



ISSN 0514-7468

**40 (3)**

**2018**

# ЖУРНАЛ ЗЕМЛИ

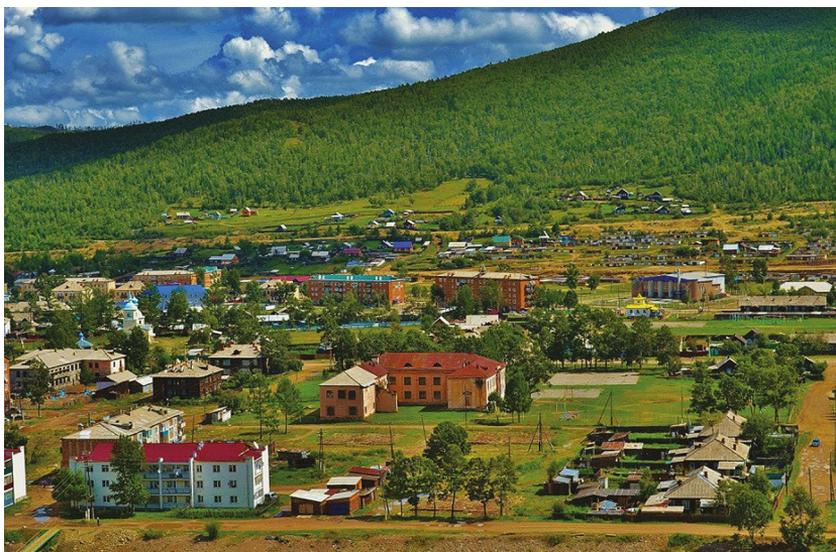
*Журнал Земли*

2018 40 (3)

2018



**ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА ДЖИДИНСКОГО  
ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
И ГОРОДА ЗАКАМЕНСКА (см. с. 283-292)**



Панорама г. Закаменска



Вольфрамит (губнерит) в кварце. Холтосонское месторождение, г. Закаменск.  
(ВФ МЗ 14691; дар Е.Н. Полякова Музею землеведения МГУ, 2017 г.).



ISSN 0514-7468

# Жизнь Земли

**2018**

**Т. 40, № 3**

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

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

---

***Редакционный совет:***

В.А. Садовничий (председатель Совета), Н.А. Абакумова, Ф.Г. Агамалиев (Азербайджан), А.П. Бужилова, С.А. Добролюбов, М.В. Калякин, Н.С. Касимов, М.П. Кирпичников, А.И. Клюкина, Нгуен Чунг Минь (Вьетнам), С.Х. Мирзоев (Таджикистан), А.С. Орлов, Д.Ю. Пушаровский, Н.Г. Рыбальский, 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, И.Л. Ган (Австралия), Е.П. Дубинин, А.В. Иванов, В.В. Козодёров, Н.Н. Колотилова, С.Н. Лукашенко (Казахстан), С.А. Маскевич (Беларусь), Йован Плавша (Сербия), Е.С. Полковникова, Л.В. Попова, А.П. Садчиков, С.А. Слободов, В.Р. Хрисанов, В.С. Цховребов, Э.И. Черняк, П.А. Чехович



**ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКОВСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА  
2018**

***Адрес редакции:***

119991, Москва, Ленинские Горы, МГУ,  
Музей землеведения;  
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/)



ISSN 0514-7468

# Zhizn' ZEMLI

**2018**  
Vol. 40, № 3

[THE LIFE OF THE EARTH]

SCIENTIFIC AND PRACTICAL INTERDISCIPLINARY JOURNAL

Published four times a year from 2016

---

**Editorial council:**

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

**Editorial board:**

A.V. Smurov (Ch. Editor), V.V. Snakin (deputy Ch. Editor), L.V. Alekseeva (Resp. Secretary), S. Aksenov (USA), M.I. Burlykina, I.L. Gan (Australia), E.P. Dubinin, A.V. Ivanov, V.V. Kozoderov, N.N. Kolotilova, S.N. Lukashenko (Kazakhstan), S.A. Maskevich (Belarus), J. Plavša (Serbia), E.S. Polkovnikova, L.V. Popova, A.P. Sadchikov, S.A. Slobodov, V.R. Khrisanov, V.S. Tskhovrebov, E.I. Chernyak, P.A. Chekhovich



PUBLISHING  
Moscow State University  
2018

**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>Дубинин Е.П., Кохан А.В., Филаретова А.Н.</i> Рельеф дна Северного Ледовитого океана .....	262
<i>Ковалёв А.А., Поляков Е.Н., Цыремпилов Д.А., Березовская Л.В., Дубинин Е.П.</i> Вчера, сегодня, завтра Джидинского вольфрамового месторождения и города Закаменска – сокровищницы Республики Бурятия .....	283

### ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ

<i>Захаров В.М.</i> Концепция здоровья среды: теория и практика (проблемы и перспективы) .....	293
<i>Цетлин В.В., Макеева В.М., Смуров А.В., Мойса С.С., Савчуков С.А.</i> Электрохимические параметры жидких биосред (на примере слизи модельного объекта – виноградной улитки) и воды как индикаторы воздействия космофизических факторов .....	301
<i>Румак В.С., Умнова Н.В.</i> Диоксины и безопасность биосистем: результаты натуральных исследований .....	308
<i>Зотин А.А.</i> Энергетический гомеостаз в биологической и социальной эволюции .....	324

### ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

<i>Наугольных С.В., Кирилишина Е.М., Исаев В.С.</i> Систематическое положение и морфология пермского папоротника <i>Pecopteris helenaeana</i> Zalessky (по материалам изучения новой музейной коллекции) .....	335
--	-----

### МУЗЕЙНАЯ ПЕДАГОГИКА

<i>Снакин В.В.</i> Глобальные природные процессы: неустойчивость развития .....	342
<i>Горецкая А.Г., Марголина И.Л.</i> Биоиндикационные методы в практике экологического образования .....	350

### ИСТОРИЯ НАУКИ

<i>Скрипко К.А.</i> Олег Оскарович Баклунд – геолог, петрограф, минералог, исследователь метеоритов .....	355
---	-----

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<i>Урмина И.А., Лебедева Е.А.</i> Значение Архива Российской академии наук в осуществлении международных научно-информационных проектов .....	365
<i>Крупина Н.И.</i> Вклад секции музеологии МОИП в межмузейное сотрудничество .....	369

### ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

Ломоносовские чтения-2017. Секция музееведения ( <i>Н.И. Крупина</i> ) .....	373
Прогресс России. Женский аспект ( <i>Н.Н. Колотилова</i> ) .....	374

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ .....	375
TABLE OF CONTENTS .....	376

---

---

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

---

---

УДК 551.462(268)

## РЕЛЬЕФ ДНА СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

**Е.П. Дубинин, А.В. Кохан, А.Н. Филаретова<sup>1</sup>**

*Рельеф дна Северного Ледовитого океана (СЛО) образован характерными типами морфоструктур планетарного масштаба: погружённой окраиной Евразийского и Североамериканского материков, которая состоит из шельфа, материкового склона и материкового подножья, системой глубоководных котловин и поднятий ложа океана, а также срединно-океаническим хребтом Гаккеля. Хребет Ломоносова разделяет ложе океана на два бассейна: Евразийский и Амеразийский. Для всех морфоструктур СЛО характерно расположение в определённом диапазоне глубин, резко отличном от таковых в других океанах Земли, что отражает специфику их происхождения и развития. Рассмотрены особенности строения рельефа дна. Наряду со структурами, для которых можно чётко установить геодинамическую природу рельефа (спрединговая природа Евразийской и Амеразийской котловин и хребта Гаккеля, сложенных океанической корой, континентальная природа коры хребта Ломоносова), имеется немало структур, морфология которых, а также геофизические данные пока не позволяют сделать однозначные выводы о природе их происхождения и особенностях эволюции.*

**Ключевые слова:** рельеф, Северный Ледовитый океан, морфоструктуры, хребты, котловины, поднятия.

## BOTTOM RELIEF OF THE ARCTIC OCEAN

*E.P. Dubinin<sup>1</sup>, Dr. Sci (Geol.), A.V. Kokhan<sup>2</sup>, PhD, A.N. Filaretova<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University (Earth Sciences Museum),*

*<sup>2</sup> LLC "Svarog"*

*The purpose of the article is to give the reader some information on the bottom relief of the Arctic Ocean. According to the article, it is formed by characteristic types of planetary-scale morphostructures such as the submerged margin of the Eurasian and North American continents, which consists of a shelf, a continental slope and a continental rise, a system of deep-sea basins and uplifts of the ocean floor, and the Gakkel Mid-Ocean Ridge. The*

---

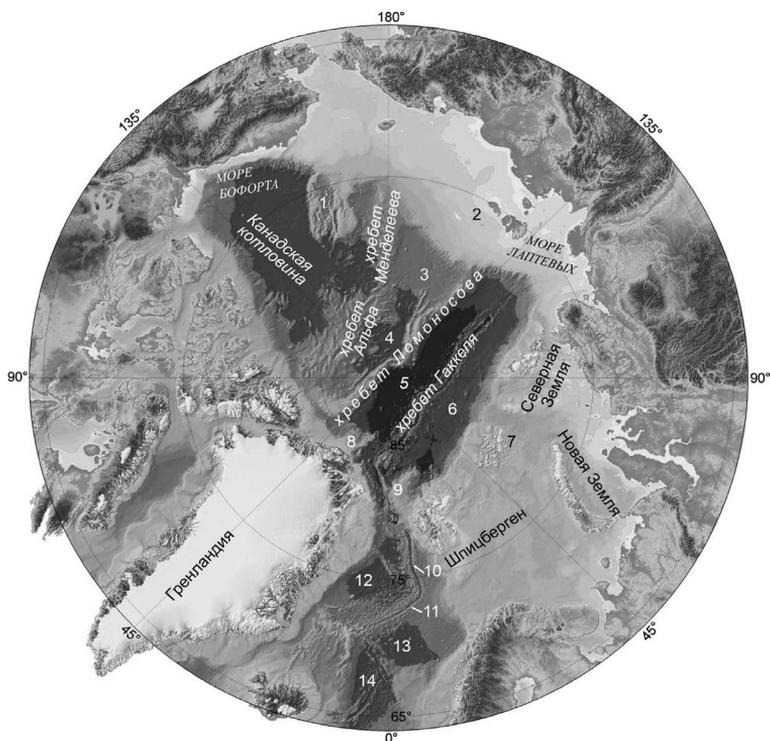
<sup>1</sup> Дубинин Евгений Павлович – д.г.-м.н., зав. сектором геодинамики Музея землеведения МГУ, [edubinin08@rambler.ru](mailto:edubinin08@rambler.ru); Кохан Андрей Валерьевич – к.г.-м.н., ст. инженер ООО «Сварог», [kkkkk1987@mail.ru](mailto:kkkkk1987@mail.ru); Филаретова Анна Николаевна – вед. инженер Музея землеведения МГУ, [anna32@yandex.ru](mailto:anna32@yandex.ru).

*Lomonosov Ridge divides the ocean floor into two basins: the Eurasian (includes the deep-water Amundsen and Nansen Basins and the Gakkel Mid-Ocean Ridge that separates them) and Amerasian (includes the deep-water Makarov, Podvodnikov and Canadian Basins and the Alfa-Mendeleev Ridge separating them). The authors state that all morphological structures of the Arctic Ocean are characterized by their location in a certain range of depths, sharply different from those in other oceans of the Earth, which reflects the specifics of their origin and development. Further the article considers the structure features of the bottom relief. Along with the structures for which the geodynamic nature of the relief can be clearly established (the spreading nature of the Eurasian and Amerasian Basins and the Gakkel Ridge composed of the oceanic crust, the continental nature of the crust of the Lomonosov Ridge), there are numerous structures whose morphology, as well as geophysical data do not allow to make definite conclusions about the nature of their origin and the features of evolution.*

**Keywords:** relief, Arctic ocean, morphostructures, ridges, basins, uplifts.

**Введение.** Планомерное и систематическое изучение рельефа дна Арктического бассейна проводится более пятидесяти лет [2, 6]. Начиная с 1960-х годов для определения глубин дна здесь применялись площадная авиадесантная сейсмическая и эхолотная съёмки со льда, обеспечивающие построение цифровых моделей рельефа дна разрешением 25×25 км и на детальных участках 10×10 км. В 1966 г. в СССР и в 1968 г. в США были опубликованы первые карты Северного Ледовитого океана (СЛО). В 1979 г. гидрографические службы Канады и США подготовили карту ГЕВСО (Генеральная батиметрическая карта океанов) СЛО под редакцией Д. Монахама масштаба 1:6 000 000 [19]. Эта карта на протяжении двух десятилетий оставалась единственным официальным картографическим источником по рельефу дна СЛО. К середине 90-х годов гидрографической службой России была практически закончена площадная съёмка Арктического бассейна. По её результатам ГУНиО МО совместно с ВНИИОкеангеология подготовили в 1998 г. карту рельефа дна СЛО масштаба 1:5 000 000 [13]. На основе этой карты, с привлечением новых данных, в 2002 г. ГУНиО МО РФ издало новую батиметрическую карту СЛО масштаба 1:2 500 000, которая достаточно полно отражала современный уровень батиметрических данных этого региона. В 2000 г. по инициативе международного Арктического научного комитета была создана международная батиметрическая карта Арктического океана (The international bathymetric chart of the Arctic Ocean – ИВСаО) с цифровой моделью рельефа дна разрешением 2,5×2,5 км [30]. Последняя версия цифровой модели рельефа дна ИВСаО V3.0 обладает разрешением 0,5×0,5 км [31]. В настоящее время часто используются глобальные цифровые модели рельефа поверхности Земли ETOPO1, ETOPO2, которые объединяют топографию суши и батиметрию океанов, полученные путём компиляции многочисленных глобальных и региональных данных [16]. Весь объём батиметрических материалов свидетельствует о том, что рельеф дна СЛО сложен и разнообразен [2, 3, 8, 10, 16, 17, 31, 32, 38, 39]. Он образован характерными типами морфоструктур планетарного масштаба (рис. 1): погружённой окраиной Евразийского и Североамериканского материков (включающей шельф, материковое подножие и материковый склон), системой глубоководных котловин и поднятий ложа океана, а также срединно-океаническим хребтом Гаккеля. Для всех морфоструктур характерно расположение в определённом диапазоне глубин дна. Однако соотношения отдельных морфоструктурных элементов дна в Северном Ледовитом океане резко отличны от таковых в других океанах Земли. В общей площади СЛО аномально высока доля шельфа (до изобаты 200 м) и континентального склона (интервал глубин 200–3000 м): они составляют 37,4% (4900 тыс. км<sup>2</sup>) и 49,1% (6436 тыс. км<sup>2</sup>) соответственно для шельфа и склона, тогда как в Мировом океане эти доли гораздо

меньше – 7,6 % (шельф) и 15,2 % (континентальный склон). Площадь ложа океана (глубина дна от 3000 м до 4800 м) в СЛО составляет 1764 тыс. км<sup>2</sup> (лишь 13,5 % от его общей площади). Морфоструктуры тектономагматических поднятий отмечены глубинами от 1000 до 3700 м. Для морфоструктур хребта Гаккеля характерен наибольший перепад глубин от 400 м до 5500 м. Аномально малой является средняя глубина СЛО в 1200 м, которая примерно в три раза уступает средним глубинам других океанов и Мирового океана в целом (3795 м) [12]. Каждой морфоструктуре, судя по средним значениям глубин, соответствует свой тип земной коры. Для шельфа, континентального склона и его подножья характерна континентальная кора различной степени утонения. Для глубоководных котловин – океаническая кора и субокеаническая кора, для морфоструктур тектономагматических поднятий – континентальная и субконтинентальная кора.



**Рис. 1.** Батиметрическая карта Северного Ледовитого океана [31]. Цифрами обозначены: 1 – Чукотское плато и поднятие Нортвинд, 2 – Новосибирские острова, 3 – котловина Подводников, 4 – котловина Макарова, 5 – котловина Амундсена, 6 – котловина Нансена, 7 – Земля Франца-Иосифа, 8 – плато Моррис-Джесуп, 9 – плато Ермак, 10 – хребт Книповича, 11 – хребт Мона, 12 – Гренландская котловина, 13 – Лафотенская котловина, 14 – Норвежская котловина.

Ложе океана разделяется хребтом Ломоносова на два субширотных бассейна: Евразийский (включает глубоководные котловины Амундсена, Нансена и разделяющий их срединно-океанический хребт Гаккеля) и Амеразийский (включает глубоководные котловины Макарова, Подводников, Канадскую и разделяющий их хребт Альфа-Менделеева). В глубоководной океанической части СЛО острова отсутствуют, в то время как шельф изобилует островами (рис. 1).

### **Рельеф глубоководных котловин.**

**Глубоководные котловины Евразийского бассейна.** Евразийский бассейн представляет собой замкнутую провинцию, ограниченную континентальными окраинами Евразии, Гренландии и хребтом Ломоносова (рис. 1). Он отделён от Норвежско-Гренландского бассейна проливом Фрама, расположенным между Гренландией и Шпицбергом, на востоке ограничен шельфом моря Лаптевых, на юге – шельфом Баренцева и Карского морей. Бассейн протягивается на расстояние около 2000 км и имеет ширину около 900 км. В средней части Евразийского бассейна располагается срединно-океанический хребет Гаккеля, который разделяет его на две котловины: Нансена, ограниченную Евразийским шельфом, и Амундсена, прилегающую к хребту Ломоносова. Рельеф дна котловин Нансена и Амундсена сформирован пологонаклонными к северу и к северо-западу абиссальными равнинами с глубинами 4000 и 4300 м соответственно. В результате различного режима седиментации, связанного с обильным сносом осадков с прилегающих участков континентального склона и шельфа Евразийского материка, глубина котловины Нансена повсеместно на 200–500 м меньше, чем котловины Амундсена (рис. 2). Котловина Амундсена, напротив, контактирует с шельфом в своей узкой восточной части и отделена от соседней котловины Нансена барьером в виде хребта Гаккеля, препятствующим поступлению осадков с юга. Для участков котловин, расположенных поблизости от континентальных склонов, характерен рельеф выровненных пологонаклонных к северу и северо-западу равнин. Для остальных частей котловин характерен типичный для таких районов океана холмистый и волнистый рельеф вулканического и аккумулятивного (сформированный в результате пассивного глубоководного осадконакопления) происхождения. В окрестностях моря Лаптевых Евразийский бассейн резко ограничивается крутым линейным континентальным склоном бассейна Амундсена, фиксируемым линеamentом Ломоносов-Хатанга, который, как полагают некоторые авторы, представляет собой сдвиговую трансформную границу на ранней стадии раскрытия Евразийского бассейна в раннекайнозойское время [24].

Рельеф фундамента океанической коры, подстилающей котловины и погребённый под осадками, отличается значительной расчленённостью. Амплитуда его изрезанности превышает 1000 м (рис. 2), что свидетельствует о вариациях в интенсивности проявления тектоно-магматических процессов на стадии формирования океанической коры в условиях ультрамедленного спрединга [41]. Мощность осадочного чехла варьирует в котловине Нансена от 8 км в районе окраины моря Лаптевых до 4,5 км в окрестности плато Ермак и плато Моррис Джесуп вблизи Гренландии. В котловине Амундсена мощность осадочного чехла несколько меньше. Её максимальные значения достигают 4,5 км в районе окраины моря Лаптевых, а минимальные ~3,5 км в центральной части бассейна. В районе рифтовой долины хребта Гаккеля осадки практически отсутствуют. Сам же хребет теряет свою топографическую выраженность по мере приближения к шельфу моря Лаптевых, где он оказывается в значительной степени погребённым под чехлом кайнозойских осадков [2, 38].

**Глубоководные котловины Амеразийского бассейна.** Амеразийский бассейн включает глубоководные котловины Макарова, Подводников и Канадскую, разделённые подводными хребтами Менделеева и Альфа.

**Канадская котловина** с глубинами дна 4–4,8 км является самой крупной структурой Арктического океана (рис. 1). Она протягивается от полюса на юг почти на 1600 км при максимальной ширине до 1000 км [4]. Её площадь более четверти миллиона ква-

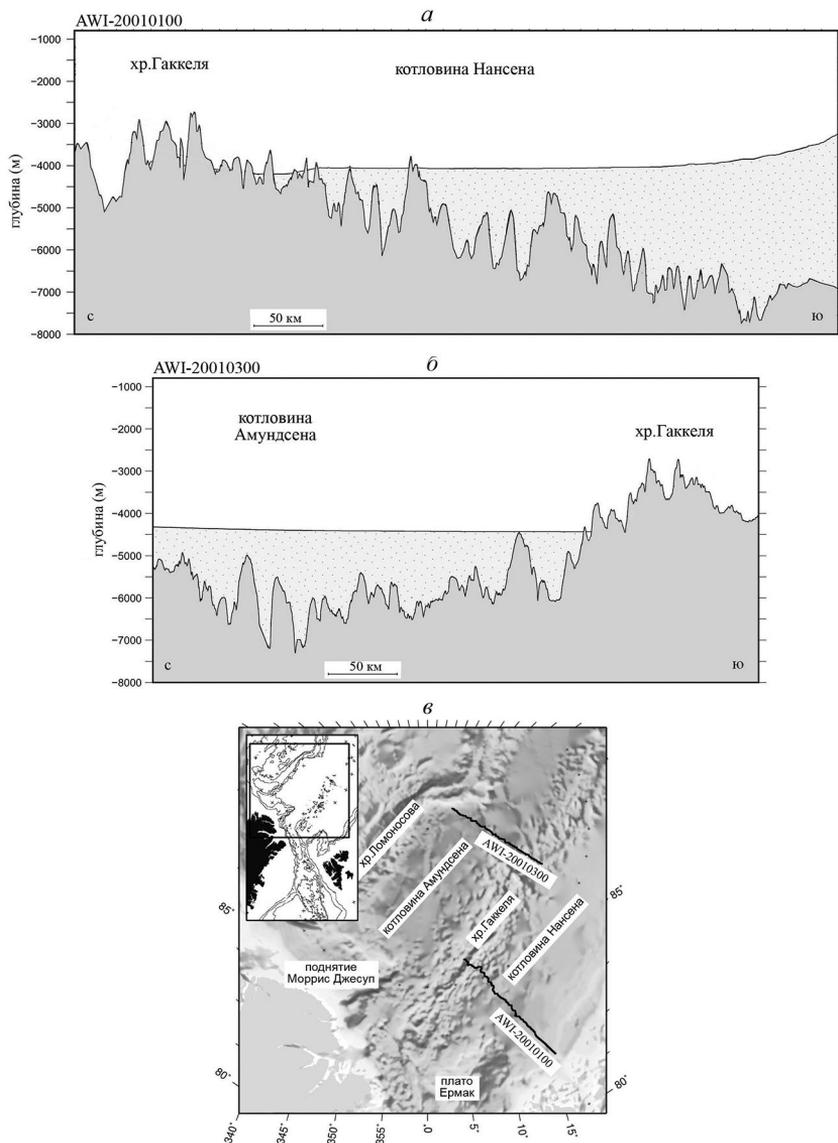


Рис. 2. Рельеф дна и рельеф фундамента котловин Евразийского бассейна: *а* – котловина Нансена; *б* – котловина Амундсена, *в* – расположение профилей (по [25]).

дратных километров. Котловина имеет треугольную форму с вершиной, обращённой на юг в море Бофорта. Рельеф дна котловины сформирован плоскими и волнистыми абиссальными равнинами. Бровка шельфа на значительном протяжении Канадской котловины фиксируется перегибом рельефа дна на глубинах от 200 до 400 м. Континентальный склон дифференцирован по крутизне, осложнён блоковыми поднятиями, террасами на глубинах 2600–3000 м и 3200–3400 м и разбит каньонами. Ширина континентального склона варьирует от 100 до 400 км. Наиболее крут и узок самый южный склон котловины в районе полуострова Аляска. Подножие континентального склона

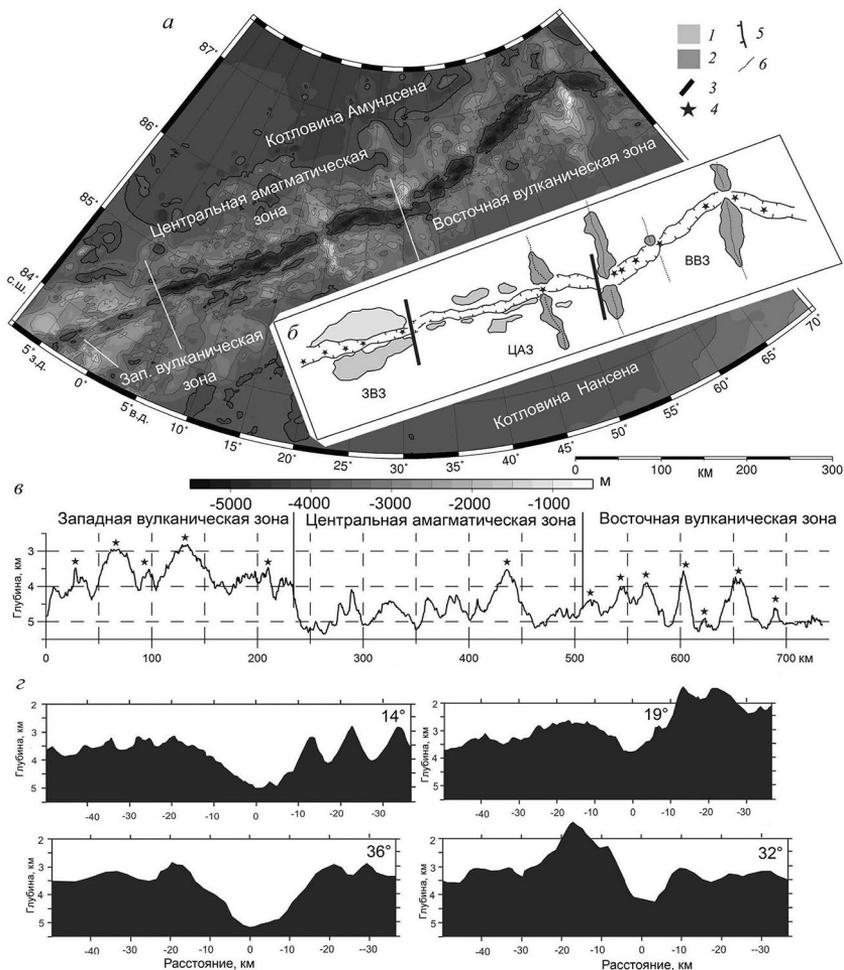
установлено чётким перегибом профиля на глубинах 3600–3800 м. В восточном секторе котловины развито континентальное подножие шириной до 150 км, расположенное в интервале глубин 3600–3800 м. Абиссальная равнина котловины расположена на глубинах 3800 м и более, она подстилается океанической корой и имеет небольшой наклон в направлении блока Нортуинд. Выровненная поверхность абиссальной равнины осложнена изолированными поднятиями высотой 600–800 м, отмеченными в непосредственной близости от поднятия Нортуинд. Мощность осадочного чехла увеличивается от Чукотского плато в сторону Аляски и Канадской окраины, достигая более 15 км в районе дельты р. Маккензи [38].

Котловины *Подводников* и *Макарова* ограничены с одной стороны хребтом Ломоносова, а с другой – хребтом Альфа-Менделеева (рис. 1). Рельеф дна этих котловин сформирован пологонаклонными и субгоризонтальными абиссальными равнинами. В целом они простираются параллельно хребту Ломоносова. Их общая длина составляет 830 км, а ширина 330 км. Котловина *Подводников* (Толля, или абиссальная равнина Врангеля) примыкает к континентальному склону Восточно-Сибирского моря и может быть рассмотрена как часть ступенчатого террасированного континентального склона [2]. Её дно располагается на глубинах около 2,5–3 км и полого понижается по направлению на север. В районе 86° с. ш. в котловине располагается серия субширотных сбросов (порог Арлис), по которым дно котловины погружается на 1–1,5 км. Севернее этой системы располагается более глубокая котловина Макарова с глубинами дна 3,8–4 км [2]. Дно котловины Макарова образуют плоские и волнистые абиссальные равнины, дно котловины *Подводников* – наклонная аккумулятивная равнина, формирование которой, по-видимому, связано с поступлением осадков с шельфа и континентального склона. Судя по значительным глубинам дна котловины Макарова, она подстилается океанической корой. О строении коры котловины *Подводников* можно судить менее определённо. Она либо имеет океанический генезис и погребена под значительной толщей осадков (4–6 км), что подтверждается геофизическими данными, либо представляет собой сильно утонённую континентальную кору [38].

**Рельеф срединно-океанического хребта Гаккеля.** Хребет Гаккеля представляет собой срединно-океанический хребет, непрерывно простирающийся примерно на 1800 км от 6° з. д. до 125° в. д. (рис. 1). В пределах российского сектора Арктики располагается его восточная часть протяжённостью около 1300 км. На западе хребет упирается в шельф Гренландии, где разделяет два краевых плато – Ермак и Моррис Дже-суп. Далее к юго-востоку хребет Гаккеля соединяется со спрединговым хребтом Мона посредством морфологически сложно выраженной транзитной сдвиго-раздвиговой системы, включающей трог Лена, впадину Моллой и хребет Книповича. На востоке рифтовая долина хребта упирается в шельф моря Лаптевых, где частично погребена под слоём кайнозойских осадков и слабо выражена в рельефе дна. Для хребта характерна самая низкая скорость спрединга среди Мировой системы СОХ: она изменяется от 0,6 (на востоке) до 1,3 см/год (на западе) [22, 38].

В рельефе дна хребет выражен поднятием шириной до 200–250 км. Его склоны сформированы системой впадин и приподнятых блоков, субпараллельных простиранию хребта. При удалении от центральной части хребта поднятия сглаживаются осадконакоплением и погружаются под осадочный чехол соседних глубоководных котловин Нансена и Амундсена в соответствии с законом остывания литосферы. В гребневой части хребта располагается рифтовая долина – глубокое ущелье с относительно большими глубинами в 2–2,5 км. Именно здесь максимально реализуется процесс

раздвижения океанического дна, связанный с подъёмом к поверхности по глубинным разломам высокотемпературного вещества мантии и формированием новой океанической коры. Дно рифтовой долины осложнено вулканическими и тектоническими хребтами высотой до 1,5–2 км и впадинами с максимальными глубинами до 5,5 км (рис. 3). Крупнейшие вулканические поднятия приурочены к участкам пересечения рифтовой долины с поперечными разломами, смещающими ось хребта на 10–20 км, вдоль которых на флангах рифтовой долины и склонах хребта формируются субмеридиональные поднятия, протягивающиеся в стороны от рифтовой долины на расстояние 100–150 км. К одному из таких поднятий приурочена подводная гора Ленинского Комсомола, которая достигает абсолютных глубин около 0,4 км, а её относительная высота составляет 3–3,5 км.



**Рис. 3.** Рельеф хребта Гаккеля: *а* – батиметрическая карта хребта и прилегающей акватории [28], *б* – структурная схема участка хребта; *в* – вдольосевой профиль, по данным [34]; *г* – поперечные батиметрические профили: 1 – поднятия рифтовых гор; 2 – перпендикулярные оси поднятия; 3 – границы морфологических провинций хребта; 4 – вулканические центры; 5 – бровки рифтовой долины; 6 – оси поднятий, перпендикулярных рифтовой долине (по данным [22]).

Особенностью хребта является его сочленение под прямым углом с континентальной окраиной моря Лаптевых. В результате в её пределах сформировалась система рифтогенных грабенов, выраженных в рельефе фундамента в виде депрессий и впадин на континентальном склоне и шельфе глубиной до 0,1–0,2 км.

При подходе хребта к материковой окраине Гренландии его ширина увеличивается, достигая 350 км. В этом районе рельеф хребта характеризуется значительной асимметрией. Его юго-восточный фланг представлен обширным по площади поднятым блоком, отделяющим рифтовую долину хребта от порога Нансена. Рифтовая долина прерывается на подходе к самой окраине, аналогично своему противоположному окончанию у подножия в районе моря Лаптевых.

По строению рельефа хребет Гаккеля может быть разделён на три крупных сегмента, отражающих различную интенсивность проявления тектонических и магматических процессов (рис. 3 а): западный (7° з. д.–3° в. д.), центральный (3–30° в. д.) и восточный (30–85° в. д.) [20, 22, 32, 34]. Западный сегмент протяжённостью более 200 км характеризуется рифтовой долиной шириной 7–20 км и глубиной до 4–4,2 км. Её крутые борта высотой до 1,5 км разбиты серией сбросов и террасированы (рис. 3 г). На дне долины располагается серия осевых вулканических хребтов, каждый из которых имеет протяжённость 15–50 км и высоту 500–1300 м от дна осевой долины [22]. Они отделяются друг от друга короткими участками долины, содержащими небольшие вулканические конусообразные постройки. Чёткая вулканическая и батиметрическая сегментация является линейной и существует при отсутствии каких-либо поперечных сдвиговых нарушений оси хребта (рис. 3 б, в).

Протяжённость центрального сегмента составляет 300 км. Для него характерна V-образная рифтовая долина с узким днищем шириной 2–8 км и пологими выровненными не нарушенными сбросами стенками крутизной местами до 25–30° (рис. 3 а). Ширина всей рифтовой долины в центральном сегменте больше, чем в западной – около 30 км (рис. 3 г). Глубина долины возрастает на 1–1,5 км, достигая значений 5–5,4 км (рис. 3 в, г). Её дно сформировано серией удлинённых впадин длиной 15–40 км. На большей части рифтовой долины не обнаружено вулканических построек и свежих лавовых потоков [21, 23]. Вулканические постройки располагаются только на бортах рифтовой долины. Внеосевой рельеф флангов хребта сформирован характерными валлообразными поднятиями высотой 1,5–2 км, с пологими симметричными склонами и узкими (1–2 км) вершинными поверхностями. Ширина поднятий достигает 12–20 км.

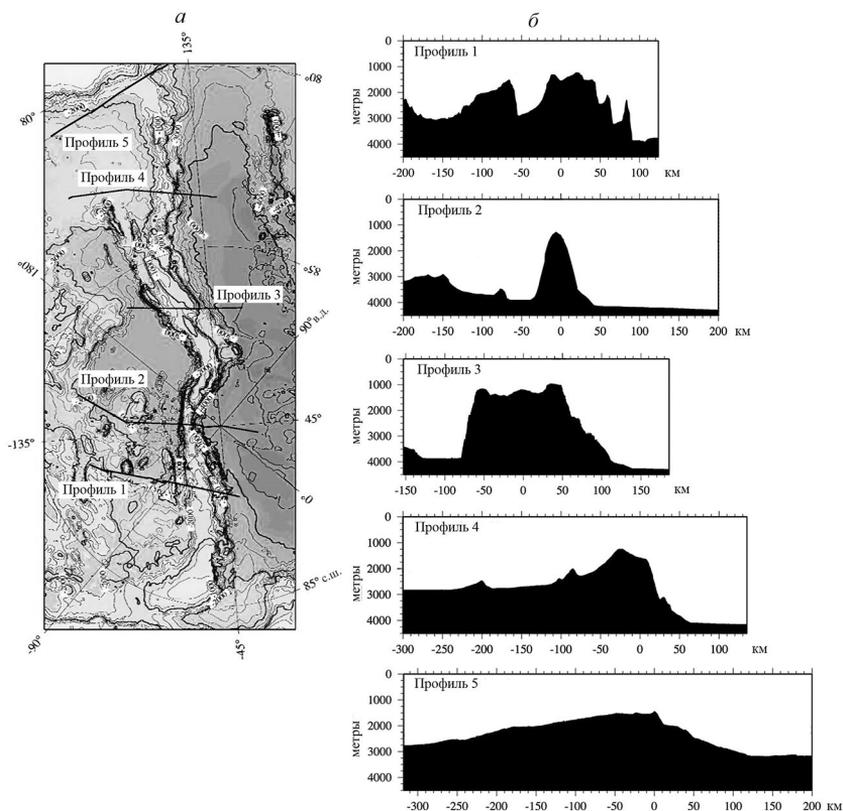
Протяжённость восточного сегмента составляет около 600 км (рис. 3). В рельефе дна сочетаются субортогональные растяжению магматические поднятия с минимальными глубинами до 2,5 км и впадины с глубинами до 5,2 км. Основной чертой рельефа является наличие крупных поднятий, субортогональных простиранию рифтовой оси. Расстояние между ними варьирует от 50 до 150 км. В пределах днища рифтовой долины этим поднятиям соответствуют вулканические хребты высотой до 1,5–2 км и длиной 20–35 км. Для днища долины характерны глубины в 4,5–5 км, ширина 12–15 км, при этом ширина всей рифтовой долины увеличивается до 30–40 км [34]. Крутые склоны долины расчленены сбросовыми уступами [32]. Внеосевой рельеф представлен платообразными возвышенностями с глубиной вершинных поверхностей около 3,5–4 км [22]. Для этого сегмента хребта Гаккеля характерны линейные вулканические поднятия в рельефе дна, локализованные в местах изменения простирания осевой зоны [35]. Они появляются на оси хребта и простираются в виде полос магматической коры в стороны от рифтовой долины, что свидетельствует об устойчивости вулканического процесса на протяжении ~20 млн лет [32].

**Рельеф тектономагматических поднятий.** Хребет Ломоносова представляет собой фрагмент континентальной коры, отделённый в процессе рифтогенеза от Евразийской окраины ~ 58 млн лет назад (линейная магнитная аномалия № 25) [29]. Он протягивается на 1800 км от острова Элсмир в Канадском Арктическом архипелаге до Новосибирских островов (рис. 1). Хребет отделяет мезозойский Амеразийский бассейн от кайнозойского Евразийского бассейна и, таким образом, имеет континентальные окраины по обеим своим сторонам [21]. В пределах российского сектора Арктики располагается его отрезок длиной около 1200 км. Ширина хребта изменяется от 60 до 200 км. Геологическое строение хребта Ломоносова в значительной степени предполагается на основании строения евразийской окраины, и особенно островов Шпицберген, Земля Франца Иосифа, Северная Земля [38].

В целом хребет Ломоносова представлен единой цепью вытянутых блоков с крутыми (до 16°) склонами, уклоны которых постепенно уменьшаются в двух южных направлениях вплоть до перехода склонов в подножия (рис. 4). Склоны хребта, обращённые в сторону Амеразийского бассейна, более крутые, чем склоны, обращённые в сторону Евразийского бассейна [21]. Блоки разделяются неглубокими секущими хребет грабенами с относительной глубиной до 0,3 км. Глубины относительно ровной вершинной поверхности хребта изменяются в диапазоне 1,5–2,0 км, а глубины в основании хребта достигают 3900–4300 м [2]. Хребет погрузился ниже уровня моря в раннем эоцене [36]. Его вершинная поверхность покрыта маломощным слоем осадков, а крутые склоны расчленены эрозионными каньонами. Однако морфология хребта изменяется вдоль его простирания. Вблизи 160° з. д. хребет резко изгибается и становится параллельным простиранию хребта Гаккеля [8]. От 87° с. ш., к северу от Гренландии, до 86° с. ш. хребет представляет собой единый блок с минимальными глубинами от 950 до 1400 м (рис. 4). К югу от 86° с. ш., в сторону Сибирской платформы, хребет разбивается на серию блоков шириной около 200 км. Окраина хребта Ломоносова, обращённая к Евразийскому бассейну, сложена серией деформированных при вращении блоков, уступообразно погружающихся в сторону котловины, что характерно для рифтогенной континентальной окраины (рис. 4). Склон хребта Ломоносова, обращённый к Амеразийской котловине на участке от ~87° с. ш. к северу от Гренландии до 89° с. ш. 180° з. д., сформирован линейным уступом без каких-либо доказательств вращательных деформаций, характерных для Евразийского склона (рис. 4) [21].

Несмотря на то, что рельеф, геофизические аномалии и сейсмические данные сильно варьируют вдоль простирания хребта Ломоносова, все они свидетельствуют о континентальной природе его коры, толщина которой изменяется от 15 до 30 км при средних значениях 25–27 км [38].

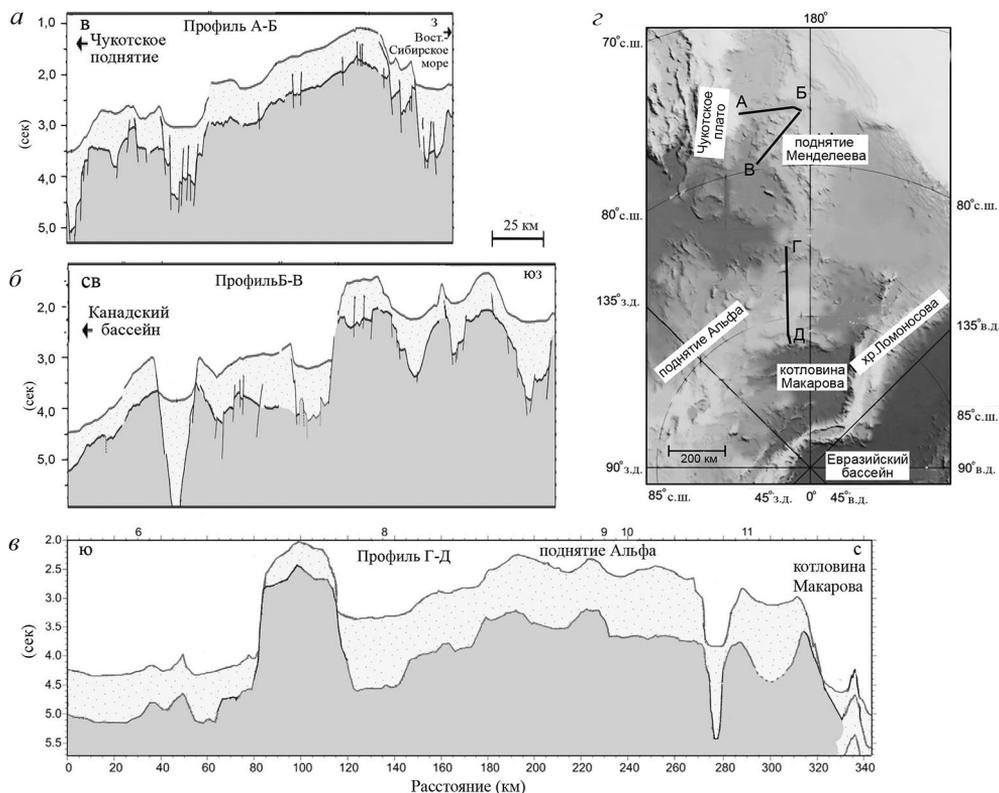
*Хребет (поднятия) Менделеева-Альфа* в 3–4 раза шире хребта Ломоносова и его поверхность расположена на более низком батиметрическом уровне. В 1949 г. дрейфующая станция СП-2 установила наличие горного поднятия к западу от Чукотского плато и назвала его в честь великого русского химика Д.И. Менделеева, который на рубеже XIX–XX веков предложил детальную и научно обоснованную программу освоения российской Арктики и организации судоходства по Северному морскому пути. Хребет Альфа был открыт спустя 10 лет, в 1957–58 гг., американской ледовой станцией Альфа, от которой он получил своё название. Хребет Менделеева субмеридионально простирается на 1200 км от шельфа Чукотского моря вдоль меридиана 180° (рис. 5). Он представляет собой систему хаотически расположенных плато, подводных гор, террас различных размеров, располагающихся на общем цоколе с глубинами в 2–2,5 км. Над



**Рис. 4.** Рельеф хребта Ломоносова: *а* – батиметрическая карта хребта Ломоносова и расположение профилей; *б* – батиметрические профили через хребет Ломоносова (по [21]).

окужающими глубоководными впадинами эти структуры возвышаются на 1,0–1,5 км [5]. Минимальные глубины дна составляют 1,5–1,7 км. Склон хребта Менделеева-Альфа имеет крутизну 8–9°, которая уменьшается в южных направлениях, переходя в подножие в районе Канадского Арктического архипелага и впадину Подводников. Склоны хребта пологие и не расчленены эрозионными формами. Сквозная долина, переходящая в каньоны западного и восточного склонов, разделяет поднятие на две части – Менделеева и Альфа. В морфологическом отношении последние имеют много общих черт, что и объясняет их объединение на мелкомасштабных картах в единое поднятие Менделеева-Альфа по батиметрическому контуру на глубине 2500 м, который имеет протяжённость 1700 м и ширину, меняющуюся от 200 до 700 км [38]. Хребты симметричны относительно их оси и занимают площадь ~708 000 км<sup>2</sup> [23]. Судя по древнейшим осадкам маастрихтского возраста, отобранным на хребте Альфа, а также геофизическим исследованиям на хребте Менделеева, это поднятие было сформировано в меловую эпоху нормального магнитного поля в интервале 78–120 млн лет [2].

Анализ гравиметрических и сейсмических данных показывает, что хребты Альфа и Менделеева имеют сходную плотностную и сейсмическую структуру коры со средней толщиной ~32 км, что значительно больше значений мощности типичной океанической коры. Как отмечалось в работе [38], имеется большое сходство скоростной структуры коры хребта Альфа-Менделеева, океанических плато и вулканических окраин.



**Рис. 5.** Рельеф поверхности и акустического фундамента поднятия Менделеева (а), по данным сейсмических исследований вдоль профилей Н0517-20а, 20б-23б и 24-26 [18], и поднятия Альфа (б, в), по данным многоканальных сейсмических исследований вдоль профиля LSSL2011-03/04 [27]; г – расположение профилей.

Это допускает неоднозначную интерпретацию типа коры данной структуры и предполагает вероятное влияние плюмовой активности, способствующей формированию крупной арктической магматической провинции. Современные очень крупные магматические провинции – такие как Исландская, Кергелен – имеют меньшую толщину коры, чем хребет Альфа-Менделеева. Но и там продолжается дискуссия о природе их коры. В структуре коры этих провинций выделены блоки, сложенные континентальной корой [9, 40]. В случае хребта Альфа-Менделеева, только плюмовой активностью и андерплейтингом трудно объяснить такую значительную мощность коры. Более вероятная, на наш взгляд, схема эволюции связана с растяжением и утонением континентальной коры и литосферы, подвергнутой значительной деструкции и андерплейтингу за счёт плюмовой деятельности.

Чукотское плато и поднятие Нордвинд осложняют строение юго-западной части Канадской котловины и представляют собой выступы краевых плато, сложенные, по всей видимости, погружённой утонённой континентальной корой. Они отделены друг от друга и от поднятия Менделеева узкими желобами и мелкими впадинами [8]. Оба поднятия простираются параллельно хребту Менделеева, от которого Чукотское плато отделено прогибом глубиной более 2 км [14]. Акустический фундамент плато представляет собой довольно выровненную поверхность с горизонтальными или субгори-

зонтальными рефлекторами. Грабеноподобные структуры отмечаются вдоль флангов плато [38]. Плотностное моделирование, фиксирующее коро-мантийную границу на глубине 30 км [23], подтверждает континентальную природу коры [38].

Поднятия Ермак и Моррис Джесуп располагаются симметрично относительно оси западной оконечности спредингового хребта Гаккеля со стороны котловин Амундсена и Нансена в районе их соединения с континентальной окраиной Гренландии и Шпицбергена (рис. 6). Поднятие (плато) Моррис–Джесуп имеет сложное блоковое строение. Наиболее поднят его юго-восточный блок (глубины 300–970 м), относительно опущен (глубины 700–1000 м) соседний с северо-запада блок (плато Воронова), и ещё более погружены следующие к северо-западу блоки (глубины 2200–2400 м и 2600–2800 м) [1]. Первые три блока имеют чёткий уступ к котловине Амундсена с относительными превышениями от 2000 до 1000 м (превышения уменьшаются к северо-западу). Далее на юго-восток континентальный склон тянется относительно прямолинейным уступом, соответствующим новейшему разлому. Особенно он отчётлив к югу от 80°с. ш., где сопрягается с субмеридиональным трогом Лены [1].

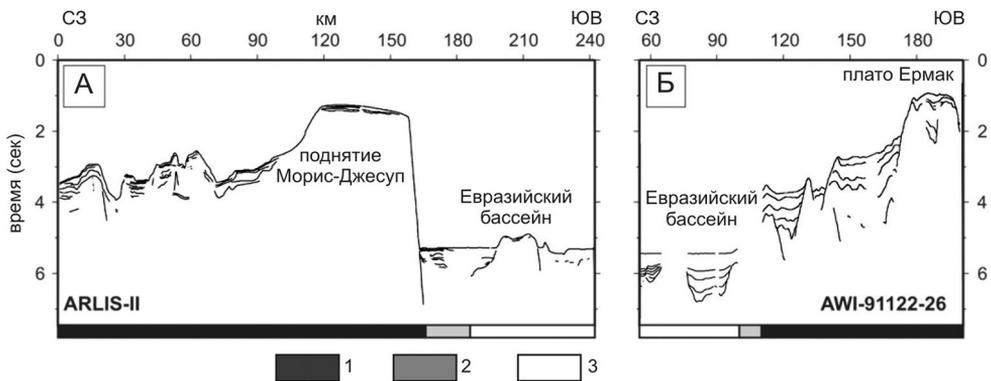


Рис. 6. Сопряжённые сейсмические профили через западную часть Евразийского бассейна, пересекающие поднятие Морис-Джесуп и северо-западный фланг плато Ермак [26].

Плато Ермак, так же как плато Моррис–Джесуп, наиболее поднято вблизи котловины Нансена (глубины 700 м), затем по сбросовым ступеням опускается до глубины более 2000 м и далее переходит в континентальный склон, за бровкой которого начинается шельф Шпицбергена [1, 33]. Рифтовая зона хребта Гаккеля, как и в районе шельфа моря Лаптевых, упиралась здесь в мощный Гренландско-Шпицбергенский континентальный блок. Однако в отличие от шельфа моря Лаптевых, где диффузный рифтинг сформировал систему грабенов, заполненных осадочным материалом, но не привёл к континентальному расколу, между Гренландией и Шпицбергеном произошёл раскол, в результате которого сформировались погружённые, выдвинутые в сторону океана и симметрично расположенные относительно хребта Гаккеля плато Моррис–Джесуп и Ермак. «Неудавшиеся» попытки проникновения рифтовой зоны хребта Гаккеля в пределы Гренландско-Шпицбергенского континентального блока запечатлены в виде бассейна Софии, в структуре фундамента которого наблюдается палеорифт, или авлакоген [33]. Юго-западная окраина плато Ермак подверглась сдвиговым деформациям, начавшимся ~50 млн лет назад в связи с формированием транзитной зоны между спрединговыми хребтами Гаккеля и Мона [33]. Полагают, что разделение между

плато Ермак и Моррис–Джесуп произошло ~35 млн лет назад, когда изменения в относительном движении между Гренландией и Шпицбергенем стали значительными. Отметим, что в это же время прекратился спрединг в Лабрадорском море [37].

**Рельеф континентального подножия и континентального склона.** Участки котловин, примыкающие к шельфу Евразии, плавно переходят в поверхность подножия континентального склона в интервале глубин 3800–4200 м в котловине Амундсена и 3200–4000 м в котловине Нансена. Континентальное подножие в рельефе представлено полого наклонённой равниной (углы наклона до 25 минут) по простиранию котловин и значительно большими углами наклона (до 1°) в направлении хребта Гаккеля. В районе континентальной окраины Гренландии и Евразии (архипелаг Шпицберген) подножие образует относительно узкую полосу (до 50 км) в интервале глубин 3800–4200 м и 3800–4000 м соответственно.

Равнины подножия всех котловин формировались под воздействием процессов глубоководного осадконакопления, а также в результате поступления осадков с расположенного выше континентального склона. Осадки сносятся мутьевыми потоками (кратковременные придонные течения, насыщенные осадками в виде взвесей) и подводными оползнями (отрыв и перемещение под действием силы тяжести донных отложений в виде оползневых блоков), которые останавливаются в верхней части континентального подножия из-за резкой смены уклонов дна (участки континентального склона обладают значительно большими уклонами). На отдельных участках континентального склона, где особенности тектонического строения (наличие разломов, например) и высокая активность мутьевых потоков и придонных течений способствуют усилению эрозионной активности, формируются глубоководные каньоны. Эти каньоны, врезанные в континентальный склон и подножие на 300 м и более, отличаются крутыми бортами, узким днищем, извилистостью в плане. Как и их аналоги на суше, они принимают многочисленные притоки. Днища каньонов осложнены террасами и аккумулятивными формами, а в их устьевых частях располагаются конуса выноса – конусовидные аккумулятивные формы. Они формируются потому, что скорость мутьевых потоков на выходе из каньонов уменьшается постепенно и количество отложений возрастает при удалении от устья каньона. Как уже отмечалось, истоки подводных каньонов, как правило, приурочены к устьям шельфовых желобов, в которых велика активность придонных течений и активно идёт процесс сноса осадков с окружающего равнинных участков шельфа. Континентальное подножие поблизости от устьев шельфовых желобов представляет собой поверхность гигантских конусов выноса. Они формируются в результате отложения осадочного материала, поступающего из шельфовых желобов и каньонов континентального склона. Бровка континентального склона располагается на глубинах от 300 м до 500–700 м в устьевых участках шельфовых желобов и на участках погружённых блоков шельфа.

**Рельеф шельфа.** Рельеф арктического шельфа обусловлен сочетаниями эндогенных (морфоструктура) и экзогенных (морфоскульптура) факторов. Эти факторы взаимодействуют на всей акватории СЛО, но они наиболее ярко проявляются и в наибольшей степени изучены на акватории шельфа. Крупные формы рельефа дна шельфа сформированы при определяющем воздействии эндогенных факторов – горизонтальных и вертикальных движений земной коры. В каждой из групп таких форм действуют определённые экзогенные процессы, формирующие формы рельефа более мелких размеров [11]. В зависимости от особенностей эндогенных процессов (степени погружения в результате различных движений земной коры) и морфологии рельефа

дна в пределах шельфа выделяется пять типов морфоструктур: прибрежная равнина (глубины до 50–100 м), равнина внешнего шельфа (глубины до 100–300 м), равнина погружённого шельфа (глубины от 300–350 до 500–700 м), днище и склоны шельфовых желобов и депрессий (глубины от 300 до 700 м в Карском и Баренцевом морях, и от 50 до 500–600 м в морях восточной части российской Арктики). Первоначальный рельеф арктического шельфа, созданный эндогенными процессами, был существенно переработан экзогенными процессами. Современный рельеф шельфа арктических морей сформирован в результате смены ледниковых и межледниковых обстановок и сопутствующих колебаний уровня моря. Наибольшее влияние на формирование современного рельефа шельфа оказало последнее (вюрмское) оледенение (18–20 тыс. лет назад), которое сопровождалось развитием покровных ледников и глубокой регрессией Мирового океана [11]. Воздействие экзогенных процессов на рельеф дна арктического шельфа в течение четвертичного периода носило различный характер в восточной и западной его частях, формируя его специфику. В западной части в периоды оледенения формировались покровные ледники, которые затрагивали всю восточную часть шельфа вплоть до меридиана 110° в. д. В восточной части покровное оледенение формировалось исключительно в пределах архипелага Новосибирских островов. Поэтому рельеф восточной части шельфа определяется преимущественно процессами шельфового осадконакопления, а западной – древними экзарационными формами и формами ледниковой аккумуляции. Расчленённость рельефа в Баренцевом и Карском морях гораздо выше. Здесь перепады глубин местами достигают 200–400 м. В восточных морях эта величина не превышает, как правило, 50–100 м.

В пределах Белого моря преобладают глубины порядка 60 м. Максимальная глубина составляет 300–330 м, она приурочена к впадине северо-западного простирания, которая протягивается от Онежского полуострова к Кандалакшскому заливу. Наиболее мелководная – северная часть моря. Глубины здесь достигают 60–70 м только в северной части пролива, соединяющего Белое море с Баренцевым. В центральной части моря располагается впадина субширотного простирания с глубинами до 100 м. Её дно плавно повышается по направлению к суше.

Рельеф Баренцева моря – наиболее сложный из всех морей российской Арктики. Его отличительной чертой является наличие большого числа желобов и поднятий. Глубины изменяются в диапазоне от 40–50 до 400–700 м. В южной части акватории располагаются поднятия Канинской, Мурманской и Гусиной банок. Севернее – Центральное поднятие и поднятие Персея. Между ними в субмеридиональном направлении протягивается Центральный жёлоб, а вдоль Кольского полуострова располагается Нордкапский жёлоб. Глубины в этих желобах не превышают 350–400 м. Севернее широты моря Желания дно моря расчленено субмеридиональными желобами Святой Анны и Франц-Виктория, которые располагаются к западу и востоку от погружённой части шельфа с архипелагом Земля Франца-Иосифа. В устьевых частях желобов глубины дна достигают 500–700 м.

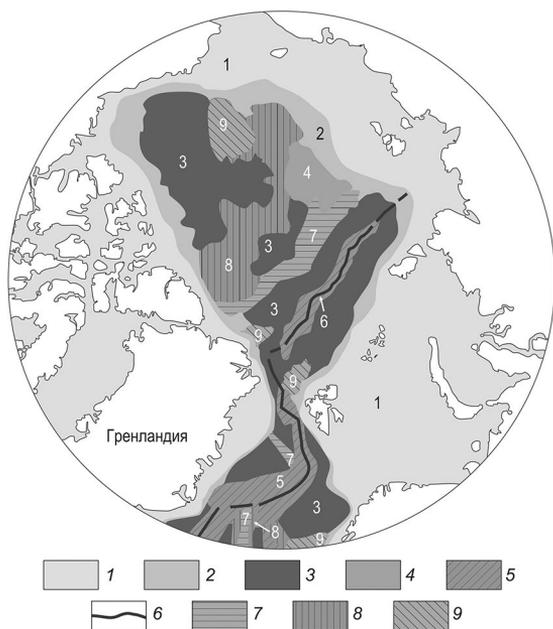
Рельеф Карского моря также отличается значительным расчленением. Южная часть акватории моря сформирована аккумулятивной равниной, образованной наносами крупнейших рек Обь, Таз и Енисей. Глубины здесь не превышают 30–50 м. Восточная часть моря подвергалась воздействию покровных ледников, спускавшихся с Новосибирских островов и гор полуострова Таймыр. В западной части моря параллельно архипелагу Новая Земля располагается Новоземельский жёлоб с глубинами дна до 500 м и хаотически расположенные поднятия с глубинами до 30–100 м. Рельеф

северной части акватории образован двумя крупными желобами – Святой Анны и Воронина. Глубины в жёлобе Воронина достигают 600 м. Между ними располагается мелководная (глубины до 30–100 м) Центрально-Карская возвышенность с островами Ушакова и Визе. Крупнейшие шельфовые желоба Баренцева и Карского морей имеют рифтогенную природу и ограничены разломами.

Рельеф морей восточной части Российской Арктики (Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) отличается однородностью, малой глубиной дна и невысоким расчленением рельефа [7]. Южная часть акваторий сформирована аккумулятивными равнинами, образованными в результате накопления осадков, приносимых реками Хатанга, Лена, Индигирка, Яна и другими. Для моря Лаптевых характерна система рифтогенных депрессий глубиной до 50 м, образованных на продолжении хребта Гаккеля. Для центральных частей Восточно-Сибирского и Чукотского морей характерен выровненный рельеф с глубинами 25–100 м. Поверхность дна расчленена ложбинами и депрессиями, которые, предположительно, являются древними руслами рек. Северная часть шельфа моря отличается большими глубинами – она погружена до глубин 100–500 м и формирует крупную ступень погружённого шельфа.

**Морфоструктуры дна Северного Ледовитого океана.** Арктический океан включает следующие морфоструктуры высшего порядка (рис. 7):

- морфоструктуры шельфа, расположенные на затопленном продолжении материка и подстилаемые континентальной корой;
- морфоструктуры континентального склона и подножья, подстилаемые преимущественно корой переходного типа;
- морфоструктуры ложа океана, подстилаемые корой различных типов от типичной океанической до континентальной различной степени деструкции;
- морфоструктуры срединно-океанического хребта Гаккеля, подстилаемые океанической корой.



**Рис. 7.** Схема морфоструктур Северного Ледовитого океана. 1 – шельф, 2 – континентальный склон и подножье, 3 – абиссальные равнины на океанической коре, 4 – абиссальные равнины на континентальной коре, 5 – поднятия СОХ, 6 – рифтовая долина, 7 – сводово-глыбовые поднятия на угонённой континентальной коре, 8 – тектоно-магматические блоковые поднятия, 9 – погружённые краевые плато с угонённой континентальной корой.

Морфоструктуры шельфа в зависимости от батиметрического положения подразделяются на морфоструктуры второго порядка, приуроченные к погружённому, внешнему шельфу и мелководному, внутреннему шельфу. К погружённому шельфу относится северо-западная и северная часть акватории Баренцева моря. К мелководному шельфу относится акватория южной части Баренцева моря и всех остальных шельфовых морей Арктики. Морфоструктуры шельфа служат подводным продолжением морфоструктур суши, и их распределение также определяется принадлежностью крупных геоструктур материков к древним (Баренцево море, восточная часть акватории Карского моря) и молодым (западная часть акватории Карского моря и акватории морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского) платформам. Принадлежность к платформам различной возрастной генерации определяет морфоструктуры третьего порядка, которые в зависимости от строения и рельефа поверхности дна подразделяются на структурно-денудационные возвышенности и аккумулятивные и пластово-аккумулятивные равнины. Все перечисленные морфоструктуры подстилаются континентальной корой и приурочены преимущественно к областям новейших опусканий. Наиболее широко структурно-денудационные возвышенности развиты в пределах северо-западной и северной частей Баренцева моря. К наиболее крупным из них приурочены острова и архипелаги. Наибольшая часть площади шельфа классифицируется как принадлежащая к аккумулятивным и пластово-аккумулятивным равнинам; наиболее обширным распространением они пользуются в восточной части шельфа (моря Восточно-Сибирское, Чукотское) и в южной части Баренцева и Карского морей. Вне вышеизложенной классификации выделяются морфоструктуры равнин шельфовых желобов и депрессий, предположительно обладающие рифтогенной природой и подстилаемые континентальной корой различной степени деструкции. Борты крупнейших желобов трассируются крупными морфолинеаментами и приурочены к разломным зонам. Наиболее крупные желоба приурочены к западной части шельфа и акваториям северо-западной и северной частей Баренцева моря (Центральная котловина, трог Франц-Виктория, трог Святая Анна), менее крупные желоба наблюдаются в акваториях Карского моря (трог Воронина), моря Лаптевых (ложбина Бегичева) и Чукотского (трог Геральд).

Шельф отделяется от глубоководной части Северного Ледовитого океана системой морфоструктур континентального склона и подножья. Они маркируют переход от континентальной коры к океанической коре и подстилаются переходной корой. К морфоструктурам данной группы принадлежат участки краевых плато и сбросовых ступеней, широко представленные в восточной части шельфа, а также на траверзе архипелага Земли Франца-Иосифа. Основная часть морфоструктур этой группы представлена сбросовыми и флексурными уступами континентального склона. Наклонные равнины в основании континентального склона широко развиты в восточной части котловин Амундсена и Нансена, и на большей своей площади подстилаются преимущественно океанической корой, но были внесены в данную группу по причине общности строения: наклонные равнины служат аккумулятивными шлейфами, формирующимися в результате накопления материала у подножья континентального склона. Нередко области шельфовые выдвинуты далеко в сторону океанических котловин, формируя погружённые плато и поднятия, сложенные континентальной корой, утонённой в процессе рифтогенеза: Ермак, Моррис Джесуп, Чукотское и Нордвинд.

Морфоструктуры ложа океана подстилаются корой различных типов. Равнины абиссальных котловин подстилаются океанической корой (котловины Амундсена и

Нансена), и, предположительно, корой различной степени деструкции (котловины Макарова, Подводников).

Поднятия ложа океана представлены сводово-глыбовым хребтом Ломоносова, подстилаемым утонённой континентальной корой и сформированным в результате отчленения протяжённого континентального блока от Евразийского материка в ходе рифтогенеза и последующего спрединга на хребте Гаккеля. С обеих сторон его окаймляют морфоструктуры переходных зон, во многом сходные по строению с аналогичными в переходных зонах от шельфа к ложу океана. Природа морфоструктур поднятия Альфа-Менделеева требует более детального изучения. По всей видимости, эти поднятия в морфоструктурном отношении представляют собой тектонически раздробленные блоковые структуры, осложнённые вулканическими горами на утонённой континентальной коре, испытавшей воздействие мантийного плюма.

**Заключение.** Несмотря на то, что размер Северного Ледовитого океана гораздо меньше размеров других океанов, рельеф его дна чрезвычайно разнообразен. Здесь встречаются все типы морфоструктур, характерные для любого океана: континентальные окраины с характерными структурами континентального шельфа, склона и подножия, глубоководные котловины разной глубины и возраста, подводные хребты и поднятия разной морфологической выраженности и генезиса. Однако соотношения отдельных морфоструктурных элементов дна в Северном Ледовитом океане резко отличны от таковых в других океанах Земли. Рельеф дна СЛО, с одной стороны, является результатом совместной деятельности широкого спектра эндогенных и экзогенных процессов, а с другой – важным индикатором интенсивности проявления этих процессов в течение всей истории развития Арктического бассейна. Наряду со структурами, для которых можно чётко установить геодинамическую природу рельефа и тип слагающей их коры (спрединговая природа хребта Гаккеля, котловины Канадская, Нансена и Амундсена, подстилаемые океанической корой, континентальная природа коры хребта Ломоносова), имеется немало структур, морфология которых, а также геофизические данные пока не позволяют сделать однозначные выводы о природе их происхождения и особенностях строения и эволюции. К таким структурам относятся хребет Альфа-Менделеева, сложенный, по всей видимости, утонённой континентальной корой, сильно изменённой плюмовым магматизмом, сформировавшим арктическую магматическую провинцию. Немало вопросов остаётся и при объяснении происхождения котловин Подводников и Макарова.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-05-00-378).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авенариус И.Г., Евтеева И.С., Логинова И.Э., Репкина Т.Ю. Подобие новейшей морфоструктуры Шпицберген-Северо-Гренландского и Лаптевского регионов // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Мурманск. 2006. С. 217–236.
2. Арктический бассейн (геология и морфология) / Ред. В.Д. Каминский. СПб.: ВНИИОкеангеология. 2017. 291 с.
3. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан. Т. 3. Изд. ГУНиО МО СССР. 1983.
4. Богданов Н.А. Тектоника Арктического океана // Геотектоника. 2004. № 3. С. 13–30.
5. Гусев Е.А. Камни на дне Северного Ледовитого океана // Природа. 2014. № 8. С. 31–38.
6. Каминский В.Д., Мурзин Р.Р., Поселов В.А., Буценко В.В., Глебовский В.Ю., Павленкин А.Д., Поселова Л.Г. Геофизическая изученность основных геоструктур СЛО и обоснованность существующих геологических гипотез // Материалы Межд. конф. «Морфология и геологическая природа глубоководных акваторий и подводных поднятий Арктического бассейна». М.: ВНИИОкеангеология, МПР РФ, 2004. С. 12.

7. Кулаков И.Ю., Гайна К., Добрецов Н.Л., Василевский А.Н., Бушенкова Н.А. Реконструкция перемещений плит в арктическом регионе на основе комплексного анализа гравитационных, магнитных и сейсмических аномалий // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 8. С. 1108–1125.
8. Ласточкин А.Н., Нарышкин Г.Д. Новые представления о рельефе дна Северного Ледовитого океана // Океанология. 1989. Том XXIX, вып. 6. С. 968–973.
9. Лейченко Г.Л., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л., Агранов Г.Д. Формирование и развитие микроконтинентов плато Кергелен, Южная часть Индийского океана // Геотектоника. 2018.
10. Нарышкин Г.Д. Рельеф дна Арктического бассейна. Автореф. д.г.н. М.: МГУ, 2001. 64 с.
11. Никифоров С.Л., Островский Д.Б., Павлидис Ю.А., Селезнёв И.А. История развития рельефа шельфа Арктики и создание цифровой модели морского дна // Подводные исследования и робототехника. 2007. № 1 (3). С. 66–75.
12. Океаны и материки. Кн. 1 / Садовничий В.А., Козодёров В.В., Ушаков С.А., Дубинин Е.П., Ушакова Л.А., Залогин Б.С., Кузьминская К.С. М.: Изд-во МГУ, 2003. 400 с.
13. Рельеф дна Северного Ледовитого океана. М. 1:5 000 000. СПб.: ГУНиО МО, ВНИИ-Океангеология, РАН, 1998.
14. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. М.: Научный мир, 2001. 606 с.
15. Центральный Арктический бассейн. М. 1:2 500 000. СПб.: ГУНиО МО РФ, 2002. № 91115.
16. Amante C., Eakins B.W. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: procedures, data sources and analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. 19 p. March 2009.
17. Bathymetry of the Arctic Ocean. US Naval Research Laboratory – Acoustic Division. Washington, 1985.
18. Bruvold V., Kristoffersen Y., Coakley B.J., Hopper J. Hemipelagic deposits on the Mendeleev and Alpha sub-marine ridges in the Arctic Ocean: acoustic stratigraphy, depositional environment and inter-ridge correlation calibrated by the ACEX results // Marine Geophys. Research 2010. V. 31. P. 149–171. DOI 10.1007/s11001-010-9094-9.
19. Canadian Hydrographic Service. General Bathymetry Chart of the Oceans (GEBCO). Sheet 5.17, Scale 1:6 000 000. Ottawa: Canadian Hydrographic Service, 1979.
20. Cochran J.R., Kurras G.J., Edwards M.H. & Coakley B.J. The Gakkel Ridge: bathymetry, gravity anomalies and crustal accretion at extremely slow spreading rates // J. geophys. Res. 2003. 108, 2116. DOI 10.1029/2002JB001830.
21. Cochran J.R., M.H. Edwards, Coakley B.J. Morphology and structure of the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean // Geochem. Geophys. Geosyst. 2006. V. 7, №5, Q05019. DOI 10.1029/2005GC001114.
22. Cochran J.R. Seamount volcanism along the Gakkel Ridge, Arctic Ocean // Geophys. J. Int. 2008. P. 1153–1173. DOI 10.1111/j.1365246X.2008.03860.x.
23. Dove D., Coakley B., Hopper J., Kristoffersen Y. HLY0503 Geophysics Team. Bathymetry, controlled source seismic and gravity observations of the Mendeleev ridge; implications for ridge structure, origin, and regional tectonics // Geophysical J. Int. 2010. V. 183. P. 481–502. DOI 10.1111/j.1365-246X.2010.04746.x.
24. Drachev S.S., Kaul N., Beliaev V.N. Eurasias preading bas into Laptev Shelf transition: structural pattern and heat flow // Geophys. J. Int. 2003. V.152. P. 688–698.
25. Ehlers B.-M. and Jokat W. Subsidence and crustal roughness of ultra-slow spreading ridges in the northern North Atlantic and Arctic Ocean // Geophys. J. Int. 2009. V.177. P. 451–462. DOI 10.1111/j.1365-246X.2009.04078.x.
26. Engen Ø., Faleide J.I., Dyreng T.K. Opening of the Fram Strait gateway: A review of plate tectonic constraints // Tectonophysics. 2008. V. 450. P. 51–69
27. Evangelatos J., Funck T., Mosher D.C. The sedimentary and crustal velocity structure of Makarov Basin and adjacent Alpha Ridge // Tectonophysics. 2017. V. 696–697. P. 99–114.
28. General Bathymetric Chart of the Ocean. 2009. Ver. 2 (<http://www.marine-geo.org>).
29. Glebovsky V.Yu., Kaminsky V.D., Minakov A.N., Merkur'ev S.A., Childers V.A., Brozena J.M. Formation of the Eurasia Basin in the Arctic Ocean as inferred from geohistorical analysis of the anomalous magnetic field // Geotectonics. 2006. V. 40, № 4. P. 263–281.
30. Jakobsson M., Cherkis N., Woodward J., Danish R., Macnab R., Cookley B. New Grid of Arctic Bathymetry Aids Scientists and Mapmakers // EOS. 200. V. 81, № 9. 29.02.2000 ([www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/arctic.html](http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/arctic.html)).

31. Jakobsson M., Mayer L., Coakley B., et al. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0 // *Geophysical Res. Letters*. 2012. V. 39, L12609. DOI 10.1029/2012GL052219.
32. Jokat W. Seismic investigations along the western sector of Alpha Ridge, Central Arctic Ocean // *Geophys. J. Int.* 2003. № 152. P. 185–201.
33. Jokat W., Geissler W., Voss M. Basement structure of the north-western Yermak Plateau // *Geophys. Res. Lett.* 2008. V. 35, L05309. DOI10.1029/2007GL032892.
34. Michael P.J. Langmuir C.H., Dick H.J.B., et al. Magmatic and amagmatic seafloor generation at the ultraslow-spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean // *Nature*. 2003. V. 423. P. 56–961.
35. Minakov A.N., Podladchikov Yu.Yu., Faleide J.I., Huismans R.S. Rifting assisted by shear heating and formation of the Lomonosov Ridge // *Earth planet. Science Letters*. 2013. V. 373. P. 31–40.
36. Moran K., Backman J., Brinkhuis H. The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean // *Nature*. 2006. V. 441 (<http://dx.doi.org/10.1038/nature04800>).
37. Osler J.C., Loudon K.E. Extinct spreading center in the Labrador Sea: Crustal structure from a two-dimensional seismic refraction velocity model // *J. Geophys. Res.* 1995. V. 100. P. 2261–2278.
38. Pease V., Drachev S., Stephenson R., Zhang X. Arctic lithosphere – A review // *Tectonophysics*. 2014. V. 628. P. 1–25.
39. Schenke H.W., Gauger S. AWI Bathymetric Chart of the Gakkel Ridge (AWI BCGR) (Scale 1:150,000). Bremerhaven: Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, 2007 (<http://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.733039>).
40. Torsvik T.H., Amundsen H.E.F., Trønnes R.G. Continental crust beneath southeast Iceland. 2015. PNAS Early Edition ([www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1423099112](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1423099112)).
41. Weigelt E., Jokat W. Peculiarities of roughness and thickness of oceanic crust in the Eurasian Basin, Arctic Ocean // *Geophys. J. Int.* 2001. V. 45. P. 505–516.

#### REFERENCES

1. Avenarius I.G., Evteeva I.S., Loginova I.E., Repkina T.Yu. The newest similarity of morphological structure in the Spitsbergen-North Greenland and Laptev regions. *Kompleksnye issledovaniya prirody Shpitsbergena*. 217–236 (Murmansk, 2006) (in Russian).
2. Kaminskij V.D. (ed.). *Arctic basin (Geology and morphology)*. 291 p. (S.-Petersburg: VNIIOkeangeologiya, 2017) (in Russian).
3. *Atlas of the oceans. Arctic ocean*. V.3 (Izd. GUNiO MO SSSR, 1983) (in Russian).
4. Bogdanov N.A. Tektonika Arkticheskogo okeana. *Geotektonika*. 3. 13–30 (2004) (in Russian).
5. Gusev E.A. Rocks at the bottom of the Arctic ocean. *Priroda*. 8, 31–38 (2014) (in Russian).
6. Kaminskii V.D., Murzin R.R., Poselov V.A., Butsenko V.V., Glebovskii V.Iu., Pavlenkin A.D., Poselova L.G. Geophysical study of the basic GEO-structures of NIO and the validity of existing geological hypotheses. *Proceedings of the international conference “Morphology and geological nature of deep-water areas of the Arctic basin”* (Moscow: VNIIOkeangeologiya. Ministerstvo prirodny`x resursov Rossijskoj Federacii, 2004) (in Russian).
7. Kulakov I.Iu., Gaina K., Dobretsov N.L., Vasilevskii A.N., Bushenkova N.A. Reconstruction of plate displacements in the Arctic region on the basis of complex analysis of gravitational, magnetic and seismic anomalies. *Geologiya i geofizika*. 54 (8), 1108–1125 (2013) (in Russian)
8. Lastochkin A.N., Naryshkin G.D. New ideas about the bottom relief of the Arctic ocean. *Okeanologiya*. XXIX (1), 968–973 (1989) (in Russian).
9. Leichenkov G.L., Dubinin E.P., Grokholskii A.L., Agranov G.D. The formation and development of microcontinents Kerguelen plateau, southern Indian ocean. *Geotektonika* (2018) (in Russian).

10. Naryshkin G.D. *The bottom relief of the Arctic basin*. Author's abstract of the Dr.Sci (geogr.). 64 p (Moscow: MGU, 2001) (in Russian).
11. Nikiforov S.L., Ostrovskii D.B., Pavlidis Iu.A., Seleznev I.A. History of the relief development of the Arctic shelf and creation of digital models of the seabed. *Podvodnyye issledovaniya i robototekhnika*. **1** (3), 66–75 (2007) (in Russian).
12. Sadovnichii V.A., Kozoderov V.V., Ushakov S.A., Dubinin E.P., Ushakova L.A., Zalogin B.S., Kuzminskaia K.S. *Oceans and continents*. Book 1. 400p. (Moscow: MGU, 2004) (in Russian)
13. *Relief of the bottom of the Arctic ocean*. Scale 1:5000000 (S.-Petersburg: GUNiO MO, VNIIOkeangeologiya, RAN, 1998) (in Russian).
14. Khain V.E. *Tectonics of continents and oceans*. 606 p. (Moscow: Nauchny`j mir, 2001) (in Russian).
15. *The Central Arctic basin*. Scale 1:2 500 000. (S-Petersburg: GUNiO MO RF, 2002, № 91115) (in Russian).
16. Amante C., Eakins B.W. *ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: procedures, data sources and analysis*. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. 19 p. (March 2009).
17. *Bathymetry of the Arctic Ocean*. (US Naval Research Laboratory - Acoustic Division. Washington, 1985).
18. Bruvold, V., Kristoffersen, Y., Coakley, B.J., Hopper, J. Hemipelagic deposits on the Mendeleev and Alpha sub-marine ridges in the Arctic Ocean: acoustic stratigraphy, depositional environment and inter-ridge correlation calibrated by the ACEX results. *Marine Geophys. Research*. **31**, 149–171 (2010). DOI 10.1007/s11001-010-9094-9.
19. *Canadian Hydrographic Service. General Bathymetry Chart of the Oceans (GEBCO)*. Sheet 5.17. Scale 1:6 000 000 (Ottawa: Canadian Hydrographic Service, 1979).
20. Cochran, J.R., Kurras, G.J., Edwards, M.H. & Coakley, B.J. The Gakkal Ridge: bathymetry, gravity anomalies and crustal accretion at extremely slow spreading rates. *J. geophys. Res.* **108**, 2116 (2003). DOI 10.1029/2002JB001830.
21. Cochran, J.R., M.H. Edwards, Coakley B.J. Morphology and structure of the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean. *Geochem. Geophys. Geosyst.* **7** (5), Q05019 (2006). DOI 10.1029/2005GC001114.
22. Cochran J.R. Seamount volcanism along the Gakkal Ridge, Arctic Ocean. *Geophys. J. Int.* **P. 1153–1173** (2008). DOI 10.1111/j.1365246X.2008.03860.x.
23. Dove D., B. Coakley, J. Hopper, Y. Kristoffersen. HLY0503 Geophysics Team. Bathymetry, controlled source seismic and gravity observations of the Mendeleev ridge; implications for ridge structure, origin, and regional tectonics. *Geophys. J. Int.* **183**, 481–502 (2010). DOI 10.1111/j.1365-246X.2010.04746.x.
24. Drachev S.S., Kaul N., Beliaev V.N. Eurasias preadingbas into Laptev Shelftransition: structural pattern and heat flow. *Geophys. J. Int.* **152**, 688–698 (2003).
25. Ehlers, B.-M., and W. Jokat. Subsidence and crustal roughness of ultra-slow spreading ridges in the northern North Atlantic and Arctic Ocean. *Geophys. J. Int.* **177**, 451–462 (2009). DOI 10.1111/j.1365-246X.2009.04078.x.
26. Engen Ø., Faleide J.I., Dyreng T. K. Opening of the Fram Strait gateway: A review of plate tectonic constraints. *Tectonophysics*. **450**, 51–69 (2008).
27. Evangelatos J., Funck T., Mosher D.C. The sedimentary and crustal velocity structure of Makarov Basin and adjacent Alpha Ridge. *Tectonophysics*. **696–697**, 99–114 (2017).
28. *General Bathymetric Chart of the Ocean*. Ver. 2 (2009) (<http://www.marine-geo.org>).
29. Glebovsky V.Yu., Kaminsky V.D., Minakov A.N., Merkur'ev S.A., Childers V.A., Brozena J.M. Formation of the Eurasia Basin in the Arctic Ocean as inferred from geohistorical analysis of the anomalous magnetic field. *Geotectonics*. **40** (4), 263–281 (2006).

30. Jakobsson M., Cherkis N., Woodward J., Danish R., Macnab R., Cookley B. New Grid of Arctic Bathymetry Aids Scientists and Mapmakers. *EOS*. **81** (9) (29.02.2000) ([www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/arctic.html](http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/arctic.html)).
31. Jakobsson M., Mayer L., Coakley B., Dowdeswell J.A., Forbes S., Fridman B., Hodnesdal H., Noormets R., Pedersen R., Rebecco M., Schenke H.W., Zarayskaya Yu., Accettella D., Armstrong A., Anderson R.M., Bienhoff P., Camerlenghi A., Church I., Edwards M., J.V.Gardner, Hall J.K., Hell B., Hestvik O., Kristoffersen Y., Marcussen C., Mohammad R., Mosher D., Nghiem S.V., Pedrosa M.T., Travaglini P.G., and Weatherall P. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0. *Geophysical Res. Letters*. **39**, L12609 (2012). DOI 10.1029/2012GL052219.
32. Jokat W. Seismic investigations along the western sector of Alpha Ridge, Central Arctic Ocean. *Geophys. J. Int.* **152**, 185–201 (2003).
33. Jokat, W., W. Geissler, and M. Voss. Basement structure of the north-western Yermak Plateau. *Geophys. Res. Lett.* **35**, L05309 (2008). DOI 10.1029/2007GL032892.
34. Michael P.J., Snow J.E., Goldsteink S.L., Graham D.W., Lehnert K., Kurras G., Jokatq W., Muhe R., Edmonds H.N. Magmatic and amagmatic seafloor generation at the ultraslow-spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean. *Nature*. **423**, 56–961 (2003).
35. Minakov A.N., Podladchikov Yu.Yu., Faleide J.I., Huisman R.S. Rifting assisted by shear heating and formation of the Lomonosov Ridge. *Earth planet. Science Letters*. **373**, 31–40 (2013).
36. Moran K., Backman J., Brinkhuis H. The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean. *Nature*. **441** (2006) (<http://dx.doi.org/10.1038/nature04800>).
37. Osler J.C., Loudon K.E. Extinct spreading center in the Labrador Sea: Crustal structure from a two-dimensional seismic refraction velocity model. *J. Geophys. Res.* **100**, 2261–2278 (1995).
38. Pease V., Drachev S., Stephenson R., Zhang X. Arctic lithosphere – A review. *Tectonophysics*. **628**, 1–25 (2014).
39. Schenke H.W., Gauger S. AWI Bathymetric Chart of the Gakkel Ridge (AWI BCGR). Scale 1:150 000. (Bremerhaven: Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, 2007) (<http://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.733039>).
40. Torsvik T.H., Amundsen H.E.F., Trønnes R.G. *Continental crust beneath southeast Iceland* (PNAS Early Edition, 2015) ([www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1423099112](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1423099112)).
41. Weigelt E., Jokat W. Peculiarities of roughness and thickness of oceanic crust in the Eurasian Basin, Arctic Ocean. *Geophys. J. Int.* **45**, 505–516 (2001).

## ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ГОРОДА ЗАКАМЕНСКА – СОКРОВИЩНИЦЫ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

Ковалёв А.А., Поляков Е.Н., Цыремпилов Д.А.,  
Березовская Л.В., Дубинин Е.П.<sup>1</sup>

*Рассматривается история открытия и освоения Джидинского вольфрамо-молибденового месторождения, одного из крупнейших в России. Открытие в июле 1932 года Холтосонского месторождения, первого коренного месторождения вольфрама, а затем и других коренных месторождений Джидинской группы, положило начало созданию горнодобывающей промышленности, появлению в этом районе Республики Бурятия обогатительного рудного комбината союзного значения, дававшего стране в разные годы от 50 до 100 % добываемого вольфрама. Месторождения и Джидинский рудный комбинат стали градообразующими. Здесь появились современная техника, дороги, мосты, аэропорт; на месте небольшого поселка Городок вырос современный город Закаменск, ставший центром Закаменского района. Расцвет г. Закаменска в 1950-е – 1980-е годы связан с развитием рудного комбината. В 1990-е годы Джидинский рудокомбинат был закрыт. Новый импульс развития рудный комбинат и г. Закаменск получают в настоящее время.*

**Ключевые слова:** вольфрам, Джидинское месторождение, город Закаменск, Республика Бурятия.

### DZHIDINSKY TUNGSTEN DEPOSIT AND CITY OF ZAKAMENSK: YESTERDAY, TODAY, TOMORROW

*A.A. Kovalev, E.N. Polyakov, D.A. Tsyrempilov, L.V. Berezovskaya, E.P. Dubinin  
Lomonosov Moscow State University (Earth Sciences Museum)  
Municipal formation of the urban settlement «City of Zakamensk»*

*The purpose of the article is to provide the reader with some information on the history of the Dzhidinsky tungsten and molybdenum deposits, one of the largest in Russia. According to the article, it all started in July 1932 when the Kholtosonskoe deposit, the first indigenous deposit of tungsten, was discovered. Later the discovery of some other indigenous deposits of the Dzhidin group in this region of the Republic of Buryatia marked the beginning of mining industry, the emergence of an ore concentration plant of national importance, which gave the country from 50 to 100 percent of extracted tungsten. The deposits and the Dzhidinsky ore plant became city-forming enterprises. There appeared modern technologies, roads, bridges, even an airport. On the site of a small town of Gorodok was built a modern city of Zakamensk which became the center of the Zakamensky region. The heyday of the city of Zakamensk in the 1950-80s was associated with the development of the ore plant. In the 1990s the Dzhidinsky ore mining plant was closed. A new impetus to the development of the ore plant and the city of Zakamensk is currently being received.*

**Keywords:** tungsten, Dzhidinskoye deposit, the city of Zakamensk, the Republic of Buryatia.

<sup>1</sup> Ковалёв Александр Александрович – д.г.-м.н., гл. науч. сотр. Музея земледения МГУ, почётный академик Российской академии естественных наук; Поляков Евгений Николаевич – глава муниципального образования «Город Закаменск»; Цыремпилов Даши Анатольевич – доц., к.э.н.; Березовская Людмила Викторовна – к.ист.н., доц., член Союза журналистов СССР и РФ; Дубинин Евгений Павлович – д.г.-м.н., зав. сектором Музея земледения МГУ, академик Российской академии естественных наук; [edubinin08@rambler.ru](mailto:edubinin08@rambler.ru).

Вольфрам впервые был открыт в 1781 г. шведским химиком Карлом Вильгельмом Шеели при обработке азотной кислотой вольфрамата кальция – шеелита. С тех пор он приобрел широкое применение в промышленности и военном деле. Тугоплавкость вольфрама (температура плавления ~3400°C) делает его незаменимым для нитей ламп накаливания, а также в кинескопах и других вакуумных трубках. Благодаря высокой плотности вольфрам стал основой тяжёлых сплавов, используемых для бронебойных сердечников артиллерийских снарядов и пуль, пробивавших крепкую броню хваленых гитлеровских «тигров», «пантер» и «фердинандов».

Чистый вольфрам редко применяется в промышленности. Широко используются, главным образом, сплавы с вольфрамом. Одним из таких сплавов является победит, который применяют для армирования буровых коронок в горном деле. Победит твёрже всех металлов и минералов (за исключением алмаза и корунда).

Сплав вольфрама с железом даёт высококачественную инструментальную (легированную) сталь. В военной промышленности эта сталь идёт на изготовление броневых плит, солдатских касок и щитков пулемётов, пушек, необходима для электрооборудования автомобилей, танков и самолётов, деталей радиоламп. Добавка вольфрама для легирования сталей составляет чуть больше 0,5 %, но она придаёт ей прочность и вязкость.

Особенно велико значение сплавов вольфрама с алюминием и медью. Эти сплавы обладают большой твёрдостью, прочностью, и в то же время лёгкие. Поэтому они применяются в авиационной промышленности. За способность улучшать свойства стали вольфрам, молибден и другие цветные металлы иногда называли «витаминами» промышленности.

Россия занимает третье место в мире по масштабу минерально-сырьевой базы (МСБ) вольфрама. По состоянию на начало 2009 г. заключённые в недрах РФ разведанные запасы (категорий АВС) триоксида вольфрама составляли 1254 тыс. т (995 тыс. т в пересчёте на металл). Основная их часть сосредоточена в Кабардино-Балкарской Республике (41,3 %), Республике Бурятия (24,9 %), в Забайкальском и в Приморском крае (7 %).

Всего на начало 2009 г. в России имелось 90 месторождений вольфрама, в том числе 50 коренных и 40 россыпных. Коренные объекты включают 99,2 % разведанных запасов и обеспечивают 92,4 % добычи. Руды их в основном комплексные (содержат помимо вольфрама молибден, медь, висмут, золото, серебро, теллур, олово, бериллий, скандий), существенно вольфрамовые (79,1 % разведанных запасов) или с попутным вольфрамом (20,1 %).

Вольфрамитовые руды составляют 31,9 % разведанных запасов, шеелитовые – 67,2 %. Более 50 % запасов заключено в месторождениях скарнового типа, 42,5 % – штокверкового, 4,5 % – жильного типа. Среднее содержание триоксида вольфрама в рудах месторождений скарнового типа варьирует от 0,06 до 2,86 %, штокверкового – от 0,014 до 0,638 %; вольфрамовые руды жильных месторождений содержат от 0,05 до 1,893 % триоксида вольфрама. Несмотря на наличие месторождений с богатыми рудами (с содержанием триоксида вольфрама более 1 %), в целом качество российских руд невысокое: в среднем по стране содержание триоксида вольфрама составляет 0,111 %, а в разрабатываемых объектах – 0,166 % [4]. Крупнейшим в России является скарновое Тырныаузское месторождение молибден-вольфрамовых руд, расположенное в Кабардино-Балкарской Республике, в недрах которого заключено более 40 % разведанных

запасов вольфрама страны (508,1 тыс. т триоксида вольфрама). Разработка объекта велась с 1940 г. В октябре 2001 г. из-за погашения подготовленных к выемке запасов добыча руды и её переработка остановлены.

В настоящее время основными источниками вольфрама в России являются скарновые месторождения Восток-2 и Лермонтовское в Приморском крае, жильное Бом-Горхон и штокверковое Спокойнинское в Забайкальском крае. Джидинские месторождения вольфрама Республики Бурятия в основном гидротермальные (вольфрамат марганца) и, в меньшей степени, шеелитовые (вольфрамат кальция); средние содержания триоксида вольфрама в них соответственно 0,99 % и 0,37 % [3].

Чтобы получить чистый вольфрам, руду нужно подвергнуть длительной переработке. Из концентрата путём сплавления с содой получают растворимые в воде соединения вольфрамовой кислоты. Из полученных растворов осаждают жёлтый порошок – вольфрамовую кислоту, её обязательно очищают от примесей. И, наконец, прокаливанием в водороде получают порошок металлического вольфрама.

Закаменский вольфрамовый концентрат, по оценке международных экспертов, является лучшим в мире, что подтвердило присвоение ему в 1996 г. высшего знака качества.

История освоения этого месторождения ведёт своё начало с 1929 г., когда инженер-геолог, доктор геолого-минералогических наук А.В. Арсентьев обосновал наличие в Закаменском районе Забайкалья коренного вольфрамового месторождения (рис. 1).

В июне 1932 г. Восточно-Сибирский геологический трест направил для проверки выводов А.В. Арсентьева геологоразведочные партии М.В. Бесовой, К.А. Шалаева, Е.И. Рембашевского и В.Н. Коробова. 7 июля 1932 г. геологическая партия М.В. Бесовой вскрыла кварцевую жилу мощностью 1,5 м с крупными кристаллами вольфрамитов [1]. Это день открытия Холтосонского месторождения вольфрама (см. фото на 2 с. обложки журнала).

Спустя год геологический поисковый отряд К.А. Шалаева открыл Булуктаевское вольфрам-молибденовое месторождение. В январе 1934 г. по приказу Главредмета Наркомата тяжёлой промышленности СССР создано Джидинское вольфрамовое рудоуправление, и уже 11 октября 1934 г. приказом № 1347 Наркомата тяжёлой промышленности СССР было начато строительство Джидинского рудокombината.

В декабре 1934 г. коллектив работников Джидинского комбината насчитывал 123 человека, было добыто 100 т вольфрамитового концентрата, что составило 33,5 % всего производства по стране. С лета 1935 г. началось строительство посёлка Городок; первые улицы – Конституции, Школьная, Клубная и Рабочие общежития. В то же время была открыта первая молибденовая жила, положившая начало руднику Первомайский.

1 октября 1935 г. первым крупным достижением Джидинского комбината стало выполнение годового плана по вольфрамитовому концентрату в количестве 500 т, при годовом задании 350 т. Доля джидинского вольфрама составила 65 % добычи всей страны.



Рис.1. Закаменск (до 1959 года Городок) – город районного значения в России, административный центр Закаменского района Республики Бурятия.

Ускоренными темпами обустроивался Городок. В 1936 г. была построена первая одноэтажная школа-семилетка и четырёхлетка на Инкуре (рис. 2). Приобретён самолёт для Джидастроя, построен деревянный мост через реку Джида. Строятся городская локомобильная электростанция, авторемонтные мастерские, рабочий клуб и городская больница. Вступил в строй кирпичный завод. Добыча вольфрама в это время уже составила 57,6 % производства всей страны. На следующий год запущены в эксплуатацию авторемонтные мастерские и ремонтно-механический завод. Так закончился первый этап развития комбината, когда государственный план выполнялся за счёт старательской добычи вольфрама из песков и россыпей без применения машин и оборудования. Начало эксплуатации коренного месторождения и внедрения механизированной техники при проходческих работах и обогащении было положено в 1937 г., когда добыча вольфрама составила 60,8 % от плана добычи всех других комбинатов страны.



**Рис. 2.** Клуб и школа на Инкуре, 1936 г. (по материалам сайта «г. Закаменск – история Закаменска»).

1938 г. знаменателен введением в строй первой компрессорной станции. Пущен в эксплуатацию на участке № 5 паровой экскаватор с ёмкостью ковша 0,75 м<sup>3</sup>, стали применять самопрокидывающиеся вагоны «Вестерн» и мотовозы. Произведён первый массовый взрыв на выброс 18 000 кубометров торфа и россыпей. В Городке сданы в эксплуатацию больница, рабочий клуб, парк отдыха и стадион.

В 1939 г. полностью запущен в эксплуатацию рудник Холтосон. Руда с содержанием вольфрама до 70 % с верхних горизонтов стала перепускаться на штольню «Капитальная» и транспортироваться конной доставкой: первоначально до ленточного конвейера длиной более 200 м, а из бункера на обогатительную фабрику – автомашинами. Построена автодорога от обогатительной фабрики и посёлка Городок до устья штольни «Капитальная». Доставка руды со штольни № 4 производилась вьючным способом (лошадьми) до посёлка Нижний Холтосон, с последующей доставкой на фабрику автомашинами. Крупным событием стал запуск в эксплуатацию вольфрамовой фабрики 1 июля 1939 г. А уже в сентябре этого года организовывается школа ФЗО-16, где обучались будущие слесари заводского оборудования, токари-электромонтажни-

ки, слесари и обогатители. Областной комитет ВЛКСМ принял решение о шефстве над строящимся комбинатом и направил 1000 комсомольцев для обучения горным профессиям. В это время Джидаккомбинат выдал 50 % отечественного выпуска вольфрамового концентрата.

В апреле 1940 г. бурильщиком Р.К. Ремизом, при поддержке инженера П. Яковлева, крепильщиков А.И. Холзунина, Л.Ж. Жапова, Е.А. Натенина и А.И. Ашихмина, взрывника Ф.А. Харакшинова поставлен рекорд на проходке горных выработок; сменное задание ими выполнено на 1043 %. А уже в сентябре на комбинат из министерства цветной металлургии направляется группа геологов с целью расширения сырьевой базы за счёт ближайшей периферии.

В начале 1941 г. на руднике Холтосон пущен в эксплуатацию бремсберг. Транспортировка руды осуществлялась в вагонах по узкоколейной железной дороге. В связи с началом Великой Отечественной войны для решения большого круга производственных проблем при перестройке комбината сюда прибыла большая группа специалистов, эвакуированных из Мончегорска и Тырнауза. В результате в 1942 г. добыча вольфрама в сравнении с 1940 г. выросла в 1,6 раза, молибдена в сравнении с 1941 г. – в 12,8 раза. Работали ударно, не покладая рук. 22 декабря 1943 г. рудник Холтосон (начальник Ф.А. Лой, главный инженер А.И. Попов) выполнил годовой план. Работники комбината передали в фонд обороны облигации на сумму 2 850 000 руб., внесли деньгами 1 630 290 руб. 15 коп. План по выпуску вольфрамового концентрата был выполнен на 124 %.

В 1944 г. добыча вольфрамового концентрата составила 142,5 % к плану, производство молибденового концентрата увеличилось в сравнении с 1941 г. в 4,8 раза.

В 1945 г. произведена реконструкция Баянгольской ЦЭС. Установлены турбины «Эшер-Вис» мощностью 5250 кВт и «Харчев» – 450 кВт. Внедрён процесс флотогравитации при доводке концентрата на Холтосонской обогатительной фабрике, позволивший значительно повысить качество концентрата.

Достижения Джидаккомбината были отмечены 16 марта 1945 г., когда Указом Президиума Верховного Совета СССР большую группу работников за успешное выполнение заданий Правительства по добыче цветных металлов наградили орденами и медалями. Среди награждённых орденом Трудового Красного Знамени старший геолог М.В. Бесова, начальник участка Ф.А. Кузнецов, начальник рудника Холтосон Ф.А. Лой, бурильщик Г.Т. Порожняков, заместитель главного инженера комбината Н.А. Хрущёв и другие.

В августе 1945 г. Джидинский комбинат был передан из системы НКВД в Министерство цветной металлургии (Постановление Государственного комитета обороны от 13 августа 1945 г.). В этот период усилия коллектива комбината были направлены на укрепление материально-технической базы производства, строительство жилья и объектов соцкультбыта. Подведение итогов работы за 1947 г. показало: производительность труда на руднике Холтосон возросла на 18 %, на руднике Первомайском – на 80 %, на обогатительной фабрике – на 34 %, себестоимость продукции снижена на 2,2 %.

В следующем году было осуществлено внедрение мокрого бурения шпуров на руднике Холтосон. Конная откатка руды и породы по штольне «Капитальная» заменена электровозной. На руднике Первомайском введён в действие первый электрический экскаватор с ёмкостью ковша 0,75 м<sup>3</sup> для погрузки руды и вскрыши в автосамосвалы. Сданы в эксплуатацию временное отделение крупного дробления руды и бремсберг. Пущен в эксплуатацию новый цех на РМЗ с вагранкой, получены первые тонны чугуна-

ного литья. Начались изыскательские работы с целью определения генерального плана строительства благоустроенного жилья в городе. Сдано в эксплуатацию 3 тыс. м<sup>2</sup> жилых помещений, построены здания ФЗО и интерната (рис. 3). В октябре 1949 г. произведён первый выпуск специалистов горных профессий в новой школе ФЗО-16.

Следует отметить, что в 1950-е гг. начинается мощное техническое переоснащение комбината. Так, в 1956 г. внедрена доставка буровых долот и других грузов в карьере Первомайском на автомашине ГАЗ-51, что позволило отказаться от конной транспортировки материалов. Ликвидирована стационарная компрессорная. Внедрены передвижные компрессоры типа КД-9, буровые машины типа БМК-4, позволившие поднять производительность труда бурильщиков за счёт устранения потерь рабочего времени на монтаж воздухопроводов. Эта работа вызвала необходимость в 1958 г. открыть вечерний горный техникум, который стал заниматься подготовкой специалистов рабочих профессий для рудников и цехов Джидаккомбината. В 1959 г. пос. Городок был переименован в г. Закаменск.

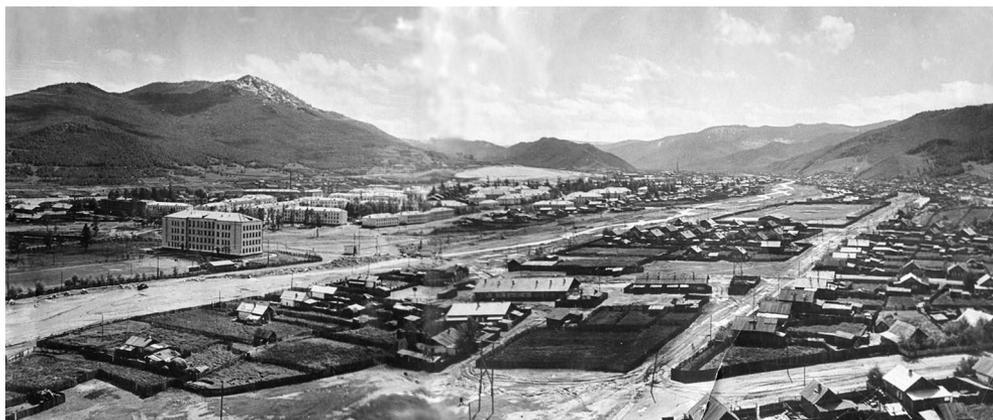


Рис. 3. В течение 1950-х гг. построены благоустроенные 3–4-этажные дома.

В результате увеличения производительности труда на комбинате в 1961–1962 гг. объём валовой продукции возрос в 41,8 раза к уровню 1934 г. В последующий период на руднике Холтосон были полностью механизированы отбойка, погрузка и откатка горной массы, установлен первый механический опрокид на горизонте 1475 м. Сдана в эксплуатацию рудоразборка в районе штольни Инкур. Ликвидирована узкоколейка: руда доставляется на фабрику автотранспортом. В 1969 г. освоен способ выделения магнитных материалов при доводке вольфрамового концентрата, позволивший улучшить качество концентрата.

В первой половине 1970-х гг. идёт освоение добычи и технологии переработки бедных вольфрамосодержащих руд Инкурского штокверкового месторождения. Запущена в эксплуатацию вольфрамовая фабрика «Инкурская № 1». В эти годы комбинат стал лидером в отрасли. Его работа отмечена Министерством цветной металлургии СССР, коллектив комбината неоднократно награждался переходящим Красным знаменем Совета Министров СССР и ВЦСПС. В 1975 г. комбинат достиг максимального объёма выпуска концентрата за весь предшествующий период.

1980-е гг. ознаменовались началом совместной переработки инкурских и холтосоновских руд на Инкурской обогатительной фабрике. Завершена реконструкция обогатитель-

ной фабрики, что позволило увеличить переработку руды на 40 %. Организовано гарантированное энергоснабжение комбината и Закаменского района из внешней энергосистемы вводом в действие ЛЭП-110 Селендума-Торей-Закаменск протяжённостью 245 км.

В 1983 г. на базе учебно-курсового комбината открыт филиал Восточно-Сибирского технологического института с подготовительным отделением. Тогда же в Закаменске проводится обучение проходчиков горных выработок из Монголии. В 1984 г. коллектив комбината награждён орденом Трудового Красного Знамени.

В 1984 г. добыча вольфрамовой руды в сравнении с 1972 г. возросла в 3 раза. Производительность труда на подземных работах в сравнении с 1950 г. – в 4 раза, на открытых горных работах – в 23 раза, на обогащении – в 5 раз.

В 1985 г. Министерство культуры РСФСР присвоило Музею трудовой славы Джидаккомбината звание народного музея (свидетельство № 328 от 18.11.85). Джидинский комбинат лидирует в отрасли, он признан победителем во Всесоюзном социалистическом соревновании, занесён на всесоюзную Доску почёта Выставки достижений народного хозяйства СССР.

В 1990-е гг. жизнь Джидаккомбината быстро меняется: ещё в I квартале 1990 г. он был награждён Красным знаменем Министерства цветной металлургии и ЦК профсоюза по итогам Всесоюзного социалистического соревнования, а уже в октябре 1992 г. в связи с конверсией военно-промышленного комплекса, когда потребление вольфрама в стране сократилось более чем на 60 %, это крупнейшее предприятие оказалось в кризисной ситуации. Данный кризис можно представить графически (рис. 4).

27 октября 1992 г. комбинат был преобразован в АООТ «Джидинский комбинат». Объём производства по комбинату сокращается на 70 %. На основании свидетельства Государственного Комитета Республики Бурятия по управлению государственным имуществом и постановлении Закаменской районной администрации Республики Бурятия № 182 от 30 мая 1994 г. Джидинский ордена Трудового Красного Знамени вольфрамо-молибденовый комбинат им.

60-летия СССР переименован в Акционерное общество открытого типа «Джидинский комбинат». Оно становится правопреемником Джидаккомбината, где основными видами деятельности являются организация производства вольфрамового концентрата, электроэнергетики, строительных и лесных материалов, строительство зданий и сооружений, добыча угля, золота, производство товаров народного потребления. В 1994 г. АООТ «Джидинский комбинат» перерегистрировано. Однако производство концентрата в 1995 г. в сравнении с 1989 г. снизилось в четыре раза. Затраты превысили себестоимость продукции: они составили 1,51 руб. на 1 рубль, тогда как до 1995 г. – 0,6 руб. на 1 рубль. В этих условиях стало закономерным окончательное прекращение существования Акционерного общества открытого типа «Джидинский комбинат» 15 ноября 1996 г.

23 июня 1997 г. Постановлением администрации Закаменского района зарегистрировано открытое акционерное общество Межрегиональная ассоциация «Джи-

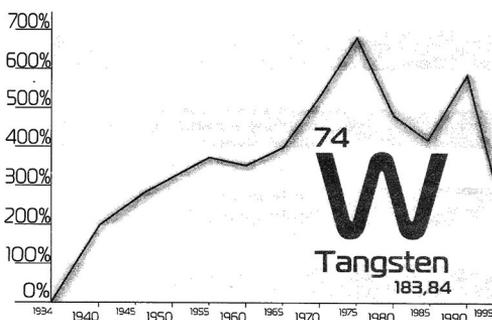


Рис. 4. Выпуск вольфрамового концентрата в 1934–1995 гг. [2].

динский вольфрам». Общество, образованное в результате реорганизации путём выделения из АО «Джидинский комбинат», является его правопреемником. 16 февраля 2001 г. АО «Джидинский комбинат» было исключено из государственного реестра юридических лиц [2].

Руководство Джидаккомбината не смогло разработать и поэтапно осуществить целенаправленную антикризисную программу, а руководство Республики Бурятия в своё время упустило возможность приобрести контрольный пакет акций, и тем самым позаботиться о районных интересах. Рабочие рудников и обогатительной фабрики продолжали добывать и выпускать концентрат, который, оседая на складах, с трудом продавался. Затем покупатели нашлись, товаром заинтересовались американские, бельгийские, австрийские и другие фирмы. Но оборотных средств уже не было, а долги перевалили за десятки миллиардов.

Болезненно пережили закаменцы закрытие своего градообразующего предприятия. Они до сих пор не могут смириться с тем, что была окончательно перевёрнута последняя страница истории комбината союзного значения, и по-прежнему живут надеждой на возрождение былой славы вольфрамовых месторождений.

К настоящему времени непосредственно на территории Закаменского района обнаружено редкое сочетание различных полезных ископаемых. Есть крупные запасы руд вольфрама, молибдена, золота (коренные и россыпные), месторождения полудрагоценных камней – нефрита (белый, зелёный, серый, чёрный), обсидиана, хризолита, пиропов, агата, горного хрусталя, кварца; поделочных (нефрит, мрамор, змеевик) и облицовочных камней (лабрадорит, серый гранит, амазонитовый гранит, сиенит, лиственит), каменного угля; запасы инертных материалов – глины, суглинков, песка, шлака, гравия, известковых пород; большие объёмы древесины и др. Всё это составляет инвестиционную привлекательность районного центра – города Закаменск.

По оценке специалистов, в вольфрамо-молибденовых рудах, в разные годы разрабатываемых комбинатом, содержатся элементы второго и третьего классов опасности: свинец, цинк, фтор, молибден, бериллий, вольфрам, цезий. За период предшествующей работы комбината образовалось 44,5 млн тонн отходов обогащения, складированных в два хвостохранилища. Проведённые с 2011 по 2015 гг. работы по программе «Ликвидация экологических последствий деятельности Джидинского вольфрамо-молибденового комбината» с перемещением с территории города части песков сняли экологическую напряжённость. Необходимо отметить, что месторождения Холтосонское и Инкурское сегодня законсервированы и не эксплуатируются. Между тем джидинский вольфрамовый концентрат признан одним из лучших в мире, подтверждением чему служит полученный Джидинским вольфрамо-молибденовым комбинатом Диплом, а образцы его концентрата хранятся в Вене в палате мировых эталонов.

В настоящее время около 20 предприятий проводят на территории Закаменского района добывающие и геологоразведочные работы. Одно из них, АО «Закаменск», в 2006 г. начало добывать россыпной вольфрамит на Инкурском месторождении. Позднее, после получения лицензии на разработку хвостохранилищ, была заказана разработка технологии добычи металла из лежалых песков. С 2008 г. предприятие проводит работу по переработке отходов бывшего Джидинского ВМК. Вольфрамит извлекается с попутным золотом и серебром. В 2010 г. компания «Твердосплав» (созданная путём акционирования государственного концерна «Союзтвердосплав») выиграла конкурс на пользование недрами в районе Холтосонского и Инкурского месторождений, запла-

нировав построить новый горнообогатительный комбинат. «Твердосплав» – один из ведущих в России производителей твёрдых сплавов полного производственного цикла – производит также инструмент из твёрдых сплавов, перерабатывает лом, ведёт проектно-конструкторские работы по внедрению изделий из твёрдых сплавов взамен быстро изнашиваемых деталей и изделий иностранного производства. С 2014 г. АО «Закаменск» начало проект «Создание новой технологии получения вольфрамсодержащей продукции улучшенного качества» (по данным Экспир – Экспертной площадки для учёных и предпринимателей при поддержке Дирекции научно-технических программ). Затраты на проект подлежат возмещению за счёт средств субсидии. Кроме того, финансирование данного проекта осуществляется по программе «Импортозамещение» Фонда развития промышленности России (ФРП). Фонд предъявляет строжайшие требования к выбору финансируемых им инвестиционных проектов. Перед принятием решения о финансировании он проводит многоуровневые и комплексные проверки и экспертизы представляемых проектов. Имея лицензии на Холтосонское и Инкурское месторождения, предприятие разработало планы дальнейшего развития. Достаточно сказать, что Инкурское штокверковое месторождение вольфрамowych руд расположено в 7 км к юго-востоку от г. Закаменск; остаток запасов на 01.01.2008 г., оцениваемых по кат. С1+С2, составляет 198 тыс. т триоксида вольфрама. Холтосонское месторождение расположено в 5–7 км к юго-востоку от г. Закаменск. В 2007 г. ГФУП «Бурятгеоцентр» завершил переоценку его запасов. Вновь утверждённые разведанные балансовые запасы, вместе с прогнозируемыми до горизонта 1020 м (общий ресурсный потенциал около 32,3 тыс. т  $WO_3$ ), дают основание рассматривать Холтосонское месторождение как основу реальной и перспективной базы вольфрамовой отрасли сырьевых ресурсов России.

Кроме этого есть участок недр, включающий Мало-Ойногорское вольфрам-молибденовое месторождение, расположенное в 20 км к востоку от г. Закаменск, на правобережье р. Хасуртый (за пределами особо охраняемых природных территорий). По состоянию на 01.01.04 г. на балансе по Мало-Ойногорскому месторождению числятся запасы руды по категориям А+В+С1 – 305014 у. е., где молибдена 154922 у. е., вольфрама 122602 у. е., рения 2,5 у. е., серы 4790 у. е.

Здесь представлена только малая часть запасов полезных ископаемых, подтверждающих неограниченные возможности Закаменского района и территории города Закаменск для развития промышленной инвестиционной зоны (рис. 5).

Сегодня город является монопрофильной территорией опережающего социально-экономического развития. Перспективы его в связи с этим огромные. Ныне на территории Закаменска внедряются многие инвестиционные проекты, и те резиденты ТОСЭР, кто реализует свои проекты, получают ряд преференций. В частности, это касается налоговых льгот, льготных тарифов страховых взносов в негосударственные внебюджетные фонды, применяется льготный коэффициент при расчёте налога на добычу полезных ископаемых, облегчённый порядок государственного и муниципального контроля.

Кроме этого предусмотрена возможность освобождения от уплаты регионального налога на имущество организаций. Конечно, в связи с этим необходимо выдержать ряд требований. Без видения перспективы нельзя грамотно управлять на всех уровнях. Усилия, которые предпринимают сегодня городская власть и предприятия, включившиеся в социальное партнёрство, объединяются общей идеей развития, что исключает разрозненные действия по решению сиюминутных проблем. Поэтому администрация города выступила с инициативой разработки документов стратегического планирования.



Рис. 5. Город Закаменск сегодня (см. фото на 2 с. обложки журнала).

Отсюда формируются новые стратегические цели, задачи, приоритетные направления деятельности городского сообщества, направленные на достижение лучшего качества жизни горожан, закладываются приоритетные программы и проекты социально-экономического развития города, разрабатываются системы индикаторов, позволяющие измерять продвижение к достижению целевых показателей, а также «дерево» целей развития города и пилотные проекты, демонстрирующие стандарт оформления проектов общего Стратегического плана. Есть обоснованная уверенность, что в преддверии 75-летнего юбилея Закаменска активное участие всех его горожан, всех равнодушных людей, инвесторов в формировании и реализации проекта общего Стратегического плана развития может сделать этот замечательный город регионального значения уже в ближайшем будущем одним из лучших городов Республики Бурятия и Сибири.

Авторы благодарят А.Н. Филаретову и К.А. Скрипко за помощь при подготовке рукописи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бесова М.В. Геология и минералогия Джидинского вольфрамового месторождения // Месторождения редких и малых металлов СССР / Под ред. А.Е. Ферсмана. М.-Л.: Изд. Академии наук СССР, 1939. С. 3–87.
2. Вольфрамовая жемчужина страны: исторический очерк / Авт.-сост. и ред. Н.Н. Далабаева. Улан-Удэ: НоваПринт, 2014. 240 с.
3. Ковалёв А.А. Океанические скарноиды. М.: Издательство Московского университета, 2012. 343 с.
4. Лантева А.М. Вольфрам, молибден (разделы) // Минеральное сырье: от недр до рынка. 2011. Т.3. С. 240–398.

#### REFERENCES

1. Besova M.V. Geology and Mineralogy of jedin tungsten Deposit. *Deposits of rare and small metals of the USSR*. Ed. by A.E. Fersman. P. 3–87 (Moscow – Leningrad: Izd. Akademii nauk SSSR, 1939).
2. Tungsten pearl of the country: historical essay. / Ed. by N.N. Dalabaeva. Ulan-Ude: NovaPrint, 2014. 240 p.
3. Kovalev A.A. *Oceanic scarned*. 343 p. (Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2012).
4. Lapteva A.M. Tungsten, molybdenum (sections). *Mineral: from the bowels to the market*. 2011. V. 3. P. 240-398.

---

---

# ЗДОРОВЬЕ СРЕДЫ

---

---

УДК 57.04; 574.2; 574.3

## КОНЦЕПЦИЯ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА (ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ)

**В.М. Захаров<sup>1</sup>**

*Работа посвящена оценке перспектив приложения концепции здоровья среды, в основе которой характеристика состояния природных популяций по гомеостазу развития, как для теоретических, так и практических исследований. В качестве ключевых направлений рассматриваются мониторинг состояния биоразнообразия и качества окружающей среды, включая характеристику её благоприятности для здоровья человека, оценка механизмов обеспечения устойчивости биологических систем разного уровня, разработка эколого-биологических основ устойчивого развития.*

**Ключевые слова:** здоровье среды, гомеостаз развития, биоразнообразие, изменение климата, антропогенное воздействие, устойчивое развитие.

## ENVIRONMENTAL HEALTH CONCEPT: THEORY AND PRACTICE (PROBLEMS AND PROSPECTS)

*V.M. Zakharov, Dr. Sci (Biol.)*

*Institute of Developmental Biology of Russian Academy of Sciences  
(Center for Sustainable Development and Health of Environment)*

*The article is dedicated to the problem of future prospects of the environmental health concept based on the population condition characteristics through developmental homeostasis. According to the article, the research results are of interest both for academic and applied purposes. The author points out that the key directions of the future prospects evaluation include monitoring of biodiversity condition and environmental quality, evaluation of its suitability for the human health, assessment of the homeostatic mechanisms of biological systems at different levels, elaboration of ecological and biological basis for sustainable development.*

**Keywords:** environmental health, developmental homeostasis, biodiversity, climate change, anthropogenic impact, sustainable development.

---

<sup>1</sup> Захаров Владимир Михайлович – чл.-корр. РАН, д.б.н., зав. лаб. Института биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, [ecopolicy@ecopolicy.ru](mailto:ecopolicy@ecopolicy.ru).

Оценка состояния организма на основе гомеостаза развития представляет интерес не только для биологии развития, но и для широкого круга исследований в различных направлениях [2, 4, 5, 12, 17, 20]. Подход предполагает оценку эффективности механизмов поддержания устойчивости определённого состояния (гомеостаз) или процесса изменения по определённой траектории (гомеостаз развития). Это открывает возможность как для характеристики самой биологической системы (причём на разных уровнях – от организма и популяции до сообщества), так и для оценки качества среды, её благоприятности для живых существ и человека. Такой подход может быть условно определён как концепция здоровья среды. Представляется целесообразным рассмотреть возможности такого подхода применительно к широкому фронту исследований, нацеленных на разностороннюю характеристику состояния различных биологических и экологических систем.

**Оценка здоровья среды: мониторинг состояния биоразнообразия и качества среды.** Сохранение биоразнообразия определяет возможность поддержания баланса и жизнеобеспечивающих функций биосферы [14]. Не менее важной задачей является обеспечение благоприятной окружающей среды, здоровья среды, необходимой для нормальной жизнедеятельности живых существ, включая человека [10]. Обе эти задачи приобретают всё большую актуальность на фоне нарастающего антропогенного воздействия, как на локальном уровне, так и глобально, включая загрязнение среды, изменение климата и другие факторы, и определяют приоритетность мониторинга состояния биоты.

Ключевой задачей при решении задачи сохранения биоразнообразия является сохранение изначальных природных комплексов, естественной структуры сообщества. В то же время в современных условиях необходимо иметь в виду, что во внешне благополучном местообитании в многочисленной популяции может иметь место существенное изменение состояния организма. Это нередко наблюдается в районах химического и радиационного загрязнения, а также может иметь место при восстановлении популяции от небольшого числа основателей [18]. Проверка этого необходима в каждом конкретном случае. Без учёта здоровья видов и экосистем обеспечение сохранения биоразнообразия может оказаться не столь эффективным.

Перспективным подходом для фонового мониторинга и оценки последствий различных видов воздействия, как для отдельных видов, так и для экосистем, является оценка качества среды по состоянию населяющих её живых организмов. Суть подхода в оценке гомеостаза развития, как наиболее общей характеристики функционирования живого организма. Такое направление исследований здоровья среды, основанное на оценке состояния природных популяций по гомеостазу развития, определяется сегодня как популяционная биология развития [6]. Подход предполагает использование разных методов для оценки гомеостаза развития в отношении разных видов, что необходимо для характеристики экосистемы в целом, но, как показала практика, для первой рекогносцировочной оценки здоровья среды возможно использование оценки стабильности развития (по интегральным показателям флуктуирующей асимметрии морфологических признаков) в отношении отдельных фоновых модельных видов.

Такие оценки были проведены в разных районах – как в естественных условиях, так и при разных видах антропогенного воздействия, включая химическое и радиационное, промышленное и сельскохозяйственное загрязнение, комплексное антропогенное воздействие. Практика оценки показала возможность использова-

ния подхода для выявления первых ответов биоты, когда по другим популяционным показателям или показателям биоразнообразия (на уровне сообщества) они ещё не могут быть выявлены [7].

Проведённые исследования свидетельствуют о том, что внешне благополучная ситуация при прежнем биоразнообразии и многочисленных популяциях вовсе не обязательно является свидетельством реального экологического благополучия. И на фоне прежнего биоразнообразия при значительном негативном воздействии могут иметь место существенные изменения здоровья среды.

Серьёзные изменения состояния организма зачастую наблюдаются на фоне прежнего биоразнообразия. Общим выводом таких экологических исследований является то, что биоразнообразии и численность отдельных видов в зонах химического и радиационного загрязнения могут сохраняться на прежнем уровне или оказываются даже выше, чем на незагрязнённой контрольной территории. Важным фактором для поддержания богатого биоразнообразия является то, что в таких местах обычно имеет место эвтрофикация, что привлекательно для многих видов. На фоне неизменного ландшафта многочисленные представители различных видов, выполняя свою экосистемную функцию, могут находиться в плачевном состоянии.

В целом, оценка определённого воздействия и его последствий предполагает проведение самостоятельных специальных исследований по различным направлениям. Определение степени воздействия предполагает проведение специальных измерений параметров оцениваемого фактора, обычно связанных с физическими или химическими анализами. Оценка благоприятности или степени негативного эффекта воздействия для состояния живого организма предполагает использование подходов, связанных с оценкой здоровья среды. Характеристика последствий определённого воздействия для биоразнообразия предполагает оценку возможных изменений численности и многообразия видов. Таким образом, ответ на каждый из этих вопросов – о силе воздействия и его последствиях для биоразнообразия и здоровья среды – предполагает самостоятельные исследования, а степень согласованности получаемых при этом результатов может быть совершенно различной и требует специального анализа в каждом конкретном случае. Специфика ответа и отсутствие связи результатов каждого подхода даёт важную информацию для характеристики последствий исследуемого воздействия.

Повсеместное изменение климата определяет необходимость разносторонней оценки его последствий для характеристики сложившейся ситуации и прогнозирования возможной картины дальнейшего развития событий. Нарастающие климатические изменения приводят ко всё более явным последствиям для биоты. Если несколько лет назад большинство исследователей говорили о таких возможных последствиях с осторожностью и в большей степени в виде предположения, то сегодня эти изменения уже не вызывают сомнений [13]. В такой ситуации всё более сложной задачей становится не обнаружение последствий изменения среды, что имеет место практически повсеместно, а поиск контроля, то есть тех зон, где возможна оценка изначальной естественной структуры сообществ и их динамики. И для решения этой задачи специальный интерес представляет разработка и использование подходов, основанных на исследовании состояния природных популяций (оценка здоровья среды).

К настоящему времени получены результаты, свидетельствующие об изменении состояния популяций на экологической периферии ареала (в частности, на пределе высотного распространения). Это позволяет охарактеризовать ответ развивающегося ор-

ганизма на изменения условий среды (снижение стабильности развития), вызванные глобальными климатическими изменениями. Выявленная реакция недавних вселенцев в новые местообитания (видимо, вследствие уменьшения площади ледников, что повсеместно отмечается в последние годы в высокогорных регионах [3]) подтверждает это предположение и представляет собой модель того, что может происходить в таких ситуациях [8]. Такая реакция может наблюдаться как у самих вселенцев, так и у ряда других видов, вследствие произошедших в сообществе изменений. Эти исследования перспективны для развития подходов при решении глобальных проблем оценки и прогноза последствий инвазий чужеродных видов. Изменение состояния популяций может иметь место и при нарушении прежней популяционной динамики, обусловленном изменениями климата [11].

Специальный интерес проведение таких исследований представляет на значительных континентальных территориях. Появляются первые свидетельства того, что для таких территорий, экосистемы которых адаптированы к стабильным условиям, даже незначительные климатические изменения могут иметь более существенные последствия, чем для экосистем, адаптированных к колебаниям климатических условий. Исследования показали, что результатом климатических изменений может быть нарушение обычной для популяций цикличности, и в дальнейшем, даже при восстановлении прежней динамики численности, могут наблюдаться существенные изменения в структуре сообщества. Изменённое вследствие этих процессов сообщество может, в свою очередь, выступать в качестве дополнительного фактора, определяющего динамику и состояние популяций отдельных видов [11, 19, 21].

Всё более сложной задачей оказывается нахождение контроля для характеристики фонового состояния, вследствие усиления и всё более широкого распространения самых разных воздействий, прежде всего, связанных с деятельностью человека. В этой связи принципиальную важность приобретают представления о норме и возможности оценки степени и направления отклонений от неё. Преимущество подхода, связанного с оценкой здоровья среды, – наличие характеристики обычного условно нормального состояния исследуемых показателей (соответствующих высокому уровню гомеостаза развития). Следующая важная черта подхода – выявление негативных изменений даже на фоне возможных при определённых условиях положительных эффектов воздействия на такие показатели, как размеры и темп роста организма или численность и видовое богатство. Кроме того, важной особенностью подхода является уровень определяемой условной нормы, что, в свою очередь, зависит от чувствительности используемых показателей. Достаточно широкий диапазон условий в градиенте нарастания степени воздействия, который характеризуется существенным изменением показателей стабильности развития, обычно укладывается в пределы зоны выживания, когда не наблюдается существенных изменений обычно используемых показателей жизнеспособности. Значительное нарастание степени нестабильности развития может наблюдаться на фоне обычного общего жизненного состояния – крайне важного показателя, который в большей степени характеризует диапазон условий, пригодных для выживания. Выявление первых, обычно ещё обратимых эффектов, предполагает использование показателей здоровья среды [10].

Ответ на вопрос о влиянии изменений климата и других глобальных последствий антропогенного воздействия на состояние популяций различных видов предполагает выявление возможных изменений во времени, причём не только в экстремальных условиях на экологической периферии ареала, но и в обычных условиях, кото-

рые рассматриваются в качестве фоновых. Актуальность этого определяется тем, что изменения климата, как и различные виды антропогенного воздействия, нарастают и наблюдаются практически повсеместно. Первые временные ряды данных показывают тенденцию к снижению стабильности развития. В качестве наиболее вероятной причины отмеченных изменений были предположены отклонения условий от оптимальных значений [10]. Эти результаты свидетельствуют о возможности выявления изменений показателей состояния популяций во времени не только на экологической периферии ареала, но и в условиях, которые обычно рассматриваются в качестве фоновых. Это определяет важность повсеместного мониторинга возможных изменений состояния популяций вследствие глобальных изменений климата и нарастания общего антропогенного воздействия.

Современная ситуация характеризуется повсеместным нарастанием изменений среды вследствие локальных и глобальных воздействий, главным образом, за счёт антропогенного пресса. Именно он всё больше выступает в качестве главного фактора происходящих изменений. В этих условиях всё больший теоретический и практический интерес и значимость начинает приобретать организация фонового мониторинга, как приоритетного направления исследований.

Обычная ситуация, когда большинство популяций вида находится при относительно оптимальных условиях, начинает меняться. Вследствие повсеместных последствий изменений климата и других антропогенных воздействий всё большее число популяций оказывается в необычных условиях – по сути, в условиях экологической периферии ареала. Это ставит на повестку дня задачу оценки последствий развития организма большинства популяций вида в неоптимальных условиях, характеристики фонового состояния и возможности его определения в качестве условной нормы, что предполагает использование подходов здоровья среды.

Примеры параллельных исследований с использованием разных подходов, включая оценку здоровья среды, эколого-эпидемиологических показателей и экологического риска, свидетельствуют о возможности получения принципиально сходных характеристик качества среды. Проведённый анализ позволяет говорить о перспективности использования оценок здоровья среды для ориентировочной характеристики благоприятности качества среды на исследуемой территории для здоровья человека, а также для интерпретации результатов, получаемых в области экологической эпидемиологии и оценки экологического риска.

**Здоровье среды: оценка механизмов обеспечения устойчивости биологических систем.** Представления о гомеостазе развития как узловой характеристике здоровья среды открывают новые перспективы для исследования механизмов устойчивости биологических систем разного уровня. Причём, как путём оценки значимости онтогенетических гомеостатических механизмов для обеспечения устойчивости на разных уровнях, от организма и популяции до сообщества видов и экосистем, так и путём оценки соотношения гомеостатических механизмов на разных уровнях.

Принципиальное значение при этом имеют исследования гомеостатических механизмов на уровне организма. На то есть ряд причин. Прежде всего, многие изменения на более высоких уровнях начинаются с изменения состояния отдельных видов. Кроме того, изменения на более высоких уровнях обычно сказываются на состоянии организма в популяциях различных видов. Механизмы гомеостаза и, в особенности, гомеостаза развития, в значительно большей степени изучены и понятны именно применительно к состоянию организма на онтогенетическом уровне. Таким образом, ха-

характеристика гомеостаза на уровне особи, на уровне индивидуального развития, представляет как самостоятельный интерес, так и важна для понимания гомеостатических механизмов биологических систем на других уровнях.

Самостоятельный интерес представляет оценка механизмов обеспечения устойчивости и возможных изменений не только на уровне организма и популяции, но и на более высоких уровнях организации – на уровне сообществ и экосистем, а также исследование соотношения гомеостатических механизмов на разных уровнях, при приоритетности таких механизмов на более высоком уровне [7, 9]. Такой подход принципиально важен и для разносторонней оценки последствий различных воздействий, включая и последствия глобальных изменений климата.

**Концепция здоровья среды и приоритеты экологической политики.** Всё новые возможности для дальнейшего развития и применения концепции здоровья среды раскрываются в области экологической политики, включая такие аспекты, как экономика, право, здравоохранение, культура. Обеспечение здоровья среды оценивается в качестве отдельной четвёртой функции природного капитала (наряду с ресурсной, регулирующей и культурной функциями) [1]. Определяются перспективы внедрения оценок здоровья среды в практику применения экологического законодательства, в области характеристики экологического риска как для экосистем, так и для здоровья человека. Здоровье среды выступает в качестве основы нового этического подхода к решению проблем охраны природы, связанного с обоснованием необходимости не только сохранения видов и экосистем, но и поддержания их благополучного состояния. Всё это определяет возможности подходов «здоровья среды» как для обеспечения качества жизни человека (антропоцентризм), так и для поддержания благополучного состояния биоты (антропоморфизм), понимания связи здоровья человека и здоровья среды («нельзя быть здоровым в больной среде»). Принцип обеспечения здоровья человека и среды соответствует основам принятого на уровне мирового сообщества этического кодекса устойчивого развития – «Хартия Земли», роль которого в системе образования и формирования культуры ещё ждет своей настоящей оценки. Здоровье среды, в широком смысле, может выступать в качестве одного из ключевых индикаторов устойчивого развития.

Это направление послужило основой для формулирования повышения ценности природного богатства в качестве главного эколого-экономического приоритета для перехода на модель устойчивого развития [15]. Время не только подтвердило правильность выбора, но и ещё больше повысило его значимость. Из области научных предложений этот приоритет уверенно перешёл в практическую плоскость, лёг в основу действий в направлении обеспечения устойчивого развития, причём не только в России. Одновременно стало ясно, что его недооценка – причина затруднений в обеспечении устойчивого развития.

Время показало и универсальность приоритета. Оказалось, что этот эколого-экономический приоритет неразрывно связан с социальным приоритетом повышения ценности человеческой жизни и здоровья. Вместе они и определяют пути обеспечения устойчивого развития общества – «По тому, как люди ценят природу и её ресурсы, а также свою жизнь и здоровье, и определяется уровень развития любого общества» [16].

Всё это и определяет значимость здоровья среды, как неперемного условия благополучного существования живой природы и человека. Поэтому концепция здоровья среды на сегодня – это интересное научное направление и показатель успешности

нашего развития, основа нового мировоззрения и этического подхода к живой природе, политическая идея и практический инструмент для ответа на вопрос о благоприятности среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобылев С.Н., Захаров В.М.* Модернизация экономики и устойчивое развитие. М.: Экономика, 2011. 295 с.
2. *Гилберт С.Ф.* Экологическая биология развития – биология развития в реальном мире // *Онтогенез*. 2004. Т. 35, № 6. С. 425–438.
3. *Гулёв С.К., Катцов В.М., Соломина О.Н.* Глобальное потепление продолжается // *Вестник РАН*. 2008. Т. 78, № 1. С. 20–27.
4. *Детлаф Т.А.* Температурно-временные закономерности развития пойкилотермных животных. М.: Наука, 2001. 212 с.
5. *Захаров В.М.* Асимметрия животных: популяционно-феногенетический подход. М.: Наука, 1987. 216 с.
6. *Захаров В.М., Жданова Н.П., Кирик Е.Ф., Шкиль Ф.Н.* Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях // *Онтогенез*. 2001. Т. 32, № 6. С. 404–421.
7. *Захаров В.М., Крысанов Е.Ю., Пронин А.В., Трофимов И.Е.* Исследование гомеостаза развития в природных популяциях. Концепция здоровья среды: методология и практика оценки // *Онтогенез*. 2017. Т. 48, № 6. С. 418–432.
8. *Захаров В.М., Кряжева Н.Г., Дмитриев С.Г., Трофимов И.Е.* Оценка возможных изменений состояния популяций вследствие климатических изменений (на примере исследования стабильности развития берёзы повислой) // *Успехи современной биологии*. 2011. Т. 131, № 4. С. 425–430.
9. *Захаров В.М., Трофимов И.Е.* Гомеостатические механизмы биологических систем: гомеостаз развития // *Онтогенез*. 2014. Т. 45, № 3. С. 138–150.
10. *Захаров В.М., Трофимов И.Е.* Оценка здоровья среды: экологическое нормирование (оценка состояния природных популяций по стабильности развития) // *Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоёмов* / Под ред. Д.С. Павлова, Г.С. Розенберга, М.И. Шатуновского. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2011. С. 102–120.
11. *Захаров В.М., Шефтель Б.И., Дмитриев С.Г.* Изменение климата и популяционная динамика: возможные последствия (на примере мелких млекопитающих в Центральной Сибири) // *Успехи современной биологии*. 2011. Т. 131, № 5. С. 435–439.
12. *Зотин А.И.* Термодинамическая основа реакций организмов на внешние и внутренние факторы. М.: Наука, 1988. 272 с.
13. *Павлов Д.С., Захаров В.М.* Последствия изменения климата для биоразнообразия и биологических ресурсов России: приоритетные направления исследований // *Успехи современной биологии*. 2011. Т. 131, № 4. С. 323.
14. *Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварёва Е.Н.* Экологическая концепция природопользования // *Вестник РАН*. 2010. Т. 80, № 2. С. 131–140.
15. *Приоритеты национальной экологической политики России* / Под ред. В.М. Захарова. М.: Наука, 1999. 100 с.
16. *Приоритеты национальной экологической политики России* / Под ред. В.М. Захарова. М.: ООО «Типография Левко», 2009. 152 с.
17. *Уоддингтон К.Х.* Основные биологические концепции // *На пути к теоретической биологии*. Т. 1. М.: Мир, 1970. С. 11–38.
18. *Baranov A.S., Pucek Z., Kiseleva E.G., Zakharov V.M.* Developmental stability in hybrids of European bison *Bison bonasus* and domestic cattle // *Acta Theriologica*. 1997. Suppl. 4. P. 79–85.
19. *Berteaux D., Humphries M.M., Krebs C.J., Lima M., McAdam A.G., Pettorelli N., Reale D., Saitoh T., Tkadlec E., Weladji R.B., Stenseth N.C.* Constraints to projecting the effects of climate change on mammals // *Climate Research*. 2006. V.32. P. 151–158.
20. *Gilbert S.F., Barresi M.J.F.* *Developmental Biology*. 11<sup>th</sup> Edition. Sinauer Associates, Inc., 2016. 169 p.
21. *Ims R.A., Henden J.-A., Killengreen S.T.* Collapsing population cycles // *Trends in Ecology and Evolution*. 2008. V. 23, №2. P. 79–86.

REFERENCES

1. Bobylev S.N., Zakharov V.M. *Modernization of the Economy and Sustainable Development*. 295 p. (Moscow: Ekonomika, 2011) (in Russian).
2. Gilbert S.F. Ecological Developmental Biology – Developmental Biology in the Real World. *Ontogenez*. **35** (6), 425–438 (2004) (in Russian).
3. Gulov S.K., Kattsov V.M., Solomina O.N. Global Warming Continues. *Vestn. Rossiyskoy akademii nauk*. **78** (1), 20–27 (2008) (in Russian).
4. Detlaf T.A. *Temperature-time patterns of the development of poikilothermic animals*. 212 p. (Moscow: Nauka, 2001) (in Russian).
5. Zakharov V.M. *Animal Asymmetry: Population Phenogenetic Approach*. 216 p. (Moscow: Nauka, 1987) (in Russian).
6. Zakharov V.M., Zhdanova N.P., Kirik E.F., Shkil F.N. Ontogenesis and Population: Evaluation of Developmental Stability in Natural Populations. *Ontogenez*. **32** (6), 404–421 (2001) (in Russian).
7. Zakharov V.M., Krysanov E.Yu., Pronin A.V., Trofimov I.E. The Study of the Homeostasis of Development in Natural Populations. The Concept of Health of the Environment: the Methodology and Practice of Evaluation. *Ontogenez*. **48** (6), 418–432 (2017) (in Russian).
8. Zakharov V.M., Kryazheva N.G., Dmitriyev S.G., Trofimov I.E. Assessment of Possible Changes in the State of Populations Due to Climate Change (for Example, a Study of the Stability of Birch Development in a Layered Manner). *Uspekhi sovremennoy biologii*. **131** (4), 425–430 (2011) (in Russian).
9. Zakharov V.M., Trofimov I.E. Homeostatic Mechanisms of Biological Systems: Homeostasis of Development. *Ontogenez*. **45** (3), 138–150 (2014) (in Russian).
10. Zakharov V.M., Trofimov I.E. Health of the Environment Assessment: Environmental Rationing (Assessment of the State of Natural Populations by Stability of Development). *Issues of environmental regulation and the development of a system for assessing the state of water bodies*. Red. by D.S. Pavlov, G.S. Rozenberg, M.I. Shatunovskij. P. 102–120 (Moscow: Tov-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2011) (in Russian).
11. Zakharov V.M., Sheftel B.I., Dmitriyev S.G. Climate Change and Population Dynamics: Possible Consequences (on the Example of Small Mammals in Central Siberia). *Uspekhi sovremennoy biologii*. **131** (5), 435–439 (2011) (in Russian).
12. Zotin A.I. *The Thermodynamic Basis of the Reactions of Organisms to External and Internal Factors*. 272 p. (Moscow: Nauka, 1988) (in Russian).
13. Pavlov D.S., Zakharov V.M. The Consequences of Climate Change for Biodiversity and Russian Biological Resources: Priority Research Areas. *Uspekhi sovremennoy biologii*. **131** (4), 323 (2011) (in Russian).
14. Pavlov D.S., Striganova B.R., Bukvarova E.N. Environmental Concept of Nature Management. *Vestnik RAN*. **80** (2), 131–140 (2010) (in Russian).
15. *Priorities of the National Environmental Policy of Russia*. Red. by V.M. Zakharov. 100 p. (Moscow: Nauka, 1999) (in Russian).
16. *Priorities of the National Environmental Policy of Russia*. Red. by V.M. Zakharov. 152 p. (Moscow: OOO «Tipografiya Levko», 2009) (in Russian).
17. Uoddington K.Kh. Basic biological concepts. *Na puti k teoreticheskoy biologii*. P. 11–38. V. 1. (Moscow: Mir, 1970) (in Russian).
18. Baranov A.S., Pucek Z., Kiseleva E.G., Zakharov V.M. Developmental stability in hybrids of European bison *Bison bonasus* and domestic cattle. *Acta Theriologica*. **4**, 79–85 (1997).
19. Berteaux D., Humphries M.M., Krebs C.J., Lima M., McAdam A.G., Pettorelli N., Reale D., Saitoh T., Tkadlec E., Weladji R.B., Stenseth N.C. Constraints to projecting the effects of climate change on mammals. *Climate Research*. **32**, 151–158 (2006).
20. Gilbert S.F., Barresi M.J.F. *Developmental Biology*. 11<sup>th</sup> Edition. 169 p. (Sinauer Associates, Inc., 2016).
21. Ims R.A., Henden J.-A., Killengreen S.T. Collapsing population cycles. *Trends in Ecology and Evolution*. **23** (2), 79–86 (2008).

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЖИДКИХ БИОСРЕД (НА ПРИМЕРЕ СЛИЗИ МОДЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА – ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ) И ВОДЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

В.В. Цетлин, В.М. Макеева, А.В. Смуров,  
С.С. Мойса, С.А. Савчуков<sup>1</sup>

*Измерение электрохимических параметров воды и внутренней жидкой биосреды организмов (на примере слизи виноградной улитки *Helix pomatia* L.) проведено с помощью амперометрического метода. Впервые экспериментально показано, что на фоне непрерывного ритмического воздействия космофизических факторов гравитационное воздействие Луны (в момент прохождения через перигей), планет (в моменты кульминации), земной приливной волны и других факторов, может кратковременно резко изменять электрохимические параметры воды и внутренней жидкой среды организмов в электрохимических ячейках, которые определяют биоэлектрический окислительно-восстановительный потенциал клеток и тканей. Экспериментально зарегистрировано резкое изменение амплитуды сигнала измеряемых величин на 10–30 % за короткий промежуток времени (1–5 минут). Обоснована необходимость учёта выявленных изменений электрохимических параметров воды и жидких биосред под воздействием космо- и геофизических факторов при интерпретации результатов медицинской диагностики и экспериментальной биологии.*

**Ключевые слова:** вода, жидкая биосреда, электрохимические параметры, индикаторы, космофизические факторы.

## ELECTRO-CHEMICAL PARAMETERS OF WATER MEDIUM (EXAMPLIFIED BY A GRAPE SNALE *HELIX POMATIA* L.) AND WATER AS INDICATORS OF THE EFFECTS OF COSMO-PHYSIC FACTORS

V.V. Tsetlin<sup>1</sup>, V.M. Makeeva<sup>2</sup>, A.V. Smurov<sup>2</sup>, S.S. Moisa<sup>1</sup>, S.A. Savchukov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> State scientific center of the Russian Federation, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences,

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University (Earth science museum)

*The article describes a method for measuring electrochemical parameters of water in a two-electrode cell used to measure electrochemical parameters of water and liquid medium of living organisms. It is for the first time that it was found experimentally, that, with the impact of the cosmophysical factors being constant, the electrochemical parameters of water and the liquid mediums of living organisms can be altered by the gravity of the Moon (at the moment of passing through perigee), planets (at the culmination) and as well as by the Earth's tidal waves, which determines the bioelectrical redox potential of cells and tissues. During the experiment the authors recorded a sharp change in signal amplitudes of measured values (by 10-30 %) in short time (1-5 minutes).*

<sup>1</sup> Цетлин Владимир Владимирович – д.т.н., зав. лабораторией Института медико-биологических проблем РАН, v\_tsetlin@mail.ru; Макеева Вера Михайловна – д.б.н., в.н.с. Музея землеведения МГУ, vmmakeeva@yandex.ru; Смуров Андрей Валерьевич – д.б.н., проф., директор Музея землеведения и Экоцентра МГУ, smr@mes.msu.ru; Мойса Светлана Степановна – д.б.н., с.н.с. Института медико-биологических проблем РАН, butalana07@list.ru; Савчуков Сергей Алексеевич – инженер, ssa312@yandex.ru.

*The authors managed to justify the necessity of recording of the detected changes of the electrochemical parameters of water and liquid biological media under the influence of cosmo- and geophysical factors when interpreting the results of medical diagnostics and experimental biology.*

**Keywords:** *water, liquid medium, electrochemical parameters, indicators, cosmophysical factors.*

**Введение.** При изучении физиологических и поведенческих характеристик организмов значительный интерес представляет физиологический эффект воздействия на них космо- и геофизических факторов, которые влияют на окислительную способность воды, играющей ведущую роль в возникновении биоэлектрического потенциала клеток и тканей животных и растительных организмов. Поддержание стабильности (гомеостаза) биоэлектрических окислительно-восстановительных потенциалов клеток и тканей является ключевым моментом для стабильного протекания всех биохимических реакций в организме. Резкое нарушение биоэлектрических окислительно-восстановительных потенциалов клеток и тканей может привести к нарушению электрохимического сопряжения процессов окисления и фосфорилирования в электронпереносящих (дыхательных) цепях митохондрий и хлоропластов, что может привести к нарушению метаболизма и неадекватным физиологическим реакциям живых организмов.

Изучение динамики подвижности ряда гидробионтов (простейших и рыб) [3, 9], всхожести и роста высших растений [4], онтогенеза моллюсков [5] позволило установить, что животные и высшие растения обладают способностью изменять своё физиологическое состояние и биохимические параметры биологических жидкостей [10] под воздействием сверхслабых факторов окружающей среды: природного радиационного (корпускулярного и электромагнитного) фона. Ранее высокую чувствительность живых систем и воды к воздействию перечисленных факторов отмечали А.Л. Чижевский [8] и Г. Пиккарди [6].

Несмотря на достаточно широкий круг работ по исследованию динамики электрохимических параметров воды и изучению физиологического и биохимического эффекта живых организмов на постоянное ритмическое воздействие сверхмалых доз электромагнитного излучения, до сих пор не был экспериментально выявлен факт резкого изменения электрохимических параметров (появления сильных вариаций токов, смещения потенциала) воды и внутренней жидкой среды живых организмов, строго совпадающий с расчётным временем воздействия космо- и геофизических факторов, таких как Луна, Солнце, планеты Солнечной системы, земная приливная волна и другие.

Целью настоящего исследования являлось изучение электрохимических эффектов воздействия этих космо- и геофизических факторов на воду и внутреннюю жидкую среду организмов (жидкую биосреду) на примере модельного объекта.

**Материалы и методы.** В качестве модельного объекта использован наземный брюхоногий моллюск – виноградная улитка *Helix pomatia* L. В экспериментах использовались взрослые особи с оформленным устьем, собранные в ботаническом саду МГУ им. М.В. Ломоносова на Воробьёвых горах (Москва). В статье приведены некоторые результаты из серии опытов, проведённых в 2016 г. (март–июль).

**Методика получения слизи улитки.** Слизь для проведения эксперимента получали от живой улитки путём раздражения втянутого тела улитки в области устья тонким шпателем. Для проведения эксперимента полученную слизь разводили водой высокой очистки (удельная проводимость 0,1–0,2 мкС/см<sup>2</sup>) в соотношении 1:3.

*Методика проведения эксперимента.* Измерение динамики электрических токов и окислительно-восстановительных параметров воды и внутренней жидкой среды (слизи) виноградной улитки проводили в двухэлектродных электрохимических ячейках с помощью амперометрического метода [2].

В основе экспериментальной методики лежат следующие явления. В воде, заполняющей измерительные ячейки, под действием электромагнитного излучения, поступающего из окружающей среды, постоянно и непрерывно происходит активация водных молекул. Поглощение энергии вызывает изменение концентраций носителей тока – ионов водорода, гидроксония, гидроксид-иона и других заряженных комплексов, образованных из молекул воды [1].

Для проведения эксперимента использовались стеклянные ячейки объёмом 30 мл. Индикаторные электроды изготавливались из пищевой нержавеющей стали размером 15×0,8×1 мм. Расстояние между электродами 15 мм.

Электрохимические параметры воды и жидкой биосреды в электрохимических ячейках исследовались с помощью оригинального потенциостата ИВС-mikro, разработанного в Институте физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина [1, 2]. Прибор позволяет проводить измерения токов с заданным промежутком времени, что даёт возможность проводить мониторинг эффектов, вызванных перемещением небесных тел (Солнца, Луны и планет Солнечной системы) и воздействием геофизических факторов и фиксировать эти эффекты в виде графиков. На графике по оси ординат расположен логарифм силы тока, по оси абсцисс – напряжение. Расчёт времени движения планет и приливных волн произведён на основе ньютоновской теории гравитации [7].

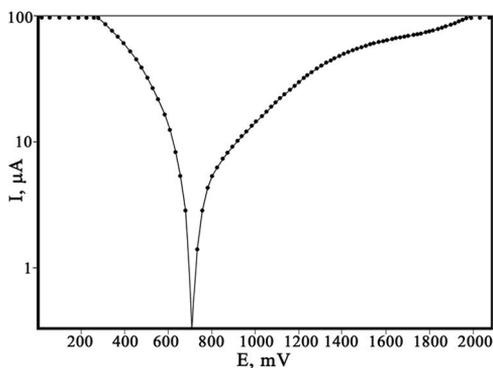
Равновесный потенциал воды (при нулевом токе) составлял 1–1,3 В. В момент опыта подавалось напряжение, которое изменялось в автоматическом режиме от 0 до 2,5 В.

Вариации электрических токов фиксировались как в «невозмущённом» состоянии литосферы, ионосферы и атмосферы, так и в момент изменённого приливными волнами состояния геосфер.

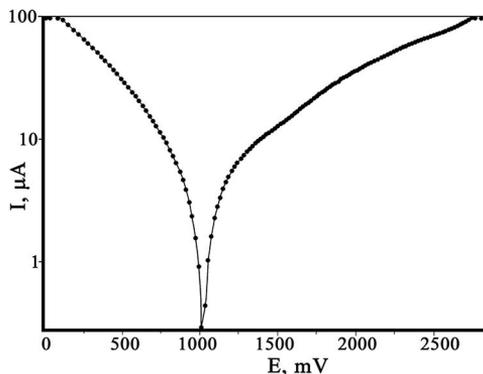
**Результаты и обсуждение.** Для выявления эффекта воздействия космофизических факторов [2] проводилось сравнение электрохимических параметров исследуемых жидкостей в электрохимических ячейках, а также анализ графических картин вариаций электрических токов в «невозмущённом» состоянии литосферы, ионосферы и атмосферы и в момент воздействия конкретных космофизических и геофизических факторов. Зарегистрированный факт появления вариаций токов и смещения равновесного потенциала в электрохимических ячейках строго совпадает с расчётным временем движения планет. Так, ниже в качестве примера приведены результаты наблюдений, проведённых 28.06.2016 г. и 27.07.2016 г., в период активного воздействия космо- и геофизических факторов.

На рис. 1 приведены результаты измерений динамики электрических токов в «невозмущённом» состоянии геосфер: для чистой воды (рис. 1А) в 15 час. 33 мин. 53 сек. 28.06.2016 г.; водного раствора слизи виноградной улитки (рис. 1Б) в 17 час. 43 мин. 53 сек. 28.06.2016 г. [10].

Эффект вариации электрических токов в водном растворе слизи виноградной улитки зафиксирован в момент изменённого приливными волнами состояния геосфер: во время захода Меркурия (рис. 2А) в 17 час. 50 мин. 44 сек. 28.06.2016 г., во время влияния земной приливной волны (рис. 2Б) в 18 час. 09 мин. 28 сек. 28.06.2016 г., в мо-



**Рис. 1А.** Динамика электрических токов в «невозмущённом» состоянии геосфер для чистой воды в 15 час. 33 мин. 53 сек. 28.06.2016 г.

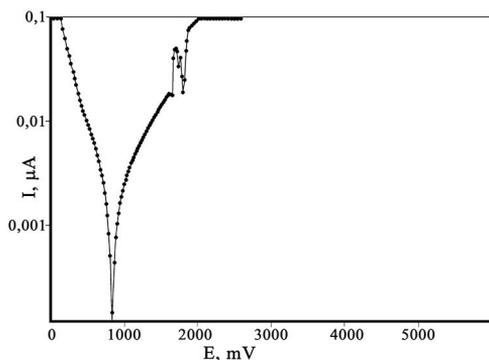


**Рис. 1Б.** Динамика электрических токов в «невозмущённом» состоянии геосфер для водного раствора слизи виноградной улитки в 17 час. 43 мин. 53 сек. 28.06.2016 г.

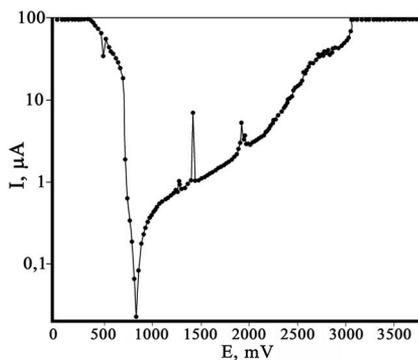
мент нижней кульминации Луны (рис. 3А) в 18 час. 51 мин. 56 сек. 27.07.2016 г. В ячейках с водой был зафиксирован момент прохождения Луны через перигей (рис. 3Б) в 17 час. 00 мин. 27.07. 2016 г. Измерения проведены в геоцентрической системе координат.

Аналогичные эффекты обнаружены во время действия многих других космо- и геофизических факторов. Например, эффект сильной вариации электрических токов и смещение напряжения в ячейках с водным раствором слизи виноградной улитки зафиксирован в момент кульминации Юпитера в 17 час. 48 мин. 28.06.2016 г., а также во время астрономического захода Солнца (18 час. 31 мин. 15 сек. 28.06.11 г.).

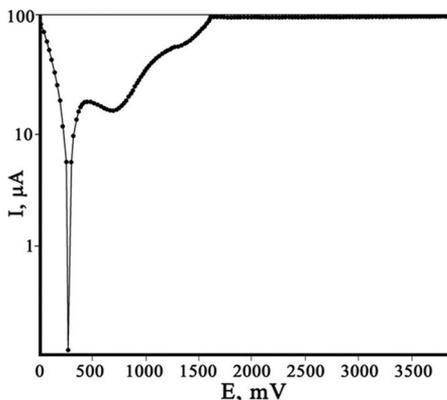
В момент гравитационного возмущения геосфер обнаружено смещение равновесного потенциала в межэлектродном пространстве. Размах смещения напряжения составляет от 1000 до 120 мВ относительно равновесного состояния (700 мВ). Одновременно во всех зафиксированных случаях наблюдались всплески и прерывание электрического тока: например, продолжительностью 11 сек. (рис. 2А) и 5 сек. (рис. 2Б).



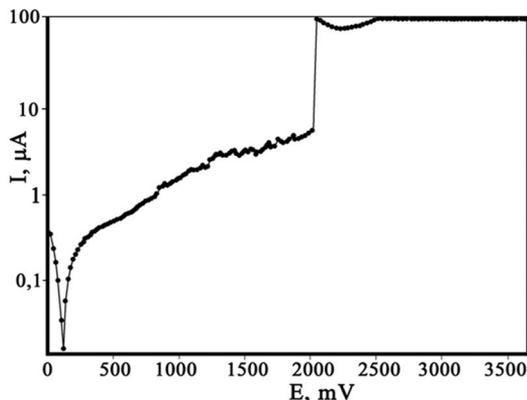
**Рис. 2А.** Вариации электрических токов в водном растворе слизи виноградной улитки во время захода Меркурия в 17 час. 50 мин. 44 сек. 28.06.2016 г.



**Рис. 2Б.** Вариации электрических токов в водном растворе слизи виноградной улитки во время влияния земной приливной волны в 18 час. 09 мин. 28 сек. 28.06.2016 г.



**Рис. 3А.** Вариации электрических токов в ячейках с водным раствором слизи виноградной улитки, зарегистрированные в момент нижней кульминации Луны 18 час. 51 мин. 56 сек. 27.07.2016 г.



**Рис. 3Б.** Вариации электрических токов в ячейках с водой, зарегистрированные в момент прохождения Луны через перигей, в 17 час. 00 мин. 27.07. 2016 г.

Разброс амплитуды (рис. 2А) составляет от -100 % до 200 %, на рис. 2Б амплитуда превышает фон на 150 %, что, возможно, обусловлено активацией воды. Под активацией воды подразумевается усиление её электроннодонорных и электронноакцепторных свойств, выражающихся в обмене энергии между водой с веществом электрода или биосреды на основе переноса свободных электронов [1].

В целом результаты проведённых экспериментов выявили, что влияние приливных гравитационных волн в атмосфере и ионосфере, а также приливных процессов в литосфере, может кратковременно резко изменять окислительное состояние воды и жидкой среды живых организмов, от которого зависит биоэлектрический потенциал клеток и тканей, необходимый для поддержания метаболизма живых организмов. Зарегистрированный факт появления сильных вариаций токов в электрохимических ячейках строго совпадает с расчётным временем движения планет.

Экспериментально зафиксированные изменения электрохимических параметров в электрохимических ячейках (на примере внутренней жидкой среды модельного объекта – виноградной улитки) предлагается трактовать как сформировавшийся в процессе эволюции электрохимический механизм поддержания гомеостаза организмов как живых систем, находящихся под постоянным воздействием космо- и геофизических факторов.

Изменение электрохимических параметров воды и внутренней жидкой среды организма, свидетельствующее об изменении окислительного состояния воды, участвующей в регуляции биоэлектрических окислительно-восстановительных потенциалов клеток и тканей организмов, позволяет предположить возможность изменения адекватных физиологических реакций живых организмов, особенно в случае длительного и интенсивного воздействия космо- и геофизических факторов.

Обнаруженный факт резкого изменения электрохимических параметров воды и жидких биосред под воздействием космо- и геофизических факторов необходимо учитывать при интерпретации результатов медицинской диагностики и экспериментальной биологии, а также при разработке профилактических мер снижения неблагоприятного воздействия космо- и геофизических факторов для экипажей самолётов,

космических кораблей и населения. Вероятность получения искажённого гравитационным воздействием результата лабораторных и медицинских исследований составляет 1,5–10 % времени в течение суток, т. е. от 20 минут до 2,5 часов (в зависимости от используемой методики измерений). Аналитический учёт времени проявления резкого изменения электрохимических параметров воды и жидких биосред позволит значительно увеличить достоверность измерений в биологических исследованиях и медицинской диагностике. Для выявления физических и биологических механизмов экспериментально открытых явлений требуется проведение дополнительных исследований.

Таким образом, в ходе экспериментов было зафиксировано, что на фоне непрерывного ритмического воздействия космофизических факторов (сверхслабого электромагнитного излучения радиодиапазона с плотностью мощности  $10^{-8} - 10^{-10}$  Вт/см<sup>2</sup>) в динамике электрических токов в ячейках наблюдались кратковременные изменения (всплески, прерывание токов, смещение равновесного потенциала) в моменты прохождения места наблюдения (Москва) при суточном вращении Земли, совпадающие с изменениями гравитационных полей Солнца, Луны и планет солнечной системы. Вариации токов в экспериментальных средах зафиксированы также в моменты геофизических факторов (приливной волны в земной коре).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цетлин В.В. Исследование реакции воды на вариации космофизических и геофизических факторов окружающего пространства // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2010. № 6. С. 26–31.
2. Цетлин В.В., Макеева В.М., Смуров А.В., Мойса С.С., Савчуков С.А. Электрохимические параметры воды и водной среды живых организмов как индикаторы воздействия космофизических факторов // *Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии*: Мат. Межд. симпозиума и школы МГУ, 25–28 октября 2016 г. М.: ГЕОС, 2016. С. 252–262.
3. Lebedeva N.E., Kiseleva Yu. V., Sergeeva S.Yu., Ryzhkin, S.A., Ryzhkina I.S., Konovalov A.I. Effect of highly diluted aqueous solutions and weak physical fields on the behavior of aquatic organisms // *International scientific forum Butlerov Heritage*. 2015 (English preprint). P. 8–18.
4. Moisa S.S., Tsetlin V.V., Levinskich M.A., Nefedova E.I. Low Doses of Ionized Radiation and Hypomagnetic Field Alter Redox Properties of Water and Physiological Characteristics of Seeds of the Highest Plants // *J. Biomedical Science and Engineering*, 2016. V. 9, № 8. P. 410–418 (<http://dx.doi.org/10.4236/jbise.2016.98036>).
5. Moisa S.S., Zotin A.A., Tsetlin V.V. The embryonic development of great Ramshorn Planorbis corneus under the hypomagnetic field // *Amer. J. of Life Sciences. Special Issue: Space Flight Factors: From Cell to Body*. 2015. V. 3, № 1–2. P. 25–31. DOI: 10.11648/j.ajls.s.2015030102.15.
6. Piccardi G. The problem of the relationship between special and terrestrial phenomena and chemical tests *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*. Anno XVI (Marzo – Aprile. 1961. Firenze). 1961. № 2. P. 109–121.
7. Sidorenkov N.S. The interaction between Earth rotation and geophysical processes. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA (Weinheim, Germany), 2009. 317 p.
8. Tchijevsky A.L. Physical factors of the historical process. 1922. Kaluga. Russia. 72 p.
9. Tushmalova N.A., Lebedeva N.E., Igolkin Yu.V., Sarapultseva E.I. Spirostomum ambiguum as a bioindicator of aquatic Environment Pollution // *Moscow University biological sciences bulletin* (Allerton press: New York). 2014. V. 69, № 2. P. 67–70.

10. Ushakov I.B., Tsetlin V.V., Moisa S.S. Reaction of water and living systems under the chronic effect of ionized radiation in low doses // *J. Biomedical Science and Engineering*. 2012. V. 5. P. 771–778. DOI:10.4236/jbise.2012.512A097 (<http://www.SciRP.org/journal/jbise/>).

#### REFERENCES

1. Tsetlin V.V. Investigation of water reaction on the variations of cosmophysical and geophysical factors of the surrounding space. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya Meditsina*. **6**, 26–31 (2010) (in Russian).

2. Tsetlin V.V., Makeeva V.M., Smurov A.V., Moisa S.S., Savchukov S.A. Electrochemical parameters of water and aquatic environment of living organisms as indicators of cosmophysical factors influence. *Biodiagnostics and assessment of environmental quality: approaches, methods, criteria and comparison standards in ecotoxicology: Mat. Int. Symposium and School of the Moscow State University, October 25–28, 2016*. P. 252–262 (Moscow: GEOS, 2016) (in Russian).

3. Lebedeva N.E., Kiseleva Yu. V., Sergeeva S.Yu., Ryzhkin, S.A., Ryzhkina I.S., Konovalov A.I. Effect of highly diluted aqueous solutions and weak physical fields on the behavior of aquatic organisms. *Int. sci. forum Butlerov Heritage* (Engl. preprint). P. 8–18 (2015).

4. Moisa S.S., Tsetlin V.V., Levinskich M.A., Nefedova E.I. Low Doses of Ionized Radiation and Hypomagnetic Field Alter Redox Properties of Water and Physiological Characteristics of Seeds of the Highest Plants. *J. Biomedical Science and Engineering*, **9** (8), 410–418 (2016) (<http://dx.doi.org/10.4236/jbise.2016.98036>).

5. Moisa S.S., Zotin A.A., Tsetlin V.V. The embryonic development of great Ramshorn *Planorbis corneus* under the hypomagnetic field. *American Journal of Life Sciences. Special Issue: Space Flight Factors: From Cell to Body*. **3** (1–2), 25–31 (2015). DOI: 10.11648/j.ajls.s.2015030102.15.

6. Piccardi G. *The problem of the relationship between special and terrestrial phenomena and chemical tests Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*. Anno XVI. 1961. **2**, 109–121 (Marzo–Aprile 1961, Firenze).

7. Sidorenkov N.S. *The interaction between Earth rotation and geophysical processes*. 317 p. (Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2009).

8. Tchijevsky A.L. *Physical factors of the historical process*. 72 p. (Kaluga, Russia, 1922).

9. Tushmalova N.A., Lebedeva N.E., Igolkin Yu.V., Sarapultseva E.I. *Spirostomum ambiguum* as a bioindicator of aquatic Environment Pollution. *Moscow University biological sciences bulletin*. **69** (2), 67–70 (New York: Allerton press, 2014).

10. Ushakov I.B., Tsetlin V.V., Moisa S.S. Reaction of water and living systems under the chronic effect of ionized radiation in low doses. *J. Biomedical Science and Engineering*. **5**, 771–778 (2012). DOI:10.4236/jbise.2012.512A097 (<http://www.SciRP.org/journal/jbise/>).

## ДИОКСИНЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ БИОСИСТЕМ: РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.С. Румак, Н.В. Умнова<sup>1</sup>

*Статья знакомит с ключевыми научными достижениями её авторов в области разработки проблем экотоксикометрии малых доз диоксинов (ПХДД/ПХДФ), загрязняющих среду; проблем молекулярной токсикологии диоксинов и понятия диоксиновая патология; выявления зон экологического неблагополучия на прилегающих к источникам выбросов/сбросов ПХДД/ПХДФ территориях.*

**Ключевые слова:** диоксины, ПХДД/ПХДФ, загрязняющие вещества, экотоксикометрия, токсические эффекты, риски для здоровья населения, диоксиновая патология, молекулярная токсикология.

### DIOXINS AND BIOSYSTEMS SAFETY: FIELD RESEARCH RESULTS

V.S. Roumak, Dr.Sci (Medicine), N.V. Umnova, Dr.Sci (Biol.)

*The Institute of ecology and evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

*The aim of the article is to provide the reader with some material on the key scientific advances in the sphere of ecotoxicometry of small-doses of dioxins (PCDD /PCDF) which pollute the environment. The authors touch upon the issue of molecular toxicology of dioxins and the notion of dioxin-caused pathology. The article gives a detailed analysis of identification of environmentally unsafe areas on the territories adjacent to the zones of PCDD /PCDF disposal.*

**Keywords:** dioxins, PCDD /PCDF, pollutant, ecotoxicometry, toxic effects, public health risks, dioxin-caused pathology, molecular toxicology

**Введение.** Известно, что антропогенные загрязняющие вещества могут влиять на организмы прямо и опосредованно – через загрязнённую ими среду. Последствия такого влияния проявляются дополнительными случаями смертности, эколого-зависимой патологии, нарушений развития, снижения качества и продолжительности благополучной жизни и, в конечном итоге, прямыми и косвенными экономическими потерями. Масштабы и тяжесть потерь неразрывно связаны со свойствами загрязняющего вещества, его изменениями под влиянием многих внешних, внутренних и временного факторов [1, 8, 10, 17].

Дополнительными факторами опасности являются другие компоненты ксенобиотического профиля, вызываемые ими изменения присущих веществу токсических свойств по механизмам комбинированного и сочетанного действия – в первую очередь за счёт эффектов синергизма. Поэтому, даже при допустимых уровнях содержания в среде определённого загрязняющего вещества, комбинации и сочетания всех этих факторов могут приводить к избыточным нагрузкам на организмы, с которыми их защитные механизмы подчас не справляются [3, 7, 8]. Это значит, что по данным мониторинга содержания в объектах среды только определённого загрязняющего вещества однозначно представлять, сколь многообразны и выражены

<sup>1</sup> Румак Владимир Степанович – д.м.н., проф., руководитель Центра безопасности биосистем биофака МГУ и лаборатории «Центр безопасности биосистем» Института проблем экологии и эволюции РАН, [info@mail.bio.msu.ru](mailto:info@mail.bio.msu.ru); Умнова Наталия Владимировна – д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории «Центр безопасности биосистем» Института проблем экологии и эволюции РАН, [admin@sevin.ru](mailto:admin@sevin.ru).

подстерегающие население риски, обоснованно нельзя. Ответ на этот запрос могут давать результаты изучения и оценки опасности локально загрязнённой среды по интегральным показателям. Простого решения подобных задач, например, путём увеличения экономического ресурса исследований, пока не найдено, т. к. многие научные аспекты экотоксикометрии стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) ещё не разработаны.

Всё это в полной мере относится к экологическим и связанным с ними медико-биологическим последствиям загрязнения среды полихлорированными соединениями дибензо-*p*-диоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ). Большинство этих СОЗ является нежелательным продуктом технологических процессов химической, целлюлозно-бумажной, металлургической и других отраслей промышленности; образуется при сжигании промышленных отходов, коммунального мусора, этилированного бензина, дизельного топлива и некоторых других органических веществ; появляется в результате химических процессов на свалках при хранении промышленных и бытовых отходов. В экономически развитых регионах России, например, Центральном, Уральском, Северо-Западном округах, где проживает большая часть населения, источники выбросов и сбросов ПХДД/ПХДФ и связанные с ними зоны загрязнения встречаются повсеместно [4, 19].

Отметим возможность переноса ПХДД/ПХДФ твёрдыми и жидкими частицами с током воздуха и воды на значительные расстояния, расширяющую зону опасного загрязнения и антропогенной трансформации экосистем [22]. Поэтому обоснованная оценка потенциальной опасности для здоровья среды и населения источников выбросов/сбросов этих веществ предполагает проведение масштабных натуральных исследований их экотоксикокинетики во взаимосвязи с показателями их токсичности и проявлениями эффектов на различных уровнях организации биологических и экологических систем вблизи источников таких выбросов. Прежде всего, имеется в виду способность этих веществ включаться в биологические циклы обмена, негативно влиять на живые организмы и вызывать стойкие изменения экосистем [11, 12, 16].

Всего известно 210 наименований ПХДД/ПХДФ, которые обладают свойствами стойких, липотропных и практически нерастворимых в воде веществ. Из них подлежат мониторингу 17 персистентных веществ, которые отличает 2,3,7,8-положение атомов хлора и очень высокая токсичность, из-за чего их часто называют «высокотоксичные диоксины». Самым токсичным среди них и других экополлютантов (в т. ч. среди боевых отравляющих веществ) является 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*p*-диоксин (ТХДД) [19]. Уникальность биологической активности ТХДД определяют его способности влиять на энергетические возможности клетки и активность генома (с изменением экспрессии множества генов) у практически всех видов животных, а также его канцерогенный потенциал (полный транслинейный и трансвидовой канцероген) [15, 21]. Вещества с подобными свойствами обозначают как суперэкоотоксиканты (СЭТ) [6]. Они способны в дозах, сопоставимых с биологической активностью эндогенных гормонов, влиять на течение фундаментальных биохимических процессов в организме и нарушать их, приводя к предотвратимым и непротвратимым потерям здоровья и/или нарушениям развития. Вызываемые ТХДД эффекты возникают даже в отдалённый период времени (спустя недели, месяцы, годы и даже десятилетия) после острого и/или хронического воздействия, а также после отмены экспозиции. Антидоты для СЭТ отсутствуют, лечение малоэффективно [13].

Поступление диоксинов в организм вместе с загрязнённой пищей, водой, воздухом и через кожу приводит к биоаккумуляции, причем в тканях организма они накапливаются с эффектом сверхкумуляции [2], способствующей проявлению их токсических свойств при сверхмалых ( $\geq 10^{-9}$  г/г) уровнях содержания в объектах среды [18]. Наивысший уровень накопления характерен для ТХДД, что объясняют способностями тканей это вещество удерживать, поскольку оно обладает крайне низким уровнем биотрансформации [25].

Диоксинам присущи эффекты биологического умножения. Попав в организмы животных, они мигрируют по пищевым цепям от жертвы к хищнику, накапливаясь в высших трофических цепях. Оказалось, что даже ничтожно малых количеств этих веществ зачастую достаточно для заметных воздействий как на жертвы, так и на хищников. Человек является высшей ступенью в ряду биологических мишеней СЭТ [17].

Всесторонне обоснованной методологии изучения и оценки качества загрязнённой диоксидами среды, обоснованного выявления очагов и зон экологического неблагополучия ещё не создано. Эффективность её разработки неразрывно связана с успехами в области формирования системных представлений об этиологической роли сверхмалых доз диоксинов, загрязняющих среду, и, как следствие, способов и методов разграничения наблюдаемых эффектов относительно воздействия иных факторов. Ликвидировать возникшее методологическое ограничение путём лабораторно-экспериментального моделирования практически невозможно, поскольку токсикология не располагает приёмами, методами и устройствами, способными воспроизводить реально существующее многообразие факторов загрязнённой множеством химических веществ среды и их влияние на организмы. Мировая наука ищет ответ на эти вопросы с помощью натурального эксперимента. Мы участвуем в этом поиске, получая результаты собственных исследований экологических и связанных с ними медико-биологических последствий химической войны армии США во Вьетнаме, а также анализируя на территориях России состояние животных из природных популяций, обитающих вблизи точечных источников диоксинов.

**Ключевые результаты разработки проблем экотоксикометрии малых доз диоксинов, загрязняющих окружающую среду.** Объектом наших исследований во Вьетнаме было население загрязнённых диоксидами территорий экоцида (рис. 1). История появления этих территорий связана с действиями армии США (операция «Ranch Hand») по разрушению живой природы гербицидами военного назначения. За практически десятилетний период (1962–71) над различными регионами юга Вьетнама (на площади около 1,6 млн га) было распылено свыше 90 тыс. т препаратов, содержащих более 170 кг ТХДД. Использовано несколько химических рецептур – в основном «Оранжевый агент» (ОА), представлявший смесь *n*-бутиловых эфиров 2,4-ди- и 3,4,5-трихлорфеноксиуксусных кислот с технологическими примесями ТХДД (в среднем 13 ppm) [27]. Комбинация химических (ОА и другие дефолианты), термических (напалм) и экологических (разрушение и химическое загрязнение биологических систем) воздействий обусловила беспрецедентные для тропических экосистем последствия на огромных территориях, названных территориями экоцида [12].

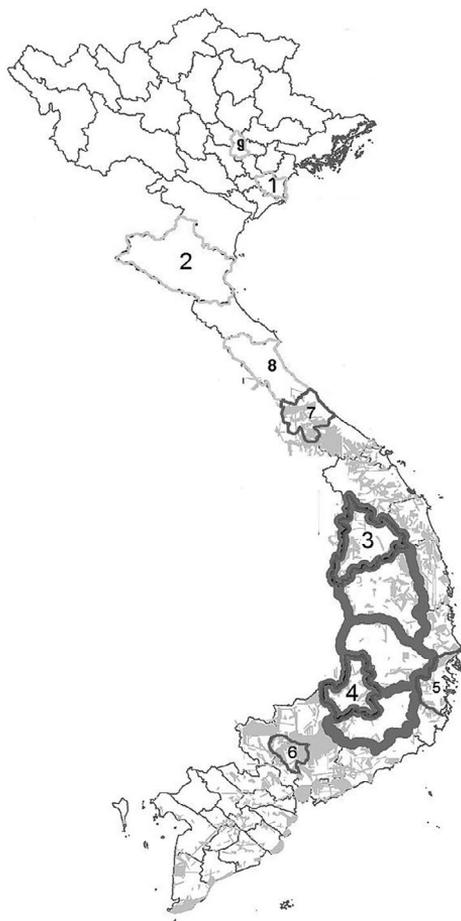
После применения ОА загрязнённость поверхности почв ТХДД могла достигать 10 мкг на 1 м<sup>2</sup> (из расчёта 170 кг ТХДД, распылённого вместе с ОА). При таких условиях загрязнения среды в организм человека могло поступить в среднем около 15 мкг ТХДД, что многократно выше значений всех известных стандартов безопасности. В зоне поражения оказалось более 4 млн человек. Из очагов первичного загрязнения

диоксины переносятся частицами воздуха и воды на незагрязнённые территории. В природе эти вещества активно перераспределяются между различными средами. Всё это способствует снижению текущих уровней содержания диоксинов в поверхностных слоях почв и появлению их практически во всех компонентах биоты (табл. 1).

Из таблицы видно, что в ряду почвы, донные отложения, ткани рыб, ткани человека (кровь, грудное молоко и плацента) различия между min и max значениями суммарной токсичности диоксинов (в эквивалентах токсичности, WHO-TEQ<sub>05</sub>) составляли 425, 135, 18 и 12, 7, 9 раз соответственно. Мозаичность вариант внутри одной выборки проб существенно влияла на однозначность оценки состояния окружающей среды по химическим нормативам её качества. Например, в выборке проб почвы количество вариант со значениями на уровне ≤ПДК (для России принята на уровне 0,33 пг/г [19]) встречалось в 41 % случаев, тогда как варианты концентраций с превышающими ПДК значениями – в 59 % случаев. Применение статистического метода (пробит-анализ) к полученным нами данным позволило учесть эту мозаичность [9]. При этом средние значения WHO-TEQ<sub>05</sub> во вьетнамских пробах примерно втрое превышали значения ПДК для почвы. Одновременно с диоксинами в почвах некоторых территорий экоцида выявлены и другие опасные для здоровья человека ксенобиотики, включая ДДТ и его метаболиты, ПХБ, хлорфенолы, нефтепродукты, способные вносить вклад в проявления эффектов интоксикации.

По содержанию ТХДД биопробы вьетнамских крестьян можно расположить в следующей последовательности: сыворотка крови ≤ плацента ≤ грудное молоко. Присутствие в плаценте самых высокотоксичных конгенов ПХДД/ПХДФ (в первую очередь ТХДД, 1,2,3,7,8-пентахлордибензо-п-диоксина и 2,3,7,8-пентахлордибензофурана) свидетельствует о реальной возможности трансплацентарного переноса этих веществ и экспозиции плода, начиная с самых ранних периодов онтогенеза. Поэтому мы допускаем возможность внутриутробного экспонирования малыми дозами этих соединений детей, родители которых рождены и/или проживали на территориях экоцида с раннего детства.

Очевидными последствиями применения ОА во Вьетнаме стали разрушенные и загрязнённые диоксинами пустоши (рис. 2), простирающиеся на несколько десятков



**Рис. 1.** Расположение провинций Вьетнама, где проводили обследования населения: 1 – Тхайбинь, 2 – Нгеан, 3 – Контум, 4 – Дакнонг, 5 – Кзаньхоа, 6 Биньзыонг, 7 – Куангчи, 8 – Куангбинь, 9 – Ханой и окрестности.

**Таблица 1.** Современные уровни содержания ТХДД и суммарной токсичности диоксинсодержащих экотоксикантов (WHO-TEQ<sub>05</sub>, пг/г) на территориях экоцида во Вьетнаме в объектах среды, образцах тканей человека и рыбы

Обследованные среды и биоматериалы, объём выборки (n)		Методы статистического анализа			
		Шапиро-Уилка (W)		пробит-анализ	
		W, lg	медиана, min÷max в выборках	средние значения концентраций в выборках проб (ДИ <sub>95</sub> ) / функция наклона	
		WHO-TEQ <sub>05</sub>	WHO-TEQ <sub>05</sub>	ТХДД	WHO-TEQ <sub>05</sub>
Почвы, n=38		0,17	0,44 (0,01÷4,25)	<u>0,4 (0,3÷0,5)</u> 1,4 (0,9÷1,9)	<u>0,9 (0,8÷1,2)</u> 2,1 (1,6÷2,6)
Донные отложения, n=31		0,06	0,25 (0,01 ÷ 1,35)	<u>0,2 (0,1÷0,4)</u> 2,5 (1,9÷3,2)	<u>1,1 (0,8÷1,4)</u> 3,4 (2,7÷4,1)
Ткани рыб, n=18		0,01	0,05 (0,02 ÷ 0,36)	<u>0,06 (0,04÷0,1)</u> 2,6 (1,3÷3,9)	<u>0,3 (0,2÷0,4)</u> 3,9 (2,6÷5,2)
Ткани человека	сыворотка крови, n=23	0,31	0,01 (0,005÷0,06)	<u>0,01</u> (0,003÷0,02) 2,2 (1,1÷3,3)	<u>0,2 (0,1÷0,3)</u> 3,7 (2,8÷4,6)
	грудное молоко, n=13	0,44	0,06 (0,03 ÷ 0,21)	<u>0,06 (0,05÷0,08)</u> 4,3 (2,9÷5,7)	<u>0,4 (0,3÷0,8)</u> 2,1 (0,9÷3,3)
	плацента, n=10	0,01	0,03 (0,01 ÷ 0,09)	<u>0,02 (0,01÷0,04)</u> 2,7 (1,3÷3,3)	<u>0,1 (0,08÷0,2)</u> 2,9 (1,8÷4,0)

Примечание: ТХДД – 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-п-диоксин; WHO-TEQ – суммарный токсический эквивалент; ДИ – доверительный интервал.

квадратных км, что лишило миллионы жителей Вьетнама, в первую очередь крестьян, привычных условий жизни.

До войны многие поколения крестьян находились в достаточно стабильной экологической обстановке. Сельскохозяйственная деятельность была ориентирована на натуральные технологии, а производство – на ремесленничество. Основу рациона питания составляли натуральные продукты, выращенные или добытые вблизи от дома. Разрушение природных экосистем и загрязнение их ОА в совокупности с бурным развитием (с конца 80-х – начала 90-х годов) экономики Вьетнама сформировали новые условия для воздействия на людей факторов загрязнённой диоксинами окружающей



**Рис. 2.** Лесная экосистема в провинции Биньзюнг на необработанной ОА территории (слева) и пустошь, образовавшаяся после обработки ОА лесного массива в провинции Куангчи.

среды. Если до начала 80-х годов опасные контакты жителей старших поколений (довоенного и военного) в основном были ограничены ПХДД/ПХДФ, то послевоенные поколения подвергались уже воздействию не только этих загрязнителей, но и других опасных для здоровья факторов.

Для изучения и оценки последствий комбинированного и сочетанного воздействия на население Вьетнама реально существующего многообразия факторов загрязненной диоксинами окружающей среды было введено понятие экосистемный диоксинсодержащий экотоксикологический фактор (ЭДЭФ). Параметры ЭДЭФ определяли с помощью хорошо зарекомендовавшей себя формулы Габера:

$$\text{Токсодоза} = C \times t,$$

где  $C$  – концентрация яда,  $t$  – время его воздействия.

Основанием использования формулы Габера в наших исследованиях – в аспекте разработки проблем экотоксикометрии загрязняющих среду диоксинов – стали присущие этим веществам свойства и их персистентность. Прежде всего, отметим выраженную селективную биоаккумуляцию высокотоксичных конгенов с эффектом сверхкумуляции в тканях и устойчивость накопленных в организме загрязнителей к биотрансформации. Необходимость определения значений токсодоз для локальных экотоксикологических ситуаций можно отнести к лимитирующим факторам.

**Молекулярная токсикология диоксинов.** Молекулярная токсикология начинается там, где предметом исследований становятся происходящие на молекулярном уровне токсические процессы с последующей дестабилизацией и модификацией внутриклеточных и клеточных процессов (включая эффекты изменённой экспрессии множества генов, например, генов цитохромов; пролиферативных, цитогенетических, кардиологических и цитоморфологических событий). Закономерности их течения в тканях организма отражают совокупные генетические и биохимические эффекты интоксикации во взаимосвязи с показателями содержания в них загрязняющих веществ. Мы изучали такие взаимосвязи применительно к диоксинам. Объектами исследований были ветераны химической войны армии США во Вьетнаме (ветераны)<sup>2</sup>, взрослые коренные жители территорий экоцида (ЖТЭ) и их дети.

Представленные на рис. 3. данные свидетельствуют о появлении у ветеранов эффектов прямого индуцирующего действия диоксинов на систему цитохрома P-450. Они проявлялись особенностями распределения значений индекса индуцибельности бензпиренгидроксилазы в лимфоцитах – среди ветеранов отмечено появление индивидуумов с необычайно высокими (6,0÷10,0) его значениями (рис. 3А), а также высоким уровнем выхода с мочой метаболитов антипирина (гидроксиантипирина и норантипирина) при проведении антипиринового теста (рис. 3Б, В и Г).

Цитогенетический и цитоморфологический анализ клеток разного типа свидетельствовал (табл. 2) об устойчивых системных изменениях у ЖТЭ стабильности генетических и ядерных структур, связанных с ними изменениях скорости смены клеточных поколений. Эффекты интоксикации проявлялись: а) ростом индивидуального пула лимфоцитов с высоким числом сестринских хроматидных обменов (СХО), повышением частоты встречаемости индивидуумов, несущих клетки с таким уровнем СХО (табл. 2, 2.1, ветераны и ЖТЭ – мужчины); б) более высокой частотой встречаемости среди ЖТЭ носителей клеток с абберациями хромосом (25 % против 10 % в контроле), полиплоидным (4n) набором хромосом и их эндоредупликацией; в) повышенны

<sup>2</sup> Мужчины, подвергавшиеся прямой экспозиции ОА в годы химической войны армии США во Вьетнаме и косвенному воздействию загрязненной диоксинами окружающей среды.

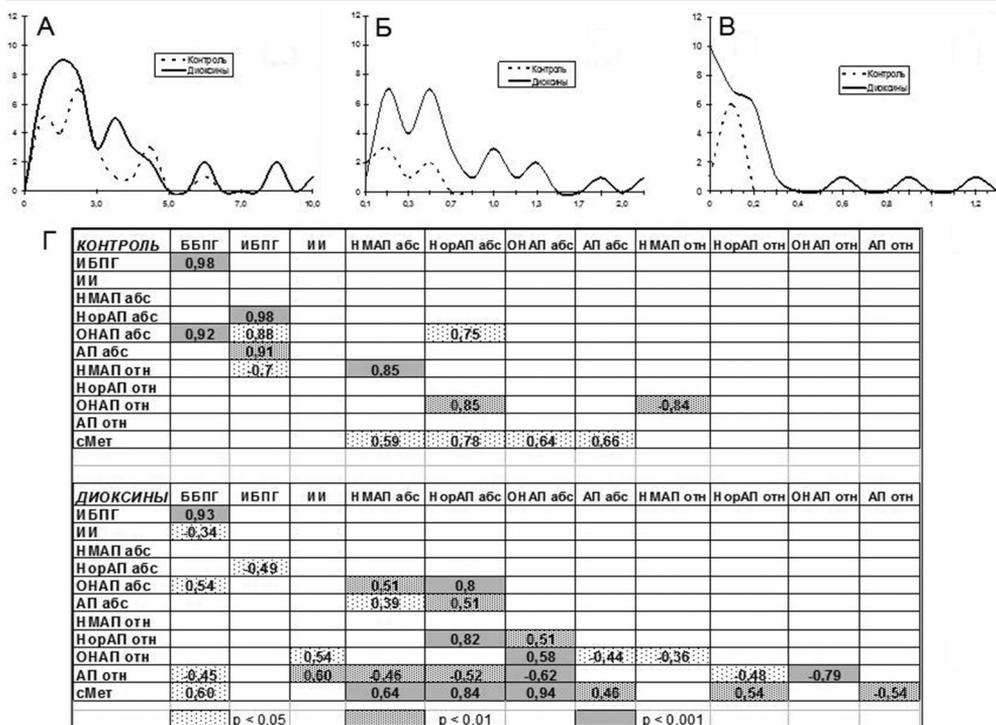


Рис. 3. Встречаемость индивидуумов с определёнными значениями показателей состояния системы цитохрома P-450 и их корреляции.

Примечание: — ветераны, ---- контроль; А – индекс индуцибельности бензпиренгидроксилазы (БПГ) в лимфоцитах; Б и В – относительные значения выхода метаболитов антипирина (АП): Б – 4-гидроксиантипирина (ОНАП); В – норантипирина (НорАП); Г – значимые корреляции показателей активности БПГ в лимфоцитах и метаболитов антипирина в печени.

ми показателями уровней пролиферации и повреждений буккальных эпителиоцитов, существенным ростом частоты встречаемости индивидуумов, несущих повреждённые клетки (табл. 2, 2.2, ЖТЭ – женщины и дети), а также высокой интенсивностью гибели у женщин ЖТЭ эпителиоцитов уrogenитального пути вне инфекционного процесса (табл. 2, 2.3).

На проявления этих эффектов активно влияли особенности индивидуального сценария экспозиции ОА и/или ЭДЭФ, сопутствующие факторы, возраст, пол и индивидуальные особенности генотипа. Отметим, что состояние буккального эпителия у детей в семьях ЖТЭ отражало наличие дисбаланса между пролиферацией и гибелью клеток. Между тем, спустя 40 лет после войны, у молодых мужчин ЖТЭ наблюдали снижение показателей встречаемости аномальных эпителиальных клеток при довольно высоком уровне апоптоза, что может говорить как о вероятности интенсивной элиминации клеток с повреждениями, так и об адаптивных процессах и общей нормализации со временем цитогенетического статуса ЖТЭ.

**Диоксиновая патология.** Понятие диоксиновая патология (ДП) введено для обозначения потерь здоровья населением Вьетнама в связи с экспозицией ОА и/или ЭДЭФ – от достаточно специфических в виде поражений кожных покровов (хлоракне) или онкологических заболеваний до дополнительных случаев смертности, эколого-за-

**Таблица 2.** Изменения цитогенетических и цитоморфологических показателей относительно контроля в выборках мужчин, женщин и детей

2.1. Выборки	Лимфоциты <i>in vitro</i>			
	Клетки с аберрациями хромосом	Клетки с эндоредупликацией хромосом и полиплоидией	Доля генетических СХО	Доля внешнесредовых СХО (вСХО)
Ветераны	↑ в группе	↑ в группе	( $p=0,55$ )	↑ ( $p<0,01$ )
ЖТЭ, мужчины	↑ в группе	↑ в группе	( $p=0,55$ )	↑↑ ( $p<0,001$ )
2.2. Выборки	Эпителиоциты буккальные			
	Микроядра	Сумма цитогенетических показателей	Сумма показателей пролиферации	Доля клеток с признаками апоптоза
ЖТЭ, мужчины	( $p>0,05$ )	↑ доля м, несущих повреждённые клетки ( $p<0,05$ )	( $p>0,05$ )	( $p>0,05$ )
ЖТЭ, женщины	↑↑ ( $p<0,05$ )	↑ ( $p<0,01$ )	↑ ( $p<0,05$ )	↑ ( $p<0,05$ )
ЖТЭ, дети	( $p=0,06$ ), ↑ доля детей, несущих такие клетки	↑ ( $p<0,001$ ); ↑ доля детей, несущих такие клетки	↑ ( $p<0,01$ ); ↑ доля детей, несущих такие клетки	↑↓
2.3. Выборки	Эпителиоциты уrogenитального пути			
	Микроядра	Сумма показателей пролиферации	Доля клеток с признаками апоптоза	
ЖТЭ, женщины	( $p>0,05$ )	( $p>0,05$ )	↑ только kariopiknoz ( $p<0,01$ )	

*Примечание:* СХО – сестринские хроматидные обмены; показатели пролиферации – двуядерные клетки, центральная ядерная перетяжка и т. д.; показатели апоптоза – kariopiknoz, kariorekซิส, kariolизис, конденсация хроматина и т. д.; ↑ – повышение показателя; ↓ – снижение показателя;  $p$  – уровень значимости.

висимой патологии, нарушений развития, снижения качества и продолжительности благополучной жизни. Разработка понятия ДП потребовала выполнения масштабных, междисциплинарных, сравнительных, комплексных, лонгитудинальных, эпидемиологических и клинико-лабораторных исследований её проявлений в нескольких поколениях населения. Совокупность полученных данных показала, что длительное проживание крестьян (более 10 лет) на территориях экоцида в условиях загрязнения объектов среды сверхмалыми ( $\leq 1 \cdot 10^{-9}$  г/г) концентрациями диоксинов способствует загрязнению этими веществами тканей человека и животных; возникновению условий для передачи накопленных ядов потомству (млекопитающими – трансплацентарным и лактационным путями); формированию ДП. Её проявления в качестве дополнительных случаев эколого-зависимой патологии, нарушений развития, снижения качества и продолжительности благополучной жизни определяют меру ущерба на уровне  $\approx 1,4$  лет благополучной жизни за каждые 10 прожитых лет.

Отметим, что ключевым звеном взаимодействия молекул диоксинов с диоксинчувствительными генами являются Ah-рецептор и его система [20]. Изучение способностей диоксинов вызывать появление клинически значимых признаков ДП через недели, месяцы и даже годы после экспозиции сопровождалось разработкой гипотезы, согласно которой высокая внутриклеточная концентрация этих ядов может приво-

доть к изменению и даже «деструкции» системы Ah-рецептора и, как следствие, блокировке типичных для действия диоксин-рецепторного комплекса токсических эффектов. Со временем, когда концентрация диоксинов в тканях снижается до уровней, способствующих взаимодействию с рецептором и активации диоксинчувствительных генов, запускаются механизмы формирования клинически значимой патологии.

В этом плане отметим способности диоксинов вызывать так называемые парадоксальные токсические эффекты [5]. От обычной для токсических веществ зависимости «доза-эффект» парадоксальные эффекты отличают отношения, при которых уменьшение уровней доз или концентраций приводит не к снижению, а к достоверному повышению уровней токсических эффектов. Подобные отношения регистрировались у ЖТЭ (рост встречаемости системной патологии и нарушений детородной функции, цитогенетические эффекты) практически повсеместно. Наш вклад в расшифровку механизмов формирования этих эффектов у экспонированных ЭДЭФ людей связан с изучением механизмов регуляции биосистемами организма (эффекты регуляции и дисрегуляции) ответных реакций на воздействия дополнительных стрессовых факторов окружающей среды, а также естественным образом приспосабливаться к их действию (эффекты адаптации и дисадаптации). Все эти эффекты изучали на различных уровнях организации биосистем:

а) молекулярном: изменения реактивности бензпиренгидроксилазы в микросомальной системе лимфоцитов;

б) клеточном: повышение частоты внешнесредовых СХО в лимфоцитах, буллькальных эпителиоцитах с микроядрами, усиление апоптоза, дисбаланс между пролиферацией и гибелью клеток;

с) системном: изменение картин состояния иммунной системы, сдвиги инсулинового и тироксинового статусов; «гипочувствительный гиповитаминоз А», ухудшение темновой адаптации зрения;

д) организменном: снижение адаптационных и резервных возможностей дыхательной и сердечнососудистой систем при дозированных физических нагрузках (тест *PWC-170*). Оказалось, что на начальных этапах формирования ДП интоксикация проявляется эффектами дисадаптации и дисрегуляции. Механизмы их появления связаны с истощением резервных возможностей биосистем. Показателями истощения стало ухудшение ответных реакций на дополнительные внешнесредовые воздействия, нарушения механизмов поддержания естественного уровня гомеостаза и восстановления возникающих повреждений. В таких условиях за сохранение естественных процессов жизнедеятельности организму пришлось расплачиваться утратой какой-то части своих функций, в первую очередь, наиболее специализированных (например, антителообразования); изменениями нормальных метаболических процессов, в первую очередь активацией реакций микросомального и перекисного окисления, образования свободных радикалов, повышением нестабильности генома, вероятности мутагенеза и канцерогенеза.

Совокупность начальных изменений гомеостаза активно способствует формированию нового уровня функционирования организма, при котором биологические системы способны адекватно отвечать лишь на незначительные нагрузки. В результате повышается чувствительность людей даже к условным патогенам, генотоксичным и обычным неблагоприятным факторам. На уровне популяции могут быть зарегистрированы дополнительные случаи генетических эффектов, нарушений морфогенеза и раннего развития, соматической и репродуктивной патологии, снижения резистентности.

Дополнительные риски здоровью населения несут эффекты, связанные с влиянием диоксинов на активность чувствительных к ним вирусов и изменением течения

инфекционных и воспалительных процессов, а также вероятность появления новых качеств у нисходящих поколений.

Эффекты активации диоксинами вирусов, промоторы генов которых содержат диоксинчувствительные элементы, обнаружены совсем недавно. К диоксинчувствительным вирусам часто относят [24] ряд тесно ассоциированных с опухолями и инфекциями вирусов человека: иммунодефицита первого типа, гриппа типа А, гепатита В, папилломавирус, цитомегаловирус, вирус Эпштейна-Барр. Установлено, что наблюдаемый в тканях жителей территорий экоцида и обитающих там животных уровень диоксинов достаточен для их эффективного связывания с чувствительными элементами перечисленных вирусов, следствием чего может быть состояние ареактивности организма-хозяина на их антигенные детерминанты.

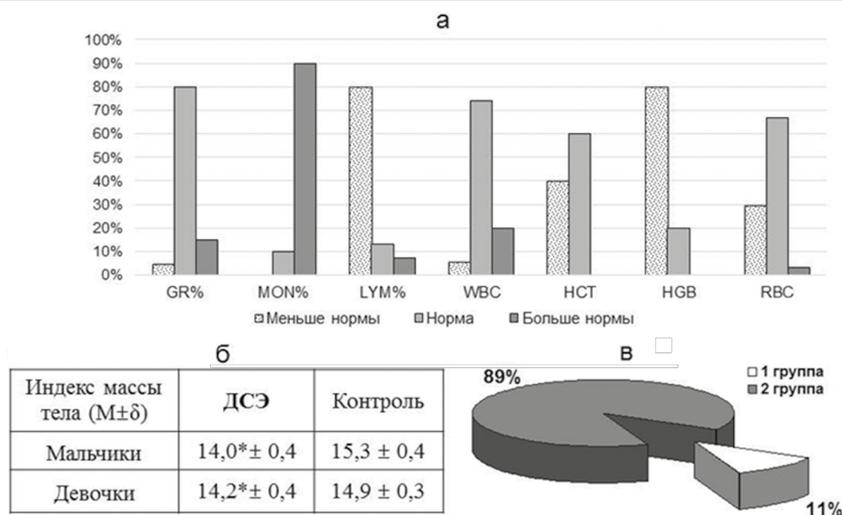
Основанием для выдвижения гипотезы об этиологической роли аккумулированных организмом диоксинов, как фактора приобретения их потомством новых качеств, стали данные обследования семей, в которых все её члены (муж, жена и их дети) рождены и/или более 10 лет проживали на территории экоцида. От интактных по контактам с ЭДЭФ сверстников когорты детей ЖТЭ (рис. 4) отличало множество признаков:

- изменённый эколого-генетический статус;
- высокий уровень встречаемости врождённых морфогенетических вариантов развития, в первую очередь челюстно-лицевых аномалий (К.07 по МКБ-10);
- прирост встречаемости женского гипогонадизма (8,5 % против 4,9 % в контроле); сдвиг возраста полового созревания девочек (до 31 % случаев менархе после 18 лет против 19 % в контроле), повышение частоты встречаемости нерегулярных месячных циклов (до 37 % против 20 % в контроле);
- очень высокий уровень встречаемости детей (до 89 %) с различными формами функциональных и/или морфофункциональных отклонений. В том числе: отклонения от локальной нормы параметров клинического анализа крови (рис. 4а), сниженные значения индекса массы тела (ИМТ, рис. 4б), рост частоты встречаемости (более 2-х раз в год) и длительности течения (более 5 суток) острых инфекционных (помимо малярии) заболеваний (рис. 4в).

Выдвинутая нами гипотеза разрабатывается в аспекте дифференцированной диагностики показателей нового качества организма относительно эффектов его интоксикации на ранних этапах онтогенеза в условиях трансплацентарной и лактационной экспозиции.

**Разработка проблем выявления зон экологического неблагополучия на прилегающих к источникам выбросов/сбросов ПХДД/ПХДФ территориях.** Известно, что длительное пренебрежение мерами ликвидации источников выбросов/сбросов диоксинов способствует загрязнению этими веществами природной среды и её обитателей. В больших и малых городах России, где проживает большая часть населения, такие источники встречаются повсеместно. Между тем, наука ещё не готова предложить практике всесторонне обоснованные однозначные нормативы для оценки безопасности загрязнённых сверхмалыми уровнями диоксинов экосистем. Причины этого кроются в следующих обстоятельствах:

- а) большинство стран Европы придерживается концепции порогового действия этих веществ, в то время как США – беспорогового. Каждая из сторон имеет для этого серьёзные методические основания;
- б) значения гигиенических регламентов диоксинов в различных странах многократно отличаются;



**Рис. 4.** Показатели здоровья в группе детей 6–10 лет, проживающих на территориях экоцида (на примере провинции Куангчи).

*Примечание:* Встречаемость индивидуумов с изменёнными относительно нормы параметрами: а) лейкоцитов (WBC, абсолютное содержание), лимфоцитов (LYM), моноцитов (MON), гранулоцитов (GR); содержания эритроцитов (RBC, абсолютные значения), концентраций гемоглобина (HGB) и гематокрита (HCT); б) параметры индекса массы тела (индекс Кетле); в) эпикриз о состоянии здоровья детей.

с) вместо экологических нормативов часто используют гигиенические. Между тем, гигиенические нормативы распространяются только на рабочие места независимо от их расположения, но не на места жительства населения;

д) этиологическая роль диоксинов, загрязняющих среду в условиях длительного хронического её воздействия на население не оценена.

Актуальным направлением ликвидации возникшего отставания остаётся сбор данных, отражающих последствия влияния на организмы загрязнённой диоксидами окружающей среды. Предметом наших текущих исследований этой области экотоксикологии стали методологические аспекты.

В качестве источника выбросов/сбросов ПХДД/ПХДФ выбрана свалка (полигон) твёрдых отходов производства и потребления «Саларьево» (далее свалка) (рис. 5). Возможности свалки формировать за пределами своей санитарной территории зоны экологического неблагополучия изучали и оценивали на основе данных, отражающих закономерности формирования токсических эффектов у диких животных. Результаты работ рассмотрены в аспекте создания показателей для скрининговой оценки риска здоровью населения.

Химический анализ почвенных проб, отобранных на удалении 1 и 5 км от тела свалки, показал хорошую сопоставимость значений суммарного эквивалента токсичности (WHO-TEQ<sub>05</sub>). На расстоянии 1 км среднее значение WHO-TEQ<sub>05</sub> составило 1,1 пг/г, медиана – 1,0 пг/г; на удалении 5 км: среднее – 1,3 пг /г, медиана – 1,1 пг/г. Самое высокое значение WHO-TEQ<sub>05</sub> (10,9 пг/г) было зарегистрировано для пробы, отобранной в 500 м от тела свалки (в границах 500-метровой санитарно-защитной зоны свалки). Заметим, что все эти значения многократно превышали уровень ПДК, принятый в Российской Федерации для почвы (0,3 пг/г [4, 19]). Важно отметить, что в смеси диоксинов из обследованных проб доминировали низкотоксичные окто-замещённые конгенеры ПХДД/ПХДФ.



**Рис. 5.** Местоположение полигона (свалки) твёрдых отходов производства и потребления (ТОПиП) «Саларьево» и мест сбора проб (схема и фото со спутника с сайта Яндекс).

*Примечание:* П1 – проб почвы у поселения Картмазово, Д1 – проб донных отложений в пруду поселения Картмазово, П2 – проб почвы у поселения Московский, Д2 – проб донных отложений в старом и новом русле реки Знаменка у поселения Московский.

Накопление диоксинов в тканях животных, обитающих на этих загрязнённых территориях, измеряли по содержанию отдельных конгенов и значениям WHO-TEQ<sub>05</sub>. Отлов мелких млекопитающих (малая лесная мышь *Sylvaeus uralensis*, рыжая полевка *Clethrionomys glareolus*, бурозубка *Sorex araneus*) проводили на разном удалении от тела свалки (1 и 5 км), а рыб (серебряный карась *Carassius auratus gibelio*) и моллюсков (кустарниковые улитки *Fruticola fruticum*) – примерно в 1 км от тела свалки. Обнаруженные в организме животных величины WHO-TEQ<sub>05</sub> были многократно выше уровней содержания этих веществ в среде (в почвах и донных отложениях). Максимальное содержание диоксинов выявлено у бурозубки (вблизи свалки до 73 пг/г липидов), что, скорее всего, объясняется особенностями её питания.

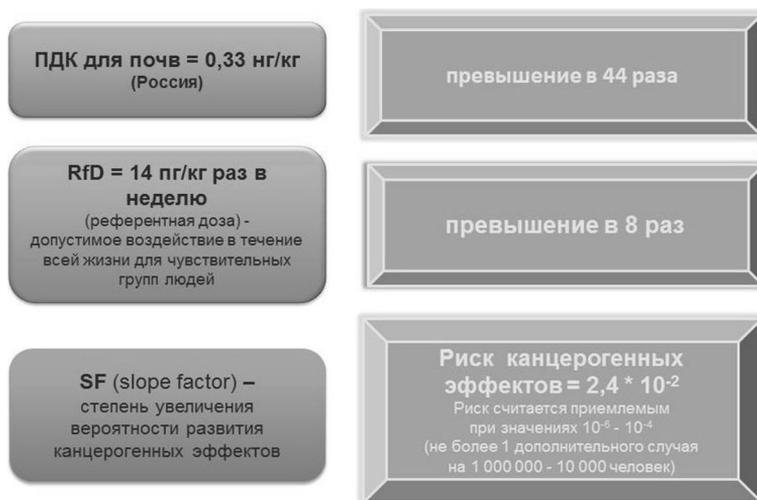
Исследования биоаккумуляции загрязнителей показали избирательное накопление в тканях животных самых высокотоксичных конгенов (ТХДД; 1,2,3,7,8-ПeХДФ и 2,3,4,7,8-ПeХДФ). У животных зарегистрированы изменения цитогенетических показателей, нарушения возрастной динамики развития рыб, появление среди них особей с морфологическими аномалиями.

Результаты анализа данных в аспекте скрининговой оценки риска для здоровья населения диоксинов, загрязняющих среду, представлены на рис. 6. Отметим, что скрининговая оценка является ключевым элементом начального этапа работ в области оценки риска для здоровья населения химических загрязняющих веществ [14]. Считается, что, если при самом консервативном сценарии индивидуальной экспозиции<sup>3</sup> величины риска не будут превышать уровня приемлемого риска, проведение расширенных исследований по полной схеме медико-биологических исследований может оказаться нецелесообразным.

Основой скрининговой оценки неканцерогенных рисков для здоровья населения диоксинов, загрязняющих среду вблизи свалки, стали результаты медико-биологиче-

<sup>3</sup> Максимально экспонированный индивидум – гипотетический человек, подвергающийся максимально возможному воздействию загрязнённой среды в течение всей жизни.

ских исследований во Вьетнаме. Оказалось, что промежуток времени, прошедший с начала двух таких разных событий – заложения и эксплуатации свалки (первая половина 1960-х) и момента применения армией США во Вьетнаме химических рецептур (включая ОА, с 1962 и до 1971 г.) – был практически сходным, что допускает одинаковую направленность векторов перераспределения диоксинов между природными средами и их обитателями.



**Рис. 6.** Скрининговая оценка ожидаемого риска для здоровья населения диоксинов вблизи свалки твёрдых отходов производства и потребления.

В пробах отобранных рядом со свалкой почв и тканях животных уровни ТХДД и значения WHO-TEQ<sub>05</sub> были существенно выше, чем в современных пробах из Вьетнама. Спектр ожидаемых при таких условиях экспозиции дополнительных потерь здоровья уже рассмотрен выше.

В качестве критерия приемлемого канцерогенного риска законодательством Российской Федерации установлено значение  $\leq 1 \cdot 10^{-6}$ , что соответствует одному дополнительному случаю рака на 1 миллион экспонированных лиц [14]. Эти значения рассчитаны путём умножения среднесуточной дозы загрязняющего вещества за весь период жизни индивидуума (показатель экспозиции) на величину фактора канцерогенного потенциала, значение которого для ТХДД составляет 150 000. Данные о биоаккумуляции ТХДД в тканях мелких млекопитающих отражают условия воздействия этих ядов на ткани организма на всех этапах онтогенеза и в первом приближении могут рассматриваться как мера максимальной экспозиции. Допущение позволило определить значения ожидаемого канцерогенного риска на уровне  $10^{-3} - 10^{-4}$ . Такой риск приемлем для профессиональных групп населения, но неприемлем для населения в целом.

**Заключение.** Краткий анализ результатов изучения последствий многолетнего влияния загрязнённой диоксинами среды на человека и животных со всей очевидностью свидетельствует о том, что именно эти суперэкоотоксиканты определяют малоизученное своеобразие реакций биоты на нагрузку экотоксикантами. Отнесение диоксинов в группу канцерогенов для человека и к разрушающим эндокринную систему соединениям это заключение только усиливает.

Большая часть населения России проживает в больших и малых городах, где имеется неопределённое множество источников выбросов/сбросов диоксинов, а также загрязнённые этими веществами очаги и зоны экотоксикологического неблагополучия. Это предполагает один из наиболее очевидных приоритетов ближайшей перспективы научно-технического развития – необходимость выявления и характеристики (расшифровки) сложных и малоизученных отношений между организмом и последствиями (эффектами) воздействия на него сверхмалых доз этих веществ. В основе разработки такого направления должны быть междисциплинарные исследования, что позволит получить системные представления о закономерностях формирования ответных реакций различных организмов на воздействие суперэкоотоксикантов, загрязняющих окружающую среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Безель В.С.* Основы экологической токсикологии // *Общая токсикология* / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. М.: Медицина, 2002. С. 545–586.
2. *Волков В.С.* Комплексная гигиеническая оценка опасности 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-пара-диоксиана. Автореф. дисс. д.м.н. Оренбург, 1999. 42 с.
3. *Голубев А.А., Люблина Е.И., Толоконцев Н.А., Филон В.А.* Количественная токсикология. Л.: Медицина, 1973. 287 с.
4. *Клюев Н.А., Курлянский Б.А., Ревич Б.А., Филатов Б.Н.* Диоксины в России. М., 2001. 212 с.
5. *Криштопенко С.В., Тихонов М.С., Попова Е.Б.* Парадоксальная токсичность. Н. Новгород: Изд-во Нижегородской гос. медицинской академии, 2001. 163 с.
6. *Кунцевич А.Д.* Систематизация и оценка степени риска суперэкоотоксикантов // *Успехи химии*. 1991. Т. 60, № 1. С. 530–535.
7. *Кунцевич А.Д., Баулин С.И., Головкин В.Ф., Рембовский В.Р., Трошкин Н.М.* Токсические эффекты комбинированного действия ионизирующего излучения и галогенированных дибенро-п-диоксинов // *ДАН*. 1993. Т. 331, №3. С. 369–371.
8. *Куценко С.А.* Основы токсикологии. М.: Фолиант, 2004. 570 с.
9. *Лошадкин Н.А., Гладких В.Д., Голденков В.А., Синицын А.Н., Дарвина Л.В., Буланова Л.П.* Пробит-метод в оценке эффектов физиологически-активных веществ при низких уровнях воздействия // *Российский химический журнал*. 2002. Т. XLVI, № 6. С. 63–69.
10. *Моисеенко Т.И., Шалабодов А.Д., Гашев С.Н., Соромотин А.В.* Экоотоксикология: История становления и значение в решении практических задач нормирования загрязнения // *Вестник Тюменского гос. университета*. 2011. № 12. С. 6–16.
11. Окружающая среда и здоровье человека в загрязнённых диоксидами регионах Вьетнама / Под ред. В.С. Румака, Д.С. Павлова, Г.А. Софронова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 271 с.
12. Отдалённые биологические последствия войны в Южном Вьетнаме / Под ред. С.Н. Шиловой, В.Е. Соколова. М., 1996. 239 с.
13. *Позняков С.П., Румак В.С., Софронов Г.А., Умнова Н.В.* Диоксины и здоровье человека. Научные основы выявления диоксиновой патологии / Под ред. Д.С. Павлова, Г.А. Софронова. СПб.: Наука, 2006. 274 с.
14. Руководство по оценке риска для населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р2.1.10.1920-04 (утв. Главным гос. сан. врачом РФ 05.03.2004).
15. *Румак В.С., Умнова Н.В., Софронов Г.А.* Молекулярные и клеточные аспекты токсичности диоксинов // *Вестник РАМН*. 2014. № 3–4. С. 77–84.
16. *Румак В.С., Чинь Куок Кхань, Кузнецов А.Н., Софронов Г.А., Павлов Д.С.* Воздействие диоксинов на окружающую среду и здоровье человека // *Вестник РАН*. 2009. Т. 79, № 2. С. 124–130.

17. Софронов Г.А., Румак В.С., Лазаренко Д.Ю. Экоотоксикокинетика и экоотоксикодинамика токсичных химических веществ в условиях тропиков // Медицинский академический журнал. 2010. Т. 10, № 4. С. 183–190.
18. Софронов Г.А., Румак В.С., Умнова Н.В., Белов Д.А., Турбабина К.А. Возможные риски хронического воздействия малых доз диоксинов для здоровья населения: к методологии выявления токсических эффектов // Медицинский академический журнал. 2016. Т. 16, № 3. С. 7–18.
19. Стойкие органические загрязнители. Управление риском воздействия на окружающую среду и здоровье населения / Под ред. Б.Н. Филатова. Волгоград: ФМБА, 2013. 180 с.
20. Denison M.S., Van den Berg M. Editorial overview: The aryl hydrocarbon (Ah) receptor: From toxicology to human health // Current Opinion in Toxicology. 2017. 2: I–IV (<http://dx.doi.org/10.1016/j.cotox.2017.03.001>).
21. IARC (International Agency for Research on Cancer). (1997; 2012). Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–120. LIST OF CLASSIFICATIONS ([http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/List\\_of\\_Classifications.pdf](http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/List_of_Classifications.pdf)).
22. Mackay D. Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals // Volatile Organic Chemicals. 1993. V. 3. Lewis Publishers, Chelsea. MI.
23. Stellman J.M., Stellman S.D., Christians R. et al. The extent and patterns of usage of Agent Orange and other herbicides in Vietnam // Nature. 2003. 422. 681–687.
24. Tsyrllov I.B. Roumak V.S. Regulation of Human Gene of Influenza a Virus-Associated NSI-Binding Protein by 2,3,7,8-TCDD: Mechanistic Data and Epidemiological Findings // Organohalogen Compounds. 2007. Vol. 69. 1885–1888.
25. Van den Berg M., De Jongh J., Poiger H., Olson J.R. The toxicokinetics and metabolism of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) and their relevance for toxicity // Crit. Rev. Toxicol. 1994; 24(1):1–74.

#### REFERENCES

1. Bezel V.S. Bases of ecological toxicology. *General toxicology*. Ed. by B.A. Kurlyandsky, V.A. Filov. P. 545–586 (Moscow: Medicina, 2002) (in Russian).
2. Volkov V.S. *Complex hygienic assessment of the danger of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin*. Abstract. diss. Dr. Sci. 42 p. (Orenburg, 1999) (in Russian).
3. Golubev A.A., Lublina E.I., Tolokontsev N.A., Filov V.A. *Quantitative Toxicology*. 287 p. (Leningrad: Medicina, 1973) (in Russian).
4. Klyuev N.A., Kurlyansky B.A., Revich B.A., Filatov B.N. *Dioxins in Russia*. 212 p. (Moscow, 2001) (in Russian).
5. Krishtopenko S.V., Tikhonov M.S., Popova E.B. *Paradoxical toxicity*. 163 p. (Nizhny Novgorod: Publishing house of Nizhny Novgorod State Medical Academy, 2001) (in Russian).
6. Kuntsevich A.D. Systematization and assessment of the degree of risk of supercotoxants. *Uspekhi Khimii*. **60** (1), 530–535 (1991) (in Russian).
7. Kuntsevich A.D., Baulin S.I., Golovkov V.F., Rembovsky V.R., Troshkin N.M. Toxic effects of combined action of ionizing radiation and halogenated dibeno-n-dioxins. *DAN*. **331** (3), 369–371 (1993) (in Russian).
8. Kutsenko S.A. *Fundamentals of toxicology*. 570 p. (Moscow: Foliant, 2004) (in Russian).
9. Loschadkin N.A., Gladkikh V.D., Goldenkov V.A., Sinitsyn A.N., Daryina L.V., Bulanova L.P. The probit method in the evaluation of the effects of physiologically active substances at low levels of exposure. *Russian Chemical Journal*. **XLVI** (6), 63–69 (2002) (in Russian).
10. Moiseenko T.I., Shalabodov A.D., Gashev S.N., Soromotin A.V. Ecotoxicology: History of formation and importance in solving practical problems of pollution regulation. *Bulletin of the Tyumen State University*. **12**, 6–16 (2011) (in Russian).
11. Roumak V.S., Pavlov D.S., Sofronov G.A. (ed.). *Environment and human health in dioxin-contaminated regions of Viet Nam*. 271 p. (Moscow: The Partnership of Scientific Publications KMK, 2011) (in Russian).

12. Shilova S.N., V.E. Sokolov (ed.). *Remote biological consequences of the war in South Vietnam*. 239 p. (Moscow, 1996) (in Russian).
13. Poznyakov S.P., Roumak V.S., Sofronov G.A., Umnova N.V. *Dioxins and human health. Scientific foundations of the detection of dioxin pathology*. 274 p. (S.-Petersburg: Nauka, 2006) (in Russian).
14. *Guidance on assessing the risk to the public of exposure to chemicals that pollute the environment*. P2.1.10.1920-04 (approved by the Chief State San Doctor of the Russian Federation on 05.03.2004) (in Russian).
15. Roumak V.S., Umnova N.V., Sofronov G.A. *Molecular and cellular aspects of toxicity of dioxins. Bull. of the Russian Academy of Medical Sciences*. **3–4**, 77–84 (2014) (in Russian).
16. Roumak V.S., Chin Kuok Khan, Kuznetsov A.N., Sofronov G.A., Pavlov D.S. The effect of dioxins on the environment and human health. *Bull. of the Russian Academy of Sciences*. **79** (2), 124–130 (2009) (in Russian).
17. Sofronov G.A., Roumak V.S., Lazarenko D.Yu. Ecotoxicokinetics and ecotoxicodynamics of toxic chemicals in tropical conditions. *Medical Academic J.* **10** (4), 183–190 (2010) (in Russian).
18. Sofronov G.A., Roumak V.S., Umnova N.V., Belov D.A., Turbabin K.A. Possible risks of chronic exposure to small doses of dioxins for public health: to the methodology for detecting toxic effects. *Medical Academic J.* **16**, (3), 7–18 (2016) (in Russian).
19. Filatov B.N. (ed.). *Persistent organic pollutants. Managing the risk of impact on the environment and public health*. 180 p. (Volgograd: FMBA, 2013) (in Russian).
20. Denison M.S., Van den Berg M. Editorial overview: The aryl hydrocarbon (Ah) receptor: From toxicology to human health. *Current Opinion in Toxicology*. **2**, I–IV (2017) (<http://dx.doi.org/10.1016/j.cotox.2017.03.001>).
21. IARC (International Agency for Research on Cancer). (1997, 2012). *Agents Classified by the IARC Monographs*. V. 1–120. LIST OF CLASSIFICATIONS ([http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/List\\_of\\_Classifications.pdf](http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/List_of_Classifications.pdf)).
22. Mackay D. Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals. *Volatile Organic Chemicals*. **3**. Lewis Publishers, Chelsea (1993).
23. Stellman J.M., Stellman S.D., Christian R., Weber T., Tomasallo C. The extent and patterns of the use of the Agent Orange and other herbicides in Vietnam. *Nature*. **422**, 681–687 (2003).
24. Tsyrllov I.B., Roumak V.S. Regulation of Human Gene of Influenza a Virus-Associated NSI-Binding Protein by 2,3,7,8-TCDD: Mechanistic Data and Epidemiological Findings. *Organohalogen Compounds*. **69**, 1885–1888 (2007).
25. Van den Berg M., De Jongh J., Poiger H., Olson J.R. The toxicokinetics and metabolism of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) and their relevance for toxicity. *Crit. Rev. Toxicol.* **24** (1), 1–74 (1994).

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ГОМЕОСТАЗ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

А.А. Зотин<sup>1</sup>

*Энергетический обмен в ходе биологической и социальной эволюции изменяется скачкообразно, переходя от одного гомеостатического уровня к другому. Количественным критерием уровней гомеостаза может служить сопоставимый стандартный обмен. По этому критерию можно выделить 12 уровней для отрядов животных и 9 уровней для стран мира. Соотношение между показателями последовательных уровней варьирует незначительно и составляет в среднем 2,24. Относительное постоянство этих соотношений свидетельствует о наличии определённой закономерности в формировании состояний гомеостаза. Обсуждается возможный механизм перехода с одного гомеостатического уровня на другой.*

**Ключевые слова:** метаболизм, производство электроэнергии, стационарное состояние, гомеостаз, животные, страны мира, эволюция, термодинамика, энергетика, стандартный обмен.

## ENERGETIC HOMEOSTASIS IN BIOLOGICAL AND SOCIAL EVOLUTION

A.A. Zotin, Dr. Sci (Biol.)

*Koltsov Institute of Developmental Biology of RAS*

*During biological and social evolution energy metabolism changes in leaps and bounds, moving from one homeostatic level to another. A comparable standard metabolism for levels of homeostasis can be a quantitative criterion. Through this criterion, there can be 12 levels for animal orders and 9 levels for countries of the world. The ratio between the indicators of successive levels varies slightly and averages 2.24. The relative constancy of these ratios indicates the existence of certain regularity in the formation of homeostasis states. Further the author discusses a possible mechanism for the transition from one homeostatic level to another.*

**Keywords:** metabolism, power generation, steady state, homeostasis, animals, countries of the world, evolution, thermodynamics, energetics, standard metabolism.

**Введение.** Согласно современной термодинамической концепции любая термодинамическая система стремится к стационарному состоянию, в котором все процессы протекают с одинаковой скоростью под действием постоянных сил [9]. Для биологических систем стационарному состоянию соответствует понятие «состояние гомеостаза». Очевидно, что это понятие может быть использовано и для социальных систем.

Хотя понятие гомеостаза было введено ещё в 1932 г. [7], особую актуальность исследование этого состояния получило в последнее время, когда стало ясно, что существует не одно, а целая иерархия гомеостатических состояний [11].

Цель данной работы – исследование состояний энергетического гомеостаза в биологических и социальных системах и закономерностей их формирования. Для этого использовали сведения из литературных источников по скорости потребления кислорода животными различных таксономических групп [2], энергопроизводству и численности населения стран мира [5, 10].

<sup>1</sup> Зотин Алексей Александрович – д.б.н., в.н.с. Института биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, zotin@idbras.ru.

**Материалы и методика.** Для оценки уровня энергетического обмена у животных обычно используют скорость потребления кислорода организмами. Однако применение этого параметра для сравнительных исследований затруднено из-за влияния на него многих внешних и внутренних факторов. Чтобы исключить влияние факторов, наиболее сильно воздействующих на обмен (масса тела, активность, температура среды), был предложен критерий, получивший название «сопоставимый стандартный обмен» [2]. Этот критерий вычисляется с помощью степенного уравнения:

$$a = Q/M^{0.75}, \quad (1)$$

где  $a$  – сопоставимый стандартный обмен, мВт – скорость потребления кислорода животными в состоянии относительного покоя при температуре 20°C,  $M$  (г) – масса тела.

Было показано, что в процессе макроэволюции животных на уровне типов и классов происходит постепенное увеличение сопоставимого стандартного обмена [2, 3, 12]. В настоящее время собран большой массив данных по скорости потребления кислорода у представителей различных видов животных, что позволяет исследовать изменение коэффициента в эволюции для более мелких таксонов: отрядов и семейств.

Для оценки сопоставимого стандартного обмена в социальных системах необходимо иметь данные по производству энергии в различных странах. Однако удалось найти сведения только по производству электроэнергии в странах мира [10]. Поэтому при расчётах общего энергопроизводства исходили из предположения, что оно пропорционально производству электроэнергии. Кроме того, учитывали сопоставимый стандартный обмен человека как биологической системы.

Расчёты проводили по формуле, аналогичной формуле (1):

$$a = E/(NM_{\text{ч}})^{0.75} + a_{\text{ч}},$$

где  $E$  – производство электроэнергии в стране, мВт;  $N$  – численность населения страны;  $M_{\text{ч}} = 70\,000$  г – средняя масса человека;  $a_{\text{ч}} = 23,94$  мВт/г<sup>0.75</sup> – сопоставимый стандартный обмен человека как биологической системы.

Поскольку коэффициент  $a$  распределён логарифмически нормально, статистический анализ проводили для  $\ln a$ .

**Результаты и обсуждение.** Прежде всего, возникает вопрос, на каком основании мы проводим сопоставление энергетического обмена в биологических и социальных системах. Дело в том, что в предыдущих работах [1, 2, 12] было показано наличие двух тепловых барьеров на пути увеличения энергетики животных в процессе эволюции. Первый барьер связан с тем, что животные достигают такого уровня энергетического обмена, что они уже не способны развить максимальную активность из-за перегрева организма и таким образом теряют эволюционные преимущества, которые даёт повышенный метаболизм. Этот барьер преодолевается путём возникновения терморегуляции у млекопитающих, птиц и социальных насекомых. В последнем случае насекомые рассматриваются как «суперорганизмы»: рой пчёл или муравейник в целом. Значение для первого теплового барьера лежит в пределах 6–8 мВт/г<sup>0.75</sup> [2].

Второй тепловой барьер связан с достижением такого уровня обмена, что его увеличение невозможно из-за перегрева животных в состоянии покоя. Таким образом, энергетический прогресс для биологических систем останавливается. Значение  $a$  для второго теплового барьера равно примерно 100 мВт/г<sup>0.75</sup> [2]. Этот барьер преодолевается путём возникновения цивилизации в том смысле, что энергопроизводство выносится за пределы организма.

Если рассматривать изменение сопоставимого стандартного обмена в процессе биологической и социальной эволюции в целом (для наиболее крупных таксонов животных на уровне типов и классов, для производства энергии всей человеческой

цивилизацией), то эти данные могут быть описаны гладкой кривой экспоненциального типа. Причём кривая изменения производства энергии в историческом развитии в сопоставимых величинах продолжает кривую изменения сопоставимого стандартного обмена в биологической эволюции [1, 12].

Однако, если рассматривать процесс более подробно (на уровне отрядов и семейств животных, на уровне отдельных стран), видно, что увеличение сопоставимого стандартного обмена в эволюции идёт не плавно, а скачкообразно.

Действительно, выборка, составленная из средних значений сопоставимого стандартного обмена для отрядов животных, гетерогенна (рис. 1). Всего можно выделить 12 уровней, вокруг которых группируются величины стандартного сопоставимого обмена (табл. 1). Гетерогенность распределения средних для отрядов значений, по всей видимости, свидетельствует о наличии нескольких состояний гомеостаза (стационарных состояний). Средний для каждой группы коэффициент служит количественной мерой таких состояний.

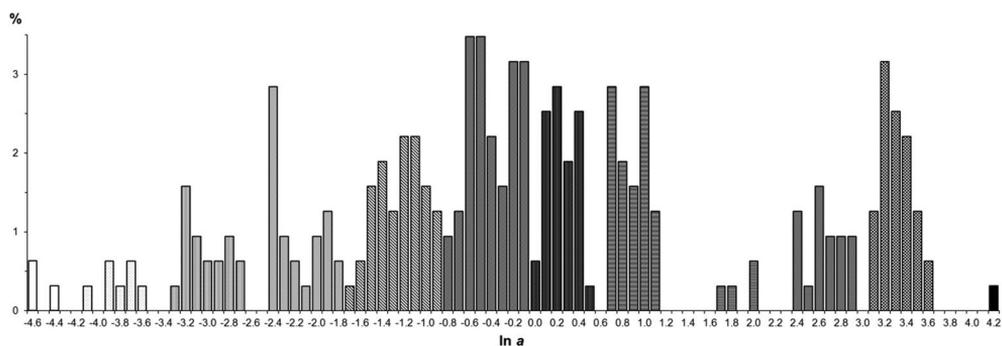


Рис. 1. Частотное распределение средних для отрядов животных значений  $\ln a$ . Разной штриховкой показаны разные стационарные уровни.

Таблица 1. Распределение таксонов животных по уровням сопоставимого стандартного обмена

Тип	Класс	Число отрядов
1	2	3
Уровень 1. $\ln a = -4.64 \pm 0.07$ ( $a = 0.010$ )		
Chlorophyta	Chlorophyceae	1
Myzozoa	Conoidasida	1
Gnathostomulida	Gnathostomulida	1
Уровень 2. $\ln a = -3.91 \pm 0.06$ ( $a = 0.020$ )		
Ciliophora	Oligohymenophorea	1
Heliozoa	Actinochrysophyceae	1
Metamonada.	Trepomonadea	1
Ctenophora	Nuda	1
Gnathostomulida	Gnathostomulida	1
Nematoda	Chromadorea	1
Sipuncula	Sipunculidea	1
Уровень 3. $\ln a = -3.10 \pm 0.05$ ( $a = 0.045$ )		
Amoebozoa	Stelamoeba	1
	Tubulinea	1

Продолжение табл. 1.

1	2	3
Ciliophora	Heterotrichea	1
Euglenozoa	Kinetoplastea	1
Myzozoa	Dinophyceae	1
Ctenophora	Tentaculata	1
Cnidaria	Hydrozoa	1
Plathelminthes	Trematoda	1
Nematoda	Chromadorea	3
	Enoplea	3
Annelida	Polychaeta	2
Echinodermata	Echinoidea	1
Chordata	Thaliacea	1
Уровень 4. $\ln a = -2.27 \pm 0.04$ ( $a = 0.103$ )		
Amoebozoa	Archamoebae	1
Ciliophora	Oligohymenophorea	1
	Prostomatea	1
Euglenozoa	Euglenoidea	1
Ctenophora	Tentaculata	1
Cnidaria	Hydrozoa	2
	Scyphozoa	1
Plathelminthes	Rhabditophora	1
	Cestoda	2
Annelida	Clitellata	3
	Polychaeta	3
Arthropoda	Arachnida	1
	Insecta	1
Echinodermata	Asterozoa	1
	Echinozoa	1
	Holothurozoa	2
Chordata	Thaliacea	1
Уровень 5. $\ln a = -1.33 \pm 0.03$ ( $a = 0.265$ )		
Ciliophora	Colpodea	1
	Spirotrichea	1
Cryptophyta	Cryptophyceae	1
Cnidaria	Anthozoa	2
	Hydrozoa	2
	Scyphozoa	1
Annelida	Clitellata	1
	Polychaeta	1
Arthropoda	Arachnida	3
	Malacostraca	2
	Diplopoda	2
	Collembola	2
	Insecta	1

Продолжение табл. 1.

1	2	3
Mollusca	Bivalvia	2
	Gastropoda	2
Chaetognatha	Sagittoidea	1
Echinodermata	Asteroidea	2
	Crinoidea	1
	Echinoidea	2
	Holothuroidea	2
	Ophiuroidea	1
Chordata	Thaliacea	1
	Leptocardii	1
	Actinopterygii	5
Уровень 6. $\ln a = -0.51 \pm 0.19$ ( $a = 0.603$ )		
Cnidaria	Anthozoa	1
Arthropoda	Arachnida	4
	Branchiopoda	2
	Hexanauplia	3
	Malacostraca	3
	Ostracoda	1
	Chilopoda	2
	Diplopoda	1
	Collembola	1
	Insecta	5
Mollusca	Bivalvia	6
	Gastropoda	10
	Polyplacophora	1
Chordata	Sarcopterygii	1
	Elasmobranchii	1
	Actinopterygii	13
	Amphibia	3
	Reptilia	3
Уровень 7. $\ln a = 0.14 \pm 0.02$ ( $a = 1.15$ )		
Arthropoda	Hexanauplia	2
	Malacostraca	2
	Insecta	5
Mollusca	Bivalvia	2
	Gastropoda	2
	Cephalopoda	1
Chordata	Cephalaspidomorphi	1
	Myxini	1
	Elasmobranchii	1
	Actinopterygii	17

Продолжение табл. 1.

1	2	3
Уровень 8. $\ln a = 0.79 \pm 0.03$ ( $a = 2.19$ )		
Arthropoda	Arachnida	1
	Branchiopoda	1
	Insecta	7
Mollusca	Cephalopoda	1
Chordata	Elasmobranchii	4
	Actinopterygii	19
Уровень 9. $\ln a = 1.78 \pm 0.05$ ( $a = 5.98$ )		
Arthropoda	Insecta	2
Mollusca	Cephalopoda	2
Уровень 10. $\ln a = 2.53 \pm 0.04$ ( $a = 12.6$ )		
Chordata	Actinopterygii	1
	Mammalia	15
	Aves	3
Уровень 11. $\ln a = 3.20 \pm 0.02$ ( $a = 24.6$ )		
Chordata	Mammalia	10
	Aves	25
Уровень 12. $\ln a = 4.10 \pm 0.07$ ( $a = 60.6$ )		
Chordata	Mammalia (землеройковые)	1
Arthropoda	Insecta (социальные насекомые)	2

Примечания:  $a$  – сопоставимый стандартный обмен, мВт/г<sup>0.75</sup>.

Распределение таксонов животных по уровням гомеостаза приведено на рис. 2. Из рисунка видно, что в процессе макроэволюции типы и классы животных занимают гомеостатические уровни с всё большим значением сопоставимого стандартного обмена. Этот процесс происходит в обеих ветвях макроэволюции, как у первичноротых, так и у вторичноротых.



Рис. 2. Распределение таксонов по уровням сопоставимого стандартного обмена. По оси ординат – номер энергетического стационарного уровня. Таксоны: 1 – Protozoa, 2 – Stenophora, Cnidaria, 3 – Gnathostomulida, 4 – Sipuncula, 5 – Nematoda, 6 – Plathelminthes, 7 – Annelida, 8 – Myriapoda, 9 – Crustacea, 10 – Arachnida, 11 – Collembola, 12 – Insecta, 13 – Polyplacophora, 14 – Bivalvia, 15 – Gastropoda, 16 – Cephalopoda, 17 – Chaetognatha, 18 – Echinodermata, 19 – Tunicata, 20 – Leptocardii, 21 – Cephalaspidomorphi, 22 – Muxini, 23 – Elasmobranchii, 24 – Actinopterygii (\* – Scombridae), 25 – Sarcopterygii, 26 – Amphibia, 27 – Reptilia: не закрашено – современные, закрашено – вымершие (табл. \*), 28 – Aves, 29 – Mammalia.

Для стран мира также наблюдается гетерогенность сопоставимого стандартного обмена (рис. 3). В этом случае можно выделить 9 уровней гомеостаза, вокруг которых группируются величины сопоставимого стандартного обмена (табл. 2).

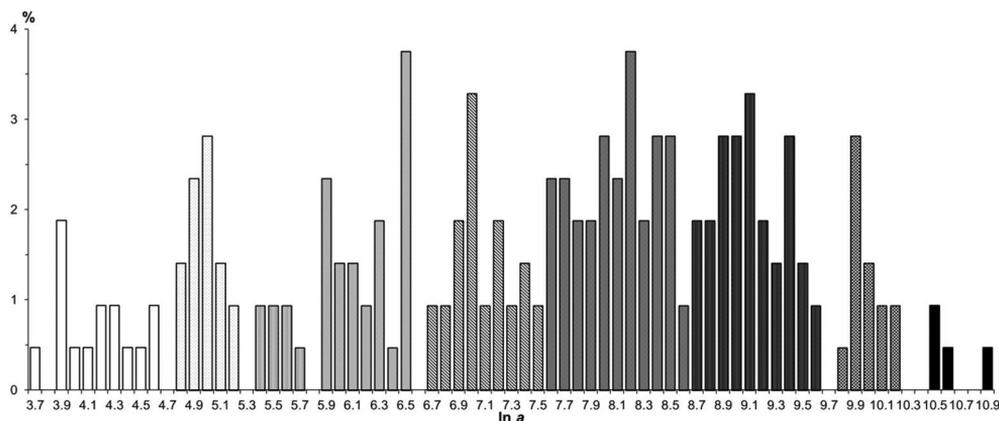


Рис. 3. Частотное распределение значений  $\ln a$  для стран мира. Разной штриховкой показаны разные стационарные уровни.

Таблица 2. Распределение стран мира по уровням сопоставимого стандартного обмена

Макрорегион	Государства
1	2
Уровень 1. $\ln a = 4.10 \pm 0.07$ ( $a = 60.6$ )	
Южная Азия	Афганистан
Западная Африка	Бенин, Нигер, Того, Сьерра-Леоне, Гвинея-Бисау, Мали, Буркина-Фасо
Центральная Африка	Чад, ЦАР
Восточная Африка	Коморы, Бурунди, Руанда, Сомали, Эритрея
Уровень 2. $\ln a = 4.88 \pm 0.03$ ( $a = 132$ )	
Западная Азия	Палестина
Юго-Восточная Азия	Восточный Тимор, Камбоджа
Северная Африка	Южный Судан, САДР
Западная Африка	Либерия, Гамбия, Гвинея
Центральная Африка	Сан-Томе и Принсипи, Экваториальная Гвинея, Конго
Восточная Африка	Уганда, Эфиопия
Южная Африка	Мадагаскар, Лесото
Карибский бассейн	Гаити
Меланезия	Соломоновы Острова, Вануату
Микронезия	Кирибати
Уровень 3. $\ln a = 5.44 \pm 0.04$ ( $a = 231$ )	
Южная Азия	Непал
Западная Африка	Мавритания
Центральная Африка	Демократическая Республика Конго
Восточная Африка	Танзания, Малави
Южная Африка	Ботсвана
Полинезия	Тонга

Продолжение табл. 2.

1	2
Уровень 4. $\ln a = 6.12 \pm 0.05$ ( $a = 457$ )	
Западная Европа	Андорра
Восточная Европа	Молдавия
Западная Азия	Йемен
Южная Азия	Мальдивы
Восточная Азия	Макао
Юго-Восточная Азия	Мьянма
Западная Африка	Сенегал, Кабо-Верде, Нигерия, Кот-д'Ивуар, Гана
Центральная Африка	Камерун
Восточная Африка	Джибути, Кения, Судан
Южная Африка	Свазиленд, Ангола, Намибия
Карибский бассейн	Виргинские острова (Великобритания), Антигуа и Барбуда, Сент-Винсент и Гренадины, Доминика
Меланезия	Папуа–Новая Гвинея
Полинезия	Ниуэ, Самоа, Острова Кука
Уровень 5. $\ln a = 6.98 \pm 0.04$ ( $a = 1070$ )	
Южная Азия	Бангладеш, Шри-Ланка, Пакистан
Восточная Азия	КНДР
Юго-Восточная Азия	Лаос
Северная Африка	Марокко
Центральная Африка	Габон
Восточная Африка	Сейшельские Острова
Южная Африка	Зимбабве, Мозамбик, Замбия
Центральная Америка	Гватемала, Никарагуа, Белиз, Гондурас, Сальвадор
Карибский бассейн	Гренада, Сент-Китс и Невис, Сент-Люсия, Ямайка
Южная Америка	Гайана, Боливия, Фолклендские острова
Меланезия	Фиджи
Микронезия	Науру
Полинезия	Американское Самоа, Французская Полинезия
Уровень 6. $\ln a = 8.00 \pm 0.04$ ( $a = 2970$ )	
Западная Европа	Люксембург
Северная Европа	Литва, Фарерские острова, Латвия
Южная Европа	Гибралтар, Албания, Македония, Косово, Мальта, Хорватия, Босния и Герцеговина, Кипр, Черногория
Восточная Европа	Венгрия, Белоруссия
Западная Азия	Армения, Иордания, Грузия, Ливан, Ирак, Азербайджан, Сирия
Центральная Азия	Монголия, Таджикистан, Киргизия, Узбекистан, Туркмения
Южная Азия	Индия
Юго-Восточная Азия	Филиппины, Индонезия, Вьетнам
Северная Африка	Тунис, Алжир, Египет
Восточная Африка	Маврикий
Северная Америка	Сен-Пьер и Микелон, Гренландия, Бермудские острова
Центральная Америка	Панама, Коста-Рика

Продолжение табл. 2.

1	2
Карибский бассейн	Монтсеррат, Теркс и Кайкос, Барбадос, Куба, Багамы, Аруба, Доминиканская Республика, Синт-Мартен, Виргинские острова (США), Каймановы острова
Южная Америка	Суринам, Эквадор, Перу, Колумбия, Уругвай
Меланезия	Новая Каледония
Уровень 7. $\ln a = 9.02 \pm 0.04$ ( $a = 8270$ )	
Западная Европа	Нидерланды, Австрия, Бельгия, Швейцария, Великобритания
Северная Европа	Ирландия, Дания, Эстония
Южная Европа	Сербия, Словения, Португалия, Греция, Италия, Испания
Восточная Европа	Румыния, Словакия, Болгария, Польша, Украина, Чехия
Западная Азия	Оман, Турция, Иран, Бахрейн, Израиль
Центральная Азия	Казахстан
Южная Азия	Бутан
Восточная Азия	Гонконг
Юго-Восточная Азия	Бруней, Таиланд, Малайзия, Сингапур
Северная Африка	Ливия
Южная Африка	ЮАР
Северная Америка	Мексика
Карибский бассейн	Тринидад и Тобаго, Кюрасао, Пуэрто-Рико
Южная Америка	Аргентина, Чили, Венесуэла, Бразилия, Парагвай
Австралия и Новая Зеландия	Новая Зеландия
Микронезия	Гуам
Уровень 8. $\ln a = 9.89 \pm 0.03$ ( $a = 19800$ )	
Западная Европа	Германия, Франция
Северная Европа	Финляндия, Швеция
Евразия	Россия
Западная Азия	Катар, ОАЭ, Саудовская Аравия, Кувейт
Восточная Азия	Китайская Республика, КНР, Республика Корея, Япония
Австралия и Новая Зеландия	Австралия
Уровень 9. $\ln a = 10.51 \pm 0.09$ ( $a = 36500$ )	
Северная Европа	Норвегия, Исландия
Северная Америка	Канада, США

Примечания:  $a$  – сопоставимый стандартный обмен, мВт/г<sup>0.75</sup>.

Распределение регионов мира по гомеостатическим уровням показано на рис. 4. В целом разброс занимаемых стационарных уровней для стран разных регионов различается незначительно. Наименьшие значения наблюдаются в восточном, центральном, западном регионах Африки и в Афганистане, наибольшие – в Северной Европе и Северной Америке.

Соотношения значений  $a$  для последовательных уровней гомеостаза варьирует незначительно и составляет в среднем  $2,24 \pm 0,07$ . Относительное постоянство соотношений свидетельствует о наличии определённой закономерности в формировании этих состояний.

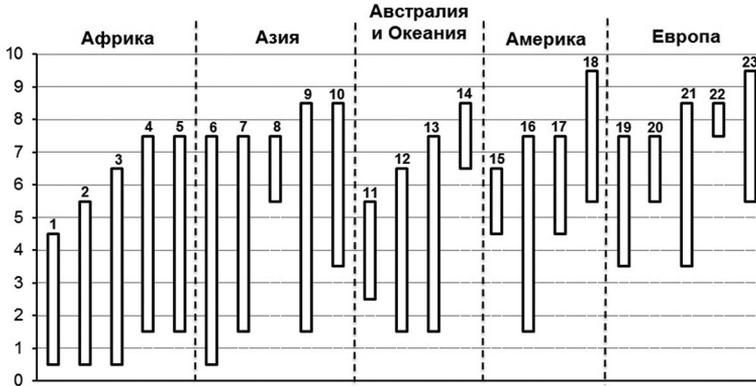


Рис. 4. Распределение регионов мира по уровням сопоставимого стандартного обмена.

По оси ординат – номер энергетического стационарного уровня. Регионы: 1 – Западная Африка, 2 – Центральная Африка, 3 – Восточная Африка, 4 – Северная Африка, 5 – Южная Африка, 6 – Южная Азия, 7 – Юго-Восточная Азия, 8 – Центральная Азия, 9 – Западная Азия, 10 – Восточная Азия, 11 – Полинезия, 12 – Меланезия, 13 – Микронезия, 14 – Австралия и Новая Зеландия, 15 – Центральная Америка, 16 – Карибский бассейн, 17 – Южная Америка, 18 – Северная Америка, 19 – Восточная Европа, 20 – Южная Европа, 21 – Западная Европа, 22 – Россия, 23 – Северная Европа.

Возникает вопрос, каким образом осуществляется переход из одного гомеостатического состояния в другое? С нашей позиции, этот процесс можно объяснить термодинамически. Согласно современной термодинамической теории, для неравновесных систем, к которым относятся все биологические системы, при достижении ими стационарного состояния характерны закономерные колебания вокруг некоей точки, определяющей это стационарное состояние [4, 8, 9]. В стабильных внешних условиях амплитуда таких колебаний стремится стать минимальной. В эволюционной теории такой процесс связан с адаптацией организмов к условиям среды обитания и известен как стабилизирующий отбор [6].

При изменении внешних условий система выходит из стационарного состояния, что выражается в увеличении амплитуды колебаний. Если изменения достаточно сильны, то система может достичь точки бифуркации, т. е. неустойчивого состояния, из которого она может либо вернуться к прежнему стационарному состоянию, либо перейти в новое стационарное состояние [8]. К какому стационарному состоянию перейдет система зависит от того, в какой фазе колебательного цикла она находилась в момент изменения внешних условий. Если происходило увеличение энергетического обмена (диссипативная ветвь колебательного цикла), то система уклонится от равновесия (уровень сопоставимого стандартного обмена повысится), в противном случае (термодинамическая ветвь) система приблизится к равновесию.

Работа осуществлена при финансовой поддержке Президиума РАН (программа «Биоразнообразие живых систем»).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зотин А.А., Лампрехт И., Зотин А.И. Тепловые барьеры в процессе прогрессивной эволюции животных и человека // Изв. РАН. Сер. биол. 1998. № 3. С. 309–315.
2. Зотин А.И., Зотин А.А. Направление, скорость и механизмы прогрессивной эволюции (Термодинамические основы биологической эволюции). М.: Наука, 1999. 320 с.

3. Зотин А.И., Зотин А.А. Прогрессивная эволюция: термодинамическая основа // Известия РАН. Сер.биол. 1995. № 4. С. 389–397.
4. Малек-Мансур М., Николис Г., Пригожин И. Неравновесные фазовые переходы в химических системах // Термодинамика и кинетика биологических процессов. М.: Наука, 1980. С. 59–83.
5. Численность населения стран мира. 2017 ([http://ostranah.ru/\\_lists/population.php](http://ostranah.ru/_lists/population.php)).
6. Шмальгаузен И.И. Проблемы дарвинизма. Л.: Наука, 1969. 493 с.
7. Cannon W.B. The wisdom of the body. NY: W.W. Norton, 1932. 340 p.
8. Prigogine I. Exploring complexity // Eur. J. Operational Res. 1987. V. 30. N 2. P. 97–103.
9. Prigogine I., Nicolis G. Biological order, structure and instabilities // Quart. Rev. Biophys. 1971. V. 4, № 2/3. P. 107–148.
10. The World Factbook. 2014 (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2232rank.html>).
11. Zotin A.A. Why linear thermodynamics does describe change of entropy production in living systems? // Natural Science. 2014. V. 6. P. 495–502.
12. Zotin A.A., Lamprecht I., Zotin A.I. Bioenergetic progress and heat barriers // J. Non-Equilib. Thermodyn. 2001. V. 26. P. 191–202.

## REFERENCES

1. Zotin A.A., Lamprecht I., Zotin A.I. Heat barriers in the process of progressive evolution of animals and humans. *Izvestija RAN. Serija biologicheskaja*. 3, 309–315 (1998) (in Russian).
2. Zotin A.I., Zotin A.A. *Direction, rate and mechanisms of progressive evolution (Thermodynamic bases of biological evolution)*. 320 p. (Moscow: Nauka, 1999) (in Russian).
3. Zotin A.I., Zotin A.A. Progressive evolution: the thermodynamic basis. *Izvestija RAN. Serija biologicheskaja*. 4, 389–397 (1995) (in Russian).
4. Malek-Mansur M., Nicolis G., Prigogine I. Nonequilibrium phase transitions in chemical systems. *Termodinamika i kinetika biologicheskikh processov*. P. 59–83. (Moscow: Nauka, 1980) (in Russian).
5. Population of countries of the world. 2017 ([http://ostranah.ru/\\_lists/population.php](http://ostranah.ru/_lists/population.php)).
6. Shmal'gauzen I.I. *Problems of Darwinism*. 493 p. (Leningrad: Nauka, 1969) (in Russian).
7. Cannon W.B. *The wisdom of the body*. 340 p. (NY: W.W. Norton, 1932).
8. Prigogine I. Exploring complexity. *Eur. J. Operational Res.* 30 (2), 97–103 (1987).
9. Prigogine I., Nicolis G. Biological order, structure and instabilities. *Quart. Rev. Biophys.* 4 (2/3), 107–148 (1971).
10. *The World Factbook*. 2014 (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2232rank.html>).
11. Zotin A.A. Why linear thermodynamics does describe change of entropy production in living systems? *Natural Science*. 6, 495–502 (2014).
12. Zotin A.A., Lamprecht I., Zotin A.I. Bioenergetic progress and heat barriers. *J. Non-Equilib. Thermodyn.* 26, 191–202 (2001).

---

---

# ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

---

УДК 561.394.6: 551.736

## СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И МОРФОЛОГИЯ ПЕРМСКОГО ПАПОРОТНИКА *PECOPTERIS HELENAEANA ZALESSKY* (ПО МАТЕРИАЛАМ ИЗУЧЕНИЯ НОВОЙ МУЗЕЙНОЙ КОЛЛЕКЦИИ)

С.В. Наугольных, Е.М. Кирилишина, В.С. Исаев<sup>1</sup>

Статья посвящена морфологии фертильных листьев папоротника *Pecopteris helenaеana Zalesky, 1934*, изученных на основе хорошо сохранившегося фрагмента вайи, происходящей из отложений уфимского яруса (средний отдел пермской системы), обнажающихся в черте г. Воркута (республика Коми). Спороношения *Pecopteris helenaеana* представляют собой бисериатные синангии, расположенные на концах дихотомизирующих боковых жилок фертильных перышек. Из спорангиев были выделены споры, сохранившиеся *in situ*. Споры округлых очертаний, 25–30 мкм в диаметре, с гладкой или мелко-скабротной спородермой и отчётливым трилетным рубцом. Строение синангиев и инситных спор указывает на принадлежность вида *Pecopteris helenaеana* к мараттиевым папоротникам (порядок *Marattiales*). В настоящее время изученный образец экспонируется в Музее земледения МГУ.

**Ключевые слова:** папоротники, *Marattiales*, пермская система, Печорское Приуралье, Воркута, *Pecopteris helenaеana*, Музей земледения МГУ.

## MORPHOLOGY AND SYSTEMATIC POSITION OF PERMIAN FERN *PECOPTERIS HELENAEANA ZALESSKY* (ON THE BASIS OF THE NEW MUSEUM COLLECTION STUDY)

S.V. Naugolnykh<sup>1</sup>, E.M. Kirilishina<sup>2</sup>, V.S. Isaev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University (Earth Sciences Museum), <sup>2</sup> Geological Institute of RAS,

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University (Geological Faculty)

---

<sup>1</sup> Наугольных Сергей Владимирович – д.г.-м.н., проф. РАН, главный научный сотрудник ГИН РАН, [naugolnykh@list.ru](mailto:naugolnykh@list.ru); Кирилишина Елена Михайловна – к.г.-м.н., н.с. сектора минерации и истории Земли Музея земледения МГУ, [copodont@mail.ru](mailto:copodont@mail.ru); Исаев Владислав Сергеевич – к.г.-м.н., с.н.с. геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, [tpomed@rambler.ru](mailto:tpomed@rambler.ru).

The article is dedicated to the morphology of the fertile fern leaves of the *Pecopteris helenaeanae* Zalesky, 1934, which have been studied on the basis of a well-preserved frond fragment found in the Ufimian deposits (Permian System, Middle Series), outcropped in close vicinity of the Vorkuta City (Komi Republic, Russia). The authors state that reproductive organs of *Pecopteris helenaeanae* are biseriolate synangia disposed on the distal parts of the lateral veins of the fertile pinnules. According to the article it was possible to extract from the sporangia spores preserved in situ. The spores are round, 25–30 µm in diameter, with smooth or fine-scabrate sporoderm and a distinct trilete scar. The structure of the synangia and spores in situ leads to the conclusion that the fern species *Pecopteris helenaeanae* belong to the order Marattiales. The sample investigated is currently being exposed at the Earth Sciences Museum of Lomonosov Moscow State University.

**Keywords:** ferns, Marattiales, Permian system, Pechora Cis-Urals, the City of Vorkuta, *Pecopteris helenaeanae*, the Earth Sciences Museum of Lomonosov Moscow State University.

**Введение.** Среди пермских папоротников Ангариды есть виды, точное систематическое положение которых до сих пор сохраняется неизвестным, а сведения об их спорношениях или совсем отсутствуют в литературе, или остаются неясными и противоречивыми. Один из таких папоротников – *Pecopteris helenaeanae* Zalesky (рис. 1), широко встречающийся в отложениях кунгурского, уфимского и казанского ярусов на востоке Русской платформы и в Приуралье. Именно этому интересному виду посвящена настоящая статья.

Благодаря тому, что в фонды Музея землеведения МГУ в последние годы поступила представительная коллекция растений из пермских отложений Печорского угольного бассейна, у авторов появилась возможность уточнить морфологическую характеристику некоторых видов пермских растений, характерных для этого региона. Коллекция была собрана в ходе Воркутинской учебно-научной инженерно-геокриологической практики Геологического факультета МГУ по берегам р. Воркуты в районе п. Рудник в черте г. Воркута под руководством ст.н.с. кафедры геокриологии Геологического факультета В.С. Исаева [3]. Эта коллекция включает остатки ископаемых хвощевидных (побеги *Paracalamites decoratus* (Eichwald) Zalesky, *P. frigidus* Neuburg, *Paracalamitina* sp.; обильный побег *Annulina neuburgiana* (Radczenko) Neuburg), листья папоротников (*Pecopteris anthriscifolia* (Goepfert) Zalesky, *P. helenaeanae* Zalesky, *P. vorcutana* Zalesky, *P. cf. leptophylla* Bunbury) и листья голосеменных класса войновские ( *Rufloia* spp.).

Подробное изучение этой коллекции входит в круг ближайших интересов авторов этой статьи [4, 5]. Первым шагом в осуществлении этой исследовательской программы служит изучение морфологии стерильных и фертильных пёрышек *Pecopteris helenaeanae* Zalesky, предварительным результатам которого посвящена эта статья.

**Материал и методика.** Материалом для настоящей работы послужил представительный фрагмент вайи папоротника *Pecopteris helenaeanae* Zalesky с частично сохранившимися четырьмя перьями. Образец найден на правом берегу р. Воркуты в районе п. Рудник, в отложениях интинской свиты, относящихся к уфимскому ярусу среднего отдела пермской системы. Авторы не разделяют формализованного решения МСК об отнесении уфимского яруса к нижнему отделу пермской системы, и в полном объёме (возможно, за исключением нижней части соликамского горизонта) относят уфимский ярус к среднему отделу пермской системы [подробнее см.: 8, 9].

К сожалению, рахис вайи не сохранился, но взаимное расположение перьев указывает на то, что они прикреплялись к общему рахису. Изучение спор, извлечённых

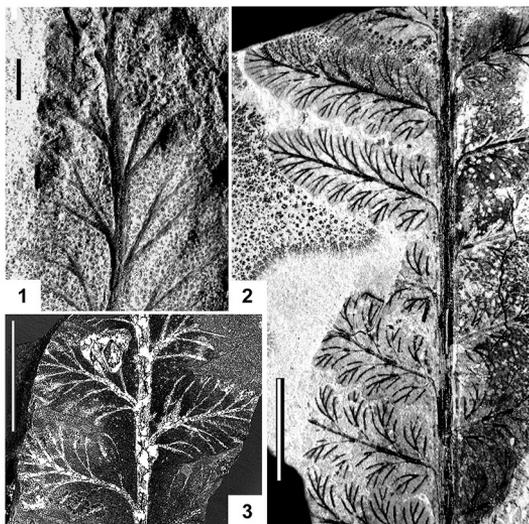
из спорангиев, производилось с помощью электронного сканирующего микроскопа Vega Tescan MV 2300 (Геологический институт РАН).

В настоящее время образец хранится в коллекции Музея землеведения МГУ, фондовый номер МЗ ВФ 14738 (рис. 1, фиг. 1).

**Исторический очерк.** Вид *Pecopteris helenaeanae* Zalessky был описан известным российским палеоботаником М.Д. Залесским [15] на материале из пермских отложений Печорского угольного бассейна (р. Большая Сыня). Вид был назван в честь Елены Федоровны Чирковой-Залесской, ближайшей сотрудницы, а впоследствии жены Залесского. Папоротник был охарактеризован как имевший пёрышки с ровным или волнистым краем, с боковыми жилками, подходящими к средней жилке или простыми, или однократно вильчато делящимися, в крайнем случае, на больших пёрышках с вильчатым разделением верхней ветви жилки, вильчато разделённой ещё раз [по: 2, с. 25–26].

Через четыре года Залесский и Чиркова [2] опубликовали расширенное описание этого вида, сопровождая его рисунками семи экземпляров, два из которых [фиг. 29 и фиг. 35 в 2] фертильные. К сожалению, Залесский и Чиркова не привели описание спорангиев, ограничиваясь следующим замечанием: «На отпечатках некоторых пёрышек, на концах разветвлений боковых жилок, замечаются отски соросов, но сохранившиеся не таково, чтобы была надежда выяснить строение составляющих их спорангиев» [2, с. 27]. На рисунках, изображающих строение фертильных листьев *Pecopteris helenaeanae* из работы Залесского и Чирковой, видны собрания эллиптических спорангиев, присоединяющихся к общему основанию (плаценте). Другие детали не показаны. В качестве местонахождений, в которых встречены остатки папоротников этого вида, приведены: (1) угленосная толща, обнажающаяся по левому берегу р. Воркуты выше рудника, обн. № 38 по описанию А.Г. Чернова и около самого рудника (обн. № 36 по описанию Т.Н. Пономарева); (2) на левом берегу р. Воркуты на северо-восточном крыле сырьягинской синклинали (обн. № 71 по описанию Т.Н. Пономарева); (3) правый берег р. Нямды (обнажения 10, 39, 41 по описанию Г.А. Чернова) [2].

Подробное описание морфологии *Pecopteris helenaeanae* было опубликовано Л.А. Фефиловой (1973), которая изучила несколько дополнительных экземпляров листьев этого вида, включая фертильные (подробное обсуждение см. ниже). В целом под-



**Рис. 1.** Морфология стерильных и фертильных листьев остатков *Pecopteris helenaeanae* Zalessky.

1 – фертильное пёрышко, экз. № МЗ МГУ ВФ 14738, уфимский ярус, республика Коми, Воркута, п. Рудник; 2 – перо последнего порядка, местонахождение Чекарда-1, слой 10; кунгурский ярус; Пермский край; по: [7, табл. XXII, 2]; 3 – фрагмент фертильного пера; казанский ярус, Печорский угольный бассейн, скважина ИК-631, глубина 344.5. № 4851/179 [6, plate 10, fig. 3]. Длина масштабной линейки – 1 мм (1); 1 см (2, 3).

твердив морфологическую характеристику этого вида, данную Залесским и Чирковой, Фефилова привела дополнительные данные о строении его спороношений: «Спороносные пёрышки, располагающиеся ближе к основанию вай, имеют сложное жилкование и несут по краю на боковых жилках группы спорангиев, собранных в сорусы», и далее: «Спороносные пёрышки... по своему строению не отличаются от стерильных и несут на концах боковых жилок по краю пёрышка, а в лопастных пёрышках по краю лопастей, сорусы, состоящие из 5–7 спорангиев, прикрепленных к рецептакулуму (?). Спорангии округло-яйцевидной формы, местами оставляют оттиски клеток стенок спорангия. Более детально установить строение спорангиев и сорусов не удалось, поэтому мы оставляем этот папоротник среди пекоптерид» [10, с. 78].

Позднее было установлено, что этот вид встречается не только в Печорском бассейне, но и в Поволжье [1, табл. 151, 6; эта форма была неправильно определена Владимирович как *Cladophlebis kamiensis Vladimirovich*] и в Среднем Приуралье [6–8; 12].

**Палеоботанические наблюдения.** Имеющийся в распоряжении авторов экземпляр *Pecopteris helenaena* представляет собой среднюю часть частично фертильной вайи. Наблюдаемая длина фрагмента превышает 95 мм, однако общая длина всей вайи, по-видимому, существенно превышала этот размер. Точную ширину вайи установить невозможно, но исходя из наиболее представительных экземпляров, изображавшихся в литературе [2, рис. 29], она превышала 20 см. Рахис вайи достигал в ширину 5 мм [2, рис. 29] и был покрыт продольными рёбрами. Вайя была, по меньшей мере, дважды-перистой.

Пёрышки цельнокрайние, с ровным или слабо волнистым краем, с параллельными боковыми краями. Верхушка пёрышек закругленная. Длина наиболее хорошо развитых пёрышек составляет 5–6 мм, при ширине около 4 мм. Пёрышки коалесцентно сливаются своими основаниями, образуя окрыление рахиса перьев последнего порядка. До верхушки пёрышка средняя жилка не доходит, образуя вильчатое ветвление с перевершиниванием. Боковые жилки у слабо развитых пёрышек обычно однократно дихотомирующие, реже простые. У хорошо развитых пёрышек передняя (акроскопическая) ветвь боковой жилки дихотомирует повторно, и базископическая ветвь этого ветвления может дихотомировать ещё один раз. У наиболее хорошо развитых пёрышек акроскопическая ветвь третьей дихотомии может дихотомировать ещё один раз. Жилки, как правило, не доходят до края пёрышек.

На четырёх пёрышках фрагмента вайи из местонахождения Воркута-1 располагаются спороношения. Спороношения представляют собой бисериатные синангии длиной в среднем от 1 до 1,5 мм при максимальной ширине 0,5 мм, находящиеся на боковых жилках фертильных пёрышек выше места их дихотомии (рис. 2, фиг. 1). Синангии состоят из 7–9 пар спорангиев, сросшихся краями практически на всю длину, за исключением верхушек спорангиев. Спорангии эллиптической формы, ориентированы к несущей их жилке под прямым углом или иногда со слабым наклоном к верхушке синангия. Апикальные части жилок пёрышек часто (но не всегда) несут терминальные веерообразные утолщения, очевидно, являющиеся гидатодами.

Из спорангиев были выделены споры, сохранившиеся *in situ* (рис. 2, фиг. 2, 3), сферической формы, 25–30 мкм в диаметре, с округлыми или овальными очертаниями, обычно с трилетным тетрадным рубцом. Изредка встречаются споры с монолетним рубцом. У форм с трилетным рубцом лучи рубца короткие, не достигающие до 1/3 радиуса споры. Спородерма гладкая, иногда с плохо заметным тонко-скабранным рельефом, образующим «шагреневую» текстуру поверхности споры.

**Обсуждение результатов.**

Спороношения, обнаруженные на фертильных пёрышках *Pecopteris helenaeanana*, кратко охарактеризованные выше, имеют много общего с линейными бисериатными синангиями нескольких родов мараттиевых папоротников, а именно, *Corsinopteris* Doweld emend. Naugolnykh, *Qasimia* Hill et al., *Gemellitheca* Wagner et al., *Pectinangium* Li et al. (подробнее см. ниже).

Несмотря на большое общее сходство фертильных пёрышек и размещение бисериатных синангиев на дихотомизирующих боковых жилках дистальнее точки дихотомии, синангии *Pecopteris helenaeanana* и синангии *Qasimia schyfsmae* (Lemoigne) Hill et al. существенно различаются общим количеством спорангиев в одном синангии (у *Qasimia schyfsmae* оно может достигать двадцати или более) и формой спорангиев (у *Qasimia schyfsmae* они имеют гораздо более удлиненные очертания). Этими же признаками синангии *Pecopteris helenaeanana* отличаются от *Gemellitheca saudica* Wagner et al. [13]. Кроме этого, спородерма спор *Gemellitheca saudica* несёт многочисленные мелкие, но отчётливые шипики [13, plate 9, fig. 4, 5].

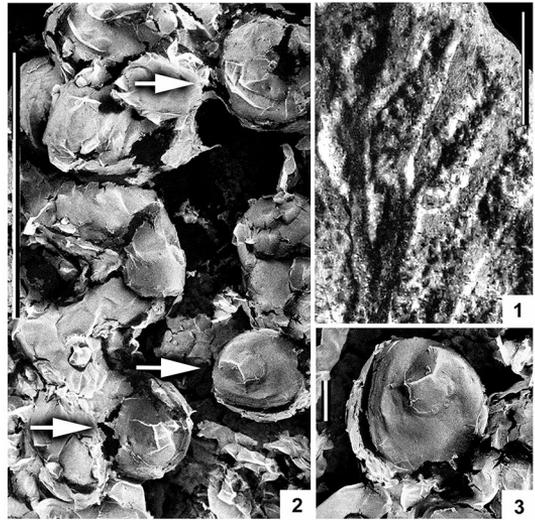
Род *Pectinangium* Li et al., имея в целом очень близкое строение синангиев с другими папоротниками этой морфологической группы, отличается очень маленьким количеством спорангиев в синангии (четыре спорангия) и очень большим количеством синангиев в одном фертильном пёрышке (от 10 до 20 пар синангиев на 1 см длины фертильного пёрышка), при том, что длина фертильного пёрышка может превышать 2 см [см., например, 14, Fig. 3].

Род *Corsinopteris* Doweld в настоящее время представляется гетерогенным и нуждается в ревизии [12].

Имеющихся данных пока недостаточно для уверенного отнесения вида *Pecopteris helenaeanana* к одному из перечисленных выше родов, но нет никаких сомнений, что этот вид принадлежит порядку Marattiales. Таким образом, ситуация с таксономической атрибуцией и систематическим положением этого представителя формально-морфологической группы пекоптерид значительно прояснилась.

Споры, извлечённые из спорангиев *Pecopteris helenaeanana*, обнаруживают большое сходство со спорами, извлечёнными из спорангиев мараттиевых папоротников из каменноугольных и пермских отложений разных регионов мира.

Так, например, сходные споры с гладкой или мелко-скабротной спородермой и однолучевой или трёхлучевой щелью разверзания извлечены из спорангиев мараттиевого папоротника *Scolecoperis lepidorachis* (Zeiller) Barthel из нижнепермских отложений Гер-



**Рис. 2.** Синангии *Pecopteris helenaeanana* Zalesky (1) и споры, сохранившиеся in situ (2, 3). Стрелками на фиг. 2 отмечены наиболее хорошо сохранившиеся споры.

Экз. № МЗ МГУ ВФ 14738; уфимский ярус, республика Коми, Воркута, п. Рудник. Длина масштабной линейки – 1 мм (1); 100 мкм (2); 10 мкм (3).

мании [11, Taf. 13, 9–24], причём у этого вида встречается попарно сближенное или даже вильчатое расположение синангиев на боковых жилках фертильных перышек [11, Taf. 12, fig. 10]. Такие же споры характерны для *Scolecopteris polypodioides* (Sternberg) Barthel [11, Taf. 15, 12–17]. Споры ещё одного вида этого же рода, а именно, *Scolecopteris hemitelioides* (Brongniart) Stur, обладают отчётливо скульптурированной спородермой, причем скабрата-ная скульптура спородермы у этого вида преобразуется в веррукатную [11, Taf. 14, 3–13]. При этом споры видов *Scolecopteris densifolia* (Goepfert) Barthel, *S. candolleana* (Brongniart) Stur и *S. permica* (Nemejc) Barthel, также из нижнепермских отложений Германии, по степени скульптурированности спородермы занимают промежуточное положение между практически гладкими и сильно скульптурированными формами.

**Выводы.** На основе сделанных наблюдений удалось установить, что спороношения папоротника *Pecopteris helenaeanae* представляли собой бисериатные синангии, располагавшиеся дистально на однократно дихотомирующих боковых жилках фертильных перышек. Из спорангиев *Pecopteris helenaeanae* были выделены споры с гладкой или тонко-скабрата-ной (мелко-скабрата-ной) спородермой и одно- или трёхлучевой щелью разверзания. На основе сделанных наблюдений можно с высокой степенью уверенности утверждать, что вид *Pecopteris helenaeanae* принадлежал мараттиевым папоротникам (порядок Marattiales).

Работа выполнена в рамках темы госзадания № АААА-А16-116042010088-5 «Эволюция геодинамических обстановок и глобальные природные процессы» Музея земледования МГУ им. М.В. Ломоносова, в рамках темы госзадания № 0135-2016-0001 «Фитостратиграфия, палеофлористика, кризисные события кайнозоя, мезозоя и палеозоя различных регионов Евразии, палеоклиматические, палеофитоценоотические и палеофитогеографические реконструкции» Геологического института РАН, гранта РФФИ 18-04-00322, за счёт средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров, а также в рамках программы совместных работ с Норвежским Технологическим Университетом (Грант SIU CPRU-2017/10015).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирович В.П. Высшие растения. Telomophyta // Атлас характерных комплексов пермской фауны и флоры Урала и Русской платформы. Ленинград: Недра, 1986. С. 32–38. Труды ВСЕГЕИ, Нов. сер. Т. 331.
2. Залесский М.Д., Чиркова Е.Ф. Пермская флора Печорского Урала и хребта Пай-Хой. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1938. 52 с.
3. Кирилишина Е.М., Исаев В.С., Кошурников А.В., Аманжуров Р.Т., Гришакина Е.А., Шиманов А.А. Палеонтологические материалы Воркутинской инженерно-геокриологической практики геологического факультета МГУ // Жизнь Земли. 2017. Т. 39, №3. С. 278–286.
4. Кирилишина Е.М., Наугольных С.В. Палеоботанические коллекции Музея земледования МГУ // Наука в вузовском музее. Всероссийская научная конференция. 15–17 ноября 2016 г. МГУ: Музей земледования. 2016. Часть 1. С. 49–50.
5. Кирилишина Е.М., Наугольных С.В. Ископаемые растения в экспозиции Музея земледования МГУ, их место и роль в музейном пространстве // Жизнь Земли. 2016. Т. 38 (2). С. 176–182.
6. Наугольных С.В. Флора кунгурского яруса Среднего Приуралья. Москва: Геос. Труды Геологического ин-та РАН, вып. 509. 1998. 201 с.
7. Наугольных С.В. Пермские флоры Урала. Москва: Геос. 2007. 322 с. Труды Геологического института РАН, вып. 524.
8. Наугольных С.В. Flora Permica. Растительный мир пермского периода. Приуралье. Москва: Геос. 2016. 336 с. (Труды Геологического института РАН. Вып 612).

9. Наугольных С.В. Юговская флора Среднего Приуралья // Палеоэкология. Методологические основы, фактологический потенциал, применение в музейных экспозициях. Москва: Медиа-Гранд. 2017. С. 45–74.
10. Фефилова Л.А. Папоротниковидные перми севера Предуралья. Л.: Наука, 1973. 192 с.
11. Barthel M. Die Rotliegendflora Sachsens. Dresden: Abh. Staatl. Museum Mineral. Und Geol. 1976. Band 24. S. 1–97.
12. Naugolnykh S.V. Permian ferns of Western Angaraland // Paleontological journal. 2013. Vol. 47. No. 12. P. 1379–1462.
13. Wagner R.H., Hill C.R., El-Khayal A.A. Gemellitheca gen. nov., a fertile pectopterid fern from the Upper Permian of the Middle East // Scripta Geol. 1985. Vol. 79. P. 51–74.
14. Wan Zhihui, Basinger J.F. On the fern Pectinangium Li et al., emend. (Marattiales), with spores in situ from the Permian of southern China // Rev. Palaeobot. Palynol. 1992. Vol. 75. P. 219–238.
15. Zalesky M.D. Observations sur les végétaux permien du bassin de la Petchora. I // Bull. de l'Académie des Sci. de l'URSS, 1934. № 2–3. P. 241–290.

#### REFERENCES

1. Vladimirovich V.P. Higher plants, Telomophyta. *Atlas of characteristic assemblages of Permian fauna and flora of the Urals and Russian platform*. P. 32–38 (Leningrad: Nedra. 1986).
2. Zalesky M.D., Tchirkova E.F. *Permian flora of the Pechora Urals and a ridge Pai-Khoi*. 52 p. (Moscow–Leningrad: AN SSSR, 1938) (in Russian).
3. Kirilishina E.M., Isaev V.S., Koshurnikov A.V., Amanzhurov R.T., Grishakina HYPERLINK "<https://istina.msu.ru/workers/29924377/>" E.A., Shimanov HYPERLINK "<https://istina.msu.ru/workers/32161700/>" A.A. Paleontological materials of the Vorkuta engineering-geocryological practice of the Geological Faculty of Moscow State University. HYPERLINK "<https://istina.msu.ru/journals/71978306/>" *Zhizn' Zemli*. **39** (3), 278–286 (2017) (in Russian).
4. Kirilishina E.M., Naugolnykh S.V. Paleobotanical collections of the Earth Science Museum of the Moscow State University. *Science in the high school museums*. All-Russian Scientific conference, November 15–17, 2016. P. 49–50 (Moscow State University: the Earth Science Museum, 2016, Part 1 (in Russian).
5. Kirilishina E.M., Naugolnykh S.V. Fossil plants in the exposition of the Earth Science Museum of the Moscow State University, their place a role in the museum space. *Zhizn' Zemli*. **38** (2), 176–182 (2016) (in Russian).
6. Naugolnykh S.V. *Kungurian flora of the Middle Cis-Urals*. 201 p. (Moscow: Geos, 1998 (Transactions of the Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Iss. 509) (in Russian).
7. Naugolnykh S.V. *Permian floras of the Urals*. 322 p. (Moscow: Geos, 2007 (Transactions of the Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Iss. 524) (in Russian).
8. Naugolnykh S.V. *Flora Permica. Plant World of Permian period: Cis-Urals*. 336 p. (2016) (Transactions of the Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Iss. 612) (in Russian).
9. Naugolnykh S.V. Jugovian flora of the Middle Cis-Urals. *Palaeoecology. Methodological basis, factological potential, application for museum expositions*. P. 45–74. (Moscow: Media–Grand, 2017) (in Russian).
10. Fefilova L.A. *Fern-like plants of the Permian of the North part of the Cis-Uralian depression*. 192 p. (Leningrad: Nauka, 1973) (in Russian).
11. Barthel M. *Die Rotliegendflora Sachsens*. **24**, 1–97 (Dresden: Abh. Staatl. Museum Mineral. und Geol., 1976.).
12. Naugolnykh S.V. Permian ferns of Western Angaraland. *Paleontological journal*. **47** (12), 1379–1462 (2013).
13. Wagner R.H., Hill C.R., El-Khayal A.A. Gemellitheca gen. nov., a fertile pectopterid fern from the Upper Permian of the Middle East. *Scripta Geol.* **79**, 51–74 (1985).
14. Wan Zhihui, Basinger J.F. On the fern Pectinangium Li et al., emend. (Marattiales), with spores in situ from the Permian of southern China. *Rev. Palaeobot. Palynol.* **75**, 219–238 (1992).
15. Zalesky M.D. Observations sur les végétaux permien du bassin de la Petchora. I. *Bull. de l'Académie des Sci. de l'URSS*. **2-3**, 241–290 (1934).

---

---

# МУЗЕЙНАЯ ПЕДАГОГИКА

---

---

УДК 349.6: 37.01

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ: НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РАЗВИТИЯ

**В.В. Снакин<sup>1</sup>**

*Статья посвящена проблеме формирования экологического образования и музейных естественнонаучных экспозиций на основе научных знаний о законах развития биосферы и социума. Анализируются основные тенденции в функционировании природных экосистем, свидетельствующие о необратимости, скачкообразности, цикличности, неустойчивости процессов эволюции – как в природе, так и в человеческом обществе. Дискутируется правомочность использования концепции устойчивого развития в экологическом образовании и музееведении.*

**Ключевые слова:** экологическое образование, музееведение, глобальные природные процессы, цикличность развития, эволюция биосферы, социобиология, концепция устойчивого развития.

## GLOBAL ENVIRONMENTAL PROCESSES: UNSUSTAINABILITY OF DEVELOPMENT

*V.V. Snakin, Dr. Sci (Biol.)*

*Lomonosov Moscow State University (Earth Sciences Museum),  
Institute of Basic Biological Problems of Russian Academy of Sciences*

*The article touches upon the issue of formation of ecological education on the basis of scientific knowledge of the laws of the biosphere and society development. The author analyses important trends in the functioning of natural ecosystems indicating irreversibility, spasmodic, cyclic and unstable evolution processes both in nature and in human society. Further the author discusses the possibility of the use of the sustainable development concept in environmental education.*

**Keywords:** environmental education, museology, global natural processes, the evolution of the biosphere, cyclical development, biosphere evolution, sustainable development concept.

---

<sup>1</sup> Снакин Валерий Викторович – д.б.н., профессор, зав. сектором Музея землеведения МГУ; зав. лабораторией ландшафтной экологии Института фундаментальных проблем биологии РАН, [snakin@mail.ru](mailto:snakin@mail.ru).

**Введение.** Важнейшей задачей экологического образования, включая музейные естественнонаучные экспозиции, является формирование экологически грамотной личности, способной решать возникающие в системе природа–человечество проблемы для обеспечения будущего нашей цивилизации. Вполне естественно, что в первую очередь при этом должны быть представлены научные знания о законах функционирования и эволюции биосферы и социума.

**Закономерности глобальных природных процессов.** Один из первых глубоких анализов закономерностей эволюции биосферы и роли в ней человека принадлежит В.И. Вернадскому (1863–1945). В своих работах Вернадский отмечал необратимость и неравномерность (скачкообразность) эволюции, ускорение эволюционного процесса, возрастание независимости живой природы от внешних условий, неуклонное развитие научной мысли. Это дало основание Дж. Гринвальду [16] назвать Вернадского «отцом глобальной экологии».

Существенным моментом для развития экологии стало внедрение исторического подхода. Это позволяет преодолевать манипулирование результатами краткосрочных наблюдений, в частности избегать ошибок в прогнозировании глобальных изменений природной среды, основываясь не на «экологических страшилках» о последствиях отдельных, имеющих часто циклический характер неблагоприятных ситуаций в ряде регионов, к сожалению, порой используемых промышленными компаниями, заинтересованными в смене технологий (как это было, например, в случае с обвинёнными в образовании «озоновых дыр» фреонами).

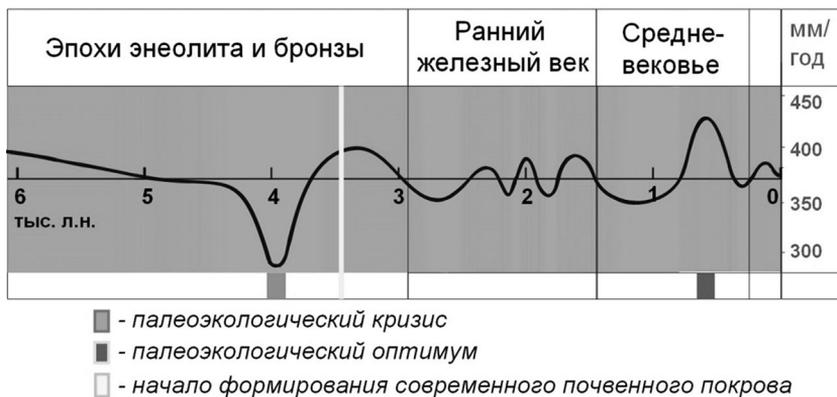
Анализ закономерностей развития биосферы показал, что в зависимости от степени воздействия внешних факторов развитие экосистем и биосферы в целом можно условно разделить на два типа, сменяющие друг друга: *саморазвитие* (аутогенное, прогрессивное развитие), когда влияние внешних факторов минимально, и *аллогенное* (некогерентное, или кризисное) развитие под доминирующим воздействием внешних для системы сил; при этом закономерности этих двух направлений различны, часто противоположны [3]. По направлению современных глобальных экологических процессов есть возможность судить, в каком направлении идёт эволюция: прогрессивном или кризисном.

Как правило, выделяют более десятка *важнейших законов и принципов развития природной среды (биосферы)* [7, 10, 11]. Среди них *закон необратимости эволюции* (принцип Долло, 1893), согласно которому организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществлённому в ряду его предков, даже вернувшись в среду их обитания. В.И. Вернадский [1] распространил этот закон на развитие биосферы в целом: «Необратимость эволюционного процесса является проявлением характерного отличия живого вещества в геологической истории планеты от её косных естественных тел и процессов». Действительно, все изменения, произошедшие на Земле под воздействием живых организмов, необратимы, будь то изменение состава атмосферы, образование почвы и т. п.

Согласно *закону неравномерности эволюции*, эволюция организмов и биосферы в целом протекает с разной скоростью и скачкообразно. Скачки в видообразовании обусловлены как биологическими причинами (гибридизация, горизонтальный перенос генов), так и периодической активизацией тектогенеза. Существуют консервативные виды, практически не изменившиеся в ходе геологического времени, из которых наиболее консервативными оказались некоторые бактерии, по существу не изменившиеся со времени раннего докембрия. На фоне общей тенденции ускорения эволю-

ции наблюдались эпохи повышенного видообразования и периоды великих вымираний видов. Неравномерность эволюции живого вещества отмечал В.И. Вернадский, подчёркивая, что эволюционный процесс совпадает в своём усилении, в своих самых больших изменениях с критическими в истории планеты периодами, вызванными глубокими с точки зрения земной коры процессами, по всей видимости, выходящими за её пределы (усиление вулканических, орогенических, ледниковых явлений, трансгрессий моря и др. геологических процессов) [1, с. 22].

Всеобщая закономерность природы заключается в *цикличности развития*, выражающейся в том, что поступательное (прогрессивное) развитие осуществляется не по прямой восходящей линии, а путём циклов, в процессе которых на всё более высокой основе повторяются основные черты пройденных стадий. Практически все природные процессы подвержены цикличности: суточной, сезонной, многолетней. Цикличны количество штормов на Байкале, колебания уровней Каспийского и Аральского морей (как и Ладоги на севере России, оз. Виктория в экваториальной Африке), оледенение и таяние ледников, засухи, наводнения. Цикличны изменения концентрации углекислого газа в атмосфере Земли и температуры воздуха. Цикличность климата обуславливает многие процессы в человеческом социуме: миграцию народов, динамику сельскохозяйственного производства, даже гибель цивилизаций (рисунок). Цикличности подвержены и развитие мировой экономики (напр., циклы Кондратьева), и всплески заболеваемости населения, и вспышки плодовитости насекомых. Во многих случаях такая цикличность развития обусловлена синхронизацией с солнечной активностью, в других – космическими процессами более высокого порядка или процессами чисто земного происхождения.



**Рисунок.** Динамика увлажнённости климата сухих степей Восточной Европы за последние 6000 лет (реконструкция по данным сравнительного анализа свойств палеопочв, погребённых под курганными насыпями в эпохи энеолита, бронзы, раннего железа и средневековья в хроноинтервале IV тыс. до н.э. – XIV в. н.э.) [2] (см. цветное фото на 3 с. обложки журнала).

Для эволюционного процесса характерна *неравномерность, неоднородность* (сальтационизм) и *не свойственна устойчивость*. Теория прерывистого равновесия, предложенная в 1972 г. палеонтологами Нильсом Эддриджем и Стивеном Гулдом (1941–2002), объясняет, что эволюция существ, размножающихся половым путём, происходит скачками, перемежающимися с длительными периодами, в которых не

происходит существенных изменений. Аналогично горизонтальному переносу генов в биологии, в социальном мире имеет место перенос технологий и элементов культуры из одного сообщества к другому, часто приводящий к скачкообразному развитию ряда государств (Ю. Корея, Сингапур, Япония и др.).

Необходимо заметить, что *устойчивость экосистем к внешнему воздействию в ходе эволюционного совершенствования уменьшается*. Самые развитые, максимально приспособленные к окружающей среде системы (т. н. климаксные системы) оказываются часто беззащитными в отношении катастрофических изменений внешней среды.

Проблему *динамики биологического разнообразия* также важно рассматривать с позиции истории биосферы, наблюдавшихся неоднократно колебаний численности населяющих её видов и неоднократно имевших место великих вымираний при общем неуклонном росте биоразнообразия на планете. Активно идущие, особенно в последнее время, *процессы глобализации* также имеют огромное экологическое значение. Интродукция и инвазия, активизированные человеком, могут привести к очередному снижению биоразнообразия (иногда называемому шестым великим вымиранием) [8]. Глобализация обусловлена важной особенностью живого вещества – возрастающей экспансией (*давлением жизни*) и углублением степени проникновения и взаимосвязанности биосферных процессов.

Роль биоразнообразия ярко иллюстрирует также *правило нефункционального разнообразия* – эмпирическая закономерность социальной и биологической эволюции, выражающаяся в том, что в условиях кризиса вероятность сохранения сложной системы пропорциональна накопленному в ней разнообразию, причём решающее значение приобретают те элементы, которые на прежнем этапе существования системы были задействованы в наименьшей степени. Например, в раннепротерозойской эре накопление кислорода в атмосфере Земли привело к массовой гибели цианобактерий (синезелёных водорослей), и решающую роль для сохранения жизни приобрели аэробные организмы, прежде распространённые незначительно (меньшинство, по современным понятиям).

***Развитие человеческого социума.*** Деятельность человека, как и любого другого биологического вида, отличается своими особенностями: масштабами преобразования окружающей среды, уникальным развитием науки, философии, религии, искусства. Однако можно утверждать, что в основе развития и науки, и искусства, и религиозных и философских воззрений лежат незбылемые принципы функционирования Природы. Несоответствие деятельности человечества законам функционирования биосферы может привести к его гибели. Одним из важнейших защитных механизмов от этого является развитие отрицательной обратной связи в системе человек–природа – научно обоснованной природоохранной деятельности. Важно сокращать уровень неоправданной жестокости к братьям нашим меньшим, в максимальной степени сокращать уровень отходов жизнедеятельности в целях сокращения загрязнения природной среды, в т. ч. благодаря ограничению потребительства.

Исследования в области *социобиологии* свидетельствуют, что биологические принципы могут быть с успехом применены в социальных науках [9]. Анализ процессов глобализации показывает их органическую взаимосвязь с общебиосферными законами эволюции. В книге энтомолога Эдварда Уилсона «Sociobiology: The New Synthesis» [18], считающейся основой современной социобиологии, вопрос о соотношении «природного» и «культурного» в человеке рассматривается с естественнонаучных эволюционных позиций, прежде всего на основе популяционной генетики и эволюционной

экологии. С точки зрения Уилсона, как бы разнообразны ни были проявления человеческой культуры, все они возможны лишь благодаря определённым генетическим предрасположенностям человека. «Мы – биологический вид, возникший в биосфере Земли как один из многих приспособившихся видов. И сколь бы великолепны ни были наши языки и культуры, насколько богат и пронизателен ни был бы наш разум, как ни велики наши творческие силы, – ментальный процесс является результатом работы мозга, сформированного на наковальне природы молотом естественного отбора» [13]. Несколько раньше эта же мысль была высказана В.И. Вернадским: «Человек должен понять, как только научная, а не философская или религиозная концепция мира его охватит, что он не есть случайное, независимое от окружающего – биосферы или ноосферы – свободно действующее природное явление. Он составляет неизбежное проявление большого природного процесса, закономерно длящегося в течение, по крайней мере, двух миллиардов лет» [1].

Даже в выборе *стратегии развития популяций* человечество подчиняется концепции г- и К-отбора, установленной Р. Мак-Артуром и Э. Уилсоном [17] для островных популяций животных. К-отбор благоприятствует более эффективному использованию ресурсов, напр. пищевых. R-отбор благоприятствует более высоким темпам роста популяции и высокой продуктивности; это ведущая форма при ухудшении условий окружающей среды, при освоении новых территорий, у пионерных сообществ. На самых ранних стадиях заселения островов доминирует г-отбор; большинство видов, занимающих стабильные биотопы, при достижении ими максимальных размеров популяции имеют тенденцию к снижению г-отбора.

Точно также человечество на рубеже 3-го тысячелетия, по сути, исчерпав экстенсивный путь, изменяет стратегию в пользу К-отбора (т. н. *демографический переход*); при этом в развитых странах число детей в семьях неуклонно сокращается при увеличивающейся заботе о потомстве и при всё более важной роли в образовании (передаче знаний) социального уровня в сравнении с генетическим.

В то же время большое распространение в экологическом образовании получила *концепция устойчивого развития* (КУР), по сути имеющая статус политической рекомендации для всех стран мира. Сложилось даже устойчивое словосочетание «*экологическое образование в целях устойчивого развития*». С одной стороны, концепция поддерживает идеальную мечту человечества о постоянном улучшении качества жизни при условии сохранения природных ресурсов (воспринимаемая природу как некую бесконечную кладовую, «скатерть-самобранку»). С другой стороны, по сути, концепция оказалась бесполезной, поскольку, несмотря на её более чем тридцатилетнее доминирование в политике (и, к сожалению, в экологии), не удалось избежать (и даже предугадать) наступление кризисных явлений. Несмотря на широкий спектр интерпретаций понятия «устойчивого развития» (большинство из которых не удовлетворяет научным критериям), оно до сих пор не имеет общепризнанного толкования». Более того, концепция устойчивого развития находится в противоречии с основными законами развития, рассмотренными выше (закон неравномерности эволюции, закон необратимости эволюции и др.).

Существенным недостатком КУР является её чисто экономическая направленность, в то время как для человечества (и последние события это подтверждают) экономический рост – не единственная составляющая благосостояния. Глобальный финансово-экономический кризис, начавшийся в 2008 г., и неутрачивающие конфликты между государствами показывают декларативность КУР. Согласно О.Л. Кузнецову и С.А. Ряб-

ковой [4], «Проблема устойчивого развития в трактовке ООН далека от настоящей концептуальной, научной обоснованности. Получив статус политической рекомендации для всех стран мира, КУР не была дополнена адекватными естественнонаучными методами... Несмотря на широкий спектр интерпретаций этого понятия (большинство из которых, к сожалению, не удовлетворяет критериям научного, выраженного в универсальных мерах), оно до сих пор не имеет общепризнанного толкования». В полной мере можно согласиться с выводом анализировавшего КУР И.Ю. Ховавко, что «концепция устойчивого развития является скорее идеологией, чем научным знанием» [14]. Остаётся только добавить: идеологией, противоречащей законам развития.

Сам термин «устойчивое развитие» содержит в себе противоречие, заключающееся в том, что, с одной стороны, подчёркивается необходимость постоянного развития (преимущественно материального), а с другой предполагается ограничение этого развития. С эволюционной позиции несовместимо также само сочетание терминов «устойчивость» и «развитие» (жизнь есть развитие, а устойчивость в эволюционном аспекте противостоит развитию, тождественна стагнации).

КУР предписывает достижение в целом благих целей, с которыми трудно не согласиться: преодоление бедности, борьба с безграмотностью, целенаправленное, поддерживающее перемещение финансовых ресурсов из богатых регионов в бедные при широком обмене экологическими знаниями и информацией, а также целый ряд других, не менее благородных целей, содержащихся в «*Повестке дня в области устойчивого развития до 2030 года*» (всего 17 целей) [6]. Но не тот ли это случай, когда «*благими намерениями вымощена дорога в ад*»?!

Следует отметить также, что ни одна из упомянутых выше 17 целей не направлена на развитие науки и технологии, которые собственно и обеспечивают прогресс человечества. В этом смысле вполне современно звучат слова нашего замечательного соотечественника Д.И. Менделеева: «*Без свечотча науки и с нефтью будут потёмки*» [5].

Реалии нашей жизни свидетельствуют о сложных биосферных и социальных процессах, которые происходят в *постоянном напряжении различных сил, борьбе разнонаправленных процессов и течений* (как в природе, так и в обществе). Современный мир, как и природа в целом, полны противоречий и борьбы за доступные природные ресурсы. В этой борьбе за выживание часто оказываются полезными сотрудничество (кооперация), дивергенция экологических ниш, различные формы взаимопользования симбиоза (мутуализм) и даже просто симпатий, альтруизма. Всё это делает наш мир ярче, красивее, добрее, но не может противостоять конкуренции, как основополагающему в эволюции процессу. И нужно готовить учащихся к такому реальному миру!

Ещё одним важным аспектом экологического образования должен стать уход от пропаганды потребительства (консумеризма) как главной цели существования, к чему в завуалированной форме призывает КУР (растущее удовлетворение потребностей). К чему ведёт ориентация на материальное обеспечение в условиях растущей плотности популяции наглядно показали опыты американского этолога Дж. Кэлхуна (1917–1995) по созданию так называемого «мышинного рая». Кэлхун считал, что не существует логических причин, по которым наблюдаемые в экспериментах социальные эффекты не могут произойти в человеческом обществе. В своих исследованиях Кэлхун ввёл понятие «поведенческая клоака» (Behavioral sink), описывающее усугубление и распространение отклоняющихся, патологических форм поведения мышей в условиях высокой плотности и избытка ресурсов. Один из красноречивых опытов заключался в размещении 4 пар здоровых мышей в спец. помещении для 4000 особей с кормом для 9500 (т. н. «мышинный

рай»); достигнув максимальной численности в 2200 особей, популяция стала сокращаться при росте девиантного поведения (агрессивность в отношении самок друг к другу и потомству, пансексуальность и асексуальность у самцов). Через 4 года осталось лишь 122 мыши вне репродуктивного возраста и опыт был закончен. Острая конкуренция между молодыми «изгоями» и старшими особями привела к распаду социальных связей и вымиранию популяции. Кэлхун описал распад общества как «смерть в квадрате», при этом «первую смерть», смерть духа, мыши переживали ещё при жизни [15].

Как предостережение звучат слова братьев Стругацких: «Не в громе космической катастрофы, не в пламени атомной войны и не в тисках перенаселения, а в сытой, спокойной тишине кончается, видите ли, история человечества!» [12].

**Заключение.** Эволюция биосферы происходит в соответствии с определёнными закономерностями, едиными для всего живого, в том числе и для человеческого социума, являющегося продуктом эволюции биосферы. Динамика народонаселения, преобразования экосистем различными видами, современные процессы глобализации являются объективным отражением биосферных процессов, протекающих неравномерно, необратимо, скачкообразно, в борьбе, где побеждают наиболее конкурентоспособные биологические виды и технологии.

Социально-политические конструкции типа концепции устойчивого развития лишены научных основ и оперируют в основном благими намерениями роста материального благополучия. КУР, по сути дезориентируя учащихся в биосферных процессах, не может быть основой экологического образования. КУР в принципе не имеет прямого отношения к науке, по крайней мере, к той, которая называется экологией.

Магистральными направлениями развития человечества является всемерное содействие научным исследованиям и разработанным на основе их результатов технологиям, которые обеспечивают реализацию закона давления жизни в космическом масштабе.

Человечество живёт в изменяющейся окружающей среде; похолодание климата сменяется потеплением, истощаются многие природные ресурсы, но именно научные исследования предоставляют новые возможности для адаптации человека к непостоянным условиям биосферы.

Музейные естественноисторические экспозиции, как и экологическое образование, должны быть основаны именно на научных знаниях фундаментальных законов функционирования биосферы и социума, а не на социально-политических или религиозных представлениях об эволюции!

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. М., 1991. 271 с.
2. Дёмкин В.А., Борисов А.В., Дёмкина Т.С., Хомутова Т.Э., Ельцов М.В., Каширская Н.Н., Удальцов С.Н. Палеоэкологический кризис в степях Восточной Европы в эпоху бронзы (2-я пол. III тыс. до н. э.): причины, масштабы, природные и социальные последствия // Глобальные экологические процессы / Под ред. В.В. Снакина. М.: Academia, 2012. С. 31–39.
3. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. М.: Институт охраны природы и заповедного дела, 1992. 174 с.
4. Кузнецов О.Л., Рябкова С.А. Возникновение и основные проблемы вхождения понятия «устойчивое развитие» в современную науку // Материалы Межд. научн. конгресса «Глобалистика – 2009: Пути выхода из глобального кризиса и модели нового мироустройства». Т. 1. М.: МАКС Пресс, 2009. С. 79–82.
5. Менделеев Д.И. Соч. Т. XIX. М.-Л., 1950. С. 182.
6. Программа действий: Повестка дня на 21 век и другие документы Конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. Женева: Центр за наше общее будущее, 1993. 70 с.

7. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.
8. Снакин В.В. Географическая изоляция видов как фактор глобальной динамики биоразнообразия // Жизнь Земли. 2016. Т. 38 (1). С. 52–61.
9. Снакин В.В. Глобализация и социобиология // Век глобализации. 2017. № 4. С. 23–32.
10. Снакин В.В. Глобальные экологические процессы и эволюция биосферы: Энциклопедический словарь. М.: Academia, 2013. 784 с.
11. Снакин В.В. Экология и природопользование в России: Энциклопедический словарь. М.: Academia, 2008. 816 с.
12. Стругацкие, Аркадий и Борис. Второе нашествие марсиан // Байкал. 1967. № 1. С. 65.
13. Уилсон Э.О. О природе человека. М.: Кучково поле, 2015. 352 с.
14. Ховавко И.Ю. Концепция устойчивого развития в контексте глобализации // Век глобализации. 2016. № 3. С. 71–84.
15. Calhoun J. Death Squared: The Explosive Growth and Demise of a Mouse Population // Proc. roy. Soc. Med. 1973. V. 66, № 2. P. 80–88.
16. Grinevald J. Sketch for the History of the Idea of the Biosphere // Gaia in Action / Ed. by Bunyard P. Edinburgh: Floris Books, 1996. P. 115–135.
17. MacArthur R., Wilson E.O. The theory of island biogeography. Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press, 1967. 203 p.
18. Wilson, E.O. Sociobiology: The New Synthesis. Belknap Press, 1975. 697 p.

#### REFERENCES

1. Vernadsky V.I. *Scientific thought as a planetary phenomenon*. 265 p. (Moscow: Nongovernmental Ecological V.I. Vernadsky Foundation, 1997).
2. Demkin V.A., Borisov A.V., Demkina T.S., Khomutova T.E., Eltsov M.V., Kashirskaya N.N., Udaltsov S.N. Paleoeological crisis in the steppes of Eastern Europe during the Bronze Age *Global Environmental Processes*. Ed. by V.V. Snakin. P. 31–39 (Moscow: Academia, 2012).
3. Krasilov V.A. *Nature protection: principles, problems, priorities*. 174 p. (Moscow: Institute for Nature Conservation and Protected Areas, 1992) (in Russian).
4. Kuznetsov O.L., Ryabkova S.A. The emergence and main problems of the introduction of the concept of «sustainable development» in modern science. *Materials Int. scientific. Congress «Globalistics – 2009: Ways out of the global crisis and the model of a new world order»*. V. 1. P. 79–82 (Moscow: MAX Press, 2009) (in Russian).
5. Mendeleev D.I. *Collected works*. V. XIX. P. 182. (Moscow–Leningrad, 1950) (in Russian).
6. *Program of Action: Agenda 21 and other Conference documents in Rio de Janeiro in a popular presentation*. 70 p. (Geneva: The Center for Our Common Future, 1993) (in Russian).
7. Reimers N.F. *Nature management. Dictionary-reference*. 639 p. (Moscow: Mysl, 1990) (in Russian).
8. Snakin V.V. Geographical isolation of species as a factor in the global dynamics of biodiversity. *Zhizn' Zemli (The Life of the Earth)*. 38 (1), 52–61 (2016) (in Russian).
9. Snakin V.V. Globalization and Sociobiology. *Vek globalizatsii*. 4, 23–32 (2017) (in Russian).
10. Snakin V.V. *Global ecological processes and evolution of the biosphere: Encyclopedic dictionary*. 784 p. (Moscow: Academia, 2013) (in Russian).
11. Snakin V.V. *Ecology and Nature Management in Russia: Encyclopedic Dictionary*. 816 p. (Moscow: Academia, 2008) (in Russian).
12. Strugatsky, Arkady and Boris. *The second invasion of the Martians. Baikal*. 1, 65 (1967) (in Russian).
13. Wilson, E.O. *On Human Nature*. 260 p. (London: Penguin Books, 1995).
14. Khovavko I.Yu. The concept of sustainable development in the context of globalization. *Vek globalizatsii (Age of Global Studies)*. 3, 71–84 (2016) (in Russian).
15. Calhoun, J. Death Squared: The Explosive Growth and Demise of a Mouse Population. *Proc. roy. Soc. Med.* 66 (2), 80–88 (1973).
16. Grinevald J. Sketch for the History of the Idea of the Biosphere. *Gaia in Action*. Ed. by Bunyard P. P. 115–135 (Edinburgh: Floris Books, 1996).
17. MacArthur R., Wilson E.O. *The theory of island biogeography*. 203 p. (Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press, 1967).
18. Wilson, E.O. *Sociobiology: The New Synthesis*. 697 p. (Belknap Press, 1975).

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОИНДИКАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ В ПРАКТИКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

А.Г. Горецкая, И.Л. Марголина<sup>1</sup>

*Статья посвящена образовательным аспектам применения биоиндикационных методов исследований. Рассмотрены биоиндикаторы воздушной и водной среды. Показаны возможности использования лишеноиндикации в проектно-исследовательской деятельности учащихся при оценке степени загрязнения воздуха. При изучении водной среды предлагается проводить обучение методам зооиндикации (методика Майера). На конкретных примерах рассмотрены возможности дифференциации степени антропогенного воздействия; представлены индикаторы, характерные для слабой, средней и сильной степени воздействия (основные принципы работы реализованы в разработанных авторами учебных пособиях). В рамках музейных экспозиций возможно первичное ознакомление посетителей с биоиндикаторами (лишайники, беспозвоночные).*

**Ключевые слова:** биоиндикационные показатели, экологическое образование, полевые исследования, загрязнение воздуха, загрязнение воды, зооиндикаторы, лишеноиндикаторы, музейная экспозиция.

## USE OF BIO-INDICATION ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS IN PRACTICE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION

A.G. Goretskaya, I.L. Margolina, PhD  
Lomonosov Moscow State University (Faculty of Geography)

*The article is devoted to the educational aspects of the application of research bio-indication methods. According to the article, the advantages of bio-indication methods include their accessibility, clarity, operational efficiency, and accuracy of obtaining results and financial inclusion. It is spoken in detail about bio-indicators of air and water environment, possibilities of their use for estimation of anthropogenic influence degree. Lichen-indication methods are given as example of using bio-indication methods in the environmental educational process in assessing of the air pollution degree and in research activities of students. The authors illustrate the use of lichen-indication methods through application of study kits for assessing the purity of air. In examining the aquatic environment the authors suggest studying methods of zoo-indication, which allow identifying different degrees of anthropogenic impact on water on the basis of the Mayer methods. The article gives particular examples of possible differentiation of anthropogenic influence degrees as well as demonstrates zoo-indicators characteristic of weak, medium and strong impact (the basic principles of their operation are implemented in a manual Water Quality Assessment of the Freshwater Reservoir by the Method of Biological Indication). In the framework of museum expositions it is possible to identify the first step in implementing the initial acquaintance of visitors with bioindicators. Professionally compiled museum exhibitions give the opportunity of visual acquaintance with the exhibits (lichens, invertebrates), followed by their allocation in the nature. The use of bioindication methods in education increases the level of professional training of students, and within the framework of secondary and additional education implements the functions of early career guidance.*

<sup>1</sup> Горецкая Александра Григорьевна – преподаватель, [agoretskaya@yandex.ru](mailto:agoretskaya@yandex.ru); Марголина Ирина Леонидовна – к.г.н., ст.н.с. географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, [irina-mgu@mail.ru](mailto:irina-mgu@mail.ru).

**Keywords:** *bio-indicator, environmental education, field studies, air pollution, water pollution, zoo-indicator, lichen-indicator, career guidance, museum exhibition.*

**Введение.** Существуют различные научные подходы к изучению экологического состояния окружающей среды. Одно из направлений – применение биоиндикационных методов, овладение которыми является неотъемлемой частью современного экологического образования. Их применение наиболее целесообразно осуществлять в динамических средах, в которых изменение показателей качества происходит постоянно, что затрудняет мониторинг традиционными методами исследования. К таким средам относятся, в первую очередь, воздушная и водная, что обуславливает использование биоиндикационных показателей для фиксации и оценки чистоты воздуха и воды. Для реализации первого камерального этапа, в котором проводится знакомство с биоиндикаторами по натурным экспонатам, целесообразно использование музейных экспозиций.

**Специфика индикаторных показателей.** Биоиндикаторные показатели позволяют получать комплексную информацию об экологической ситуации исследуемой среды. При этом информация относится не к конкретному моменту исследования, а к временному периоду, что позволяет определить тенденцию по комплексу экологических показателей.

Чрезвычайно разнообразные и разноплановые биоиндикационные методы в настоящей работе проанализированы с позиции их использования в образовательном процессе по ряду критериев – простота, доступность, наглядность, результативность, быстрота, дешевизна, безопасность применения.

**Изучение воздушной среды.** В последние годы среди методов оценки состояния окружающей среды всё более значительную роль приобретают биоиндикационные исследования качества окружающей природной среды и её компонентов. Оценка загрязнения атмосферного воздуха различными поллютантами возможна при помощи лишеноиндикации, использующей в качестве индикаторов лишайники, которые демонстрируют степень загрязнения атмосферы [5].

Данный метод включает изучение таксономического и ценотического разнообразия лишайников, оценку их роли в структуре растительных сообществ и растительном покрове различных регионов и природных зон, обоснование мер по их охране и устойчивому использованию [6].

Значительная часть лишеноиндикационных методов достаточно проста и удобна для оценки, картографирования и мониторинга природных процессов и техногенных нагрузок (в т. ч. многолетних) на экосистемы и компоненты природной среды, и в основном не требует использования специализированного дорогостоящего оборудования [1]. Данный метод используется в образовательном процессе и может быть применён в различных природных зонах, поскольку лишайники имеют практически повсеместное распространение, а наличие множества космополитичных и викарных видов делает возможным использование одинаковых объектов на всей территории Российской Федерации [3].

Метод лишеноиндикации позволяет проводить исследования в течение всего учебного года, вне зависимости от сезона. Помимо этого он может включать камеральный этап, в рамках которого проводится пространственный анализ результатов полевых исследований, составляются карты встречаемости видов, оценка воздействия, загрязнённости воздуха. Методические основы лишеноиндикации были внедрены в разрабо-

танное учебное пособие «Набор для оценки чистоты воздуха методом биоиндикации» [2]. Набор предназначен для полевых и камеральных этапов исследований учащихся (рис. 1), применение данного пособия в учебном процессе позволяет школьникам получить навыки в применении лишеноиндикационных методов в экологическом образовании в рамках решения следующих практических задач:

- оценка загрязнения воздуха по видовому разнообразию лишайников;
- оценка загрязнения воздуха по проективному покрытию лишайников;
- расчет индекса относительной чистоты атмосферы (ОЧА);
- оценка загрязнения воздуха по исследованиям формы, цвета и длине таллома лишайников;

- оценка чистоты воздуха по степени минерализации водной вытяжки;
- оценка чистоты воздуха методом экспонирования (развешивание лишайников);
- определение концентрации диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ) в воздухе.

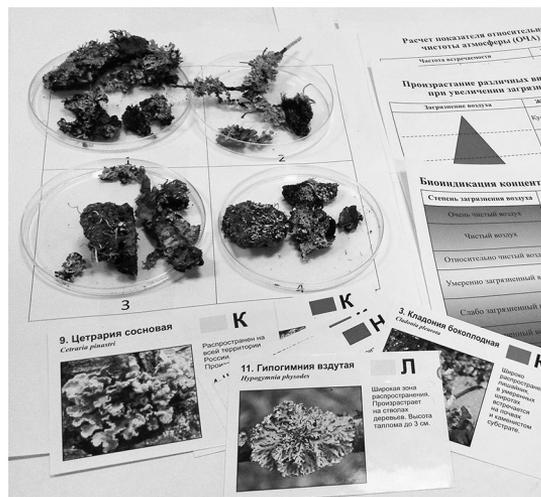
**Изучение водной среды.** Биоиндикационные методы позволяют дать комплексную оценку качества воды пресноводного водоёма, основываясь на видовом составе гидробионтов. Основные направления в этих исследованиях связаны с изучением видового состава бентоса и беспозвоночных, обитающих в водах различной степени загрязнённости.

Самостоятельные биоиндикационные исследования качества воды применимы на всех уровнях экологического образования. Они могут быть связаны с изучением биологического разнообразия обитателей водоёма, испытывающих различную антропогенную нагрузку. В учебной проектной деятельности используют как сообщества водных организмов, так и конкретные систематические группы. При этом в полевом исследовании учитывается не только факт присутствия-отсутствия зооиндикаторов в изучаемом водоёме, но и такие показатели, как видовое разнообразие, обилие, их физиологическое состояние и ответная реакция на загрязнённость водной среды.

Исследование глубины, скорости течения воды, мутности, кислородного и температурного режима, количества растворённой органики можно осуществлять, изучая различные группы зооиндикаторов. Для

выявления различных показателей качества воды в водоёме используют свойства зооиндикаторов, наличие которых позволяет индцировать разнообразные показатели водной среды. Например, фаунистические тест-объекты активно применяют для получения информации о кислотности воды, кислородном режиме в водоёме и т. д.

Выявляя фоновые районы, для которых характерна очень чистая вода, в качестве зооиндикатора применяют личинки насекомого веснянка (*Plecoptera*). При сильном загрязнении водоёма органическими веществами используют личинки комаров-звонцов (*Chironomidae*), относящихся к отряду двукрылых насекомых.



**Рис. 1.** Выполнение практической работы с учебным пособием «Набор для оценки чистоты воздуха методом биоиндикации».

Для определения степени загрязнённости водоемов используют зооиндикаторы; их изображения и краткое описание представлены в виде раздаточного материала (рис. 2) в учебном пособии «Набор для оценки качества воды пресноводного водоёма методом биоиндикации» [4].

**1. Личинки веснянок**



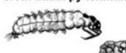
Размер в зависимости от вида 5-25 мм. Тело колюбообразной формы с двумя длинными и гибкими щетками и тремя парами мощных ног. Торакс покрыт двумя характерными флуоресцентными пятнами. На голове две антенны, выходящие с нижней стороны головы. Спина от темной-коричневой до черной-серой.

**2. Личинки подёнок**



Строение тела 5-30 мм и длинные брахиумы и относительно небольшие тораксы. Хвостовые щетки имеют гребенчатый край. Спина от светлого-желтого до темной-зеленой (почти черной).

**3. Личинки ручейников**



Выступают, много тело состоит из 9 члеников и напоминает червь. В передней части тела расположен три пары ног. Торакс занимает 1/5 длины и состоит из трех сегментов, покрытых гребенчатыми шипами. На голове развиты развитые органы зрения. Голова обычно темная и покрыта гребенчатыми шипами. На спине тело имеет две щеточки, которые личинка прочно удерживает внутри членика (гребень).

**4. Личинки вислокрылок**



Хищники, поедаящие других насекомых (питаются преимущественно личинками подёнок). Выступают только на коротких длинных тонких выростах. Длиннее брахиум с двумя парами боковых щетинок. Эти щеточки образуют группу щетинок-щупалец. Тело обычно желтого или серого с красными пятнами.

**17. Личинка мухи-журчалки "крыска"**



Личинка некоторых видов мухи-журчалки, в частности обыкновенной мушкетера. Тело бесцветное, неясноограниченное с впадинами (соединяет членики) на боковой поверхности. Последние три сегмента брюшка образуют характерный «хвост» - дилатацию трубки длиной до 12-18 см.

**18. Гребляк (клоп)**



Мелкие клопы с широкой головой и сплюснутым уплощенным телом. Характерная черта гребляка - каждая пара конечностей имеет лопатовидную форму (лопаты). У самца в первую очередь развиты лопаты. Спина неглубокая, темная с оранжево-желтой пятнистостью, на поверхности которой находится пара длинных-коротких лопаток - «гребни» и один большой клоп шпательки на заднем конце. Ноги задние пары уплощены, густо покрыты волосками и служат веслами, которые обеспечивают быстрый передвижение в воде.

**19. Личинка плавунца**



Личинка напоминает скорпиона. Задний конец продвигается по дну водоема, которое покрывает при опускании. Три пары плавательных ног опущены вниз. Щеточки саблевидно-колючие, острые, кажутся.

**20. Роговая шаровка**



Диаметр раковины до 35 мм, высота до 10 мм. Диаметр раковины равна ширине высоты, имеет 4-6 оборотов, черно-коричневая.

**РАСЧЕТ ИНДЕКСА МАЙЕРА**

Различные группы водных беспозвоночных обитают в водоемах с определенным уровнем загрязненности. Организмы-индикаторы относятся к одному из трех разделов, представленных в таблице.

Обитатели чистых вод, X	Организмы средней чувствительности, Y	Обитатели загрязненных водоемов, Z
<ul style="list-style-type: none"> <li>Личинка веснянок</li> <li>Личинка подёнок</li> <li>Личинка ручейников</li> <li>Личинка вислокрылок</li> <li>Речная дрейсена (двустворчатые моллюски)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Болотная личинка стрекозы</li> <li>Личинка комаров-долгоножек</li> <li>Моллюски (кадушки)</li> <li>Моллюски (живородки)</li> <li>Речной рак</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Личинка комаров-звонцов (мотыль)</li> <li>Пиявки</li> <li>Водный ослик</li> <li>Трухляк</li> <li>Личинка мошки</li> <li>Аулофорус (малощетинковые черви)</li> <li>Личинка жука-журчалки "крыска"</li> <li>Гребляк (клоп)</li> <li>Личинка плавунца</li> <li>Роговая шаровка</li> </ul>

Для расчета индекса необходимо количество обнаруженных при первой пробе таблицы умножить на 3, количество проб на второй – на 2, на третьей – на 1. Получившиеся цифры складывают (X\*3 + Y\*2 + Z\*1). Значение суммы и характеризуют степень загрязненности водоема:

- более 22 – вода относится к 1 классу качества (водоем очень чистый);
- 17-21 – 2 класс качества (водоем чистый);
- 11-16 – 3 класс качества (умеренно-загрязненный водоем);
- менее 11 – 4-7 класс качества (водоем грязный).

Например, в пробе обнаружено 3 вида аулофорусов по первой таблице, 2 вида из второй и 1 из третьей: 3\*3 + 2\*2 + 1\*1 = 16. Значение индекса Майера 16 указывает на 3 класс качества воды, что соответствует степени исследуемого водоема к умеренно-загрязненному типу.

Рис. 2. Раздаточный материал по зооиндикации для проведения исследований пресноводного водоёма.

Исследования проводят в водной толще путём отбора проб при помощи гидробиологического сачка. Аналогичные гидробиологические исследования проводятся в донных отложениях путём отбора проб с использованием специального оборудования. Анализ видового состава гидробионтов проводят с применением различных индексов; наиболее используемый в проектно-исследовательской деятельности учащихся – индекс Майера, который позволяет оценить чистоту воды исследуемого пресноводного водоёма.

**Заключение.** Анализ рассмотренных биоиндикационных методов для определения качественных и количественных показателей водной и воздушной среды позволяет

рекомендовать их к активному использованию на различных уровнях экологического образования. При этом возможно проведение камерального этапа биоиндикационных исследований в рамках музейных экспозиций, что повышает уровень освоения рассмотренных методов.

Разработанные авторами учебные пособия с использованием биоиндикаторов для изучения различных природных сред помогают расширить применение рассмотренных методик в образовании. Полученные навыки работы с биоиндикационными методами позволяют учащимся реализовать самостоятельные исследовательские работы в экологических исследованиях, что повышает компетенцию будущих специалистов в области рационального природопользования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горецкая А.Г., Калужная И.Ю., Марголина И.Л. Перспективы использования методов лишеноиндикации в экологическом образовании // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия Естественные науки. 2017. №1 (25). С. 93–100.
2. Горецкая А.Г., Марголина И.Л. Набор для оценки чистоты воздуха методом биоиндикации // Экознайка. Комплект для исследования состояния окружающей среды: Методические рекомендации. М.: ВАРСОН, 2017. 40 с.
3. Горецкая А.Г., Марголина И.Л. Применение лишеноиндикационных методов оценки атмосферного загрязнения в экологическом образовании // Экологические системы и приборы. 2014. № 10. С. 10–15.
4. Марголина И.Л. Учебные полевые комплексы: подходы к разработке и применение // Проблемы региональной экологии. 2013. № 1. С. 141–145.
5. Методы лабораторных и полевых исследований / О.М. Горшкова, А.Г. Горецкая, Т.Н. Корешкова и др. М.: Географический факультет МГУ, 2015. 220 с.
6. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2016. 300 с.

#### REFERENCES

1. Goretskaya A.G., Kalyuzhnaya I.Yu., Margolina I.L. Prospects of using lichenoidication methods in environmental education. *Bulletin of Moscow city pedagogical University. Natural Sciences series*. 1 (25), 93–100 (2017) (in Russian).
2. Goretskaya, A.G., Margolina I.L. Kit to assess the purity of the air by the method of bioindication. *Ekoznaika. Kit for the study of the state of the environment: Guidelines*. 40 p. (Moscow: VARSON, 2017) (in Russian).
3. Goretskaya A.G., Margolina I.L. Application of lichenoidication methods of assessment of atmospheric pollution in environmental education. *Ecological systems and devices*. 10, 10–15 (2014) (in Russian).
4. Margolina I.L. Educational field kits: approaches to development and application. *Problems of regional ecology*. 1, 141–145 (2013) (in Russian).
5. Gorshkova O.M., Goretskaya A.G., Koreshkova T.N., Krasnushkin A.V., Margolina I.L., Potapov A.A., Prashchikina E.M., Shkil' A.N. *Methods of laboratory and field studies*. 220 p. (Moscow: Geographical faculty of Lomonosov Moscow State University, 2015) (in Russian).
6. Opekunova M.G. *Bioindication of pollution: a training manual*. 300 p. (S.-Petersburg: SPbSU publishing house, 2016) (in Russian).

---

---

# ИСТОРИЯ НАУКИ

---

---

УДК 55(091/092)

## ОЛЕГ ОСКАРОВИЧ БАКЛУНД – ГЕОЛОГ, ПЕТРОГРАФ, МИНЕРАЛОГ, ИССЛЕДОВАТЕЛЬ МЕТЕОРИТОВ

К.А. Скрипко<sup>1</sup>

*В 2018 г. исполняется 140 лет со дня рождения и 60 лет со дня кончины Олега Оскаровича Баклунда – крупного российского, финского и шведского учёного, геолога, петрографа и минералога, действительного члена Академии наук Финляндии и Королевской академии наук Швеции, Почётного доктора философии Венского университета, Почётного члена и члена-корреспондента 15 академий наук и научных обществ разных стран. Наиболее известны его научные работы по изучению стратиграфии, петрографии и тектоники скандинавских стран. В области петрологии Баклунд был одним из наиболее активных сторонников теории метасоматического происхождения гранитов, залегающих среди глубоко-метаморфизованных пород – гнейсов и мигматитов. Значительно менее известны его работы, посвящённые геологии приполярных областей России и статьи по метеоритике. Поэтому его научные исследования дореволюционного, российского периода рассмотрены более подробно.*

***Ключевые слова:** история науки, геология Сибири, изучение метеоритов, Балтийский щит, стратиграфия докембрия, происхождение гранитов, Геологический и минералогический музей имени Петра Великого, Академия Або, Упсальский университет.*

## HELGE GÖTRIK BACKLUND – GEOLOGIST, PETROGRAPHER, MINERALOGIST, RESEARCHER OF METEORITES

*K.A. Scripko*

*Lomonosov Moscow State University (Earth Sciences Museum)*

*The year of 2018 marks the 140th anniversary of the birth and 60th anniversary of the death of Helge Götrik Backlund, a major Russian, Finnish and Swedish scientist, geologist, petrographer and mineralogist, Full member of the Finnish Academy of Sciences (since 1921) and of the Royal Academy of Sciences of Sweden (since 1947), Honorary Doctor of Philosophy of University of Vienna (1946), Honorary Member and*

---

<sup>1</sup> Скрипко Константин Андреевич – н. с. Музея земледения МГУ, [kscripko@mail.ru](mailto:kscripko@mail.ru).

*Corresponding Member of 15 Academies of Sciences and scientific societies of different countries. According to the article, Backlund was best known for his scientific works on stratigraphy, petrography and tectonics of the Scandinavian countries. For example, he revised the stratigraphy of the Archean rocks of the Baltic Shield and established an unified cycle of the gotokarelid complex. In the field of petrology, Backlund, after Ya.I. Sederholm, was one of the most active supporters of the theory of metasomatic origin of granites, related with deeply metamorphosed rocks – gneisses and migmatites. His scientific papers on the geology of the circumpolar regions of Russia and articles on meteoritics are much less known. Therefore, much attention is given to Backlund's researches during the pre-revolutionary, Russian period of his work.*

**Keywords:** *history of geological sciences, geology of Siberia, study of meteorites, the Baltic Shield, Precambrian stratigraphy, origin of granites, Peter the Great Geological and Mineralogical Museum, Åbo Akademi, Uppsala University.*

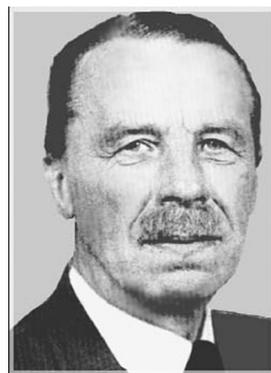
Олег Оскарович Баклунд (по-шведски Хельге Гётрик – Helge Götrik Backlund) (рис. 1), сын известного астронома, российского академика, директора Николаевской Главной астрономической обсерватории в Пулковке (с 1895 до 1916 г.) Оскара Баклунда и Ульрики Катарины Видебек, родился 3 сентября 1878 г. в городе Дерпт, ныне Тарту, Эстония, скончался 29 января 1958 г. в городе Упсала, Швеция.

В 1897 г. он поступил в Петербургский университет и окончил его в 1902 г. В 1899–1901 гг., ещё будучи студентом, О.О. Баклунд принял участие в российско-шведской экспедиции «градусного измерения» дуги меридиана на Шпицбергене<sup>2</sup>, которую возглавлял академик Феодосий Николаевич Чернышёв. Основной задачей русской части экспедиции было определение координат астрономических пунктов и точек геодезической сети. Высочайшую точность привязки наблюдений обеспечивали отец О.О. Баклунда Оскар Андреевич и другие астрономы Пулковской обсерватории, принявшие участие в этой экспедиции.

О.О. Баклунд входил в состав отряда, выполнявшего вспомогательные работы: они обеспечивали переброску и подъём на вершины снаряжения, материалов и продуктов для геодезистов и астрономов. В августе 1900 г. группа российских исследователей, в которую входил О.О. Баклунд, совершила первое в истории восхождение на высшую точку архипелага Шпицберген – Пик Ньютона (1658 м) и установила на вершине триангуляционный знак.

Кроме того, О.О. Баклунд занимался геологическим обследованием района работ, что не входило в основную программу экспедиции. Позже результаты этих наблюдений он опубликовал в ряде статей. Вероятно, знакомство Баклунда с диабазам и базальтам Шпицбергена обусловило увлечение петрографией основных пород, которое прослеживается в работах всего российского периода его научной деятельности [10].

Увлечённость О. Баклунда геологией и петрографией не могла не быть замечена руководителем экспедиции академиком Ф.Н. Чернышёвым, который одновременно был директором Геологического комитета (1903–1914) и Геологического и минералогического музея им. Петра Великого Императорской Академии наук (с 1900 г., в 1906–1914 – заведующим геологическим отделом Музея). Поэтому после окончания



**Рис.1.** Олег Оскарович Баклунд (1878–1958).

<sup>2</sup> Подробнее об этой экспедиции см. [1].

университета Баклунд был приглашён в Музей, где работал до начала 1918 г., сначала внештатным сотрудником, с 1908 г. – учёным хранителем, с 1912 – старшим учёным хранителем и, наконец, заведующим отделами петрографии и метеоритов.

В начале XX века Музей им. Императора Петра Великого выполнял функции не только и не столько собрания геологических образцов и коллекций, сколько научно-исследовательского института. В нём работали Ф.Н. Чернышёв, Э.В. Толль, В.И. Вернадский, Н.И. Андрусов, А.Е. Ферсман, Я.С. Эдельштейн, А.А. Борисяк и другие выдающиеся геологи. В задачи учёного хранителя входили как сбор коллекционных материалов в полевых условиях, так и изучение образцов, доставляемых многочисленными экспедициями Академии наук, Географического общества и индивидуальными дарителями. О. Баклунд много занимался обработкой материалов, доставляемых различными экспедициями, главным образом из северных областей России. В частности, он изучил и опубликовал материалы, собранные Эдуардом Васильевичем Толлем во время Русской Полярной Экспедиции 1900–1903 гг. и доставленные с места его последней стоянки на острове Беннета спасательной экспедицией Александра Васильевича Колчака в 1910 г. и экспедицией Бориса Андреевича Вилькицкого в 1914 г. [10]. Изучение материалов Толля было полностью завершено к концу 1914 г., однако из-за начавшейся Мировой войны, революций и затем выезда Баклунда за пределы нашей страны результаты изучения этих материалов [8] были опубликованы только в 1929 г.

В 1904–05 гг. О. Баклунд принял участие в Хатангской экспедиции Императорского Русского географического общества под руководством геолога и палеонтолога Иннокентия Павловича Толмачёва (1872–1950) в качестве второго геолога и астронома. Кроме них, в экспедиции участвовали военный топограф М.Я. Кожевников и переводчик В.Н. Васильев, который также занимался ботаническими и этнографическими сборами. Задачей экспедиции было комплексное изучение обширного района, который до этого не посещался исследователями.

В начале 1905 г. участники экспедиции поднялись по льду от Туруханска к верховьям р. Курейки, в марте перешли в бассейн р. Котуй. Они проследили свыше 800 км течения р. Мойеро, главного притока Котуя, затем сплавились на плоту до Хатанги, обследовали неизученный к тому времени район озера Ессей. В сентябре учёные продолжили маршрут на оленях по восточному берегу Хатангского залива и далее по берегу Ледовитого океана к устью Анабара, затем поднялись вверх по его долине, проследив всё течение реки на протяжении 940 км.

Всего маршрутами было пройдено более 6000 вёрст, выполнены астрономические определения географических координат. Членами экспедиции была составлена топографическая карта на территорию около 1 млн км<sup>2</sup>, что позволило существенно уточнить положение на картах рек, островов и озёр. Наиболее значительным исправлением подверглось изображение береговой линии Северного Ледовитого океана между устьями рек Хатанги и Анабара. Выяснены были некоторые детали геологии района. Главной заслугой Хатангской экспедиции стало обнаружение в бассейне реки Анабар докембрийских гнейсов, т. е. открытие Анабарского щита [10]. Академические музеи пополнились прекрасно подобранными коллекциями: 900 образцов горных пород, около 200 образцов минералов и 2000 окаменелостей поступили в Геологический музей Академии наук; гербарий, представляющий полную коллекцию цветковых и споровых растений исследованного района, числом около 3000, был передан в Императорский Ботанический сад, обширная зоологическая коллекция – в Зоологический музей АН; около 300 этнографических артефактов местных народов поступило в Кунсткамеру [12].

В 1908 г. О.О. Баклунд, защитив диссертацию в Венском университете, получил степень магистра минералогии и геогнозии.

В 1909 г., по рекомендации Ф.Н. Чернышёва, О. Баклунд возглавил комплексную научную экспедицию на Полярный Урал и в Карскую тундру, организованную Императорской Академией наук и Императорским Русским географическим обществом для всестороннего естественноисторического изучения этого региона. Экспедиция была осуществлена целиком на средства московских купцов, торговцев чаем, братьев Н.Г. и Г.Г. Кузнецовых. Для участия в экспедиции были приглашены классный топограф, коллежский советник Н.А. Григорьев, в качестве ботаника – ассистент при кафедре ботаники Лесного Института в Петербурге В.Н. Сукачёв<sup>3</sup>, в качестве зоолога по беспозвоночным – Ф.А. Зайцев, зоолога по позвоночным – агроном из Тюмени Дж. Як. Вардроппер, хорошо знакомый с фауной птиц низовьев Оби, а также геолог-коллектор, студент Горного института В.Г. Мухин и коллектор этнографических предметов, студент Московского университета Д.Г. Янович. О. Баклунд, кроме общего руководства экспедицией, должен был заниматься геологическими и астрономо-геодезическими наблюдениями [3].

Отправным пунктом стал город Обдорск (ныне Салехард), куда участники экспедиции прибыли 22 мая 1909 г. на пароходе «Ангара» из Тюмени по Туре, Тоболу, Иртышу и Оби. Здесь их ожидали заранее нанятые проводники-ненцы. Разместив груз на оленьих нартах, экспедиция, ведя топографическую съёмку и научные наблюдения, выехала к истокам р. Ханема, левого притока р. Соби, поднялась к водораздельной части Урала севернее горы Пай-Ер и проследовала вдоль неё к северной оконечности Уральского хребта (гора Минисей), затем по тундре вышла к устью р. Кары. Далее экспедиция следовала на юго-восток вдоль побережья Байдарацкой губы к устью р. Байдараты, потом на юг, вдоль подножия гор Полярного Урала, вышла к р. Малой Оби и, наконец, 9 сентября 1909 г. вернулась в Обдорск. На всё путешествие длины около 700 верст было затрачено 100 дней при среднем дневном переходе 10,5 вёрст.

Братья Кузнецовы сами приняли участие в этой экспедиции, наравне с другими членами. Они позаботились и о дальнейшей судьбе коллекций и материалов наблюдений, обеспечили издание научных результатов экспедиции. Ход экспедиции и предварительные результаты наблюдений были освещены в докладе Баклунда, прочитанном на общем собрании ИРГО 17 февраля 1910 г. [3].

Экспедиция впервые провела систематическое обследование восточного склона Полярного Урала и получила ценные геологические, ботанические, зоологические и этнографические материалы. Топограф Н.А. Григорьев на основании мензуральной съёмки составил весьма точную, на 16 планшетах, карту исследованного района в масштабе 2 версты в одном дюйме (1 : 84 000) с горизонталями через 10 сажен (21,3 м). Баклунд, изучая геологическое строение и рельеф местности, обнаружил следы четвертичного оледенения, отметил карры и нагорные террасы на вершинах гор Полярного Урала. В.Н. Сукачёв нашёл несколько торфяников, погребённых под речными наносами, в которых были обнаружены остатки древесных стволов и пней карликовой березки, шишки лиственницы и ели, ветви пихты. Эти находки позволили ему сделать вывод о том, что в последлениковое время тундра знала периоды более тёплого климата, чем

---

<sup>3</sup> Владимир Николаевич Сукачёв (1880–1967) – геоботаник, лесовод, географ, основатель учения о фитогеоценозах, действительный член АН СССР (1943), Герой Социалистического труда (1965). Один из учредителей (1915) Всероссийского ботанического общества, с 1946 г. его президент (с 1964 – почётный президент). В 1955–67 гг. президент МОИП, в 1946–53 гг. профессор МГУ, заведующий кафедрой ботанической географии.

сейчас, когда леса простирались значительно севернее современной их границы. Были собраны также ненецкие предметы культа, деревянные идолы, найденные в святилище у подножия горы Минисей и в других местах [2]. За проведённые исследования Полярного Урала и Карской тундры Баклунд был награждён Малой золотой медалью ИРГО.

Летом 1911 г. Баклунд как старший петрограф Геологического музея Академии наук работал в Ильменских горах. Позднее (в 1915 г.) минералы, собранные в этой экспедиции, Баклунд совместно с химиком В.Г. Хлопиным<sup>4</sup> изучал в Радиологической лаборатории Академии наук под руководством В.И. Вернадского [13].

В том же году Баклунд был приглашён правительством Аргентины принять участие в геологической съёмке в масштабе 1 : 200 000 участка Андийских гор в пределах Аргентины и на два года (1911–1913) командирован в Америку. В течение второго года командировки Баклунд посетил Боливию, Перу, Панаму, Ямайку, США и Канаду, знакомясь с геологией и месторождениями этих стран [4].

Летом 1913 г. Баклунд принял участие в работе 12-й сессии Международного Геологического Конгресса (Торонто, Канада) в качестве секретаря двух секций и в трансконтинентальной экскурсии по всему югу Канады, вплоть до острова Ванкувер. Особое внимание он уделил докембрийским породам Канадского щита. Сравнивая их с хорошо знакомыми ему породами Фенноскандии, Баклунд высказал предположение, что различия могут быть обусловлены менее глубоким эрозионным срезом Канадского щита [4].

Затем Баклунд, уже самостоятельно, посетил некоторые, наиболее интересные геологические объекты, музеи и научные институты США и Канады: Йеллоустонский Национальный парк, месторождения самородной меди на полуострове Кивино (Keweenaw), на озере Верхнем, месторождения железных руд Маркетт (Marquette) в штате Мичиган, никелевое месторождение Садбери в Канаде, щелочной массив близ Монреалья.

В Нью-Йорке он изучал коллекции Американского музея Естественной истории и музея Колумбийского университета. В Вашингтоне в течение двух недель ознакомился с методикой проведения экспериментов в Институте Карнеги, где в это время Норман Леви Боуэн изучал процессы кристаллизации силикатных расплавов, осмотрел обширные собрания Национального Музея, изучил несколько специальных коллекций в Геологической службе США. Краткие посещения были посвящены осмотру цинкового месторождения Franklin Furnace в штате Нью-Джерси и конторы торговца коллекционными образцами минералов А. Foote в Филадельфии [4].

Вернувшись в Европу, Баклунд посетил только что открытый Геологический институт Боннского университета, в Берлине осмотрел коллекции минералов и горных пород в Музее природоведения (Museum für Naturkunde), затем в Швеции, в окрестностях Упсалы, ознакомился с недавно открытым массивом нефелиновых сиенитов около Almunge.

В феврале 1912 г., когда Баклунд находился в командировке в Америке, золотопромышленник Николай Михайлович Черневич, владелец золотых приисков в Урянхайском крае (так до 1921 г. называли Туву), привёз в С.-Петербург и передал в коллекцию Императорской Академии наук 30 образцов железного метеорита общим весом около 80 кг, которые были найдены во время добычи рассыпного золота

---

<sup>4</sup> Виталий Григорьевич Хлопин (1890–1950) – в 1912–1917 гг. ассистент кафедры общей химии Санкт-Петербургского университета, впоследствии – один из основоположников советской радиохимии и атомной промышленности, один из основателей Радиевого института и один из ведущих участников Атомного проекта, действительный член Академии наук СССР (1939).

в долине ручья Ургайлык-Чинге. Хлопин, проанализировав привезённые Черевичем образцы, нашёл, что среднее содержание никеля в них составляет 16,7 %. Баклунд же, не обнаружив в исследованных образцах отчётливо выраженной микроструктуры (видманштеттеновых фигур, столь характерных для железных метеоритов с более низким содержанием никеля), пришёл к ошибочному заключению, что эти образцы представляют собой никелистое железо земного происхождения<sup>5</sup> [5]. Находки в Туве металлического железа с таким высоким содержанием никеля, безусловно, заинтересовали Баклунда, и в 1915 г. он побывал в Урянхайском крае [10], однако никаких сведений о том, посетил ли он долину Чинге, нет.

5 (18) октября 1916 г., около полудня по местному (Харбинскому) времени, на Дальнем Востоке России, в Приморском крае, к юго-западу от озера Ханка, произошло падение крупного железного метеорита. Его наблюдали на расстоянии около 500 км – от города Владивостока до станции Ханьдаохэцзы Китайско-Восточной (Маньчжурской) железной дороги. Падение сопровождалось гулом и грохотом, в небе за летящим огненно-красным болидом тянулся густой тёмный пылевой шлейф. Были найдены два фрагмента метеорита общим весом 256,8 кг<sup>6</sup>. Падение большего осколка произошло рядом с телегой случайно проезжавшего казака Ивана Михайловича Овчинникова, меньший упал недалеко от фанзы корейца [6].

Метеорит Богуславка, названный так по ближайшему населённому пункту, относится к довольно редкой группе железных метеоритов – гексаэдритам. Он представляет собой два фрагмента гигантского (более 60 см) единого кристалла камасита ( $\alpha$ -Fe), который во время полёта в атмосфере распался по плоскостям спайности куба (рис. 2).

10 (23) октября о падении крупного железного метеорита стало известно в Петрограде, в Академии наук. Получив сообщение по телефону, «музей срочно командирует Заведующего отделами петрографии и метеоритов О. Баклунда в город Никольск-Уссурийский для принятия срочных мер по изучению и охране упавшего 5 октября метеорита» и просит «о выдаче Баклунду билета на скорый экспресс, отходящий сегодня из Петрограда» [10, с. 279].

Прибыв на место, Баклунд, вместе с членами Южно-Уссурийского отделения Императорского Русского географического общества А.З. Фёдоровым и А.А. Емельяновым, участвовал в обследовании окрестностей места падения метеорита, доложил предварительные результаты сначала во Владивостоке, на заседании Общества изучения Амурского края, а затем, 3 декабря 1916 г., в Петрограде, на заседании Отделения физико-математических наук Академии наук. Описание обстоятельств падения и результаты изучения метеорита Богуславка опубликованы в двух статьях [6, 7].

В 1917 г. О.О. Баклунд принял участие в Финской геологической экспедиции в Урянхай (Туву) под



Рис. 2. Метеорит Богуславка.

<sup>5</sup> Позднее было установлено, что Чинге является представителем редкой группы богатых никелем железных метеоритов – атакситов. Подробнее об истории находок и изучения этого метеорита см. [15].

<sup>6</sup> Богуславка – второй по размеру железный метеорит, падение которого наблюдали. До Сихотэ-Алинского метеоритного дождя (12 февраля 1947 г.) Богуславке принадлежало первое место.

руководством известного геолога Якоба Йоханнеса Седерхольма<sup>7</sup>. В состав экспедиции также входили горный инженер Стелнер Фосли, геологи Торд Бреннер, Эскил Стрэндрём, Эрнст Хокан Кранск, Гуннар Пехрман и Ханс Магнус Хаусен, инженер-консультант, работавший в горнодобывающей отрасли в разных частях света Ингмар Теннберг, инженер-химик Кеннет Александр Вреде и Хальвдан Грёнберг. Химик Торстен Хассельстрём выполнял обязанности экспедиционного врача [14].

Тува в качестве района геологических исследований была выбрана по предложению Баклунда, который в 1915 г. уже побывал здесь [10]. Средства на проведение экспедиционных работ предоставила финская горнодобывающая компания «AV Mineralkompaniet» [14, 11].

Выехав 4 июня 1917 г. из Хельсинки, члены экспедиции спустя полтора месяца добрались через Красноярск и Минусинск до Белоцарска (ныне Кызыл, столица Республики Тыва). Последний отрезок пути – от Минусинска до Белоцарска – они проделали верхом, за три недели. Геолог Ганс Магнус Хаусен, завершивший свои трёхлетние исследования в Аргентине, прибыл из США и присоединился к экспедиции в Белоцарске [14].

Несколькими отрядами, верхом на лошадях, с местными проводниками, финские геологи объездили территории нынешних Тоджинского, Каа-Хемского, Кызылского, Тес-Хемского и Тандинского районов. Ими были обследованы значительные территории Южной и Восточной Тувы, в т. ч. хребет Танну-Ола, районы верховьев Каа-Хема (Малого Енисея) и озёр Чагыгтай и Тере-Холь (Тери-Нур).

Официально экспедиция исследовала возрастные взаимоотношения гранитоидов и связь их с золотоносностью, но понятно, что спонсоры (горнодобывающая компания «AV Mineralkompaniet») ожидали практических результатов. Хотя Урянхайский край попал под юрисдикцию России только в 1914 г. и в геологическом отношении был практически не изучен, о богатстве его минеральными ресурсами, в частности золотом, уже было известно.

Результатом исследований Финской экспедиции стали несколько маршрутных геологических карт, а также 28 заявок на открытие месторождений различных полезных ископаемых, включая уголь, мрамор и золото. Последнее обстоятельство, однако, не понравилось местным предпринимателям и вызвало бурную реакцию бдительных местных властей. В Петроград, в адрес Временного правительства, полетели депеши, подписанные Иркутским краевым Комиссаром и Комиссаром по делам Урянхайского края, который, по мнению Баклунда, был подконтролен местным золотопромышленникам. Они доносили, что «Кроме научной работы экспедиции Баклунда и Седерхольма столбят золотоносные и каменноугольные площади, <...> принимают действия к захвату золотопромышленности в крае и монополизации по обработке сырья, <...> в составе экспедиции находятся иностранные подданные, <...> есть основание предполагать иностранное происхождение капиталов, <...> в составе экспедиции нет ни одной русской фамилии! ...» [10, 11].

Здесь следует напомнить, что Россия в это время находилась между двумя революциями – Февральской и Октябрьской, Финляндия всё ещё входила в состав России в статусе автономного Великого княжества, и поэтому все жители Финляндии, как финны, так и этнические шведы, если таковые были в составе экспедиции, были гражданами России.

В бурную переписку были вовлечены два министерства Временного правительства (внутренних и иностранных дел) и Российская Академия наук. В Академии наук была образована комиссия в составе В.И. Вернадского (председатель), Н.И. Андрусова,

<sup>7</sup> Якоб Йоханес Седерхольм (1863–1934) – известный российский и финский геолог и петрограф, в 1893–1933 гг. директор Геологической комиссии Финляндии, с 1910 чл.-корр. Императорской Академии наук (с 1918 – Российской, с 1925 – АН СССР).

А.Е. Ферсмана и М.В. Баярунаса [11]. Работы были остановлены. Обратный путь от Белоцарска до Минусинска члены экспедиции проделали на плоту по Енисею.

Вернувшись из экспедиции, О.О. Баклунд по требованию комиссии написал объяснение на 16 листах. Работу комиссии прервала Октябрьская революция [11], но эти обвинения, необходимость оправдываться и писать объяснения, по словам Баклунда, «склоняли его к эмиграции» [10].

6 декабря 1917 г. Финский парламент провозгласил независимость Финляндии, которая 31 декабря этого же года была признана Советом народных комиссаров Российской Советской республики. В начале 1918 г. О.О. Баклунд уехал из России в Финляндию, где получил звание профессора и с 1918 по 1924 гг. преподавал геологию и минералогия в Академии Або<sup>8</sup>, на факультете математики и естественных наук.

В архивах Академии Або находятся практически все материалы, собранные во время Финской экспедиции в Урянхайский край. Здесь хранятся личные дневники участников экспедиции, документы, корреспонденция, коллекция минералов, негативы и стеклянные диапозитивы, рисунки и сувениры из Тувы [14]. Там же находится большинство образцов, собранных участниками экспедиции<sup>9</sup>. Находящиеся в коллекции Академии Або три образца метеоритного железа массой 988, 883 и 107 г., которые Я.И. Седерхольм и Х.М. Хаусен привезли с ручья Чинге [16], являются самой большой по весу группой образцов метеорита Чинге за пределами России [15].

Результаты экспедиции приведены в отчёте Якоба Седерхольма, Олега Баклунда, Стейнара Фосли и др. «Водосборный бассейн Верхнего Енисея (территория Урянхая)», который был опубликован в Хельсинки в 1925 г. на английском языке [17] и вышел вторым изданием в 1927 г. [10].

В 1924 г. Баклунд был приглашён в университет города Упсала, в Швеции, где с 1924 по 1943 гг. преподавал геологию и минералогия. Он много времени отдавал педагогической работе, добился оснащения университета современной оптической аппаратурой и оставил о себе память как о профессоре самого высокого ранга. В 1928 г. он был назначен директором Института геологии, в 1947 г. избран членом Шведской Королевской Академии Наук.

Основные труды этого периода посвящены стратиграфии, петрографии и тектонике древних образований Балтийского щита и приполярных областей в целом, изучению процессов метаморфизма и магматизма. В этих работах Баклунд отстаивал теорию вторичного (метасоматического) происхождения гранитных батолитов, в т. ч. гранитов-рапакиви, за счёт гранитизации осадочных пород и базальтоидов, преобразования их на месте, в твёрдом состоянии, под воздействием газовых эманаций и путём миграции ионов [10].

Кроме того, Баклунд по-прежнему уделял много внимания петрографическому изучению материалов, доставляемых различными экспедициями. В 1920–1930-е гг. им изучены породы Гренландии, Новой Земли, Скандинавского щита. Так, он опубликовал исследование магматических пород Новой Земли по материалам, доставленным

---

<sup>8</sup> Академия Або (по-шведски Åbo Akademi) – университет, учреждённый в городе Турку на пожертвования частных лиц. Он был основан в 1918 г., после получения Финляндией независимости. С самого основания и до сих пор это единственный в Финляндии университет, обучение в котором ведётся на шведском, втором государственном языке страны.

<sup>9</sup> Часть материалов, собранная О. Баклундом в этой экспедиции, вероятно, попала в Геологический музей РАН, но следы их затерялись при многочисленных реорганизациях Академии, многократных слияниях и разделениях научных институтов и музеев и при переезде Академии наук в Москву. В настоящее время местонахождение их неизвестно [11].

Норвежской экспедицией 1921 г. [10]. В 1931–33 гг., во время датско-шведской экспедиции по восточной Гренландии, он сам участвовал в полевых работах и сборе каменного материала.

Покинув Россию, Баклунд, тем не менее, не прерывал связей с российскими учёными. Он переписывался с Францем Юльевичем Левинсоном-Лессингом, содействовал поездкам советских геологов в Швецию.

В 1937 г. О.О. Баклунд приезжал в Москву с делегацией геологов Швеции для участия в XVII сессии Международного геологического конгресса, выступил с докладом на русском языке о принципах стратиграфического подразделения докембрия, участвовал в Северной экскурсии, в ходе которой посетил хибинское месторождение апатитовых руд и оставил запись в гостевой книге, в которой выразил своё восхищение уникальностью Хибинского массива и масштабами освоения этого месторождения.

В 1945 г. он участвовал в Юбилейной сессии АН СССР и выступил с докладом о докембрийских битуминозных сланцах Швеции и содержании в них урана и редких элементов.

В 1949 г. издательством иностранной литературы был выпущен сборник статей «Проблемы образования гранитов», в который, наряду с переводами статей горячих сторонников магматического происхождения гранитов Пауля Ниггли и Нормана Леви Боуэна, была помещена и статья Баклунда [9], одного из радикальных защитников метасоматического происхождения гранитов путём гранитизации осадочных пород и базальтоидов.

Коллекции образцов, собранных в разные годы и обработанных О. Баклундом, хранились в Геологическом музее РАН, после ликвидации которого часть каменного материала попала в Рудно-Петрографический музей ИГЕМ в Москве [10].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Л.В., Джобадзе Т.Ф. История России по материалам фотоархива Музея землеведения МГУ: Шпицберген // Жизнь Земли. 2017. Т. 39, № 3. С. 296–310.
2. Архипова Н.П., Ястребов Е.В. Как были открыты Уральские горы. Очерки по истории открытия и изучения природы Урала. Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1990. 224 с.
3. Баклундъ О.О. Экспедиция братьев Кузнецовыхъ на Полярный Уралъ лѣтом 1909 г. // Извѣстія Императорскаго Русскаго Географическаго Общества. 1910. Т. XLVI. С.-Петербург: Типографія М.М. Стасюлевича, 1911. С. 35–51.
4. Баклундъ О.О. Отчѣтъ по командировкѣ въ Америку // Труды Геологическаго Музея имени Петра Великаго Императорской Академіи Наукъ. 1914. Т. 8, вып. 10. Петроградъ: фототипія и типографія А.Ф. Дреслера, 1916. С. 179–207.
5. Баклундъ О.О., Хлопинъ В.Г. Новая находка самороднаго никкелистаго желѣза // Извѣстія Императорской Академіи Наукъ. 6 серия. 1915. Т. IX, № 9. С. 891–901.
6. Баклундъ О.О. Паденіе метеорнаго желѣза около с. Богуславки, Приморской области // Извѣстія Императорской Академіи Наукъ. 6 серия. 1916. Т. 10, № 18. С. 1817–1820.
7. Баклундъ О.О. Метеориты и новое паденіе въ Богуславкѣ // Природа. 1917. № 2. С. 213–228.
8. Баклунд О.О. Кристаллическіе породы с севернаго побережья Сибири. II. Кристаллическіе породы Таймыра // Записки Академіи наук Союза ССР по отделению физико-математических наук. Серия VIII. Том XXI, № 7. Л.: Изд-во АН СССР, 1929. 149 с.
9. Баклунд Х. Проблема гранитизации // Проблемы образования гранитов / Под ред. Б.М. Куплетского и А.П. Лебедева. М.: Изд-во ин. лит., 1949. С. 316–337.
10. Колбанцев Л.Р. Х.Г. Баклунд (1878–1958) – российский, финский и шведский петрограф // Современные проблемы магматизма и метаморфизма. СПб, 2012. С. 278–280.
11. Колбанцев Л.Р. Страницы истории. Фотовыставка «В поисках золота в Сибири», посвящённая геологической экспедиции 1917 г. в Урянхайский край ([http://www.vsegei.ru/ru/news/index.php?ELEMENT\\_ID=97337](http://www.vsegei.ru/ru/news/index.php?ELEMENT_ID=97337)).

12. Красникова О.А. Геолог и палеонтолог И.П. Толмачев (1872–1950) и Чукотская экспедиция 1909–1910 гг. // Люди великого долга: материалы международных исторических XXVI Крашенинниковских чтений. Петропавловск-Камчатский, 2009. С. 134–139.
13. Оноприенко В.И. Уппсальский университет. Века истории. Достижения. Личности. Киев: Информ.-аналит. агентство, 2014. 192 с.
14. Пээмот В. Карл-Йохан Эрик Линден. Из Финляндии в Туву по следам отца // Ежедневник «Центр Азии». Республика Тыва, г. Кызыл. № 30. 2–8 августа 2013.
15. Скрипко К.А. Железный метеорит Чинге: история находок и изучения // Жизнь Земли. 2017. Т. 39, № 2. С. 201–214.
16. Цветков В.И. Чинге: новые находки метеоритов и возможный кратер // Метеоритика. 1980. Вып. 39. С. 95–101.
17. Sederholm J., Backlund H., Foslie S. et al. The Upper Yenissei drainage area: territory of Uriankhai. Helsingfors: F. Tilgmann. 1925. 189 p. (2-е изд.: Acta geogr. 1927. Vol. 1, № 1. 225 p.).

## REFERECES

1. Alekseeva L.V., Dzhobadze T.F. History of Russia through photoarchive materials of the Earth Sciences Museum of Moscow State University: Spitsbergen. *Zhizn' Zemli*. **39** (3), 296–310 (2017) (in Russian).
2. Arkhipova N.P. Yastrebov E.V. *How the Ural Mountains were discovered. Essays on the history of discovery and study of the nature of the Urals*. 224 p. (Sverdlovsk: Sredne-Ural'skoye knizhnoe izdatel'stvo, 1990) (in Russian).
3. Backlund O.O. Expedition of the Kuznetsov Brothers to the Polar Urals in the summer of 1909. *Izvestiya Imperatorskago Russkago Geograficheskago Obshchestva*. **XLVI**, 35–51 (St. Petersburg: M.M. Stasyulevich typography, 1911) (in Russian).
4. Backlund O.O. Report on scientific trip to America. *Trudy Geologicheskago Muzeya imeni Petra Velikago Imperatorskoy Akademii Nauk*. **VIII** (10), 179–207 (Petrograd: A.F. Dresler phototype and typography, 1916) (in Russian).
5. Baklund O.O., Khlopin V.G. A new discovery of the native Nickel-iron alloy. *Izvestiya Imperatorskoy Akademii Nauk*. 6 series. **IX** (9), 891–901 (1915) (in Russian).
6. Backlund O.O. Fall of the meteoric iron in the vicinity of Boguslavka, Primorsky region. *Izvestiya Imperatorskoy Akademii Nauk*. 6th Series. **10** (18), 1817–1820 (1916) (in Russian).
7. Backlund O.O. Meteorites and a new fall near Boguslavka. *Priroda*. **2**, 213–228 (1917) (in Russian).
8. Backlund O.O. Crystalline rocks from the northern coast of Siberia. II. Crystalline rocks of Taimyr. *Notes of the Academy of Sciences of the USSR. The division of physical and mathematical sciences. Series VIII*. **XXI** (7). 149 p. (Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1929) (in Russian).
9. Backlund, H.G. The Granitization Problem. *Geological Magazine*. **83** (3), 105–117 (1946).
10. Kolbantsev L.R. H.G. Baklund (1878–1958) – Russian, Finnish and Swedish petrographer. *Modern problems of magmatism and metamorphism*. P. 278–280 (St. Petersburg, 2012) (in Russian).
11. Kolbantsev L.R. Pages of History. *Photo exhibition "Searching of Gold in Siberia", dedicated to the geological expedition of 1917 to the Uryanchay region* ([http://www.vsegei.ru/ru/news/index.php?ELEMENT\\_ID=97337](http://www.vsegei.ru/ru/news/index.php?ELEMENT_ID=97337)) (in Russian).
12. Krasnikova O.A. Geologist and paleontologist I.P. Tolmachev (1872–1950) and the Chukotka expedition of 1909–1910. *People of the Great Debt*. P. 134–139 (Petropavlovsk-Kamchatsky, 2009) (in Russian).
13. Onoprienko V.I. *Uppsala University. Centuries of history. Achievements. Personality*. 192 p. (Kiyev: Informatsionno-analiticheskoe agentstvo, 2014) (in Russian).
14. Paemot V. Carl-Johan Erik Linden. From Finland to Tuva in the footsteps of his father. *Weekly «Center of Asia»*. **30** (The Republic of Tuva, Kyzyl, 2013) (in Russian).
15. Scripko K.A. Chinga iron meteorite: the history of its findings and research. *Zhizn' Zemli*. **39** (2), 201–214 (2017) (in Russian).
16. Tsvetkov V.I. Chinge: new finds of meteorites and a possible crater. *Meteoritika*. **39**, 95–101 (1980) (in Russian).
17. Sederholm J., Backlund H., Foslie S. et al. *The Upper Yenissei drainage area: territory of Uriankhai*. 189 p. (Helsingfors: F. Tilgmann, 1925). [2nd ed. in: Acta geogr., 1927. **I** (1), 225 p.].

---

---

# КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

---

---

УДК 94 (47).084

## ЗНАЧЕНИЕ АРХИВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО- ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

**И.А. Урмина, Е.Г. Лебедева<sup>1</sup>**

*История Архива РАН восходит к начальной истории самой Академии наук, учреждённой Указом Петра I от 28 января 1724 г. В соответствии с «Генеральным регламентом» Петра Великого все государственные учреждения обязаны были позаботиться о хранении «бумаг». Архив РАН соединяет функции крупнейшего в России хранилища научной документации; здесь хранится более 1 миллиона документальных свидетельств о деятельности выдающихся российских учёных, Президиума РАН, его учреждений и организаций, головного архива Российской академии наук и научно-исследовательского института. В Архив обращаются за копиями уникальных документов, чтобы использовать их в различных проектах: конференциях, круглых столах, выставках. Представлены материалы ряда мероприятий, посвящённых научно-техническому сотрудничеству с Великобританией и Индией.*

**Ключевые слова:** Архив РАН, научная документация, уникальные документы, Россия, Великобритания, Индия.

## IMPORTANCE OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES ARCHIVES IN IMPLEMENTATION OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC PROJECTS

*I.A. Urmina, Dr. Sci (Culturology), E.G. Lebedeva, PhD  
Archive of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

*The article reveals the history of Russian Academy of Sciences (RAS) archives which goes back in time to the history of RAS itself. RAS was founded by the Emperor Peter the Great on 28 January 1724. It is reported that according to the Statute of Peter the Great all state institutions had to make certain arrangements for safekeeping of their archives.*

---

<sup>1</sup> Урмина Ирина Александровна – доктор культурологии, с.н.с., руководитель музейно-выставочной группы Архива РАН, [Urminaia@gmail.com](mailto:Urminaia@gmail.com); Лебедева Елена Геннадиевна – кандидат культурологии, с.н.с. музейно-выставочной группы Архива РАН, [LHG68@yandex.ru](mailto:LHG68@yandex.ru).

*Further the authors state that RAS archives combine the functions of the biggest Russian archives of scientific documentation (they house more than one million copies of various scientific papers), of RAS Presidium and its institutions, and of a research institute. The archives are often turned to in order to receive copies of unique documents which are sometimes needed in various projects such as conferences, round tables and exhibitions. There one can also find materials on a number of events dedicated to scientific and technical cooperation of Russia, Great Britain and India.*

**Keywords:** RAS archives, scientific documentation, unique documents, Russia, Great Britain, India.

История Архива Российской академии наук восходит к начальной истории самой Академии наук, учреждённой Указом Петра I от 28 января 1724 г. В соответствии с «Генеральным регламентом» Петра Великого все государственные учреждения обязаны были позаботиться о хранении «бумаг».

Академический архив был основан 6 января (17 января) 1728 г. по указу царя Петра II Алексеевича как хранилище документов Конференции (Общего собрания) и Канцелярии Конференции АН. Распоряжением первого президента Санкт-Петербургской Академии наук, лейб-медика Лаврентия Блюментроста, «к архиву» был представлен студент академической гимназии Г.Ф. Миллер (Мюллер) – будущий учёный, академик и знаток истории Сибири. С 1 июля 1912 г., при введении в действие новых штатов Академии наук, была учреждена особая должность заведующего Архивом Конференции. На эту должность был назначен известный историк русской литературы Б.Л. Модзалевский.

Сегодня Архив РАН соединяет функции крупнейшего в России хранилища научной документации. Здесь хранится более 1 миллиона документальных свидетельств о деятельности выдающихся российских учёных, Президиума РАН, его учреждений и организаций, головного архива Российской академии наук и научно-исследовательского института. Архив осуществляет научное описание и разработку архивных фондов; обеспечение учреждений РАН и др. пользователей ретроспективной информацией; имеющей важное научное и социокультурное значение; научную разработку проблем истории Академии наук и различных сфер наук: архивоведения, археографии, источниковедения, реставрации и консервации документов Архивного фонда РАН.

В Архив часто обращаются представители различных организаций с просьбой подготовить и организовать выставки уникальных архивных документов на различных публичных мероприятиях (конференциях, круглых столах, выставках и т. д.), в т. ч. международных. Как правило, подготовка таких выставок и экспозиций становится интереснейшим исследованием.

Например, в рамках перекрёстного Года науки и образования России и Великобритании в МГИМО состоялся Российско-британский круглый стол «Современная научная дипломатия: опыт России и Великобритании». Сотрудниками музейно-выставочной группы Архива РАН была подготовлена экспозиция уникальных документов, украсившая столь масштабное международное мероприятие. В экспозицию вошли такие редкие документы, как материалы работы Е.В. Тарле «Екатерина II и её дипломатия. – Англия». (АРАН. Ф. 627. Оп. 1. Д. 32. Л.1-1 (об.) – рис. 1; фотография М.В. Келдыша во время выступления в актовом зале МГУ на пресс-конференции, посвящённой полёту космонавтов В.Ф. Быковского и В.В. Терешковой на кораблях «Восток-5», «Восток-6», организованной Президиумом АН СССР и Министерством иностранных дел СССР 25 июня 1963 г. (АРАН. Ф. 1729. Оп. 1. Д. 77); фотография приёма в Президи-

уме АН СССР Сайруса Итона, инициатора Пагуошских конференций учёных (АРАН. Ф. 2193. Оп. 1. Д. 66 – рис. 2).

В Архиве РАН более чем в 50 фондах хранятся оригиналы документов и фотографий о различных событиях, связанных с совместной научной и общественной деятельностью Индии и России, в т. ч. по программе «Интеркосмос», другим совместным научным проектам и программам, переписка учёных двух стран, статьи, рецензии и т. д. В рамках мероприятий, посвящённых 70-летию установления дипломатических отношений между Россией и Индией, музейно-выставочная группа Архива в соответствии с запросом РФФИ подготовила и организовала проведение нескольких документальных выставок о многолетних научных и научно-технических связях российских и индийских учёных. Для круглого стола в Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН были выполнены специальные постеры.

Для Международной юбилейной научной конференции «Навстречу будущему научному сотрудничеству», посвящённой 10-летию сотрудничества РФФИ и Департамента науки и технологий Правительства Индии, которая проходила в здании Президиума РАН, была подготовлена и представлена выставка копий документов и

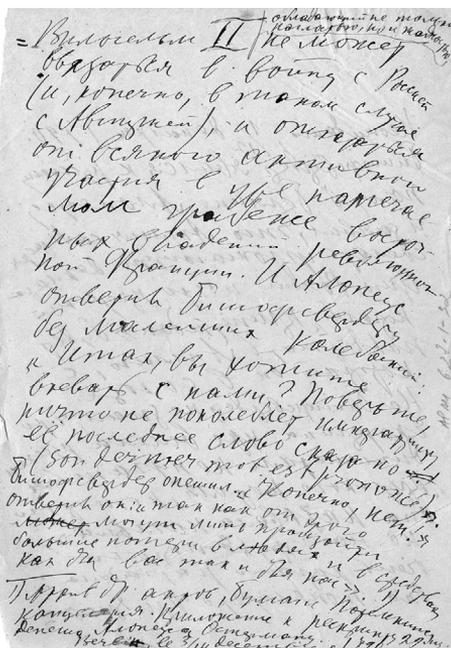


Рис. 1. Фрагмент рукописи Е.В. Тарле «Екатерина II и её дипломатия. – Англия».



Рис. 2. Приём в Президиуме АН СССР Сайруса Итона (справа); слева – президент АН СССР М.В. Келдыш.

фотографий из 50 фондов, рассказывающая о почти столетней истории российско-индийских научных связей. Были представлены такие уникальные документы, как письмо президента Индийской Академии наук С.В. Рамана (1930 г.) с подписью автора; его же письмо академику С.И. Вавилову об избрании того почётным членом Индийской Академии наук (1947 г.); письмо Джавахарлала Неру (1938 г.), в то время одного из лидеров Индийского национального конгресса, чрезвычайному и полномочному послу СССР в Великобритании И.М. Майскому; письмо секретаря Индийского общества биологической химии М. Сринивезии профессору В.И. Вернадскому (1934–36 гг., АРАН. Ф. 518. Оп. 3а. Д. 231. Л. 4). Экспонировались также уникальные фотографии участия президента Индийской Академии наук С.В. Рамана в различных мероприятиях в тридцатые годы прошлого столетия.

В рамках выставки «100-летие централизации архивного дела в России и 290-летие архивного дела в системе Академии наук» были также представлены документы, посвящённые участию Индии в программе «Интеркосмос», а также альбомы с фотографиями о совместной работе России и Индийского центра космических исследований в г. Бангалоре с изображениями спутников и описанием научных исследований на этих спутниках. 1975–80 гг. (АРАН. Ф. 1678. Оп. 2. Д. 70, 71, 72 – рис. 3).



Рис. 3. Свидетельство о космическом полёте международного экипажа СССР – Индия (см. цветное фото на 3 с. обложки журнала).

Всё это – свидетельство многолетних и плодотворных международных научных и научно-технических связей, отражение которых представлено в исторических документах, фотографиях и артефактах фондов Архива РАН.

## ВКЛАД СЕКЦИИ МУЗЕОЛОГИИ МОИП В МЕЖМУЗЕЙНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Н.И. Крупина<sup>1</sup>

*Приводится история создания секции музеологии МОИП по инициативе Музея землеведения МГУ. Дается обзор работы секции после её реорганизации в начале 2017 г. и работы научно-методологического семинара по музеологии. Отмечается, что работа Секции способствует активизации взаимодействия специалистов из различных музеев, решающих родственные задачи.*

**Ключевые слова:** секция музеологии МОИП, научно-методологический семинар по музеологии, Музей землеведения МГУ.

### CONTRIBUTION OF MUSEOLOGY DEPARTMENT OF MOIP TO INTERMUSEUM COOPERATION

*N.I. Krupina, PhD*

*Lomonosov Moscow State University (Earth Sciences Museum)*

*The article gives the reader some information on the history of the museology department of MOIP. The department was founded at the initiative of the Earth Sciences Museum of MSU. It is spoken in detail about the activity of the department after its reorganization in 2017 and about the work of scientific and methodological seminar on museology. Further the author reports that the activity of the department contributes to cooperation of specialists from numerous museums which facilitates the solution of similar problems.*

**Keywords:** *museology department of MOIP (Moscow Society of Naturalists), scientific and methodological seminar on museology, Earth Sciences Museum.*

Секция музеологии МОИП была создана в 2009 г. Инициатором её создания выступил Музей землеведения МГУ, координирующий ранее деятельность вузовских музеев. Целью работы Секции музеологии было, прежде всего, создание общей площадки для объединения, поддержки, обсуждения и решения проблем и подходов к осуществлению полноценного функционирования вузовских и других ведомственных музеев естественно-исторического профиля. Председателем Секции стал директор МЗ МГУ профессор Андрей Валерьевич Смуров, который также является председателем совета Научно-методического координационного центра университетских музеев Евразийской Ассоциации Университетов.

Работа Секции проводилась в виде выездных заседаний, проходивших в различных музеях. За прошедшие годы заседания прошли во многих музеях Москвы и Подмосковья. 22 февраля 2017 г. состоялось заседание Секции, на котором рассматривались организационные вопросы:

1. О работе секции музеологии МОИП на 2017 г.;
2. Об утверждении учёным секретарём Сектора музеологии с.н.с., к.б.н. Н.И. Крупиной;
3. Об организации научно-методологического семинара по музеологии;
4. Утверждение плана работы Семинара и плана заседаний Секции на первое полугодие.

<sup>1</sup> Крупина Наталья Ильинична – к.б.н., ст.н.с. Музея землеведения МГУ, *n.krupina@mail.ru*.

Начиная с 2017 г. было принято решение о том, чтобы заседания проходили ежемесячно, как и прежде, в музеях, среди которых как вузовские, так и ведомственные музеи различного подчинения: РАН, Министерства культуры и других ведомств. Так как состав Секции представлен, главным образом, специалистами из различных музеев, в программу заседаний включается обсуждение общих для многих музеев проблем, связанных с состоянием экспозиций, фондовых хранилищ, выделением средств, необходимых для достойного поддержания экспозиции и её обновления, другие общие вопросы. Членам секции музеологии предоставляется преимущественное право публиковать материалы о своих музеях в новом журнале «Жизнь Земли», который в 2017 г. был преобразован из ежегодника с тем же названием в регулярный междисциплинарный научный журнал, выходящий 4 раза в год.

За период 2017 – начало 2018 гг. заседания Секции состоялись в нескольких музеях.

В Музее истории МГУ заседание проходило в форме круглого стола; перед присутствующими выступили директор Музея Александр Сергеевич Орлов, председатель Секции, директор Музея землеведения Андрей Валерьевич Смуров. После дискуссии участников заседания провели по экспозиции.

В Палеонтологическом музее РАН участников принимал заведующий Музеем Александр Альфредович Карху. Он провёл присутствующих по залам музея, рассказывая о планах реконструкции освещения и обновления разделов экспозиции; показал таможенный терминал, где подготавливаются к вывозу за рубеж натурные материалы. Затем участники заседания посмотрели в конференц-зале фильмы о процессе подготовки к экспозиции палеонтологических объектов и другие.



А. Тарлецков знакомит с экспозицией музея «Ледниковый период». Фото: Надежда Рыдкая (см. также фото на 4 с. обложки журнала).

В Музейном комплексе Калуги, включающем Государственный музей истории космонавтики им. К.Э. Циолковского (ГМИК), дом-музей К.Э. Циолковского и дом-музей А.Л. Чижевского, участников принимал коллектив ГМИК во главе с директором Наталией Алексеевной Абакумовой. Гостей ознакомили с экспозициями названных трёх музейных объектов. Заседание Секции с показом фильма о Музее прошло в планетарии, являющимся одновременно конференц-залом, оборудованным по последнему слову техники. Там же Н.А. Абакумова рассказала о перспективах развития Музея, о строящемся в дополнение к старому новому зданию, которое планировали открыть ко Дню космонавтики 12 апреля 2018 г.

В музее «Ледниковый период» заседание началось с экскурсии, которую провёл научный сотрудник Музея Александр Тарлецков. Участники ознакомились с натурной экспозицией, расположенной в нескольких аудиториях, приспособленных, в частности, для занятий с детьми. В одной

из них, стилизованной под пещеру с настенными росписями («жилище древнего человека»), проводятся интерактивные занятия. Детям раздают каменные пластины и разведённые в ракушках краски из толчёного угля, охры, золы, они разрисовывают их и уносят с собой. В другой выставлены уникальнейшие изделия с резьбой по кости, клыку, бивням ископаемых и современных животных, обитавших на Крайнем Севере.

После экскурсии директор Музея Фёдор Касперович Шидловский рассказал, как добывались материалы, о встречах с удивительными людьми в разных уголках мира, о перспективах и текущих задачах, стоящих перед Музеем, о проблемах, с которыми он сталкивается в решении этих задач. Среди основных проблем – поддержка научных исследований (в частности, связанных с определением точной датировки возраста ископаемых остатков) и получение нового помещения, в котором можно достойно разместить уникальную музейную экспозицию. Сейчас музей ютится в нескольких комнатах одного из зданий Московского педагогического государственного университета на взаимовыгодных условиях: университет не берёт плату за аренду, Музей проводит для студентов биологического и географического факультетов практические занятия на своих фондовых материалах.

В Геологическом музее Горного института МИСиС участники заседания принимали директор Музея Павел Иванович Черноусов и научный сотрудник Музея Александр Евгеньевич Корольков. Александр Евгеньевич рассказал, как создавалась новая экспозиция, торжественно открытая к юбилею Горного института в специально подготовленном для этой цели зале (см. фото на 4 с. обложки журнала). Затем выступил председатель секции музеологии МОИП Андрей Валерьевич Смуров, рассказавший о действиях по координации и решению проблем вузовских музеев.



В Геологическом музее Горного института МИСиС. Фото: Надежда Рыдкая.

Помимо ежемесячных встреч на площадках различных музеев, с 2017 г. начал работать *Научно-методологический семинар по музеологии*. Тематика Семинара посвящена таким направлениям деятельности музеев, как *новые формы работы с посетите-*

лями, новые подходы к созданию экспозиции, отражение последних достижений науки музейными средствами, научно-исследовательская работа в музеях.

Состоялось три заседания Научно-методологического семинара. На первом заседании (14 марта 2017 г.) была поднята тема «Уроки в музее: подходы к разработке методических материалов и проведению занятий». Были заслушаны доклады в.н.с., д.пед.н. Л.В. Поповой и в.н.с., к.б.н. М.М. Пикуненко (МЗ МГУ), посвящённые новым направлениям работы в области музейной педагогики. Участникам семинара было предложено пройти квест по географии, разработанный для учащихся старших классов средней школы н.с. МЗ МГУ Е.М. Лаптевой.

На втором заседании (26 декабря 2017 г.) по теме «МОИП и учёные Московского университета» были заслушаны два доклада: «Деятельность МОИП в Московском университете в 1911–1917 годах (к созданию экспозиции «Две даты в жизни Московского университета»)» (докладчик в.н.с. МЗ МГУ, доцент, д.б.н. Наталья Николаевна Колотилова) и доклад, посвящённый жизни и деятельности выдающегося русского учёного-естествоиспытателя Григория Ефимовича Щуровского, создателя московской геологической школы, доктора медицины, профессора геологии и минералогии Московского университета, члена МОИП, основателя и первого пожизненного президента Общества естествознания, антропологии и этнографии, популяризатора науки (докладчик н.с. МЗ МГУ Константин Андреевич Скрипко).

На заседании 27 марта текущего года был заслушан доклад директора Музея МГТУ имени Н.Э. Баумана Галины Алексеевны Базанчук «К 200-летию А.С. Еришова – известного учёного, математика, механика, директора МПУЗ». В прениях активное участие приняли участники Семинара из различных музеев.

На заседании семинара 22 мая с.г. д.б.н., заведующий сектором музейно-методической работы и фондов Музея земледения Валерий Викторович Снакин представил доклад «Глобальные эволюционные процессы и неустойчивость развития»<sup>2</sup>, в котором на основе анализа закономерностей развития биосферы и социума приведены важнейшие тенденции в эволюции биосферы, свидетельствующие о необратимости, скачкообразности, цикличности, неустойчивости развития как в природе, так и в человеческом обществе. В связи с этим автором поставлен вопрос о правомочности использования концепции устойчивого развития в музейных естественнонаучных экспозициях и в экологическом образовании.

В заключение следует отметить, что возобновление и активизация работы Секции музеологии (организация на новом уровне рассылки приглашений, информация о прошедших заседаниях, публикуемая в виде отчётов на сайте МОИП в разделе Секции музеологии и в разделе МОИП на сайте Музея земледения) привлекают внимание всё новых участников – представителей различных, в том числе вузовских музеев.

Активизировать взаимодействие специалистов, работающих в разных музеях, но решающих одинаковые задачи – именно к этому стремится в своей деятельности Секция музеологии, созданная на платформе МОИП – старейшей общественной организации, существующей с 1805 г. и объединившей в своих рядах выдающихся учёных-естествоиспытателей, многие из которых были профессорами Московского Императорского университета. И по сегодняшний день МОИП теснейшим образом связан с Московским государственным университетом. Президентом Общества является ректор МГУ академик Виктор Антонович Садовничий, а кураторами структурных подразделений МОИП – профессора и проректоры МГУ.

<sup>2</sup> Некоторые аспекты этого и других докладов на секции отражены в статьях настоящего номера журнала.

---

---

## ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

---

---

### **Конференция «Ломоносовские чтения. Секция музееведения».**

24 апреля 2018 г. в Музее землеведения МГУ состоялась ежегодная научная конференция «Ломоносовские чтения. Секция музееведения». Конференция прошла в Ротонде (31-й этаж МЗ МГУ). Вёл заседание директор Музея землеведения МГУ, профессор А.В. Смуров. На конференции было заслушано 7 докладов. В конференции приняло участие 24 человека, среди которых были как сотрудники Музея землеведения, так и представители других организаций и структурных подразделений МГУ (ГИН РАН, факультет ВМК, геологический, экономический факультеты).

В докладе в.н.с. Л.В. Поповой и в.н.с. Музея землеведения МГУ М.М. Пикуленко «Использование музейных коллекций почвенных монолитов в учебном процессе» поднимались вопросы, связанные с научным изучением музейных коллекций, освещались опыт изучения коллекций почвенных монолитов в музее Почвенного института имени В.В. Докучаева РАН в Санкт-Петербурге, а также использование музейных коллекций почвенных монолитов в учебном процессе.

Доклад в.н.с. М.В. Леонова и инженера ВМК МГУ Е.Н. Раевского «История Московского университета в зеркале Википедии: проблемы и решения» был посвящён междисциплинарному проекту, основная цель которого – систематизация и мониторинг сведений по персоналиям в истории Московского университета и анализ актуального представления этой информации в свободной энциклопедии «Википедия» и некоторых других интернет-источниках.



На конференции «Ломоносовские чтения. Секция музеологии» докладывает в.н.с. Л.В. Попова. Фото: Ю.И. Максимов.

В докладе с.н.с. МЗ МГУ Н.И. Крупиной «Вклад Секции музеологии МОИП в меж-музейное сотрудничество» был дан обзор работы Секции музеологии и научно-методологического семинара по музеологии за период 2017 – начало 2018 гг. Подчёркивалось, что работа Секции за прошедший период способствовала активизации взаимодействия специалистов, работающих в различных музеях, но решающих сходные задачи.

В докладе г.н.с. ГИН РАН С.В. Наугольных, н.с. МЗ МГУ Кирилишиной Е.М., н.с. геологического факультета МГУ Исаева В.С. «Систематическое положение пермского папоротника *Pecopteris helenaeana* Zalessky (по материалам изучения новой музейной коллекции)» было уточнено и обосновано данными по хранящейся в Музее земледевения коллекции положение в системе уже известного вида папоротника.

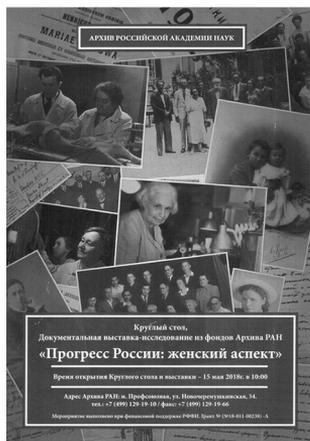
В докладе н.с. МЗ МГУ Скрипко К.А. «Камчатская Долина гейзеров: до и после природной катастрофы 3 июня 2007 г. (временная выставка)» было показано, что в результате схода мощного грязевого потока возникла плотина высотой 30–60 м, перекрывшая русло реки Гейзерной. В результате этой крупнейшей природной катастрофы из 43 крупных и средних гейзеров остался только 21.

В докладе научного сотрудника МЗ МГУ Белой Н.И. «Представление сложных множественных объектов в презентациях и экспозициях Музея земледевения» было показано, что сосредоточенный в Музее земледевения огромный объём информации о нашей планете систематизирован, структурирован и ориентирован на восприятие вузовской аудитории. На примере конкретных фрагментов стендов и различных коллекций разбираются массивы данных, выраженных числовым способом и нечисловыми показателями. Даны примеры удачных и неудачных решений в определении визуального облика объектов исследования и создания когнитивной графики.

В докладе с.н.с. МЗ МГУ Ю.И. Максимова и н.с. экономического факультета МГУ А.И. Кривичева «Н.А. Бегичев – исследователь Арктики» была раскрыта роль Никифора Алексеевича Бегичева – русского моряка-землепроходца, Георгиевского кавалера, исследователя Арктики – в открытии новых арктических территорий.

Затронутые в докладах темы вызвали живой интерес слушателей.

*Н.И. Крупина*



### **Прогресс России. Женский аспект.**

15 мая 2018 г. в Архиве РАН состоялось открытие выставки «Прогресс России. Женский аспект», посвящённой женщинам, связанным с наукой: учёным и сподвижницам научных деятелей. Представлены материалы, рассказывающие о судьбах математика С. Ковалевской, химика Ю.В. Лермонтовой, палеонтолога М.В. Павловой, почвовед Е.Н. Ивановой, физиолога Л.С. Штерн, биолога Кольцовой-Садовниковой (жены Н.К. Кольцова), врача М.А. Боковой-Сеченовой (жены И.М. Сеченова), микробиолога и художницы О.Н. Мечниковой (жены И.И. Мечникова), Н.Е. Вернадской (жены и сподвижницы В.И. Вернадского) и др. На круглом столе, приуроченном к открытию выставки, прозвучало более 20 сообщений о женщинах-учёных и обсуждались вопросы актуализации документального научного наследия.

*Н.Н. Колотилова*

---

---

## КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

---

---

**Акимова Т.А. Безответная любовь.** М.: Экономика, 2017. 223 с.

Имя автора данной книги хорошо известно в профессиональной среде и ассоциируется с первопроходцами в направлении эколого-экономического образования и воспитания. Книга «Безответная любовь» – это воспоминания автора, д.э.н., профессора Татьяны Акимовны Акимовой, окрашенные собственной судьбой и собственным отношением к социально-экологическим проблемам Урала. В произведении соединены три разных жанра – жанр рассказа, жанр документальной литературы и жанр мемуаристики. Злободневность темы, острота материала и ощущение подлинности делают эту книгу интересной, своевременной и актуальной. Так получилось, что до сего времени широкому кругу населения страны мало что известно об аварии, произошедшей 29 сентября 1957 г. на НПО «Маяк» близ Челябинска. Книга написана эмоционально, это попытка честно рассказать о давнем событии от лица современника той страшной радиационной аварии.



**Бухарицин П.И. Невыдуманные истории (записки океанолога).** Астрахань: Изд. Сорokin P.B., 2018. 184 с.

Книга известного океанолога, д.г.н., зав. Астраханской экспедиционной базой ИВП РАН, проф. АГУ и АГТУ, Председателя Астраханского отделения РГО, члена Президиума Астраханского отделения ВООП Петра Ивановича Бухарицина представляет собой сборник рассказов о событиях, случаях и ситуациях, происходящих порой с учёными, исследователями во время их нелёгких, а порой и опасных походов, экспедиций и путешествий за новыми знаниями. Описанные в этой книге случаи забавны, иногда поучительны, курьёзны, а некоторые очень драматичны. Автор показывает, что самые великие дела и открытия совершаются обыкновенными людьми, которым всё человеческое не чуждо. Книга предназначена для широкого круга читателей, интересующихся экспедициями, приключениями и открытиями.

**Бронгулеев В.В. Математические методы в геоморфологии: избранные работы / Сост. А.Н. Маккавеев.** М.: Медиа-ПРЕСС, 2017. 128 с.

В сборник вошли основные работы, а также обзор ряда статей к.г.н., в.н.с. лаборатории геоморфологии Института географии РАН Вадима Вадимовича Бронгулеева (1944–2016), в которых проблемы геоморфологии решаются с применением математических методов: разработка физико-математических моделей эволюции склонов, современные геоморфологические режимы и геоморфологическое районирование, влияние изостазии на рельефообразование, морфоструктурные узлы, активные разломы, связь крупнейших форм рельефа со строением земной коры. Сборник интересен для широкого круга специалистов в области наук о Земле – геоморфологов, геологов, физико-географов.

# TABLE OF CONTENTS

## INTERACTION OF GEOSPHERES

BOTTOM RELIEF OF THE ARCTIC OCEAN. *E.P. Dubinin, A.V. Kokhan, A.N. Filaretova* (pp. 262–282)

DZHIDINSKY TUNGSTEN DEPOSIT AND CITY OF ZAKAMENSK: YESTERDAY, TODAY, TOMORROW. *A.A. Kovalev, E.N. Polyakov, D.A. Tsyrempilov, L.V. Berezovskaya, E.P. Dubinin* (pp. 283–292)

## ENVIRONMENTAL HEALTH

ENVIRONMENTAL HEALTH CONCEPT: THEORY AND PRACTICE (PROBLEMS AND PROSPECTS). *V.M. Zakharov* (pp. 293–300)

ELECTRO-CHEMICAL PARAMETERS OF WATER MEDIUM (EXAMPLIFIED BY A GRAPE SNAIL HELIX POMATIA L.) AND WATER AS INDICATORS OF THE EFFECTS OF COSMO-PHYSIC FACTORS. *V.V. Tsetlin, V.M. Makeeva, A.V. Smurov, S.S. Moisa, S.A. Savchukov* (pp. 301–307)

DIOXINS AND BIOSYSTEMS SAFETY: FIELD RESEARCH RESULTS. *V.S. Roumak, N.V. Umnova* (pp. 308–323)

ENERGETIC HOMEOSTASIS IN BIOLOGICAL AND SOCIAL EVOLUTION. *A.A. Zotin* (pp. 324–334)

## NATURAL SCIENCE MUSEOLOGY: THEORY AND PRACTICE

MORPHOLOGY AND SYSTEMATIC POSITION OF PERMIAN FERN PECOPTERIS HELENAEANA ZALESSKY (ON THE BASIS OF THE NEW MUSEUM COLLECTION STUDY). *S.V. Naugolnykh, E.M. Kirilishina, V.S. Isaev* (pp. 335–341)

## MUSEUM EDUCATION

GLOBAL ENVIRONMENTAL PROCESSES: UNSUSTAINABILITY OF DEVELOPMENT. *V.V. Snakin* (pp. 342–349)

USE OF BIO-INDICATION ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS IN PRACTICE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION. *A.G. Goretskaya, I.L. Margolina* (pp. 350–354)

## HISTORY OF SCIENCE

HELGE GÖTRIK BACKLUND – GEOLOGIST, PETROGRAPHER, MINERALOGIST, RESEARCHER OF METEORITES. *K.A. Scripko* (pp. 355–364)

## BRIEF COMMUNICATIONS

IMPORTANCE OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES ARCHIVES IN IMPLEMENTATION OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC PROJECTS. *I.A. Urmina, E.G. Lebedeva* (pp. 365–368)

CONTRIBUTION OF MUSEOLOGY DEPARTMENT OF MOIP TO INTERMUSEUM COOPERATION. *N.I. Krupina* (pp. 369–373)

## CHRONICLES. EVENTS

Lomonosov Readings 2017. Museology section (*N.I. Krupina*) (pp. 373–374)

Russian progress. Women aspect (*N.N. Kolotilova*) (p. 374)

## BOOK REVIEW (p. 375)

## TABLE OF CONTENTS (p. 376)

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Журнал «Жизнь Земли» публикует результаты научно-исследовательской и музейно-методической работы сотрудников Музея землеведения, профильных факультетов 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 (40 тыс. знаков, включая пробелы), для раздела «Краткие сообщения» – не более 0,25 а. л.

Материалы, набранные через 1,5 интервала 14 кеглем, следует передавать в редакцию в электронном виде по адресу: [zhizn\\_zemli@mail.ru](mailto: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 на русском языке. 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;

– резюме статьи и ключевые слова к ней на русском и английском языках (желательно англоязычный вариант резюме делать более подробным);

– список литературы на английском языке (references);

– авторская справка и данные для связи с автором(ами): ФИО, должность, звание, адрес, телефон, электронный адрес.

Более подробно правила для оформления статей опубликованы на сайте журнала <http://zhiznzemli.ru>, где также можно познакомиться с предшествующими номерами журнала.

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 редакции.

**Журнал включен в систему цитирования РИНЦ (договор 75-02/2017 от 15.02.2017)**

---

---

## Подписка на журнал «Жизнь Земли»

*Подписной индекс: Э39904*

Агентство «Книга-Сервис» и Агентство по распространению зарубежных изданий представляют интернет-магазин периодических изданий «Пресса по подписке».

На этом сайте Вы легко сможете оформить онлайн-подписку на журнал на 2018 год. Теперь не обязательно посещать отделение Почты России – Вы можете оформить подписку через Интернет по адресу: [https://www.akc.ru/itm/z\\_hizn-zemli/](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 2018 год (период: от 3 месяцев). Стоимость подписки — от 774.00 руб. Доставка изданий производится почтовыми бандеролями по России. Для юридических лиц доступна курьерская доставка по Москве.

---

---

**Жизнь Земли:** Междисциплинарный научно-практический журнал.  
Ж71 Т. 40, №3. — М.: Издательство Московского университета; МАКС Пресс,  
2018. — 120 с.

ISSN 0514-7468

ISBN 978-5-317-05871-5

ББК 26.3

DOI 10.29003/m28.0514-7468

DOI 10.29003/m161.0514-7468.2018\_40\_3/259-378

---

## **ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ**

*Междисциплинарный научно-практический журнал*

Том 40, № 3

2018 г.

Издание Музея земледения 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 12.07.2018 г.  
Формат 70x100 1/16. Усл.печ.л. 10,4. Тираж 300 экз. Изд. № 141. Заказ №  
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 «Паблит»  
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1 Тел.: (495) 230-20-52

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ: НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РАЗВИТИЯ (см. с. 342-349)



- - палеозоологический кризис
- - палеозоологический оптимум
- - начало формирования современного почвенного покрова

Реконструкция динамики увлажнённости климата сухих степей  
Восточной Европы за последние 6000 лет [2].

## АРХИВ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (см. с. 365-369)



Свидетельство о космическом полёте международного экипажа СССР – Индия.

ВКЛАД СЕКЦИИ МУЗЕОЛОГИИ МОИП  
В МЕЖМУЗЕЙНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО  
(см. с. 369-372)



*Фрагмент экспозиции музея «Ледниковый период»*



*Фрагмент экспозиции Геологического музея Горного института МИСиС*

