекратит свою деятельность.

Деятельность Тульского рабочего факультета – особая страница в истории тульского образования. За годы существования факультета были не только подготовлены тысячи специалистов, но и отработана методика организации учебного процесса, которая получила своё отражение и развитие в деятельности преподавателей высших и средних профессиональных учебных заведений Тульского региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генеральный электронный каталог Государственного архива Тульской области. Ф. Р-1247 – Тульский механический рабочий факультет (рабфак) Главного управления профессионально-технических школ и высших учебных заведений (Главпрофобр) Народного комиссариата просвещения РСФСР.
2. Собрание узаконений и распоряжений правительства за 1919 г. М.: Управление делами Совнаркома СССР, 1943.
3. Собрание узаконений и распоряжений правительства за 1920 г. М.: Управление делами Совнаркома СССР, 1943.
4. Гоголев Н.В. Емельян Игнатиевич Игнатьев: первый руководитель Тульского рабфака // Вестник ГОУ ДПО ТО «ИПК и ППРО ТО». Тульское образовательное пространство. 2019. № 1. С. 144–145.

REFERENCES

1. *General electronic catalog of the State Archive of the Tula region*. F. R-1247 – Tula Mechanical Workers' Faculty (rabfak) of the Main Department of Vocational Schools and Higher Educational Institutions (Glavprofobr), People's Commissariat of Education of the RSFSR (in Russian).
2. *Collected Government Laws and Orders, 1919*. Management of the Affairs of the People's Commissars of the USSR (Moscow, 1943) (in Russian).
3. *Collected Government Legalizations and Orders, 1920*. Management of the Affairs of the Council of People's Commissars of the USSR (Moscow, 1943) (in Russian).
4. Gogolev N.V. Emelyan Ignatievich Ignatiev: The First Head of the Tula Workers' Faculty". *Bulletin of GOU DPO TO «IPK and PPRO TO»*. 1, 144–145 (Tula Educational Space, 2019) (in Russian).

УДК 58.082:069.5

DOI 10.29003/m2443.0514-7468.2020_43_3/382-388

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЭКСПОЗИЦИОННОГО ГЕРБАРИЯ МУЗЕЯ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ МГУ

К.А. Голиков*

В статье рассмотрены ботанические коллекции экспозиционного гербария Музея земледования МГУ, представленные в отделах «Природные зоны» и «Физико-географические области». 732 гербарных образца растений и лишайников относятся к 583 видам, 336 родам и 110 семействам. В качестве биокolleкции образцов засушенных растений, ресурса сохранения и изучения биоразнообразия и компонента натурной ботанической составляющей экспозиции Музея земледования МГУ гербарий демонстрирует богатство и разнообразие флоры и растительности России и мира, что позволяет использовать его в научно-исследовательской, образовательной и просветительской деятельности Музея.

Ключевые слова: гербарий, Музей земледования, Московский университет, экспозиция, вид, род, семейство, растения, лишайники.

Ссылка для цитирования: Голиков К.А. Таксономическая структура экспозиционного гербария Музея земледования МГУ // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 382–388. DOI: 10.29003/m2443.0514-7468.2020_43_3/382-388

Поступила 26.07.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

TAXONOMIC STRUCTURE OF THE EXPOSITION HERBARIUM OF THE MOSCOW STATE UNIVERSITY EARTH SCIENCE MUSEUM

K.A. Golikov, PhD

Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)

The article considers the botanical collections of the exposition herbarium of the Moscow State University Earth Science Museum, presented in the departments "Natural Zones" (halls No. 17–20) and "Physical and geographical areas" (halls No. 21–24). 732 herbarium samples of plants and lichens belong to 583 species (including 549 species of vascular plants, 16 mosses and 18 lichens), 336 genera (319 vascular plants, 11 mosses and six lichens) and 110 families (97 vascular plants, eight mosses and five lichens). As a biocollektion of dried plant samples, as a resource for storing and studying biodiversity, and as a component of the natural botanical exposition of the MSU Earth Science Museum, the herbarium demonstrates the richness and diversity of flora and vegetation of Russia and the world, enabling its accessibility for research and the educational activities of the Museum.

Keywords: herbarium; Earth Science Museum; Moscow State University; exposition; species; genus; family; plants; lichens.

Введение. Гербарий Музея земледования МГУ – систематизированное и документированное собрание образцов засушенных растений – является важным компонентом ботанической составляющей его экспозиции [2]. Гербарные образцы в залах Музея размещены на стендах, в вертикальных и горизонтальных витринах. Оригинальным экспозиционным приёмом является демонстрация засушенных растений, запаянных между листами прозрачного оргстекла, что позволяет создавать натурные

* Голиков Кирилл Андреевич – к.б.н., с.н.с. Музея земледования МГУ, iris750@gmail.com.

ботанические витражи – аппликации видов растений, характерных для каждой природной зоны [3]. Объёмные растения (в частности, растения-«подушки») представлены образцами сухой консервации.

Натурные ботанические экспонаты, представленные наряду с гербарием также образцами сухой консервации объёмных растений, фрагментами стволов деревьев, плодами и семенами, размещены в региональном разделе Музея. В нём впервые в отечественной музейной практике природа России и мира показана комплексно – по природным зонам и физико-географическим областям [6].

Экспозиция Музея землеведения формировалась в первой половине 1950-х годов в качестве компонента естественнонаучного кластера МГУ с целью демонстрации и изучения разнообразия и богатства природы СССР и мира [8]. Демонстрируются виды растений, происходящие из многих флористических областей мира и являющиеся компонентами разнообразных растительных сообществ.

Экспозиционный гербарий отдела «Природные зоны». В экспозиции отдела «Природные зоны» (залы №№ 17–20) на 25 этаже демонстрируются гербарные коллекции, содержащие 231 образец 199 видов (в т. ч. 171 вид сосудистых растений, 16 – мохообразных и 12 – лишайников), относящихся к 147 родам (129 – сосудистых растений, 11 – мохообразных и 7 – лишайников) и 70 семействам (56 – сосудистых растений, 8 – мохообразных и 6 – лишайников) [5].

Наиболее представительны семейства *Poaceae* и *Ericaceae* – по 13 родов, *Fabaceae* – 9, *Rosaceae* – 7, *Asteraceae* и *Chenopodiaceae* – по 6, *Apiaceae* – 5, *Araliaceae*, *Betulaceae*, *Lamiaceae* и *Pinaceae* – по 4, *Hylocomiaceae* – 3, *Cyperaceae*, *Fagaceae*, *Plumbaginaceae*, *Boraginaceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae* и *Parmeliaceae* – по 2 рода, остальные 50 семейств – по одному.

По числу экспонируемых видов выделяются семейства: *Poaceae* – 17 видов и 2 подвиды, *Ericaceae* – 16, *Fabaceae* – 11, *Cyperaceae* – 9, *Asteraceae*, *Fagaceae* и *Chenopodiaceae* – по 8, *Rosaceae* и *Betulaceae* – по 7, *Pinaceae* – 6, *Apiaceae*, *Lamiaceae* и *Sphagnaceae* – по 5, *Araliaceae*, *Aceraceae*, *Salicaceae*, *Parmeliaceae* – по 4, *Hylocomiaceae*, *Plumbaginaceae*, *Cladoniaceae*, *Polygonaceae* и *Gentianaceae* – по 3, ещё 10 семейств – по 2 вида, остальные 38 семейств – по одному.

Наибольшим числом видов представлены рода: *Carex* L. и *Quercus* L. – по 6 видов, *Sphagnum* L. – 5, *Acer* L., *Stipa* L. и *Salix* L. – по 4, *Artemisia* L., *Betula* L., *Eriophorum* L., *Vaccinium* L., *Astragalus* L., *Gentiana* Tourn. ex L., *Pinus* L., *Cladonia* Hill ex P. Browne, *Cetraria* Ach. – по 3, ещё 15 родов – по 2 вида и остальные 111 – по одному.

В зале № 17 «Природная зональность и её компоненты» в экспозиции стенда «Растительность» представлен гербарий лекарственных растений – 6 видов сосудистых растений.

В зале № 18 «Тундра, лесотундра, леса» ботанические коллекции представлены 12 видами лишайников: мохово-лишайникового и кустарниково-лишайникового покрова тундровой зоны (5 видов); Арктики и Субарктики – тундровой и лесной зоны (4), мохово-лишайниковой тундры (3), а также горной холодной пустыни (не этикетированы); лесотундры (1); тайги (2). Экспонируется также 16 видов мохообразных: тундровой зоны (2), лесотундры (2), тайги (6), торфообразователей верховых болот (6), мохового покрова лесного болота лесной зоны умеренного пояса (3). Представлено 73 вида сосудистых растений, в т. ч. характерных для тундровой зоны (5 видов), Арктики и Субарктики (5), лесотундры (20), лесной зоны (3), тайги (18), хвойно-широколиственных лесов (16), широколиственных лесов (4), болот – низинных (3) и верховых (5), а

также культурных растений, возделываемых в лесной зоне умеренного пояса (4 вида). Кроме того, в виде панно представлен гербарий растений разных типов пойменных лугов: разнотравно-злакового луга прирусловой поймы, мятликово-разнотравного луга центральной поймы, щучково-осокового луга притеррасной поймы.



Рис. 1. Фрагмент экспозиции Арктики и Субарктики (зал № 18).
Fig. 1. Fragment of the Arctic and Subarctic exposition (hall No. 18).

В зале № 19 «Лесостепи, степи, полупустыни» экспонируется гербарий 48 видов сосудистых растений, в т. ч. характерных для лесостепи (12), разнотравно-ковыльной степи (10), типчаково-ковыльной степи (8), полупустыни (10), а также культурных растений – 8, в т. ч. культурных злаков 3 вида, 2 подвида и 7 сортов. Кроме того, в виде панно представлен гербарий растений лесостепи – три аспекта: ранневесенний – низкой осоки и прострела, поздневесенний – лесной ветреницы и незабудки, летний – ковылей и шалфея; пять аспектов разнотравно-ковыльной степи: ранневесенний – касатика и тюльпана, поздневесенний – ветреницы и незабудки, раннелетний – подмаренника русского, летний – ковылей и шалфея, позднелетний – ковыля волосатика; типчаково-ковыльной степи – три аспекта: ранневесенний – касатика и тюльпана, летний – ковылей, позднелетний – ромашки и кермека.

В зале № 20 «Пустыни, субтропики, жаркие страны, высотные зоны» представлено 38 видов сосудистых растений, в т. ч. характерных для пустынь (3 вида), песчаных пустынь (10), глинистых пустынь (4); субтропиков: Крыма (2), Закавказья (2), дальнего Зарубежья (4), а также полезных (3) и эфиромасличных (3) растений субтропиков; высокогорий – растения-«подушки» (2), травянистые растения высокогорных лугов (10), древесные растения горных лесов (7). Кроме того, в виде панно представлен гербарий растений песчаной пустыни – три аспекта: ранневесенних эфемероидов, злаков и поздневесенних эфемероидов, плодоносящей осоки и многолетников; глинистой пустыни – три аспекта: мятлика и ранневесенних эфемероидов, злаков и поздневесенних эфемероидов, серой полыни.

Экспозиционный гербарий отдела «Физико-географические области». Ботанические гербарные коллекции отдела «Физико-географические области» представлены в экспозиции залов № 21–24 (на 24 этаже) и включают 501 образец растений и лишайников [4]. Они относятся к 449 видам (в т. ч. 431 вид сосудистых растений, 2 – мохообразных и 16 – лишайников), 268 родов (261 – сосудистых растений, 2 – мохообразных и 5 – лишайников) и 90 семейств (85 – сосудистых растений, 1 – мохообразных и 4 – лишайников).

Наиболее представительны семейства *Poaceae* (27 родов и 45 видов), *Rosaceae* (19 и 36 соответственно), *Asteraceae* (18/28), *Fabaceae* (13/21), *Ericaceae* (13/17), *Ranunculaceae* (12/20), *Caryophyllaceae* (11/15), *Brassicaceae* (10/13), *Chenopodiaceae* (10/11), *Lamiaceae* (8/10), *Ariaceae* (6/7), *Cupressaceae* (5/11), *Plumbaginaceae* (4/6). Ещё 12 семейств представлены тремя родами: *Syringaceae* (17 видов), *Fagaceae* (12), *Pinaceae* (10), *Scrophulariaceae* (8), *Liliaceae*, *Polygonaceae*, *Primulaceae*, *Rhamnaceae*, *Saxifragaceae* – по

4 вида, *Hydrangeaceae*, *Rutaceae* и *Woodsiaceae* – по три вида. 11 семейств представлены двумя родами: *Betulaceae* (12 видов), *Parmeliaceae* (6), *Juncaceae* (4), *Valerianaceae* (3); *Boraginaceae*, *Campanulaceae*, *Caprifoliaceae*, *Convallariaceae*, *Euphorbiaceae*, *Magnoliaceae* и *Taxodiaceae* – по два вида. Остальные 54 семейства представлены одним видом.

Наибольшим числом видов представлены рода *Carex* (14), *Salix* (13) и *Betula* (10), а также *Quercus* (9), *Acer* (8), *Cladonia* (8), *Stipa* (8), *Potentilla* L. (7), *Juniperus* L. (6), *Pedicularis* L. (6), *Poa* L. (6), *Artemisia* (6), *Cetraria* (5), *Pinus* (5), *Delphinium* Tourn. ex L. (4), *Festuca* Tourn. ex L. (4), *Ranunculus* L. (4), *Sorbus* L. (4) и *Trifolium* Tourn. ex L. (4). Ещё 13 родов представлены тремя видами, а 42 – двумя; остальные 192 рода – одним.

В экспозиции СССР выделены семь крупных регионов: Русская равнина; Урал; Кавказ, Крым, Карпаты; Средняя Азия и Казахстан – с подразделением на равнины Средней Азии, горы Средней Азии и Казахский мелкосопочник; Сибирь; Дальний Восток; Арктика [7].

Так, в экспозиции зала № 21 «Русская равнина. Урал. Крым. Карпаты» флора и растительность Русской равнины и окаймляющих её гор представлена видами лишайников (7) и мхов (2) Севера Европейской части России; сосудистых растений, характерных для тундр (5 + 1 лишайник) и тундровых редколесий (4 + 1 лишайник), а также ягодных растений (5) её северо-восточной части; горных тундр и гольцов (6), горных хвойных лесов (3), а также ягодных (5) и лекарственных (4) растений Урала; хвойных (6) и смешанных (хвойно-широколиственных) лесов (6), суходольных (5) и низинных (4) лугов, а также лесо-луговых (5), раннецветущих (эфемероидов – 5), лекарственных (4) и ядовитых (4) растений Подмосковья; широколиственных (5) и хвойных лесов (сосняков – 4) Полесья; красочного степного разнотравья (5), луговых (разнотравных) степей (5), степных злаков (4), культурных растений (4) Черноземья, сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур (5), а также растений сухих (деградированных) степей Причерноморья (6), горных лесов Карпат (3) и Крыма (5), широколиственных (дубовых) лесов (6) и горных степей Крыма (8).

В зале № 22 «Общий обзор мира и России. Кавказ. Средняя Азия» показаны растения горных стран в экспозициях субальпийских редколесий и криволесий (5) и горных лугов (7) Кавказа, а также – растительных сообществ его разных регионов: горных лесов Западного Кавказа (4), ксерофитных деревьев и кустарников Восточного Кавказа (3); горных лугов, осыпей и скал Дагестана (12); Закавказья – альпийских лугов (6), Бородачевской степи (5), горных кустарников и редколесий Закавказского нагорья (5); подлеска Колхидского леса (3) и культурных растений Колхиды (3); Гирканского леса (3), растений Кура-Араксинской низменности (5), отдельно – её полупустыни (4); горных лесов (3) и альпийских лугов (7) Тянь-Шаня; арчевников (3) и горных лугов (4) Гиссаро-Алая; розариев, степей и арчевников Западного Памира (5), кустарниковых зарослей Памиро-Алая (4); горных кустарников и редколесий Копет-Дага (1).

В ботанических коллекциях аридных регионов демонстрируются виды растений песчаных пустынь Средней Азии (8), а также Приаралья и Прибалхашья (2), глинистых пустынь Средней Азии и Казахстана (6), Казахского мелкосопочника (4), полупустынь и пустынь Тургая (5).

В экспозиции зала № 23 «Сибирь и Дальний Восток» представлены: характерная дальневосточная растительность (18 видов) и лишайники (2); растения прибрежных и вторичных зарослей (4), виды лиственных (4) и долинных (4) лесов, а также клёнов (4) и полезных растений (3) Дальнего Востока; широколиственных (4) и хвойно-широколиственных (6) лесов Приморья, а также растений Сахалина (3), Курил и Камчатки (4), Южных Курил (3), тундр Курил (3); лугов (5) и степей (7) Прибайкалья и Забайкалья, а также лугово-степного

разнотравья горного Забайкалья (4) и кустарников Прибайкалья (8); злаковых (5) и сухих разнотравных (4) степей, а также остепнённых лугов (6) Тувы; тундр, альпийских и субальпийских лугов Саяно-Тувинского нагорья (8), альпийских лугов Алтая (11).



Рис. 2. Фрагмент витрины «Сухие разнотравные степи Тувы» (зал № 23).

Fig. 2. Fragment of the showcase «Dry grass steppes of Tuva» (hall No. 23).

Арктическая флора представлена в ботанических коллекциях циркумполярных растений (9), лишайников (10) и растений тундр: Таймыра (39), Северной Азии (7), северо-восточной (8) и восточной (11) Сибири, а также растений Магаданской области (8).

В экспозиции зала № 24 «Материки и части света» специально выделены витрины для гербарных образцов видов растений, характерных для различных регионов мира: широколиственных лесов Западной Европы (4); древесно-кустарниковой растительности Средиземноморья (4), а также Передней и Средней Азии (3), растительности Японии (4), древесной растительности Китая (4) и Северной Америки (5); а также деревьев и кустарников (3) и лиан тропических лесов (2) Океании.

Экспозиционный гербарий Музея земледения МГУ. В общей сложности 732 гербарных образца растений и лишайников, размещённых в экспозиции залов №№ 17–24 на 24–25 этажах, относятся к 583 видам (из них 549 вид сосудистых растений, 16 – мохообразных и 18 – лишайников), 336 родам (319 – сосудистых растений, 11 – мохообразных и 6 – лишайников) и 110 семействам (97 – сосудистых растений, 8 – мохообразных и 5 – лишайников).

Наиболее представительны семейства: *Poaceae* (31 род, 59 видов и 8 сортов), *Rosaceae* (22 рода и 41 вид) и *Asteraceae* (22 и 35 соответственно), *Fabaceae* (18/30), *Ericaceae* (17/23), *Chenopodiaceae* (14/17), *Ranunculaceae* (13/22), *Caryophyllaceae* (11/17) и *Apiaceae* (11/12), *Brassicaceae* (10/15), *Lamiaceae* (10/12), а также *Cupressaceae* (6/11). Ещё восемь семейств представлены четырьмя родами: *Betulaceae* (17 видов), *Pinaceae* (12), *Plumbaginaceae* (8), *Polygonaceae* (6), *Primulaceae* (5), *Araliaceae*, *Boraginaceae* и

Woodsiaceae – по 4 вида. 10 семейств представлены тремя родами: *Cyperaceae* (23 вида), *Fagaceae* (13), *Scrophulariaceae* (8), *Saxifragaceae* (6), *Liliaceae* и *Rhamnaceae* – по 4 вида, *Caprifoliaceae*, *Euphorbiaceae*, *Rutaceae* и *Hylocomiaceae* – по три вида. Ещё восемь семейств представлены двумя родами: *Parmeliaceae* (7 видов), *Juncaceae* (4), *Valerianaceae* (3), *Campanulaceae*, *Convallariaceae*, *Lauraceae*, *Magnoliaceae* и *Scorpidiaceae* – по два вида. 71 семейство представлено одним видом.

Наибольшим числом видов представлены рода: *Carex* (18), *Salix* (15) и *Betula* (12), а также: *Acer*, *Quercus* и *Stipa* – по 10, *Artemisia* и *Cladonia* – по 8, *Poa* и *Potentilla* – по 7, *Juniperus*, *Astragalus*, *Pedicularis* и *Cetraria* – по 6, *Gentiana*, *Pinus* и *Sphagnum* – по 5. Ещё 12 родов представлены четырьмя видами, 21 – тремя, а 42 – двумя; остальные 245 родов – одним.

Образцы ряда видов входят в состав различных ботанических коллекций и, соответственно, экспонируются не в единственном экземпляре. Так, пятью образцами представлены *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaud. и *Cetraria nivalis* (L.) Ach., четырьмя – *Quercus pubescens* Willd., *Rubus chamaemorus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., а также *Alectoria ochrolenca* (Hoffm.) Massal. и *Cladonia rangiferina* (L.) F.H. Wigg. Ещё 15 видов демонстрируются в трёх экземплярах: *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L., *Fagus orientalis* Lipsky, *Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim., *Salix polaris* Wahlenb., *Vaccinium uliginosum* L., *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab., *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., *Arctous alpina* (L.) Nied., *Dryas punctata* Juz., *Filipendula vulgaris* Moench, *Ammodendron conollyi* Bunge ex Boiss., *Haloxylon persicum* Bunge, а также *Cladonia alpestris* (L.) Rabenh. Ещё 79 видов представлены двумя образцами.

В настоящее время автором проводится работа по систематизации гербария Музея землеведения МГУ. Так, номенклатура уточнена по современным сводкам [9] и базам данных – как отечественным [10], так и международным [11].

Заключение. Гербарий как собрание образцов растений и лишайников, в т. ч. аккумулярованных в коллекциях профильных научно-исследовательских и научно-образовательных биологических учреждений [1], даёт наглядное представление о биологическом разнообразии соответствующих природных зон и регионов. В гербарии Музея землеведения МГУ представлены образцы растений, в т. ч. редких и исчезающих видов, собранные в природных условиях различных регионов СССР. Таким образом, гербарий выступает в качестве ресурса сохранения и изучения биоразнообразия, что является одним из основных направлений современных естественнонаучных исследований.

Гербарий Музея землеведения МГУ комплектовался для формирования тематических экспозиций и использования в учебном процессе. Как компонент натурной ботанической составляющей экспозиции Музея (в её региональном аспекте), гербарий не только демонстрирует богатство и разнообразие флоры и растительности России и мира, но и представляет собой удачный пример интеграции науки и практики, что позволяет с успехом использовать его в учебном процессе, образовательной и просветительской деятельности Музея. При этом музейный гербарий играет важную роль при обучении и подготовке специалистов (бакалавров, магистров и аспирантов) и способствует экологическому образованию и воспитанию студентов и школьников. Таким образом, гербарий Музея землеведения является инструментом пропаганды естественноисторических знаний в области ботаники.

Работа выполнена в рамках НИР «Музееведение и образование музейными средствами в области наук о Земле и жизни» (ЦИТИС: АААА-А16-116042710030-7).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гербарий Московского университета (МГУ): история, современное состояние и перспективы развития / Под ред. С.А. Баландина. М.: Каф. геоботаники и Гербарий МГУ, 2006. 490 с.
2. Голиков К.А. Ботаническая составляющая экспозиции Музея земледования МГУ: концепция электронной базы данных // Жизнь Земли. 2018. Т. 40. № 4. С. 435–440.
3. Голиков К.А., Воронцова Е.М. К истории создания гербария Музея земледования МГУ // Жизнь Земли. 2019. Т. 41. № 1. С. 20–26.
4. Голиков К.А., Ливеровская Т.Ю., Львова Е.В., Мякокина О.В., Ромина Л.В. Таксономическая структура экспозиции гербария отдела «Физико-географические области» Музея земледования МГУ имени М.В. Ломоносова // Наука в вузовском музее: Мат-лы Всеросс. науч. конф.: Москва, 12–14 ноября 2019 г. М.: МАКС Пресс, 2019. С. 26–29.
5. Голиков К.А., Липтева Е.М., Макеева В.М., Погожев Е.Ю. Таксономическая структура экспозиции гербария отдела «Природные зоны» Музея земледования МГУ имени М.В. Ломоносова // Наука в вузовском музее: Мат-лы Всеросс. науч. конф.: Москва, 17–19 ноября 2020 г. М.: МАКС Пресс, 2020. С. 31–33.
6. Ермаков Н.П. Принципы современной экспозиции естественнонаучных музеев (на примере создания Музея земледования) // Жизнь Земли. 1961. № 1. С. 130–136.
7. Музей земледования. Путеводитель. М.: МГУ, 2010. 100 с.
8. Снакин В.В., Смурова Т.Г., Колотилова Н.Н., Дубинин Е.П., Попова Л.В., Алексеева Л.В., Голиков К.А., Крупина Н.И., Максимов Ю.И., Сочивко А.В., Липтева Е.М. Временная выставка «Музей земледования в зеркале истории МГУ» (к 70-летию Музея) // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 3. С. 325–342.
9. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). 2-е изд. СПб: Мир и семья–95, 1995. 990 с.
10. Плантариум. Открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран (<https://www.plantarium.ru>).
11. International Plant Names Index (<https://www.ipni.org>).

REFERENCES

1. *Herbarium of Moscow University (MW): History, Current State and Prospects of Development*. Ed. by S.A. Balandin. 490 p. (Moscow, 2006) (in Russian).
2. Golikov K.A., “Botanical Component of the Exposition of the MSU Earth Science Museum: The Concept of an Electronic Database”, *Zhizn Zemli*, **40** (4), 435–440 (2018) (in Russian).
3. Golikov K.A., Vorontsova E.M., “On the Study of the Herbarium of the MSU Earth Science Museum. *Zhizn Zemli*. **41** (1), 20–26 (2019) (in Russian).
4. Golikov K.A., Liverovskaya T.Yu., Lvova E.V., Myakokina O.V., Romina L.V., “Taxonomic Structure of the Herbarium Exposition of the ‘Physical and Geographical Areas’ Department of the Lomonosov MSU Earth Science Museum”, *Nauka v vuzovskom muzee: materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii [Science at the University Museum: Materials of the National Conference]*, Moscow, November 12–14, 2019 (Moscow: MAKS Press, 2019), 26–29 (in Russian).
5. Golikov K.A., Lipteva E.M., Makeeva V.M., Pogozhev E.Yu., “Taxonomic Structure of the Herbarium Exposition of the ‘Natural Zones’ Department of the Lomonosov MSU Earth Science Museum”, *Nauka v vuzovskom muzee: materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii [Science at the University Museum: Materials of the National Conference]*, Moscow, November 12–14, 2019 (Moscow: MAKS Press, 2020) (in Russian).
6. Ermakov N.P., “Principles of Modern Exposition of Natural Science Museums (On the Example of Creation of the Earth Science Museum)”. *Zhizn Zemli*. **1**, 130–136 (1961) (in Russian).
7. *The Earth Science Museum Guide*, 100 p. (Moscow: MGU, 2010) (in Russian).
8. Snakin V.V., Smurova T.G., Kolotilova N.N., Dubinin E.P., Popova L.V., Alekseeva L.V., Golikov K.A., Krupina N.I., Maksimov Ju.I., Sochivko A.V., Lipteva E.M., “Temporary Exhibition ‘Earth Science Museum in the Mirror of the History of Moscow State University’ (Commemorating the 70th Anniversary of the Museum)”. *Zhizn Zemli*. **42** (3), 2020, 325–42 (in Russian).
9. Cherepanov S.K., *Vascular Plants of Russia and Neighboring Countries (Within the Former USSR*, 2nd ed. 990 p. (SPb: Mir i semya, 1995) (in Russian).
10. *Plantarium: An Open Online Atlas-Determinant of Plants and Lichens of Russia and Neighboring Countries* (<https://www.plantarium.ru/>).
11. *International Plant Names Index* (<https://www.ipni.org>).

УДК 069.02:5

DOI 10.29003/m2444.0514-7468.2020_43_3/389-393

ПУТЕШЕСТВИЕ ПИСАТЕЛЯ С.В. САХАРНОВА И ХУДОЖНИКА Н.А. УСТИНОВА НА ДАЛЬНИЙ ВОСТОК (ПО МАТЕРИАЛАМ ВЫСТАВКИ «РАЗНОЦВЕТНОЕ МОРЕ НИКОЛАЯ УСТИНОВА»)

Н.И. Трегуб*

Рассматривается анималистическая выставка «Разноцветное море Николая Устинова» в Дарвиновском музее. Показано взаимодействие писателя С.В. Сахарнова и художника Н.А. Устинова в их совместном путешествии на Дальний Восток.

Ключевые слова: Дарвиновский музей, С.В. Сахарнов, Н.А. Устинов, анималистическая выставка, Дальний Восток.

Ссылка для цитирования: Трегуб Н.И. Путешествие писателя С.В. Сахарнова и художника Н.А. Устинова на Дальний Восток (по материалам выставки «Разноцветное море Николая Устинова») // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 389–393. DOI: 10.29003/m2444.0514-7468.2020_43_3/389-393

Поступила 22.07.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

THE JOURNEY OF THE WRITER S. V. SAKHARNOV AND THE ARTIST N. A. USTINOV TO THE FAR EAST (ABOUT THE EXHIBITION “THE MULTICOLORED SEA OF NIKOLAI USTINOV”)

N.I. Tregub, PhD

The State Darwin Museum

The article discusses the animalistic exhibition “The Multicolored Sea of Nikolai Ustinov” in the Darwin Museum. The exhibition shows the interaction of the writer S.V. Sakharnov and the artist N.A. Ustinov in their joint journey to the Far East.

Keywords: Darwin Museum, S.V. Sakharnov, N.A. Ustinov, animal exhibition, the Far East.

Дарвиновский музей проводит более 60 выставок в год. Они имеют разную направленность. Основная часть выставок имеет естественнонаучную составляющую. Так, выставка «Путешествие без компаса и карт» (с 1 мая по 27 июня 2021 г.) была посвящена миграциям животных; выставка «Отцы и дети» (22 мая – 22 августа 2021 г.) рассказывает о родительском поведении самцов¹. Это научные выставки. Но не все посетители приходят в музей с учебными целями. Многие наши гости хорошо образованы, часто посещают учреждения культуры и не нуждаются в назидательном обучении. Для той части публики, которая приходит в музей с досуговыми целями, музей готовит выставки художников-анималистов.

8 июля 2021 г. музей открыл временную выставку «Разноцветное море Николая Устинова» – ко дню рождения художника. Художник-иллюстратор Николай Александрович Устинов родился 10 июля 1937 г., находится в добром здравии и, конечно, присутствовал на открытии своей персональной выставки.

* Трегуб Надежда Ивановна – канд. искусствоведения, зав. издательским отделом Государственного Дарвиновского музея; nadtr@darwinmuseum.ru.

¹ Ещё две выставки Дарвиновского музея представлены в разделе «Хроника. События».

Выставка получила название по одноимённой книге Святослава Владимировича Сахарнова (1923–2010). Эту книгу Н.А. Устинов оформил в 1974 г. В основном Сахарнов писал в своих произведениях о море, о подводном мире, был автором энциклопедий и научно-популярных книг, посвящённых мореходству. Его книги запали в детские души при помощи великолепных иллюстраций Н.А. Устинова. Писатель и художник стали не только партнёрами по работе, но и друзьями в жизни. Дружбе, которая длилась более 40 лет, и посвящена выставка. Говорят, что дружба не выдерживает расстояния, но километры не мешали дружить москвичу Устинову и ленинградцу Сахарнову. К сожалению, современный мир даёт повод думать, что книги, дружба – уже уходящие понятия: и читают мало, и дружат редко...

Такая выставка, как «Разноцветное море Николая Устинова» – это праздник для души. Что хотят увидеть посетители на выставках Дарвиновского музея? Порой они сами мало представляют, что можно увидеть в выставочном комплексе, может быть – картины? Выставки анималистического искусства – это будоражащие впечатления. Традиционно открывает выставку планшет с фотографией и биографией художника. С портрета смотрит на посетителей убеждённый сединами, с белой как у Деда Мороза бородой, художник (рис. 1). Но не все узнают художника по портрету. Переводим взгляд на витрину с книгами и видим два десятка изданий, и узнаём художника по его собственному индивидуальному почерку, манере исполнения. Здесь представлены книги (как на русском языке, так и иностранная литература), рисунки – универсальный язык, они не нуждаются в переводе. Выставлены: С.В. Сахарнов «Кто живёт в холодном море», «Цунами», «Безногие головоногие»; И.С. Тургенев «Записки охотника», «Бежин луг»; Ю. Коваль «Полынные сказки»; М. Пришвин «Лисичкин хлеб». Витрина с книгами приглашает посетителя зайти в зал с авторскими работами художника.



Рис. 1. Художник Н.А. Устинов на открытии выставки «Разноцветное море». Июль 2021.

Fig. 1. Artist N.A. Ustinov at the opening of the exhibition «Multicolored Sea». July 2021.

Акварели представлены в хронологическом порядке. Сначала показаны иллюстрации к книге «Безногие головоногие» (1968). Кальмаров, осьминогов, рыболовецкие судна мы узнаём без подписей. В первой витрине показаны материалы: желтоватая шершавая бумага с акварельными набросками, деревянный ящичек с акварелью, кисти. Это рисунки с природы — Курильские острова (1969). Над витриной висят две большие акварели «Остров Шикотан» (1969). На открытии Н.А. Устинов с радостью вспоминал времена молодости и дальневосточные путешествия.

В акварелях «Цунами» (1971) представлено много сюжетных зарисовок (рис. 2): публика ожидает транспорт в порту на лавочке; порой в героях зарисовок можно узнать писателя — долговязая фигура в плаще, сером берете и с фотоаппаратом в коричневом кожаном футляре, и художника — небольшой, плотный мужчина в сапогах, в пальто



Рис. 2. Н.А. Устинов. Иллюстрации к книге С.В. Сахарнова «Цунами», 1971.
Fig. 2. N.A. Ustinov. Illustrations for the book by S.V. Sakharnov «Tsunami», 1971.

с капюшоном, с папкой под мышкой. В следующем сюжете писатель уже использует камеру по назначению, а художник примостился на чемодане и рисует. Маленькие рисунки имеют карандашные заметки, на какую страницу должны быть помещены. Сохраняя традицию книжной иллюстрации, обложка книги С.В. Сахарнова «Цунами» на выставке представлена цитатой:

«Есть у меня приятель – художник. Зовут его Коля. Приходит он как-то раз ко мне и говорит: Ты знаешь, я еду на Курильские острова в гости к одному знакомому. Фотокорреспонденту».

И вот замирает сердце. Как со старым знакомым ты встречаешься с иллюстрациями к книге «Разноцветное море» (рис. 3). Эту книгу, которая старше меня, я прочитала три раза. Сначала в детстве сама, а потом ещё два раза уже своим детям. И вот мы видим: портрет Сахарнова (не фотографию, а акварель Устинова), самый запоминающийся рисунок: обложка с китом и рыболовецкими судами. Далее идёт форзац с глубоководным рисунком осьминога. Книга с цветным форзацем — это красиво. Потом титул и шмуцтитулы — отдельные рисунки-заставки для каждой части книги. Всё это атрибуты культуры книжного производства. Издательство «Детская литература» отличалось вниманием ко всем мелочам, составляющим хорошую книгу — это простая гарнитура, которая легко читается, и чёткие, ясные картинки.



Рис. 3. Н.А. Устинов. Иллюстрации к книге С.В. Сахарнова «Разноцветное море», 1974.

Fig. 3. N.A. Ustinov. Illustrations for the book by S.V. Sakharnov «Multicolored Sea», 1974.

Дальше представлены акварели к части «Кто живёт в тёплом море»: кашалот, осьминог, рыбы коралловых рифов, акула, черепаха бисса, илистый прыгун. И особенно интересны письма и телеграммы С. Сахарнова Н. Устинову. Одно из писем:

«Дорогой Коля! Значит так. Все наши планы относительно поездки на Курилы остаются без изменений. Деньги задерживали и путали, но теперь у меня всё определилось. Дают – Союз и журнал «Костёр» всего 300 руб. Придётся немного доложить своих. На одного надо рублей 350. А лучше 400.

Срок – 1 августа. Лететь надо в Южно-Сахалинск. Там представимся областному начальству и пограничному. Получим все разрешения и рекомендательные письма. Тогда уже или самолётом, или пароходом из Корсакова на Кунашир.

Полетим вместе. Для этого я приеду в Москву.

Запасусь кучей писем и бумажек. Надо иметь, учти, разрешение на въезд в пограничную зону. А оно даётся по предварительной заявке.

Во всяких заявлениях, которые будешь писать, спрашивая деньги, указывай, что это творческая командировка, в которой участвуют писатель имярек, художник из есмь и фотокорреспондент ТАСС по Дальнему Востоку Муравин Юрий Яковлевич. Можешь написать, что мы с тобой сделаем книжку о пограничниках «Кто плывёт?» для Детгиза.

Целую в кисть. Буду в Москве около 1 июля.»

Слава

В другом письме концовка: «Целую в кисть и штихель». Письмо-записка написано с юмором:

«Ленинград 2.10.69

Коля! Передача назначена на 31 октября с. г. Тебе надо СРОЧНО проявить и напечатать всё, что относится к кунями. Это всё привезёшь. Приготовь и 2–3 рисунка. Сроки репетиций сообщу телеграммой. Не брейся, займи у знакомого сантехника ватник. Хорошо бы удалить 2–3 зуба.

*Ну, пока
Слава»*

В следующей витрине представлены тетради с путевыми заметками и зарисовками Устинова. Это дневник путешествия на Курильские острова (1969). Украсили выставку акварели «Курильские острова». Экспозиция устроена по кругу, завершают её иллюстрации раздела «Кто живёт в холодном море» (1969): сельдь, котик, кит, белуха, калан.

Выставка небольшая, но трогает до глубины души. Художник работает как иллюстратор книг не только анималистических, но и просто о природе: он оформлял книги Ф. Тютчева, А. Майкова, А. Фета, И. Бунина, С. Есенина. Кроме иллюстраций он расписывает декоративные тарелочки, ему близка пейзажная тематика. Зная, что Дарвиновский музей имеет естественнонаучную направленность, специально к выставке художник расписал тарелочки с анималистическими сюжетами: лежбища морских котиков и неторопливо плывущий на спине калан, кружащие над водой чайки, устремлённая к свету стая кальмаров, медведь в бамбуке, семейство кабанов, журавли, авторитетная пара волков и многое-многое другое.

Открытие выставки проходило в музее в страшную жару 8 июля сего года. Пожилой, с белоснежной бородой художник опирался на палочку. Он был в экспедиции на краю земли, его жарой не испугать. Я нашла свою детскую, потрёпанную книжку «Разноцветное море» и подошла к Николаю Александровичу за автографом. Старенький художник в 84 года без очков написал: «Милая Надежда, спасибо за память о книжке, сделанной давно-давно... Н. Устинов». Почему-то именно эта книга переезжала со мной из города в город.

Много тёплых слов было сказано на открытии выставки. Вернисаж проходил в очном формате, сейчас простое человеческое общение уже роскошь. Сам художник вспоминал своё дальневосточное путешествие — молодость так быстро проходит, так стремительно пролетает. Рисунки к книге «Разноцветное море» выполнены не в кабинете по воображению, а в результате совместного путешествия: Сахарнов и Устинов путешествовали бок о бок — вместе, как автор и соавтор.

К сожалению, в большом собрании анималистики Дарвиновского музея пока нет работ Устинова, но быть может, будут.

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 910.3

DOI 10.29003/m2445.0514-7468.2020_43_3/394-396

ПРИЗНАННЫЙ ГОСТЬ ЛЮДОЕДОВ: ЭКСПЕДИЦИИ В НОВУЮ ГВИНЕЮ (К 175-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н.Н. МИКЛУХО-МАКЛАЯ)

Д.А. Шумовская*

Николай Николаевич Миклухо-Маклай – представитель в науке той плеяды и того типа исследователей, которые, путешествуя, ведя научные исследования в целях стремления к истине, внесли огромный вклад в мировую науку и общую картину мира и человечества.

Ключевые слова: персоналии, география, антропология, этнография, путешествия, путешественники, Н.Н. Миклухо-Маклай.

Ссылка для цитирования: Шумовская Д.А. Признанный гость людоедов: экспедиции в Новую Гвинею (к 175-летию со дня рождения Н.Н. Миклухо-Маклая) // Жизнь Земли. Т. 43, № 3. С. 394–396. DOI: 10.29003/m2445.0514-7468.2020_43_3/394-396

Поступила 26.06.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

GUEST OF THE CANNIBALS: MIKLOUHO-MACLAY'S EXPEDITIONS TO NEW GUINEA (ON THE 175TH ANNIVERSARY)

D.A. Shumovskaya, PhD

All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences (VINITI)

Nicholas Miklouho-Maclay represents the kind of man of science who, in a certain period, traveled widely, conducting scientific research in their service of the truth, and making a lasting contribution to science and to human understanding.

Keywords: personalities, geography, anthropology, ethnography, travel, travelers, N.N. Miklouho-Maclay.

17 июля 2021 г. исполнилось 175 лет со дня рождения Николая Николаевича Миклухо-Маклая¹ (1846–1888) – антрополога, этнографа, путешественника (рис. 1).

* Шумовская Дарья Александровна – к.г.н., зав. отделом научной информации по географии и геофизике ВИНТИ РАН, georg.s@viniti.ru, shumovskaya@mail.ru.

¹ О реконструкции образа Н.Н. Миклухо-Маклая – см. в ст. Е.В. Веселовской в настоящем номере журнала.

В научном сообществе его времени бурно спорили о происхождении человеческих рас: едино ли оно, есть ли «высшие» и «низшие». Многие европейцы считали чернокожих животными, не способными смеяться, плакать, развиваться. Учитель Маклая зоолог Э. Геккель считал, что у человеческих рас разные предки. Это был спорный вопрос: сведений о детальном строении тела людей всех рас не хватало для полноценного научного анализа. Николай Николаевич представил в Русское географическое общество проект научной работы с целью исследования антропологии папуасов Новой Гвинеи. Описаний туземцев в первобытном состоянии было крайне мало, этот уклад общества быстро исчезал.

В 1870 г. корвет «Витязь» вышел из Санкт-Петербурга в кругосветное плавание, через Атлантический и Индийский океаны вошёл в Тихий, в 1871 г. бросил якорь в заливе Астролябия на северо-восточном берегу о. Новая Гвинея. Туземцы слыли людоедами и «воображали себя единственными жителями земного шара» – писал исследователь позже. Поэтому, а также за белый цвет кожи прозвищем учёного стало «Человек с Луны» [3].

На мысе Гарагаси плотники построили хижину из досок и брезента. Моряки защищали её минами, но они не пригодились. Папуас Туй познакомился с Маклаем и



Рис. 1. Н.Н. Миклухо-Маклай [1].
Fig. 1. N.N. Miklouho-Maclay [1].

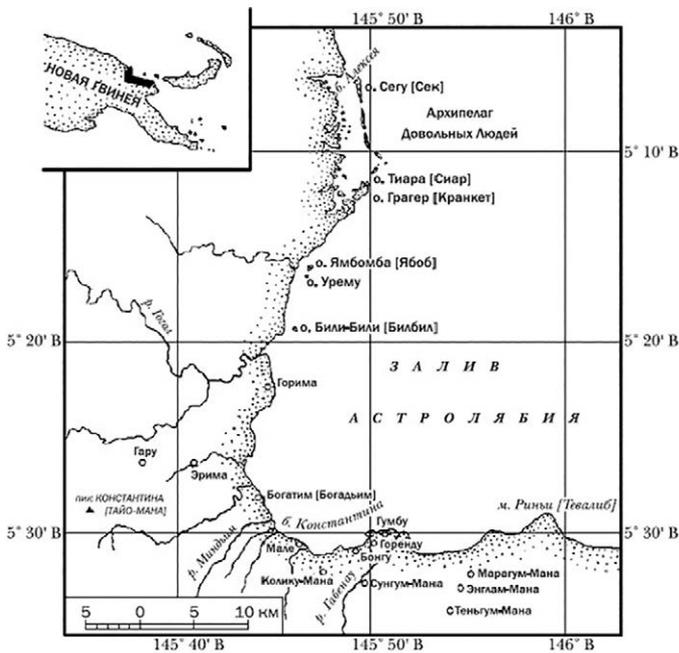


Рис. 2. «Берег Маклая» [2].
Fig. 2. Maclay's Shore [2].

пантомимой показал: корабль уйдёт, его и слуг (полинезийца Боя и шведского матроса Ульсона) убьют. Учёный остался, не навязывая свое общество папуасам, радушно принимал гостей, делал подарки. Жители стали одаривать его. Когда он первый раз пришёл в деревню, его пугали стрелами и копьями, а он лёг и заснул, озадачив туземцев. Маклай наблюдал, учил язык, изучал «иероглифы» на деревьях и пирогах, лечил, помогал, удивлял поджиганием спирта. Постепенно ему стали доверять, и он смог начать исследования.

Тем временем в газетах писали о гибели учёного. В 1872 г., когда клипер «Изумруд» прибыл к острову, никто не ожидал встретить Николая Николаевича живым. Измученный малярией, он был вынужден уехать, но возвращался на гостеприимный берег ещё [2, 3].

В Новой Гвинее есть берег Маклая (рис. 2), его там помнят. «Этнологические заметки о папуасах» отражают все стороны их жизни (рис. 3). Им проведены зоологические и метеорологические исследования, собраны доказательства биологической равноценности рас. Дневник повседневной жизни учёного о налаживании взаимоотношений имеет отдельную ценность. Вклад его исследований в мировую науку и общественные взгляды несомненны.

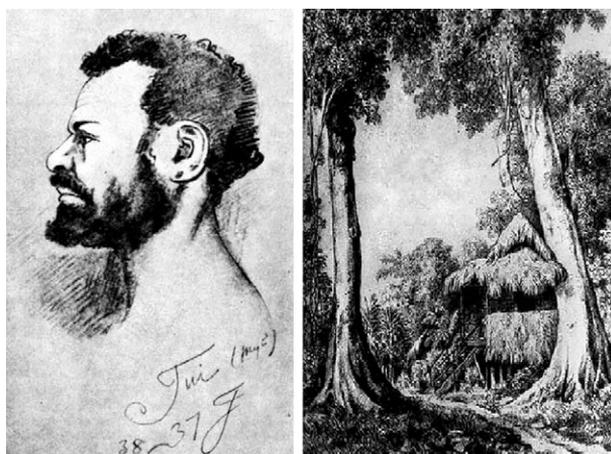


Рис. 3. Рисунки Миклухо-Маклая: «Туй», «Хижина» [1].

Fig. 3. Miklouho-Maclay's drawings: «Tui», «A Hut» [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Путилов В.Н. Н.Н. Миклухо-Маклай – путешественник, учёный, гуманист. М.: Прогресс, 1985. 280 с.
2. Северин Н.А. Отечественные путешественники и исследователи. М.: Гос. учебно-педагогическое изд-во Министерства просвещения РСФСР, 1956. 302 с.
3. Человек с Луны. Дневники, статьи, письма Н.Н. Миклухо-Маклая. М.: Молодая гвардия, 1982. 96 с.

REFERENCES

1. Putilov V.N. N.N. Miklouho-Maclay: Traveler, Scientist, Humanist. 280 p. (Moscow: Progress, 1985) (in Russian).
2. Severin N.A. *Our Compatriot Travelers and Researchers*. 302 p. (Moscow: Ministry of Education, 1956) (in Russian).
3. *Man from the Moon: Diaries, Articles, Letters of N.N. Miklouho-Maclay*. 96 p. (Moscow: Molodaya gvardiya, 1982) (in Russian).

УДК 579.

DOI 10.29003/m2446.0514-7468.2020_43_3/397-407

АКАДЕМИК БОРИС ЛАВРЕНТЬЕВИЧ ИСАЧЕНКО (К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Н.Н. Колотилова*

В 2021 г. исполнилось 150 лет со дня рождения академика Бориса Лаврентьевича Исаченко (1871–1948), выдающегося учёного, естествоиспытателя и микробиолога, полярного исследователя, основоположника морской и геологической микробиологии, организатора науки и образования. В статье приводятся основные вехи его биографии, обсуждаются важнейшие научные достижения. Представлены материалы выставки, подготовленной в Музее землеведения МГУ к юбилею учёного.

Ключевые слова: Б.Л. Исаченко, морская микробиология, геологическая деятельность микроорганизмов, история микробиологии.

Ссылка для цитирования: Колотилова Н.Н. Академик Борис Лаврентьевич Исаченко (к 150-летию со дня рождения) // Жизнь Земли. 2021. Т.43, №3. С. 397–407. DOI: 10.29003/m2446.0514-7468.2020_43_3/397-407

Поступила 10.08.2021 / Принята к публикации 25.08.2021

ACADEMICIAN BORIS LAVRENT'YEVICH ISSATCHENKO: ON HIS 150TH ANNIVERSARY

N.N. Kolotilova, Dr. Sci (Biol)

Lomonosov Moscow State University (Faculty of Biology, Earth Science Museum)

2021 marked the 150th anniversary of the eminent scientist, Academician Boris Lavrentyevich Issatchenko (1871–1948), naturalist and microbiologist, polar researcher, founder of marine and geological microbiology, organizer of scientific study and education. The article revisits his biography, discussing his central scientific achievements, and presenting select materials of an exposition dedicated to the jubilee, at the Earth Science Museum, Moscow State University.

Keywords: B.L. Issatchenko, marine microbiology, geological activity of microorganisms, history of microbiology.



Исаченки

Введение. 14 июня 2021 г. исполнилось 150 лет со дня рождения академика Б.Л. Исаченко (1871–1948), выдающегося естествоиспытателя и микробиолога, полярного исследователя, основоположника морской и геологической микробиологии, организатора науки и образования (рис. 1).

В связи с этой датой на 24 этаже Главного здания МГУ в Музее землеведения была открыта небольшая экспозиция (художник-оформитель В.В. Родионов), цель которой – напомнить основные вехи биографии выдающегося отечественного учёного и осветить его вклад в развитие науки (рис. 2).

Рис. 1. Борис Лаврентьевич Исаченко.

Fig. 1. Boris Lavrent'yevich Issatchenko.

* Колотилова Наталья Николаевна – д.б.н., доцент кафедры микробиологии МГУ им. М.В. Ломоносова, в.н.с. Музея землеведения МГУ, kolotilovan@mail.ru; ORCID ID 0000-0001-7980-9344.

Выдающийся естествоиспытатель и микробиолог академик Б. Л. Исаченко (1871–1948).

К 150-летию со дня рождения



«Главное внимание в работах было обращено на изучение биологических процессов в природных условиях и на выяснение значения их в жизни Космоса (в смысле А. Гюйбюльета). Большое внимание было уделено флорам, демонстрирующим проявление жизни микроорганизмов (отдельно концентрируя среды, температурные градиенты, наивысшие биодиверсы».

«Глубоко изучая существование развития микроорганизмов на отвалах, нагретых моим работ и моих учеников имеют быть охарактеризованы, как ближе всего приближаются к экологическим, нагретому на изучение распространенности микроорганизмов на земной шире и в различных условиях, приближающиеся к границам жизни, и к выяснению роли их в современных и геологических данных условиях, с целью выяснения значения микроорганизмов в микробиологии».

Академик Борис Лаврентьевич Исаченко – выдающийся естествоиспытатель, ботаник и микробиолог, основатель морской и геологической микробиологии, крупный организатор науки и образования.

Морская микробиология

«В своей монографии по Северному Ледовитому океану Борис Лаврентьевич подводит к изучению микробиоты с точки зрения кругооборота веществ» (С. И. Куницын)

В мае – сентябре 1906 г. Б. Л. Исаченко участвовал в Мурманской научно-промысловой экспедиции от берегов Мурманска к Новой Земле на судне «Андрей Первозванный», проводя исследования бактерий Северного Ледовитого океана. Им было обнаружено большое количество бактерий, участвующих в биогенных процессах кругооборота, начато изучение микроорганизмов, живущих в условиях низких температур. Результаты работы отражены в монографии «Исследования над бактериями Северного Ледовитого океана», ставшей первой и классической работой по морской микробиологии.

«Влияние северной пробы параллельно...». Существует каверзный вопрос: «Бактерии, получающие питание, являются ли они микробами об Арктике».

(Б. Л. Исаченко)

Исследования микробиоты северных морей были продолжены на Мурманской биологической станции (1927), на Новой Земле (1929), в Правительственной Арктической экспедиции О. Ю. Шмидта на лк «Г. Седов» (1930) и в экспедиции Арктического института на лк «А. Сибиряков» (1933). Были исследованы воды и круты Баренцева, Карского морей и моря Лаптева, ледяные земли Гренландии и Северной земли. В честь Б. Л. Исаченко были названы остров в Карском море (1930).

Большое значение имели работы по морской микробиологии на Черном и Мраморном (1911), Азовском и Черном морях (1922–1926), в составе Азовской научно-исследовательской экспедиции под руководством Н. М. Клокована.

Б. Л. Исаченко был не только теоретиком морской микробиологии, но и практиком: вместе с исследователями морской микробиоты – Марии Осиповны Берга, Софьей Соколовой, Соколовым, в микробиологическом отношении изучены почти все моря (включая) моря.

Исследования континентальных водоемов

Другая область научной деятельности Б. Л. Исаченко связана с изучением континентальных водоемов: Тамбулукского озера (1911–1912), соляных озер Крым (Маймакской, Чокрак, Слав – 1912, 1926), соевых озер Кулундской степи (Таватая, 1923–1925).

Исследования соевых озер впервые дали полную картину биологических процессов, связанных с образованием лечебных грязей, стимулировав развитие отечественной бальнеологии. Главная ключевая роль в развитии озерных бактерий круглогодично сыграла. Эти работы обобщены в капитальном труде «Микробиологические исследования над грязевыми озерами» (1927). В нем описаны бактериальные процессы при высокой концентрации солей, указана роль отдельных групп бактерий в образовании сложного тела – лечебной грязи. Даны методические указания для дальнейшего выноса в этом поезде новых групп микроорганизмов.

Последние исследования соевых озер в Кулундской степи (1921, 1932) выявили в них уникальную микробную разнообразие и позволили дать характеристику важнейших биогенных процессов.

Геологическая микробиология

«Понять прошлые земли и условия, различные земли не исследуя только ископа из настоящего, сравнения настоящего с прошлым, невозможно эти земли, позволяющие читать это прошлое» (Б. Л. Исаченко)

Многие исследования Б. Л. Исаченко были посвящены изучению геологической деятельности микроорганизмов. Это работы по биогенному образованию микростратий, разложению микроорганизмами глины, биогенному образованию минералов (кварцита, травертина).

Исследования плавковых вод ряда нефтяных месторождений «дали начало изучению микробиоты нефтяных месторождений» (вместе с группой биологов). В частности, были обнаружены и изучены серьезные культурные бактерии рода «Streptothrix», которые, по мнению Исаченко, могли сохраняться в древних геологических породах.

Вехи биографии

15.06.1871 – родился в Санкт-Петербурге в семье домашнего учителя (позднее адвоката) Д. Л. Исаченко.

1889 – по окончании Александровской гимназии (г. Николаев) поступил на физико-математический факультет Санкт-Петербургского университета.

1895 – блестяще окончил СПб университет по кафедре ботаники.

1895–1898 – стажировался по микробиологии, биологии, палеоботанике в ведущих европейских лабораториях.

1898 – начал микробиологию на кафедре у Лессерфа.

1900–1929 – приват-доцент СПб университета. С 1900 г. читал курс микробиологии, основатель кафедры микробиологии (1918).

1902–1903 – сотрудник СПб Императорского ботанического сада (позднее, Главного ботанического сада), заведовал Станцией по испытанию семян. Избран директором ботанического сада (1917), сменив на этом посту А.А. Физлера фон Вальдгейна.

1902–1935 – профессор по кафедре ботаники Сибирского женских курсов (позднее, Ленинградского сельскохозяйственного института), ректор Института (1920–1921).

1920–1927 – заведующий Отделом общей микробиологии Всесоюзного Института экспериментальной медицины в Ленинграде (с 1934 – в Москве).

1927–1939 – заведующий лабораторией в Институте микробиологии в Москве.

1929–1948 – директор Института микробиологии, сформировал в нем естественнонаучное, биогенное направление.

17.11.1948 – окончил на дому в Александрово-Полонском на Венском влиудстве (Москва).

Ученые степени и звания:

1916 г. – магистр ботаники (степень присвоена за сочинение «Исследования над бактериями Северного Ледовитого океана»);

1921 г. – профессор (степень присвоена в Московском университете);

1929 г. – член-корреспондент АН СССР;

1934 г. – доктор биологических наук (степень присвоена за высшее сочинение микробиологическое и геологическое профессора);

1936 г. – заслуженный деятель науки;

1945 г. – действительный член АН СССР;

1946 г. – действительный член АН СССР;

Рис. 2. Стенд «Выдающийся естествоиспытатель и микробиолог Борис Лаврентьевич Исаченко (1871–1948). К 150-летию со дня рождения».

Fig. 2. “The eminent naturalist and microbiologist Boris Lavrentyevich Issachenko (1871–1948). On the 150th anniversary”, a presentation poster.

Вехи биографии. Борис Лаврентьевич Исаченко родился в Санкт-Петербурге в семье Лаврентия Лаврентьевича Исаченко (домашнего учителя, позднее адвоката) и его ученицы, Софьи Александровны Исаченко (урожденной Ильиной). В 1884 г. семья переехала в г. Николаев, где Л.Л. Исаченко успешно занялся адвокатской практикой.

Как указывал внук Б.Л. Исаченко, академик Г.А. Заварзин (1933–2011), временной срез семейства Исаченко и Ильиных ярко иллюстрирует возникновение в конце XIX века

русской научной интеллигенции, основу которой составили разночинцы и представители небогатого дворянства. Среди представителей двух поколений – юристы, врачи (в т. ч. первые рентгенологи), фармакологи, химики, биологи (братья – микробиолог Б.Л. Исаченко и ихтиолог В.Л. Исаченко), археологи, писатели, учителя [1].

В 1891 г. Б.Л. Исаченко, выпускник Александровской гимназии в г. Николаеве, поступил в Санкт-Петербургский университет, который блестяще окончил в 1895 г. по естественному отделению физико-математического факультета. В университете он участвовал в работе кружка молодых ботаников, который возглавляли профессора А.С. Фаминцын, А.Н. Бекетов, Х.Я. Гоби. Непосредственным учителем Бориса Лаврентьевича был Х.Я. Гоби, крупный специалист по низшим растениям. Под его руководством была выполнена первая научная работа Б.Л. Исаченко, посвящённая обследованию паразитических грибов Херсонской губернии (1894). За неё и за работу, посвящённую цитологии гриба *Pholiota aurea*, Совет университета присудил студенту Б.Л. Исаченко премию «В память I съезда русских естествоиспытателей и врачей».

Интересы Б.Л. Исаченко тяготели к микробиологии. В 1893 г. он возглавил группу студентов университета, обратившихся к великому микробиологу С.Н. Виноградскому с просьбой прочесть им курс по микробиологии. Последовал отказ, но восторженное, тёплое и очень уважительное отношение к Виноградскому Борис Лаврентьевич сохранил до конца своей жизни. Сам он впоследствии стал блестящим педагогом, чьи лекции неизменно пользовались популярностью, собирали огромную аудиторию, зажигая сердца, воспитывая у молодёжи интерес и любовь к науке.

По окончании университета Б.Л. Исаченко работал хранителем университетского ботанического кабинета и ассистентом профессора Х.Я. Гоби; в 1896 г. он был оставлен в университете для подготовки к профессорскому званию и одновременно назначен помощником заведующего бактериологической лабораторией Министерства земледелия, а вскоре был отправлен в зарубежную командировку для ознакомления с научными учреждениями Европы – Германии, Франции, Голландии и др. Здесь он стажировался по химии, физиологии растений, палеоботанике, микробиологии. Наибольшее влияние оказал на него крупнейший голландский микробиолог Мартинус Бейеринк (1851–1931), один из основателей общей микробиологии и создатель знаменитой Дельфтской школы микробиологов. Под влиянием М. Бейеринка ключевым направлением научной деятельности Б.Л. Исаченко стало изучение бактерий серного цикла.

Вернувшись в Россию, Борис Лаврентьевич развил энергичную преподавательскую деятельность. Он читал курс микробиологии, первый в Санкт-Петербурге: вначале в Институте П.Ф. Лесгафта (1898), затем в Санкт-Петербургском университете и в ряде других вузов. В 1900 г. после прочтения двух пробных лекций он стал приват-доцентом Санкт-Петербургского университета (в 1918 г. – профессором), где им была организована кафедра микробиологии, существующая и сегодня. В 1919 г. он был избран председателем биологического факультета университета.

Б.Л. Исаченко был также профессором (1902–35) и одним из организаторов Сельскохозяйственного института, преобразованного из Высших женских сельскохозяйственных Стебутовских курсов. Он неизменно пользовался у студентов высоким авторитетом и любовью.

Помимо учебной деятельности важное место в жизни Б.Л. Исаченко занимала научная работа, первоначально связанная с ботаникой. В 1902–30 гг. он работал в Санкт-Петербургском (Петроградском) Ботаническом саду сначала в должности консерватора, позднее – заведующего станцией (отделом) семеноводства и, наконец, директора [14].

В Ботаническом саду Исаченко выполнил ряд исследований по физиологии растений, однако основная работа была связана со станцией семеноводства – старейшим контрольно-опытным учреждением, основанным ещё в 1877 г.

Борис Лаврентьевич добился того, что руководимая им станция стала образцовым контрольно-опытным учреждением; здесь были разработаны и стандартизованы методы по исследованию семян, в частности, их загрязнённости спорами головни. Особый интерес представляло применение нового в то время серологического метода анализа семян. В 1912–31 гг. Б.Л. Исаченко был также редактором издаваемого Ботаническим садом журнала «Записки станции для испытания семян» (позднее «Записки Лаборатории по семеноведению», «Записки по семеноведению»).

С работой отдела семеноводства связана широкая международная деятельность Б.Л. Исаченко, его многочисленные зарубежные поездки: на VI Международный агрономический конгресс и Всемирную выставку (Париж, 1900), для ознакомления с устройством станций по определению семян (Будапешт, Мюнхен, Вена, Цюрих, Амьен, Берлин, Варшава, 1902), на Международный конгресс по ботанике (Вена, 1906), в Пастеровский институт (Париж, 1906), на I Международную конференцию по испытанию семян (Гамбург, 1906), на XI Международную конференцию по исследованию семян (Вагенинген, 1910) и многие другие. Благодаря инициативе Б.Л. Исаченко сертификаты, выдаваемые русскими контрольными учреждениями по исследованию семян, получили международное признание.

В 1922 г. Исаченко был командирован в Германию, Данию и Чехию для восстановления прерванных отношений Главного ботанического сада с зарубежными научными учреждениями и организациями, выступив, таким образом, «полпредом» Советской республики в области науки.

В 1917 г. Борис Лаврентьевич возглавил Ботанический сад, сменив на посту директора сада А.А. Фишера, внука знаменитого естествоиспытателя, профессора Московского университета и основателя МОИП Г.И. Фишера фон Вальдгейма. С этого момента, несмотря на сложнейшее социально-экономическое положение в стране, начался новый этап в реорганизации и работе Ботанического сада, приведший к его расцвету.

В годы директорства Б.Л. Исаченко была построена электрическая станция, проведён водопровод, перепланирован парк, организованы новые лаборатории (геоботаники, экологии, гидробиологии, лекарственных растений и др.), начато издание «Флоры юго-восточной части СССР», разработана программа к составлению ботанической карты СССР. Петроградский ботанический сад был переименован в Главный ботанический сад РСФСР, затем в Главный ботанический сад СССР, а позднее реорганизован в Ботанический институт АН СССР.

Главные научные интересы Б.Л. Исаченко были связаны с микробиологией. В 1929–30 гг. он постепенно покидает ряд учреждений, где работал (университет, Ботанический сад и др.). Это было связано с избранием на важный и ответственный пост заведующего отделом (лабораторией) общей микробиологии Государственного (позднее Всесоюзного) института экспериментальной медицины (ГИЭМ, ВИЭМ) в Ленинграде. Отдел общей бактериологии (позднее общей микробиологии) был основан знаменитым микробиологом С.Н. Виноградским. Затем отделом руководил его ученик, академик В.Л. Омелянский (1867–1928), микробиолог широкого профиля, пропагандист идей С.Н. Виноградского и продолжатель его традиций. После смерти В.Л. Омелянского вопрос о новом руководителе отдела стоял весьма остро. Кандидатура Б.Л. Исаченко, тогда уже известного учёного-микробиолога, была поддержана самим С.Н. Виноградским, который в то

время жил в эмиграции и возглавлял почвенный филиал Пастеровского института в Бри-Конт-Робер под Парижем, а также выдающимся физиологом, Нобелевским лауреатом, сотрудником ИЭМ И.П. Павловым.

Основными научными направлениями в лаборатории Исаченко в ВИЭМ стали исследования микробиологии лечебных грязей (в частности, торфяных) в разных районах СССР, работы по выяснению роли микроорганизмов в разложении органических веществ, исследования микробиологических процессов в сульфатных и содовых озёрах Кулундинской степи, анализ санитарно-бактериологического состояния Невской губы (в связи со строительством канализации в Ленинграде), изучение микробиологического состояния городских свалок и др. В 1935 г. вместе с Институтом Б.Л. Исаченко переехал в Москву.

В 1937 г. Борис Лаврентьевич был приглашён в Институт микробиологии АН СССР, который к этому времени также был переведён в Москву. В 1937 г., в результате «чистки» Института, его основатель и директор, академик Г.А. Надсон (1867–1939) был арестован и два года спустя расстрелян. О его судьбе долгое время ничего не сообщали, а настоящая дата смерти стала известна лишь через несколько десятилетий.

В тревожной обстановке неизвестности Б.Л. Исаченко был назначен исполняющим обязанности директора (1937), а затем директором (1939) Института микробиологии АН СССР. Возглавив работу главного микробиологического учреждения страны, он оставался в этой должности до конца жизни.

Как подчеркивал Г.А. Заварзин, относительно короткий срок директорства (примерно 10 лет), оставленный Борису Лаврентьевичу судьбой, пришёлся на очень сложный период: годы Великой Отечественной войны, эвакуации во Фрунзе и возвращения Института в Москву, послевоенное восстановление разрушенного хозяйства, разгром биологии на августовской сессии ВАСХНИЛ. И в такой чрезвычайно тяжёлой обстановке ему удалось не просто организовать работу института, но реорганизовать её, сконцентрировать тематику, поставив во главу угла экологическое, биосферное направление [1, 2]. Ядро Института составили отделы геологической деятельности микроорганизмов, морской, водной, почвенной микробиологии, взаимодействия микроорганизмов, возглавляемые крупнейшими отечественными микробиологами С.И. Кузнецовым, А.Е. Криссом, Е.Н. Мишустинным, Н.А. Красильниковым. Вслед за Москвой экологическая тематика стала активно развиваться в микробиологических институтах других городов РСФСР и в союзных республиках (Армении, Белоруссии, Украине), где уже существовала достоянная научно-техническая база. Отечественная экологическая микробиология вышла на передовые рубежи в мире, сохраняя лидирующее положение и сегодня.

Будучи признанным лидером советской (немедицинской) микробиологии, Исаченко много выступал, в т. ч. в печати, с обзорными докладами об успехах микробиологии в СССР, о планах, что позволяло определённым образом координировать развитие этой науки [6, 7, 8]. Таков весьма весомый вклад Исаченко в организацию микробиологии в масштабах страны.

Борис Лаврентьевич всегда вёл большую научно-общественную деятельность. В 1903 г. он вместе с С.Н. Виноградским и В.Л. Омелянским участвовал в создании Микробиологического общества. Он был пожизненным членом Французского ботанического общества, членом Общества друзей Национального музея естественной истории и Ботанического сада (Париж), Британского общества микологии, Американского общества физиологов, Международного комитета по ботанической номенклатуре, Русского географического общества, Всесоюзного ботанического общества, Московского общества испытателей природы и т. д.

Б.Л. Исаченко одним из первых поднял в печати вопрос об исследованиях Арктики с использованием воздушных аппаратов (воздухоплавания). В 1926 г. по предложению Ф. Нансена и Международного общества «Аэроарктик» он организовал советскую группу Общества и был её первым председателем (1926–28). В 1928 г. им была подготовлена международная конференция «Аэроарктик» в Ленинграде с участием Ф. Нансена.

Жизнь Бориса Лаврентьевича проходила в двух сменявших друг друга мирах: период его научной активности почти пополам пересекает Октябрьская революция. Важно ещё раз отметить его деятельность по сохранению научного наследия и отечественной культуры в условиях Советской власти: восстановление Ботанического сада, сохранение в истории имён выдающихся деятелей науки и культуры: Данило Туптало (митрополита Ростовского) и микробиолога-эмигранта С.Н. Виноградского, многократное переиздание учебника микробиологии В.Л. Омелянского.

В последние годы жизни научно-организационная деятельность Б.Л. Исаченко ещё более возросла. Он был избран действительным членом АН УССР (1945) и СССР (1946), председателем Организационного бюро Всесоюзного гидрологического общества (1947), членом Учёного совета ряда институтов, членом Комиссии по истории биологии в СССР при Отделении биологических наук АН СССР (1948), членом Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний (1948). Его напряжённая деятельность, связанная с многочисленными разъездами, поездками в союзные республики, безусловно, способствовала развитию микробиологии в нашей стране. Особо следует отметить его проникнутые патриотизмом статьи по истории микробиологии, интерес к которой особенно возрос в военные и послевоенные годы. Необходимо упомянуть и о его самоотверженной деятельности по подготовке к изданию в СССР книги С.Н. Виноградского «Микробиология почвы» и оказанию помощи престарелому учёному.

Б.Л. Исаченко скончался у себя на даче в Абрамцево 11 ноября 1948 г., через 3 месяца после августовской сессии ВАСХНИЛ. В значительной мере это была плата за его гражданский подвиг – спасение микробиологии от возможного разгрома. Он похоронен на Введенском кладбище в Москве.

Труды в области микробиологии. Ранние экспериментальные работы Б.Л. Исаченко по микробиологии (1898–99) касались азотфиксирующих бактерий и их использования в качестве бактериальных азотных удобрений, а также разработки биологического метода борьбы с грызунами. Им были выделены бактерии, вызывающие эпизоотии у крыс, но при этом безвредные для человека и домашних животных; на основе исследований был разработан и успешно применён бактериальный препарат для дератизации. Начиная с 1903 г. был также опубликован ряд работ по бактериальному свечению, которое издавна привлекало внимание исследователей.

Значительное число ранних публикаций Б.Л. Исаченко представлено статьями для Энциклопедического словаря Брокгауза и Эфрона и других аналогичных изданий (1900–04), а также переводами учебных руководств с собственными дополнениями в них. Подготовка подобных материалов требовала широты кругозора и огромной эрудиции.

Создание морской микробиологии. В 1906 г. Б.Л. Исаченко принял участие в работе Мурманской научно-промысловой экспедиции на Баренцевом море. Она была организована в 1898 г. Комитетом для помощи поморам русского Севера, первым её руководителем (до 1902 г.) был основоположник промысловой океанологии в России,

профессор Н.М. Книпович (1896–1939). В 1899 г. специально для экспедиции был построен пароход «Андрей Первозванный» (водоизмещением 336 тонн) – первое в мире судно, специально предназначенное для научно-промысловых работ. Экспедиции удалось сделать океанологическую съёмку почти всего Баренцева моря, провести первые в России плановые научные наблюдения для обслуживания морских промыслов [3].

Работа экспедиции соответствовала задачам, поставленным Международным советом по изучению морей. Совет был создан в 1899 г., в его состав входили Х. Диксон, С. Макаров, Ф. Нансен и ряд других крупных океанологов. Целью его работы было изучение морских промыслов, которое базировалось на исследовании физических, химических, биологических, геологических процессов в океане. Была отмечена необходимость разработки единой методики океанологических наблюдений; намечены линии, по которым в определённые сроки эти наблюдения должны проводиться. Единообразие методов исследования позволяло сравнивать наблюдения разных экспедиций [3]. Развитие этих исследований привело в конечном итоге к созданию нового научного направления – промысловой океанологии.

Микробиологические исследования Б.Л. Исаченко были выполнены в последний год работы экспедиции, в мае-сентябре 1906 г., во время плавания от берегов Мурмана к Новой Земле. Продлить их, как он стремился, не удалось из-за недостатка средств. Но то, что он успел сделать за короткий срок экспедиции, составило эпоху в развитии микробиологии.

Б.Л. Исаченко стал создателем морской микробиологии как новой области знания [14]. Хотя до его исследований отдельные учёные изучали микробное население морской воды, никто не ставил так широко, как он, проблемы биогеохимической деятельности морских бактерий. В основе работ Б.Л. Исаченко лежали концепции С.Н. Виноградского, в частности, сформулированные им в опубликованной речи «О роли микробов в общем круговороте жизни» (1897), хорошо известной русским микробиологам.

Вопреки устоявшемуся взгляду на воду северных морей как микробиологически «пустую» среду, на отсутствие в ней денитрифицирующих бактерий как причину высокой биологической продуктивности северных морей (гипотеза Брандта), Б.Л. Исаченко обнаружил в Баренцевом море представителей большинства функциональных групп, участвующих в биогеохимических круговоротах углерода, азота, серы и других элементов. Им были обнаружены и выделены азотфиксирующие бактерии, аммонификаторы, нитрификаторы и денитрификаторы, серобактерии и др. Исследования позволили дать практически полное на тот период представление о бактериальных процессах, идущих в морских бассейнах, о значении бактериальных процессов восстановления в морской воде сульфатов и окисления сульфидов.

Для стерильного отбора проб с глубины водоёмов Борис Лаврентьевич разработал батометр оригинальной конструкции; его использование позволило сделать учёт бактерий более достоверным.

Б.Л. Исаченко одним из первых начал изучение микроорганизмов, живущих в условиях низких температур, в частности, во льдах. Интересным результатом его работ оказалась возможность использовать некоторые легко распознаваемые почвенные бактерии (например, *Bacillus mycoides* с характерным ростом, напоминающим грибной мицелий или морозный узор на стекле) как гидрологический показатель, свидетельствующий о попадании в море речной воды.

Результаты работы Б.Л. Исаченко были опубликованы в 1907 г. в виде короткого реферата, а в 1914 г. – фундаментальной монографии «Исследования над бактериями

Северного Ледовитого океана» [4]. Эта работа была удостоена Академией наук премии К. Бэра, а в 1916 г. Борис Лаврентьевич получил за неё степень магистра.

Книга Б.Л. Исаченко стала первой отечественной монографией по морской микробиологии, настольной книгой многих поколений микробиологов, основой развития методологии микробиологических исследований. «В своей монографии по Северному Ледовитому океану Борис Лаврентьевич подходит к изучению микрофлоры с точки зрения круговорота веществ», – писал о ней С.И. Кузнецов [13, с. 21].

Борис Лаврентьевич участвовал в создании Гидрологического комитета и микробиологической лаборатории при нём. Руководя этой лабораторией, он курировал многочисленные работы по изучению морских и пресных водоёмов, сам участвовал во многих экспедициях.

Большое значение имели работы по морской микробиологии на Чёрном и Мраморном (1911), Азовском и Чёрном морях (1922–26, в составе Азовской научно-промышленной экспедиции под руководством Н.М. Книповича). Например, им было показано отсутствие на глубине 200 м так называемой бактериальной пластинки – скопления из серобактерий, препятствующих проникновению H_2S в менее глубокие слои; ранее такая бактериальная пластинка была обнаружена в некоторых меромиктических озёрах в зоне хемоклина.

Исследования микробиоты северных морей были продолжены Б.Л. Исаченко на Мурманской биологической станции (1927), в экспедиции на Новую Землю, в правительственной арктической экспедиции О.Ю. Шмидта на ледоколе «Г. Седов» (1930) и в экспедиции Арктического института на ледоколе «А. Сибиряков» (1933). В полярных экспедициях были исследованы воды и грунты Баренцева, Карского морей и моря Лаптева, почвы земли Франца-Иосифа и Северной земли. В честь Б.Л. Исаченко был назван остров в Карском море (1930). Б.Л. Исаченко был не только пионером морской микробиологии, но и крупным полярным исследователем.

«Величие северной природы поразительно», – писал Борис Лаврентьевич С.Н. Виноградскому, цитируя далее слова полярного путешественника Р. Пири: «Существует какая-то полярная бацилла, получив которую носишься всегда потом с мыслями об Арктике» [12].

Микробиология грязевых озёр. Другая область научной деятельности Б.Л. Исаченко связана с изучением минеральных озёр: Тамбуканского озера под Пятигорском (1911–12), соляных озёр Крыма (Майнакское, Чокрак, Саки – 1912, 1925), позднее – содовых озёр Кулундинской степи (Танатары, 1932–33). Многие из них известны наличием лечебных грязей. Изучая биологию грязеобразования, Б.Л. Исаченко установил, что ключевое место в нём принадлежит бактериям круговорота серы, причём образование сероводорода происходит в результате двух процессов: гниения, а затем преимущественно сульфатредукции. Под руководством Б.Л. Исаченко была подробно исследована роль в грязеобразовании многих групп бактерий, например, окисляющих соединения серы, разлагающих целлюлозу, их физиологические и экологические особенности.

Исследования роли микроорганизмов в образовании и регенерации сульфидных лечебных грязей (1912), позднее пионерные работы по торфяным грязям имели приоритетный характер, открывая новые горизонты для бальнеологии. Борис Лаврентьевич был до конца жизни тесно связан с Институтом курортологии и горячо интересовался работами его микробиологической лаборатории [13].

В 1927 г. его работы, проведённые на грязевом солёном Тамбуканском озере вблизи Пятигорска, были обобщены в монографии «Микробиологические исследования

над грязевыми озёрами» [5], ставшей важным этапом для развития микробиологии континентальных водоёмов.

Уместно напомнить, что Б.Л. Исаченко был одним из основателей организованного в 1919 г. Сапропелевого комитета при КЕПС (Комиссии по исследованию естественных производительных сил России), позднее Сапропелевого института [11]. Сапропелю придавали большое значение в различных областях народного хозяйства, в частности, с ним связывали возможность происхождения нефти. Первой лабораторной базой для изучения сапропеля стала Опытная Сапропелевая станция, организованная в Залучье (Тверская область). В её работе участвовали естествоиспытатели многих специальностей (геологи, географы, химики, гидробиологи, микробиологи), изучавшие строение, химический состав, происхождение, распространение, запасы сапропеля. Это придавало исследованиям комплексный характер. Микробиологические исследования охватывали разнообразие групп бактерий, участвующих в образовании сапропеля, изменение микробной активности с глубиной и т. д. К этим вопросам пристыкали и исследования по торфяным грязям, проводимые на курортах Липецка, Сестрорецка и др.

В докладе «О задачах геологической деятельности микробов», прочитанном на Всесоюзной конференции по общей микробиологии (1932), Б.Л. Исаченко подчеркнул необходимость развития исследований по следующим направлениям: участие микробов в образовании лечебных грязей; роль микроорганизмов в солёных озёрах; участие микроорганизмов в образовании озёрных руд, сапропелей, нефти и т. д. [10].

Геологическая микробиология. Б.Л. Исаченко является признанным основателем геологической микробиологии в нашей стране. Им был сформулирован ряд вопросов о роли микроорганизмов в геологических процессах. За выяснение участия микроорганизмов в геологических процессах Б.Л. Исаченко в 1934 г. была присвоена степень доктора биологических наук.

Вопросам геологической микробиологии посвящены работы по круговороту серы, в частности, стройная гипотеза генезиса месторождений серы [13, с. 25], а также работы по биогенному образованию минералов (кальцита, травертина) [9]. В центре внимания Б.Л. Исаченко была микробиология нефти, проблемы её образования и изменения при участии микроорганизмов. Он курировал исследования по нефтяной микробиологии, проводимые в разных районах страны.

Особый интерес представляют его исследования обнаруженной в нефтяных скважинах «розовой воды», цвет которой был обусловлен развитием пурпурных бактерий. «Что это, живые ископаемые? Интересная и неясная проблема», – писал он С.Н. Виноградскому [12]. Этим вопросом был весьма заинтересован В.И. Вернадский. В связи с изучением бактерий нефтяных месторождений Б.Л. Исаченко был поставлен вопрос о нижней границе биосферы [16].

Научный и практический интерес имели также его работы по опосредованному микроорганизмами разрушению кирпича и бетона, исследования микробных процессов на свалках и в сточных водах, работы по саморазогреванию торфяной крошки и зерна на зернохранилищах и элеваторах, по выяснению причин появления землистого запаха в водопроводной воде и т. д.

«Главное внимание в работах, – писал о себе В.Л. Исаченко, – было обращено на изучение биологических процессов в природных условиях и на выяснение значения их в жизни Космоса (в смысле А. Гумбольдта). Большое внимание было уделено факторам, лимитирующим проявление жизни микроорганизмов (солевая концентрация

среды, температурные границы, нижние пределы биосферы)». И затем: «Придерживаясь существующего разделения микробиологии на отделы, направление моих работ и работ моих учеников может быть охарактеризовано как примыкающее к экологическому, направленному на изучение распространения микроорганизмов на земном шаре в различных условиях, приближающихся к границам жизни, и выяснению их роли в современных условиях и геологическом прошлом, с целью познания значения микроорганизмов в мироздании, с вытекающим отсюда использованием микроорганизмов как одного из показателей наличия полезных ископаемых и вызываемых ими изменений в составе их» [15, с. 19].

Научные традиции Бориса Лаврентьевича Исаченко были продолжены академиком Г.А. Заварзиным в работах по природоведческой, биосферной, глобальной микробиологии [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Заварзин Г.А. Из истории общей микробиологии в России. К 125-летию со дня рождения академика Б.Л. Исаченко // Вестник РАН. 1996. Т. 66, № 6. С. 521–529.
2. Заварзин Г.А. Становление биосферы // Микробиология. 1997. Т. 66, № 6. С. 725–734.
3. Зубов Н.Н. Отечественные мореплаватели — исследователи морей и океанов. М.: Географиз, 1954. 476 с.
4. Исаченко Б.Л. Исследования над бактериями Северного Ледовитого океана (Труды Мурманской научно-промышленной экспедиции 1906 г.). Пг.: ГУЗиЗ, 1914. 297 с.
5. Исаченко Б.Л. Микробиологические исследования над грязевыми озерами. Л.: Геол. ком., 1927. 154 с.
6. Исаченко Б.Л. Микробиологические исследования морей СССР (1917–1937) // Микробиология. 1937. Т. 6, № 8. С. 964–982.
7. Исаченко Б.Л. Обзор работ по микробиологии грязей и минеральных источников (1917–1937) // Микробиология. 1938. Т. 7, № 4. С. 385–410.
8. Исаченко Б.Л. Достижения и задачи советской микробиологии // Вестник АН СССР. 1948. Т. 5. С. 18–27.
9. Исаченко Б.Л. О биогенном образовании карбоната кальция // Микробиология. 1948. Т. 17, № 2. С. 118–125.
10. Исаченко Б.Л. О задачах изучения геологической деятельности микробов // Исаченко Б.Л. Избранные труды. Т. 2. М.-Л.: Наука, 1951. С. 3–5.
11. Колотилова Н.Н. Из истории исследований в области геологической микробиологии. Леонилла Дмитриевна Штурм (1888–1970) // Жизнь Земли. 2019. Т. 41. № 3. С. 340–347.
12. Колотилова Н.Н. К 150-летию Б.Л. Исаченко: из переписки с С.Н. Виноградским // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная XXVII науч. конф., 2021. М.: Янус-К, 2021. С. 346–349.
13. Кузнецов С.И. Работы Б.Л. Исаченко в области геологической деятельности микроорганизмов // Исаченко Б.Л. Избранные труды. Т. 1. М.-Л.: Наука, 1951. С. 20–26.
14. Мишустин Е.Н. Борис Лаврентьевич Исаченко // Исаченко Б.Л. Избранные труды. Т. 1. М. – Л.: Наука, 1951. С. 5–19.
15. Усачёв П.И. Краткая характеристика научной, педагогической и общественной деятельности // Борис Лаврентьевич Исаченко (Материалы к биобиблиографии учёных СССР). М.: Изд-во АН СССР, 1951. С. 10–21.
16. Issatchenko V. On the microorganisms of the lower limits of the biosphere // J. Bact. 1940. Т. 40, № 3. P. 379–381.

REFERENCES

1. Zavarzin G.A. From the history of the general microbiology in Russia. On the 125th anniversary of the birth of the academician B.L. Issatchenko. *Vestnik RAN* [Herald of the Russian Academy of Sciences]. 66 (6), 521–529 (1996) (in Russian).

2. Zavarzin G.A. The rise of the biosphere. *Microbiologia* [Microbiology]. **66** (6), 725–734 (1997) (in Russian).
3. Zubov N.N. *Native navigators – the researchers of seas and oceans* (Moscow: Geogfagiz, 1954) (in Russian).
4. Issatchenko B.L. *Studies of the bacteria of the Arctic ocean* (Annals of the Murmansk scientific-commercial expedition). 297 p. (Petrograd: GUZiZ, 1914). (in Russian).
5. Issatchenko B.L. *Microbiological investigations of mud lakes*. 154 p. (Leningrad: Geological Committee, 1927) (in Russian).
6. Issatchenko B.L. Microbiological investigations of the seas of USSR (1917–1937). *Microbiologia* [Microbiology]. **6** (8), 964–982 (1937) (in Russian).
7. Issatchenko B.L. Review of works on microbiology of muds and mineral sources. *Microbiologia* [Microbiology]. **7** (4), 38–410 (1938) (in Russian).
8. Issatchenko B.L. Achievements and tasks of Soviet microbiology. *Vestnik AN SSSR* [Harold of the Academy of Sciences of USSR]. **5**, 18–27 (1948) (in Russian)
9. Issatchenko B.L. On the biogenic formation of calcium carbonate. *Microbiologia* [Microbiology]. **17** (2), 118–125 (1948) (in Russian).
10. Issatchenko B.L. On the tasks of the study of the geological activity of microbes. Issatchenko B.L. *Selected works*. V. 2. P. 3–5 (Moscow–Leningrad: Nauka, 1951) (in Russian).
11. Kolotilova N.N. On the history of the investigations in the field of geological microbiology. Leonilla Dmitrievna Sturm (1888–1970). *Zhizn' Zemli* [Life of the Earth]. **41** (3), 340–347 (2019) (in Russian).
12. Kolotilova N.N. On the 150th anniversary of the birth of B.L. Issatchenko: from the correspondence with S.N. Winogradsky. *S. Vavilov Institute for the History of Science and technology RAS. Annual scientific conference, 2021* (Moscow: Janus-K, 2021) (346–349) (in Russian).
13. Kuznetsov S.I. The Works of B.L. Issatchenko in the field of geological activity of microorganisms. *B.L. Issatchenko. Selected works*. V. 1. P. 20–26. (Moscow–Leningrad: Science, 1951) (in Russian).
14. Mishustin E.N. Boris Lavrentievitch Issatchenko. *B.L. Issatchenko. Selected works*. V. 1. P. 5–19 (Moscow–Leningrad: Nauka, 1951) (in Russian).
15. Ussatchev P.I. A brief characteristic of the scientific, pedagogical and social activity. *Boris Lavrentievitch Issatchenko* (Materials for the biobibliography of the scientists of USSR). P. 20–21. (Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1951) (in Russian).
16. Issatchenko V. On the microorganisms of the lower limits of the biosphere. *J. Bact.* **40** (3), 379–381 (1940).

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

Открытие обновлённого краеведческого музея в Городке (Украина). A new local history museum opens in Gorodok (Ukraine).

29 мая 2021 г. в г. Городок (Украина, Хмельницкая обл.) состоялось торжественное открытие обновлённого Краеведческого музея (его новое название «Учебно-образовательный комплекс G-Museum») (рис. 1). Краеведческий музей существует в Городке с 1969 г., в последние десятилетия он размещался в старинном историческом здании в центре города. Его экспозиция рассказывала о строении Земли и её оболочек, геологии и природе края. Среди экспонатов – многочисленные исторические, археологические, этнографические материалы.



Рис. 1. Здание музея.
Fig. 1. The museum building.

В начале XXI в. в одном из залов Музея была создана экспозиция, посвящённая всемирно известному учёному, основателю экологической микробиологии С.Н. Виноградскому (1856–1953). Это не случайно: именно в Городке находилась усадьба, принадлежавшая С.Н. Виноградскому до Октябрьской революции 1917 г. С 1920 г. и до конца жизни учёный жил в эмиграции, во Франции, где работал в Институте Пастера. Жители Городка бережно хранят о нём память: здесь была проведена посвящённая ему международная научно-краеведческая конференция (2007), а в сквере имени С.Н. Виноградского ему поставлен памятник (2012).

Сегодня для Музея построено новое здание, по техническому оснащению отвечающее всем потребностям современных музеев: интерактивные экраны и мониторы,

аудио и видео системы, многочисленные инсталляции, интерактивные экскурсии и путешествия. Интересен рассказ о прошлом и настоящем Городка; большое впечатление производит диорама, рассказывающая о Сарматском море, воды которого покрывали эту территорию 14–10 миллионов лет тому назад.

Одной из жемчужин Музея стала новая экспозиция, рассказывающая о жизни и деятельности С.Н. Виноградского. В одном из залов воссоздана его старинная лаборатория (здесь находится и единственная в мире восковая фигура С.Н. Виноградского), а также представлено современное лабораторное оборудование (рис. 2). В витрине размещены уникальные экспонаты, переданные в Музей из Москвы и Санкт-Петербурга: основанный Виноградским научный журнал «Архив биологических наук», оттиски его статей, знаменитая книга «Микробиология почвы», юбилейные медали в честь С.Н. Виноградского (рис. 3).



Рис. 2. Старинная и современная лаборатории.
Fig. 2. Antique and modern laboratories.



Рис. 3. Экспонаты витрины, посвящённой С.Н. Виноградскому.
Fig. 3. An exposition case devoted to S.N. Winogradsky.

Площадь обновленного Музея 1300 кв. м, экспозиции занимают 3 этажа, а на 4-ом этаже размещается Инновационный центр «Ступени в будущее», где реализуется ряд научно-образовательных проектов. Учебно-образовательный комплекс G-Museum успешно играет предназначенную ему роль хранителя памяти и выполняет учебно-просветительскую функцию.

Н.Н. Колотилова

Выставка «Страна заповедников: от амурского тигра до европейского зубра» в Государственном Дарвиновском музее.

“The Land of Reserves: From the Amur Tiger to the European Bison”, a State Darwin Museum exhibition.

На выставке в Дарвиновском музее 26 июня — 29 августа с.г. было представлено около 100 фотографий, сделанных учёным и путешественником Владимиром Васильевичем Горбатовским. На снимках — портреты животных, в основном редких и исчезающих, а также ландшафты заповедников, где они по-прежнему обитают. Запечатлены не просто прекрасные мгновения, но и неповторимые картины из жизни природы. Чтобы их создать, автор совершил более 200 путешествий по разнообразным заповедным уголкам России. Побывал на арктических островах Баренцева моря, объехал Русский Север (рис. 1), Валдай, центр Европейской части России, Поволжье, Калмыкию, Крым, Кавказ, Урал, Алтай, Тыву, Хакасию, Бурятию, Забайкалье, Якутию, Камчатку, Командорские и Курильские острова, Приморье.



Рис. 1. Река Оланга. Национальный парк Паанаярви, Карелия. Фото В. Горбатовского.
Fig. 1. Olanga River. Paanajärvi National Park, Karelia. Photo by V. Gorbatovsky.

В.В. Горбатовский смотрит на мир через объектив фотоаппарата глазами учёного, писателя, фотохудожника, путешественника. Более 30 лет работа и увлечение фотографией были посвящены делу охраны природы. Написано более 100 научных и научно-популярных изданий, в т. ч. посвящённых особо охраняемым природным территориям нашей страны. Охвачена вся сеть ООПТ России: 105 заповедников, 49 национальных парков, 67 заказников федерального значения, разбросанных на бескрайних просторах страны. Их общая площадь составляет свыше 600 000 км² — это сопоставимо с площадью Франции.

Путешествие по стране заповедников начинается с тех мест, где живет амурский тигр – южной части Дальнего Востока. Посетители побывали у подножия гор Сихотэ-Алиня в Приморском крае; на Камчатке прошли вековыми тропами хозяина полуострова – самого крупного из бурых медведей России (вес 650 кг и более – рис. 2); на Курильских островах посетили уголья рыбного филина – одной из самых малоизученных и редких птиц в мире. Самая большая сова в мире весит больше 4 кг, а размах

её крыльев достигает двух метров. Птицы образуют пары на всю жизнь, а она может продлиться 40 лет! Вместе с северным оленем посетители отправятся от берегов сибирской реки Лены до границ Норвегии и Финляндии.



Рис. 2. Самец бурого медведя. Курильское озеро, Камчатка. Фото В. Горбатовского.

Fig. 2. A male brown bear. Kuril Lake, Kamchatka. Photo by V. Gorbatsvsky.

Дзерен, или зобастая антилопа на территории России очень редка. Но зрители увидели её в степях Даурского заповедника в Забайкальском крае, полюбовались особо ценным подвидом соболя – баргузинским. Для его охраны в 1917 г. был создан первый заповедник в нашей стране. На берегах Байкала живёт байкальская нерпа. Её по современной классификации относят к семейству настоящих тюленей, а практически все тюлени живут в море. До сих пор среди учёных нет единой точки зрения, как нерпа попала в Байкал.

Путешествие продолжалось в краях, где сходятся границы России, Монголии, Китая и Казахстана и находятся горы Алтай: Алтайский заповедник, Катунский заповедник и заповедник Убсунурская котловина. Здесь представлены ландшафты Сибири: от степи и лесостепи до смешанных лесов и альпийских лугов, а под защитой заповедников находятся многие животные.

Недалеко от Москвы живёт европейский зубр – последний представитель диких быков в Европе. Первый зубровый питомник в России был создан в 1948 г. на территории единственного в Московской области Приокско-Тerrasного заповедника. Теперь зубры есть во многих заповедниках. В Окском, например, в 2020 г. родились участники выставки зубрята Мефей и Мерешка.

По материалам Дарвиновского музея

Выставка «Белая книга» в Государственном Дарвиновском музее “The White Paper”, a State Darwin Museum exhibition

Выставка «Белая книга» (25 мая – 12 сентября 2021 г.), представленная Департаментом природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, Международным фестивалем дикой природы «Золотая Черепаха» и Государственным Дарвиновским музеем, предвещает основную экспозицию фестиваля «Золотая Черепаха»

2021 г., которая откроется 24 сентября в Западном крыле Третьяковки на Крымском Валу. На выставке представлены 40 фотографий диких животных и их рельефно-графические копии с тифлокомментариями (рис. 1).



Рис. 1. Слабовидящие на выставке «Белая книга».
Fig. 1. Visually impaired visitors at the exhibition «The White Paper».

Впервые часть фотографий выставки Фестиваля были адаптированы для посетителей с нарушением зрения в 2019 г. С тех пор инклюзивные выставки, экскурсии и мастер-классы являются важной частью эколого-просветительского проекта Международного фестиваля дикой природы «Золотая Черепаха». Для выставки «Белая книга» отобраны работы известных мастеров фотографии дикой природы из разных стран мира (рис. 2). Это волнующие портреты животных, застигнутых в самые неожиданные моменты (рис. 3); их образы естественны, прекрасны и, главное, доступны не только зрячим людям, но также слабовидящим и слепым.



Рис. 2. Выставка «Белая книга». Ледяной король. Фото Александра Бес (Франция).
Fig. 2. Exhibition «The White Paper». Ice King. Photo by Alexandre Bes (France).

С 24 сентября по 31 октября выставка «Белая книга» продолжит свою работу на основной площадке фестиваля «Золотая Черепаха». Сайт фестиваля «Золотая Черепаха»: <https://www.wnfest.ru/>.

Т.С. Коровкина



Рис. 3. Выставка «Белая книга». Обнимашки. Фото Наталии Судец (Россия).
Fig. 3. The exhibition «The White Paper». Hugs. Photo by Natalia Sudets (Russia).

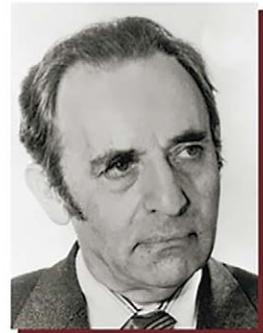
II Международная научная конференция «Мировые тренды и музейная практика в России», посвящённая 100-летию со дня рождения Аврама Моисеевича Разгона.

Second International Scientific Conference «World Trends and Museum Practice in Russia» dedicated to the 100th anniversary of the birth of Avram Moiseevich Razgon.

14–16 апреля 2021 г. в Российском государственном гуманитарном университете прошла II Международная научная конференция «Мировые тренды и музейная практика в России», организаторами которой стали Государственный исторический музей, Международный комитет по музеологии при ИКОМ (ИКОФОМ)¹ и ИКОМ России². В программе конференции были представлены более 70 докладов по самым разным направлениям современной музеологии и музейной практике, состоялись интересные дискуссии, были высказаны идеи и предложения о новых научных проектах. Некоторые докладчики выступали в онлайн-формате.

Центральное место на пленарной сессии было отведено вопросам вклада Аврама Моисеевича Разгона в теоретическое музееведение и международным аспектам современного музееведения, в частности, новому определению понятия «музей». Если в XX веке музей рассматривали исключительно как учреждение культурного наследия, где хранятся редкие коллекции вещей и объектов, открытые общественности для ознакомления, то в XXI веке границы музея расширились; это скорее уже «музейное простран-

*100-летию со дня рождения
Аврама Моисеевича Разгона
посвящается*



**Мировые тренды
и музейная практика
в России**

II Международная
научная конференция

¹ ИКОМ – Международный совет музеев; ИКОФОМ – Международный комитет по музеологии, созданный ИКОМ.

² ИКОМ России – Российский комитет Международного совета музеев.

ство». Критике такого подхода был посвящён доклад доктора археологии Яна Долака (Университет Коменского в Братиславе, Словакия), который считает, что не надо ничего менять в определении понятия «музей», так как все изменения идут в угоду политическим тенденциям, а музеи должны быть вне политики. Доклад доктора философии Франсуа Мересса (зав. кафедрой ЮНЕСКО по изучению музейного разнообразия и его эволюции Университета Новая Сорбонна, Франция), наоборот, раскрыл причины и противоречия, которые привели к необходимости пересмотреть понятие «музей». Среди основных причин – различное понимание сути музея в различных регионах мира, где чаще всего объектом музеологии является не только конкретное здание с коллекциями. Например, в Китае музеем считают «Литературный сад», на островах Фиджи – деревянные постройки и т. д. Более полную ясность в обсуждение проблемы понятия «музей» внёс Бруно Брюлон Соарес – председатель ИКОФОМ (профессор Федерального университета Рио-де-Жанейро, Бразилия). Он прокомментировал, почему в Киото в 2019 г. на конференции ИКОМ не было принято новое определение понятия «музей». Основная критика нового определения касалась нечёткости определения и того, что определение не только включало новые аспекты, но и исключало старые. Ниже мы приводим определение понятия «музей», которое обсуждали в Киото в 2019 г.

Музеи – это демократизирующиеся, инклюзивные и полифонические пространства для критического диалога о прошлом и будущем. Признавая и решая конфликты и проблемы настоящего, они доверяют артефакты и образцы обществу, хранят разнообразные воспоминания для будущих поколений и гарантируют равные права и равный доступ к наследию для всех людей.

Музеи не для прибыли. Они основаны на широком участии и прозрачны, работают в активном партнёрстве с различными сообществами и для них, чтобы собирать, сохранять, исследовать, интерпретировать, демонстрировать и улучшать понимание мира, стремясь внести свой вклад в человеческое достоинство и социальную справедливость, глобальное равенство и благополучие на планете.

До сентября 2021 г. идёт международное обсуждение и корректировка данного определения, затем будет его принятие.

На конференции работали несколько секций, на которых были рассмотрены теоретические и прикладные аспекты современной музеологии, а также наследие А.М. Разгона. Среди теоретических проблем музеологии наибольший интерес вызвала тема «Трансформация, отмирание и становление направлений в просветительской и образовательной деятельности современного музея», доклад на данную тему сделал Алексей Григорьевич Бойко – кандидат искусствоведения, главный специалист Государственного Русского музея (г. Санкт-Петербург). Обсуждение современных прикладных проблем музеологии было многогранным, так как касалось самых разных аспектов: музейных проектов в сфере исторического просвещения (Аникин Н.В., Государственный центральный музей современной истории России), компьютерных технологий в деятельности музеев (Ноль Л.В., кафедра музеологии РГГУ), роли подкаста в просветительской деятельности (Николаев И.Р., АНО «Идеи для музеев», г. Москва), научно-предметной реконструкции (Алтынбекова Э.К., Казахский национальный университет им. Аль-Фараби) и др.

В первый день работы конференции после завершения заседаний секций прошла презентация книги Петера ван Менш и Леонтины Мейер-ван Менш «Новые тренды в

музеологии». Данная монография издана организацией «МОСГОРТУР» при финансовой поддержке Посольства Королевства Нидерландов в Москве и посвящена широкому кругу прикладных вопросов – от музейной этики до систем оценки качества музейных проектов.

Особым событием конференции стало проведение 16 апреля Круглого стола «Университетские музеи: концепции, формы, решения», так как был затронут вопрос создания ассоциации вузовских музеев России. Инициатором обсуждения данного вопроса стала директор Музея истории Казанского университета Светлана Анатольевна Фролова. Эту идею поддержала Светлана Алексеевна Алтухова (зав. отделом музейных коллекций и редких книг Библиотечно-музейного комплекса Тюменского государственного университета), которая считает, что создание ассоциации позволит решить проблему статуса университетского музея. В этом случае, считает докладчик, не надо будет доказывать в собственном вузе необходимость музея и приём всех желающих посетителей, а не только студентов. Сотрудники Музея землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова (Л.В. Попова и М.М. Пикуленко) ознакомили участников Круглого стола с краткой историей университетских музеев и фактом существования Научно-методического центра музеев высших и средних профессиональных учебных заведений (на базе Музея землеведения МГУ), учреждённого по решению Министерства общего и профессионального образования РФ 04.01.1994. Однако в последние 10 лет возник ряд проблем объективного характера, не позволяющих развернуть активную работу по взаимодействию вузовских музеев, и в первую очередь, это отсутствие поддержки Министерства высшего образования и науки РФ. Но одновременно в нашей стране многие вузовские музеи по отдельности вступают в Международный Комитет университетских музеев и коллекций (UMAC) при ИКОМ. На апрель 2021 г. в UMAC насчитывалось 3879 университетских музеев и коллекций, из них от России – 157, в т. ч. от МГУ имени М.В. Ломоносова – 8: Музей землеведения, Зоологический музей, Музей антропологии, Музей истории МГУ, Ботанический сад, Гербарий, коллекция дрожжевых культур (ф-т почвоведения, каф. биологии почв) и коллекция бактериальных культур (биологический ф-т, каф. микробиологии).

Во время работы Круглого стола был рассмотрен также и ряд других вопросов: вовлечение студентов в музейную деятельность, создание виртуальных выставок, рекламная деятельность в Instagram, университетский музей как инструмент коммуникации, проектирование музейных экспозиций и др. Одним из наиболее интересных сообщений было выступление заместителя директора Музея истории Санкт-Петербургского политехнического университета (СПбПУ) Ивана Ивановича Хламова, который представил успешный опыт создания вузовского музея. Музей истории СПбПУ был создан в 2019 г., сразу был закреплен статус музея внутри вуза, через научное студенческое общество вуза удалось привлечь студентов к созданию экспозиций и к экскурсионной деятельности, а также через ассоциацию «Росмолодёжь» получить ряд грантов на различные музейные проекты. Участники заседания узнали из сообщения И.И. Хламова и об активно работающей ассоциации вузовских музеев Санкт-Петербурга.

Итогом работы Круглого стола «Университетские музеи: концепции, формы, решения» было внесение предложения в резолюцию конференции о необходимости дальнейшего взаимодействия с целью возрождения ассоциации университетских музеев России.

Л.В. Попова, М.М. Пикуленко

Первое учредительное заседание клуба друзей географии «ГЕОГРАФИЯ».
The first constituent meeting of the club of friends of geography «GEOGRAPHY».

18 августа 2021 г. в День географа в Музее Мирового океана (Калининград) состоялось первое учредительное заседание клуба друзей географии «ГЕОГРАФИЯ» (рис. 1).



Рис. 1. Участники заседания клуба друзей географии в конгресс-холле Музея Мирового океана 18 августа 2021 г.

Fig. 1. Participants of the meeting of the Friends of Geography Club in the Congress Hall of the World Ocean Museum on August 18, 2021.

День географа – один из самых молодых профессиональных праздников в России. По инициативе Русского географического общества, которое в 2020 г. праздновало своё 175-летие, и по поручению Президента России В.В. Путина, указом Министерства экономического развития РФ в знак признания заслуг российских географов перед отечественной и мировой географической наукой было установлено, что День географа будет отмечаться ежегодно 18 августа. Эта дата выбрана не случайно: именно в этот день в 1845 г. император Николай I утвердил представление министра внутренних дел графа Л.А. Перовского о создании Императорского Русского Географического общества.

География всегда была важной наукой. Вся история человеческой цивилизации – это история великих географических открытий, заселения и освоения планеты Земля, а в перспективе и других планет. Современная география – это синтез естественных и общественных наук, поэтому День географа отмечают люди многих смежных по своей специфике с географией профессий и специальностей – научные работники, преподавательский состав школ и ВУЗов, работники министерств и ведомств, рабочие и служащие, геодезисты, картографы и многие другие, в т. ч. работники многих естественнонаучных музеев. Праздник молодой, в этом году отмечался только второй раз и естественно, что его традиции пока только начинают складываться. В этой связи следует отметить начинание Музея Мирового океана, который предложил отмечать этот день клубным собранием друзей географии, на котором в неформальной обстановке можно было бы поговорить о любимой географии, о проблемах и достижениях,

о весёлых и не очень эпизодах в жизни друзей географии, обсудить события прошедшего года и наметить планы на будущее. Название клуба было предложено сообразно содержанию и значимости в обществе географии – «ГЕОГРАФИЯ». На приглашения Музея Мирового океана к участию в заседаниях клуба отозвались многие известные профессиональные географы, учёные других специальностей и просто неравнодушные к географии люди.

Первое учредительное заседание Клуба друзей географии состоялось в конгресс-холле Музея Мирового океана в День географа 18 августа в смешанном (онлайн, офлайн) формате. После прозвучавшего гимна географов в исполнении присутствующих со вступительным словом выступила директор Музея Мирового океана С.Г. Сивкова (рис. 2). Светлана Геннадьевна рассказала о том, что по задумке клуб «ГЕОГРАФИЯ» – это неформальная площадка, где могут собираться все неравнодушные к географии люди. Официальные, но не формальные, собрания клуба предполагается проводить раз в году в День географа 18 августа, но в течение года Клуб будет проводить различные мероприятия по научной, образовательной, просветительской и музейной тематике. Одно из предложений, которое озвучила С.Г. Сивкова – это проведение публичных лекций для студентов, школьников, представителей общественных организаций, заинтересованных граждан на площадке Музея Мирового океана с приглашением ведущих географов нашей страны из самых разных её уголков. Крайне важным для самого Музея могут стать такого рода информационные поводы, так как музей активно разрабатывает экспозицию в строящемся корпусе «Планета Океан», и самые последние географические и экологические проекты, в частности в исследовании Мирового океана, крайне важно фиксировать с целью дальнейшего их представления в музейных экспозициях.

Свои приветствия и пожелания Клубу высказали в режиме он-лайн: руководитель рабочей группы Межведомственной национальной океанографической комиссии РФ, руководитель Научно-координационного океанологического центра Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН Сергей Михайлович Шаповалов; директор научно-исследовательского института Арктики и Антарктики, доктор географических наук Александр Сергеевич Макаров; директор музея землеведения МГУ, профессор Андрей Валерьевич Смуров; заместитель директора по научной работе Морского гидрофизического института РАН, д.ф.-м.н. Александр Иванович Кубряков.

Среди тех, кто очно присутствовал на первом заседании клуба, ведущие специалисты в области географических наук, работающие в Калининградской области, старейшие географы, выпускники и преподаватели Балтийского федерального университета им. И. Канта: профессор Евгений Васильевич Краснов и профессор Галина Михайловна Баринова, которая начала подготовку географов для региона в далёком 1963 г. Собравшиеся в зале приветствовали сотрудников кафедры географии



Рис. 2. Приветственное слово Генерального директора Музея Мирового океана С.Г. Сивковой.

Fig. 2. The welcome speech of S.G. Sivkova, the General Director of the World Ocean Museum.

океана географического факультета БФУ им. И. Канта, которой в этом году исполняется 50 лет, а также научных сотрудников Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН – в большинстве своём выпускников кафедры географии океана разных лет. Сотрудники Музея рассказали собравшимся о реализуемых Музеем проектах, в частности о переводе «Физической географии» И. Канта. Выдающийся философ 40 лет преподавал географию в Кенигсбергском университете. Его лекции по физической географии в записи учеников были опубликованы в 1801 г. Это редкий книжный экземпляр хранится сегодня в музейном книжном собрании, а его перевод делается впервые. В 2024 г. Иммануилу Канту исполнится 300 лет со дня рождения. Участники заседания высказали единодушное мнение ряд встреч посвятить этому выдающемуся философу и географу.

Встреча прошла в очень тёплой атмосфере. Собравшиеся не только делились воспоминаниями, но и вместе с приглашёнными на встречу бардами исполняли любимые географические походные песни.

Все участники первого заседания клуба «ГЕОГРАФИЯ» выразили надежду, что клуб проявит себя как востребованная площадка встречи неравнодушных к географии людей и эти встречи помогут привлечь внимание молодёжи к изучению планеты Земля.

Л.Л. Емельянова

TABLE OF CONTENTS

INTERACTION OF GEOSPHERES

ON THE RESULTS OF REMOTE OBSERVATION OF PULSED ULTRA-LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC SIGNALS DETECTABLE MINUTES BEFORE AN EARTHQUAKE.

B.V. Dovbnya (pp. 304–313)

THE ROLE OF GEOPOLITICAL, CLIMATIC AND TECHNOLOGICAL FACTORS IN ESTABLISHING THE RATIO OF RENEWABLE AND FOSSIL ENERGY SOURCES.

V.N. Bashkin (pp. 314–327)

THE REALITY OF A CARBON FOOTPRINT IN GLOBAL CLIMATE CHANGE. *V.I. Efimov* (pp. 328–335)

WATER QUALITY RESTORATION: THE EFFECT OF ZOOPLANKTON ON CYANOBACTERIA DEVELOPMENT IN TWO EUTROPHIC PONDS. *T.N. Gerasimova, A.P. Sadchikov* (pp. 336–346)

NATURAL SCIENCE MUSEOLOGY: THEORY AND PRACTICE.

WHAT DID OUR ANCESTORS LOOK LIKE? OR, THE CAPABILITIES OF ANTHROPOLOGICAL RECONSTRUCTION. *E.V. Veselovskaya* (pp. 347–360)

ANALYSIS OF PRECIOUS GEMSTONES IN THE COLLECTION OF THE EARTH SCIENCE MUSEUM, BY OPTICAL AND SCANNING ELECTRONIC MICROSCOPY. THE FIRST RESULTS. *N.A. Gromalova, P.A. Chekovich* (pp. 361–367)

GEOTOURISM AS A NEW OBJECT OF STUDY IN EARTH SCIENCE. *Yu.N. Golubchikov, V.I. Kruzhalin* (pp. 368–376)

MUSEUM NEWS

THE HISTORY OF WORKERS' EDUCATION IN TULA: RESULTS OF RESEARCH IN THE MUSEUM OF THE HISTORY OF EDUCATION IN THE TULA REGION. *N.V. Gogolev* (pp. 377–381)

TAXONOMIC STRUCTURE OF THE EXPOSITION HERBARIUM OF THE MOSCOW STATE UNIVERSITY EARTH SCIENCE MUSEUM. *K.A. Golikov* (pp. 382–388)

THE JOURNEY OF THE WRITER S.V. SAKHARNOV AND THE ARTIST N.A. USTINOV TO THE FAR EAST (ABOUT THE EXHIBITION "THE MULTICOLORED SEA OF NIKOLAI USTINOV"). *N.I. Tregub* (pp. 389–393)

HISTORY OF SCIENCE

GUEST OF THE CANNIBALS: MIKLOUHO-MACLAY'S EXPEDITIONS TO NEW GUINEA (ON THE 175TH ANNIVERSARY). *D.A. Shumovskaya* (pp. 394–396)

ACADEMICIAN BORIS LAVRENT'YEVICH ISACHENKO: ON HIS 150th ANNIVERSARY. *N.N. Kolotilova* (pp. 397–407)

CHRONICLE. EVENTS

A new local history museum opens in Gorodok (Ukraine) (*N.N. Kolotilova*). "The Land of Reserves: From the Amur Tiger to the European Bison" and "The White Paper", two State Darwin Museum exhibitions (*T.S. Korovkina*). Second International Scientific Conference "World Trends and Museum Practice in Russia" dedicated to the 100th anniversary of the birth of Avram Moiseevich Razgon (*L.V. Popova, M.M. Pikulenko*). The first constituent meeting of the club of friends of geography "GEOGRAPHY" (*L.L. Emel'yanova*) (pp. 408–418)

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Журнал «Жизнь Земли» публикует результаты научно-исследовательской и музейно-методической работы сотрудников МГУ имени М.В. Ломоносова, музеев высших учебных заведений и других ведомств по взаимодействию геосфер, естественнонаучной музеологии, музейной педагогике и истории науки.

Направляемые в журнал статьи и материалы следует оформлять в соответствии с правилами, принятыми в журнале.

Объём рукописи статьи не должен превышать 1 а. л. вместе со сносками, аннотациями и списком литературы, для раздела «Краткие сообщения» – не более 0,25 а. л. Языки: русский, английский.

Материалы, набранные через 1,5 интервала 14 кеглем, следует передавать в редакцию в электронном виде по адресу: zhizn_zemli@mail.ru.

При наборе текста просьба различать буквы «е» и «ё»!

Схемы, графики, рисунки, фото и др. иллюстрационные материалы должны быть даны как в тексте, так и отдельно в графическом формате.

Ссылки на литературу даются в квадратных скобках номерами в соответствии с алфавитным списком литературы. При цитировании следует указать при этом конкретную страницу первоисточника.

К рукописи прилагаются:

– название статьи и место работы авторов на английском языке, а также транслитерация фамилий авторов;

– аннотация статьи и ключевые слова к ней на русском и английском языках (желательно англоязычный вариант резюме делать более подробным);

– список литературы на английском языке (references);

– англоязычные варианты подписей рисунков и таблиц;

– при публикации статьи на английском языке предоставляются: расширенная аннотация на русском языке, перевод названий рисунков и таблиц на русском языке, англоязычный список литературы (references);

– авторская справка и данные для связи с автором(ами): ФИО, должность, звание, адрес, телефон, электронный адрес.

Подробно правила для оформления статей опубликованы на сайте журнала <http://zhiznzemli.ru>, где также можно ознакомиться с архивом журнала и сборника научных работ «Жизнь Земли» с 1961 года.

Рукописи рецензируются.

Редакция журнала оставляет за собой право отклонять статьи, оформленные не по правилам, а также не прошедшие рецензирование.

Публикуемые материалы могут не отражать точку зрения редколлегии.

**Журнал зарегистрирован Роскомнадзором в качестве
периодического печатного средства массовой информации
(ПИ № ФС77-74444 от 30 ноября 2018 г.)**

**Учредитель: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова»**



**Журнал издаётся Музеем земледения МГУ
при содействии Неправительственного
экологического фонда имени В.И. Вернадского**



Подписка на журнал «Жизнь Земли»

Подписной индекс: Э39904

ОАО «Агентство по распространению зарубежных изданий» (АРЗИ) представляет интернет-магазин периодических изданий «Пресса по подписке».

На этом сайте Вы легко сможете оформить онлайн-подписку на журнал «Жизнь Земли» на 2021 год. Теперь не обязательно посещать отделение Почты России – Вы можете оформить подписку через Интернет по адресу: https://www.akc.ru/itm/z_hizn-zemli/

Легко выбрать, удобно оплатить. Подпишись и читай, не выходя из дома!

Вы можете купить подписку на печатную версию журнала «Жизнь Земли» на 2021 год (период: от 3 месяцев). Стоимость подписки — от 873 руб. Доставка изданий производится почтовыми бандеролями по России. Для юридических лиц доступна курьерская доставка по Москве.

**Журнал «Жизнь Земли» включён в систему цитирования РИНЦ
(договор 75-02/2017 от 15.02.2017)**

Журнал включён в систему КиберЛенинки – российской научной электронной библиотеки, построенной на концепции открытой науки

Журнал включён в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора наук» (Перечень ВАК).

Жизнь Земли: Междисциплинарный научно-практический журнал.
Ж71 Т. 43, № 3. — М.: Издательство Московского университета; МАКС Пресс,
2021. — 122 с.

ISSN 0514-7468

ISBN 978-5-317-06676-5

ББК 26.3

DOI 10.29003/m28.0514-7468

DOI 10.29003/m2434.0514-7468.2020_43_3

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ

Междисциплинарный научно-практический журнал

Том 43, № 3

2021 г.

Издание Музея землеведения МГУ
Адрес: Москва, Ленинские горы, дом 1
zhizn_zemli@mail.ru
<http://zhiznzemli.ru>

<http://msupress.com/catalogue/magazines/geografiya/>

Редакторы: *В.В. Снакин, Л.В. Алексеева*
Вёрстка: *В.Р. Хрисанов*

Отпечатано с готового оригинал-макета

Подписано в печать 25.08.2021 г.

Формат 70×100 1/16. Усл.печ.л. 9,91. Тираж 100 экз. Заказ № 135

Издательство ООО «МАКС Пресс»

Лицензия ИД N 00510 от 01.12.99 г.

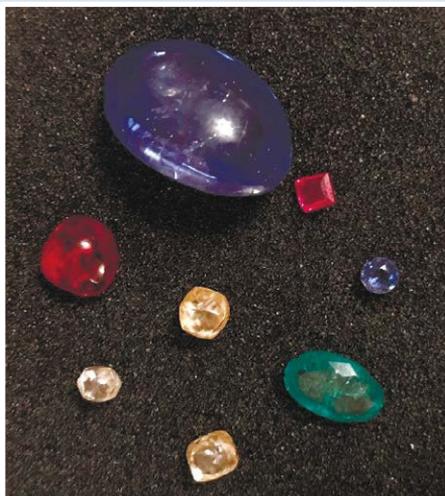
119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,
2-й учебный корпус, 527 к.

Тел. 8(495)939-3890/91. Тел./Факс 8(495)939-3891.

Отпечатано в типографии

ООО «Фотоэксперт», 115201, Москва, ул. Котляковская, д. 3, стр. 13

ИССЛЕДОВАНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ МУЗЕЯ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ (см. с. 361–367)



Драгоценные камни I группы: алмазы, сапфиры, рубины и изумруд.

ГЕОТУРИЗМ КАК НОВЫЙ ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ (см. с. 368–376)

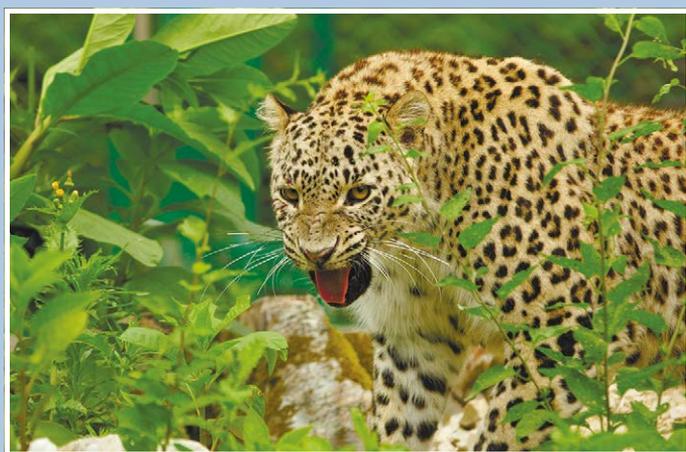


Геопарк Йелиу на Тайване. Фото Ю.Н. Голубчикова.

**ВЫСТАВКИ В ДАРВИНОВСКОМ МУЗЕЕ
(см. с. 389-393 и 410-413)**



Ледяной король. Фото Александра Бес (Франция).



Взрослый самец переднеазиатского леопарда,
Сочинский нацпарк. Фото В. Горбатовского.

