

70 лет МЗ МГУ!



ISSN 0514-7468

42 (4)

2020

ЖУРНАЛ ЗЕМЛИ

70 лет МЗ МГУ!

Журнал Земли

42 (4)

2020



**НОВЫЕ ВИДЫ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ
В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЕЩЕРАХ ВЬЕТНАМА**
(см. с. 406–410)



ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ EARTH LIFE

ISSN 0514-7468

2020

Т. 42, № 4

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

ИНДЕКСИРОВАНИЕ
ЖУРНАЛА

РОССИЙСКИЙ ЦЕНТР
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

CYBERLENINKA

НАЦИОНАЛЬНАЯ АТТЕСТАЦИОННАЯ
КОМПЕТЕНЦИЯ (НАК)
для аттестации специалистов в сфере
научной информации
Перечень Российских
рецензируемых научных журналов
ВАК

Редакционный совет:

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

Редакционная коллегия:

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



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
2020

Адрес редакции:

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

ЖИЗНЬ
ЗЕМЛИ
EARTH LIFE

ISSN 0514-7468

2020

Vol. 42, № 4

Zhizn' Zemli [THE LIFE OF THE EARTH]

SCIENTIFIC AND PRACTICAL INTERDISCIPLINARY JOURNAL

Published four times a year since 2016

Editorial council:

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

Editorial board:

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



PUBLISHING
Moscow State University
2020

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>Фёдоров В.М., Гребенников П.Б.</i> Малый (средневековый) климатический оптимум голоцена и его возможные причины	395
<i>Pham Dinh Sac, Nguyen Trung Minh, Pham Hong Thai, La The Phuc, Hoang Thi Nga, Dang Thi Hai Yen.</i> Preliminary study on invertebrate biodiversity of Volcanic Caves in Krong No, Dak Nong province, Vietnam (Предварительное изучение биоразнообразия беспозвоночных в вулканических пещерах провинции Дак Нонг, Вьетнам).....	406
<i>Холопцев А.В., Подпорин С.А.</i> Изменчивость уровня Охотского моря у его побережий в начале XXI века и её отображение в глобальных реанализах	411
<i>Казымова С.Э.</i> Взаимосвязь климата и речного стока (на примере Большого Кавказа в пределах Азербайджана)	425
<i>Кудрявцев А.А.</i> Глубинные механизмы формирования трапповых провинций: традиционные и альтернативные взгляды	433

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

<i>Голосова Е.В.</i> Японский сад – синтез экологии и мистики	443
<i>Ливеровская Т.Ю., Пикуленко М.М.</i> Взаимодействие науки и общества в пространстве естественнонаучного музея США	451

МУЗЕЙНАЯ ПЕДАГОГИКА

<i>Шумовская Д.А.</i> Опыт образовательной деятельности в Музее экологии и краеведения города Пушкино	465
<i>Тимофеева Е.А., Попова Л.В.</i> Особенности проведения экологической школы «Биосфера в наших руках» в онлайн-формате	473

ВЕСТИ ИЗ МУЗЕЕВ

<i>Голиков К.А., Лаптева Е.М., Сочивко А.В.</i> Живые растения как дополнение ботанической составляющей тематической экспозиции Музея земледения МГУ	478
--	-----

ИСТОРИЯ НАУКИ

<i>Грохольский А.Л., Дубинин Е.П., Агранов Г.Д., Барановский М.С., Данилов Я.А., Доманская П.А., Максимова А.А., Макушкина А.И., Ращупкина А.О., Толстова А.И., Филаретова А.Н., Шепталина Ю.А., Щербакова Е.Л.</i> Физическое моделирование структурообразующих деформаций в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея земледения МГУ (к 40-летию создания лаборатории)	485
<i>Моников С.Н.</i> Юбилей двух академиков: чтобы помнили... ..	502

НОВОСТИ НАУКИ

<i>Модель «горячей субдукции» и использование суперкомпьютера помогают объяснить, как и когда древние кратоны обзавелись литосферными киями (П.А. Чехович)</i>	513
<i>Посмертный эпикриз спустя 76 млн лет – остеосаркома у растительоядного динозавра (П.А. Чехович)</i>	514

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

<i>Резолюция Всероссийской научной конференции с международным участием «Наука в вузовском музее» (17–19 ноября 2020 г.)</i>	516
--	-----

«Буду работать, как и раньше – для народа»: к 165-летию со дня рождения И.В. Мичурина (К.А. Голиков, Е.М. Лаптева, А.В. Сочивко)	518
Человек и его дело: к 120-летию со дня рождения Т.Т. Трофимова (К.А. Голиков)	520
К 120-летию со дня рождения С.И. Кузнецова (Н.Н. Колотилова)	521
К 90-летию со дня рождения академика М.В. Иванова (Н.Н. Колотилова)	522
«Флотилия плавучих университетов» на выставке «Волжская волна» (А.В. Иванов)	524
Памяти Льва Владимировича Калакуцкого (Н.Н. Колотилова)	525

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

Культурное наследие в контексте географического знания (рецензия на книгу Ю.А. Веденина «География наследия. Территориальные подходы к изучению и сохранению наследия») (М.А. Полякова)	527
Эрозионные процессы Русской равнины в фокусе внимания современного землепользования (рецензия на монографию «Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине») (В.П. Бондарев)	529
Розенберг Г.С. Портреты экологических систем (переводы в системе «наука – искусство»)	531
Розенберг Г.С. Вектор экологической культуры (культурология природы)	531
TABLE OF CONTENTS	532

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

УДК 551.32+551.521.1+551.583

DOI 10.29003/m1768.0514-7468.2020_42_4/395-405

МАЛЫЙ (СРЕДНЕВЕКОВЫЙ) КЛИМАТИЧЕСКИЙ ОПТИМУМ ГОЛОЦЕНА И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ

В.М. Фёдоров, П.Б. Гребенников¹

Приводится краткий обзор достоверно установленных глобальных климатических событий в голоцене. На основе высокоточных астрономических эфемерид с высоким пространственным и временным разрешением рассчитана годовая и сезонная инсоляция Земли и полушарий на период от 3000 г. до н.э. до 2999 г. По результатам расчётов получены значения инсоляционной контрастности, обобщённо (по областям источника и стока тепла) отражающей изменения меридионального градиента инсоляции, управляющего меридиональным переносом тепла в полушариях. Получен характер многолетних вариаций как годового и сезонного прихода, так и годового и сезонного меридионального переноса радиационного тепла в полушариях. Проанализировано многолетнее распределение характеристик инсоляции Земли и полушарий: годовой и сезонной инсоляции и годовой и сезонной инсоляционной контрастности в полушариях. Выявлена синхронность экстремумов характеристик облучения с глобальным климатическим событием в истории Земли – малым (средневековым) климатическим оптимумом голоцена. На основе выявленной синхронности определено, что причинами малого климатического оптимума могут быть максимум инсоляционной контрастности в зимнее полугодие в Северном полушарии (максимум меридионального переноса тепла в зимнее полугодие), а также максимум межполушарного теплообмена.

Ключевые слова: солнечная радиация, инсоляция Земли, меридиональный перенос тепла, инсоляционная контрастность, изменение климата, межполушарный теплообмен, средневековый климатический оптимум.

Ссылка для цитирования: Фёдоров В.М., Гребенников П.Б. Малый (средневековый) климатический оптимум голоцена и его возможные причины // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 395–405. DOI: 10.29003/m1768.0514-7468.2020_42_4/395-405.

Поступила 29.09.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

¹ Фёдоров Валерий Михайлович – к.г.н., в.н.с., fedorov.msu@mail.ru; Гребенников Павел Борисович – вед. инженер, grebennikov@list.ru; географический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова.

MIEVEAL WARM PERIOD OF THE HOLOCENE AND ITS POSSIBLE CAUSES

V.M. Fedorov, PhD, P.B. Grebennikov

Lomonosov Moscow State University (Faculty of Geography)

A brief overview of reliably established global climate events in the Holocene is provided. On the basis of high-precision astronomical ephemeris with high spatial and temporal resolution, the annual and seasonal insolation of the Earth and hemispheres was calculated for the period 3000 BC–AD 2999. According to the results of calculations, the values of insolation contrast were obtained in a generalized manner (for the regions of the heat source and sink), reflecting the changes in the meridional insolation gradient that controls the meridional heat transfer in the hemispheres. The character of long-term variations of both the annual and seasonal arrival, and the annual and seasonal meridional transport of radiation heat in the hemispheres was obtained. The long-term distribution of insolation characteristics of the Earth and hemispheres (annual and seasonal insolation and insolation contrast in the hemispheres) is analyzed. The synchronicity of the extrema of the irradiation characteristics with the global climatic event in the history of the Earth (the Medieval Warm Period of the Holocene) was revealed. On the basis of the revealed synchronicity, the maximum insolation contrast in the winter half of the year in the Northern Hemisphere (the maximum of meridional heat transfer in the winter half of the year), as well as the maximum of interhemispheric heat transfer may be determined to be the reasons for the Medieval Warm Period.

Key words: *solar radiation, Earth insolation, meridional heat transfer, insolation contrast, climate change, interhemispheric heat exchange, Medieval Warm Period.*

Введение. Климат – важнейшая характеристика природной среды обитания человека и общества, поэтому исследование изменений глобального климата является одной из актуальных проблем современного естествознания. Эта проблема определяет необходимость прогнозирования изменения климата и связанных с ними последствий. Изменения климата в будущем и знания о них во многом определяются изменениями климата в прошлом и нашей информацией о причинах этого. Солнечная радиация является основным источником энергии, определяющим радиационный и тепловой баланс Земли и энергию гидрометеорологических процессов. Поэтому исследование солярного климата Земли в голоцене (время в истории Земли, охватывающее период от приблизительно 10 000 лет в прошлом до настоящего) представляется важным для определения роли инсоляционного фактора в глобальных климатических событиях недавнего геологического прошлого.

Актуальность темы также определяется большим количеством научных публикаций, посвящённых этим палеогеографическим событиям, отражающим результаты аналитических исследований (спорово-пыльцевой, геохимический, геоморфологический анализ и др.) по палеогеографии голоцена. Однако, несмотря на значительную информацию по палеогеографии и палеоклиматологии, отсутствует однозначное объяснение причин глобальных климатических событий в голоцене. Количественная оценка радиационного фактора может внести существенный вклад в решение проблемы причин изменения глобального климата Земли.

Формирование и изменение климата определяется рядом факторов. Кроме солнечной радиации и парникового эффекта планеты это вулканизм и механизмы теплообмена (меридионального переноса тепла, теплообмена в системе океан – атмосфера, межполушарный теплообмен и др.).

Целью работы является определение роли солярных факторов (годовых и сезонных экстремумов приходящей радиации и сезонного меридионального переноса радиационного тепла) в малом (средневековом) климатическом оптимуме. Понимание причин глобальных климатических изменений позволит прогнозировать эти события на основе теоретически рассчитываемых в будущем характеристик инсоляции.

Лучистая энергия Солнца является основным источником энергии гидрометеорологических и многих других процессов, происходящих в атмосфере, гидросфере, на земной поверхности. Вариации приходящей к Земле лучистой энергии в основном определяются двумя причинами, имеющими различную физическую природу. Одной из причин является изменение активности излучения Солнца. Другой причиной, определяющей изменение приходящей к Земле солнечной радиации, являются небесно-механические процессы, вызывающие изменения элементов земной орбиты и наклона оси вращения [7, 8, 12]. В работе анализируются вариации облучения Земли, связанные с изменением элементов её орбиты, наклона оси вращения и прецессией.

Глобальные климатические события в голоцене. Вариации солнечной радиации, связанные с небесно-механическими процессами, определяются расчётными методами. Под солярным климатом Земли понимается рассчитываемое теоретически поступление и распределение солнечной радиации на верхней границе атмосферы (ВГА) или на поверхности Земли, без учёта атмосферы или при её полной прозрачности [7, 12]. «...фиктивный климат земного шара, полученный в результате чисто теоретических расчётов, игнорирующих все посторонние воздействия, называется солярным, или математическим климатом» [7, стр. 5]. При изучении вековых (низкочастотных) вариаций солнечной радиации учитываются подверженные вековым возмущениям такие астрономические элементы земной орбиты, как долгота перигелия и эксцентриситет, а также наклон оси вращения Земли, имеющие весьма значительные по продолжительности периоды вариаций [7, 12, 22].

Расчёты приходящей солнечной радиации выполнялись нами [14] по данным высокоточных астрономических эфемерид DE-406 для всей поверхности Земли (без учёта атмосферы) в интервале с 3000 г. до н.э. по 2999 г. н.э. Астрономическими данными для расчётов инсоляции были склонение и эклиптическая долгота Солнца, расстояние от Земли до Солнца, разность хода равномерно текущего (среднего солнечного) и всемирного корректируемого времени (истинного солнечного). Поверхность Земли аппроксимировалась эллипсоидом (GRS80 – Geodetic Reference System, 1980) с длинами полуосей, равными 6378137 м (большие) и 6356752 м (малая). Шаги при интегрировании составляли по долготе 1°, по широте 1°, по времени 1/360 часть продолжительности тропического года. Значение солнечной постоянной (среднее многолетнее значение TSI) принималось равным 1361 Вт/м². Изменение активности Солнца не учитывалось [12, 13, 22].

Отличие нашего подхода в расчётах высокочастотных вариаций инсоляции от методов Е.П. Борисенкова, М.-Ф. Лутр (Loutre), С. Бертрана (Bertrand) и их коллег связано, во-первых, с исходными астрономическими данными, используемыми в расчётах, во-вторых, с различным решением расчётов инсоляции относительно поверхности Земли, в-третьих, по временному интервалу, охваченному расчётами. Так, исходными данными для расчётов инсоляции, выполненных бельгийскими исследователями, были эфемериды VSOP82. В наших расчётах использовались JPL (Jet Propulsion Laboratory) Planetary and Lunar Ephemerides DE-406. Поверхность Земли при расчётах инсоляции отождествлялась нашими предшественниками со сферой и расчёты вы-

полнялись только для отдельных параллелей (широт). Бельгийскими исследователями ранее были выполнены расчёты инсоляции на 6000 лет в прошлое [22]. Расчёты выполнялись с шагом в 1 год, но лишь для пяти дней в году (для точек равноденствия, солнцестояния и точки с геоцентрической долготой, равной 120°) только для экватора и параллелей 30° , 60° и 90° в каждом полушарии. В работе [17] инсоляция рассчитывалась на последние 1000 лет с шагом по времени в 1 год для одного дня в году (для точки с геоцентрической долготой, равной 120°) для параллелей 60° и 70° в северном полушарии.

Ж. Ласкаром были подготовлены решения для орбитальных, прецессионных и наклонных переменных для расчётов низкочастотных вариаций инсоляции [21]. Эфемериды DE-406 он использовал как эталон для тестирования своих решений на коротком участке времени. Мы же использовали эфемериды DE-406 в качестве исходных астрономических данных для расчётов высокочастотных вариаций инсоляции на короткий участок времени с большим пространственным и временным разрешением. Ж. Ласкар с коллегами рассчитывали инсоляцию только на параллель 65° с.ш. и только на 1 день в году, когда Солнце находилось в 120° эклиптической долготы (лето в Северном полушарии) с шагом (на периоде в 1 млн лет), равным 1000 лет [21].

Мы рассчитали инсоляцию на 360 орбитальных положений Земли в каждом из 6000 лет (от 3000 г. до н.э. до 2999 г. н.э.), т. е. шаг по времени у нас составлял около суток. В пространстве расчёты относились не к отдельным линиям (параллелям), а выполнялись для площадок размером $1^\circ \times 1^\circ$ (по широте и долготе), покрывающих всю поверхность Земли. Мы также учитывали в расчётах инсоляции эллипсоидную форму Земли и изменение продолжительности тропического года.

В современной геологической эпохе (голоцене) достоверно известно четыре глобальных климатических события. В качестве основных причин этих климатических событий называются изменение солнечной активности, вулканическая активность, изменение циркуляционных процессов в атмосфере и океане. Другими факторами изменения климата являются механизмы теплообмена, основные из которых [10]:

1. Меридиональный перенос тепла («тепловая машина первого рода» по В.В. Шулейкину) – перенос тепла из области его источника (экваториальной области) в области его стока (полярные районы).
2. Перенос тепла между материком и океаном – сезонная реверсивная смена областей источников и стока тепла («тепловая машина второго рода» по В.В. Шулейкину).
3. Теплообмен в системе океан – атмосфера.
4. Межполушарный теплообмен – перемещение воздушных масс из летнего полушария в зимнее.

Изменение орбитальных параметров, наклона оси и прецессии определяет вариации облучения земной поверхности. Так, около 10 тыс. лет назад началась фаза уменьшения угла наклона оси вращения Земли (рис. 1).

Известно, что при уменьшении наклона оси увеличивается приход солнечной радиации в экваториальную область (источник радиационного тепла) и сокращается в полярных районах (области стока тепла) [7]. Таким образом, усиливается годовой меридиональный градиент инсоляции (МГИ), регулирующий годовой меридиональный перенос тепла (МПТ) [12]. В результате около 10 тыс. лет назад началось усиление годовых МГИ и МПТ. Этот солярный фактор определяет общую климатическую характеристику геологической эпохи (голоцена) как межледниковье. С этого времени происходит деградация и исчезновение последнего покровного оледенения в Европе,

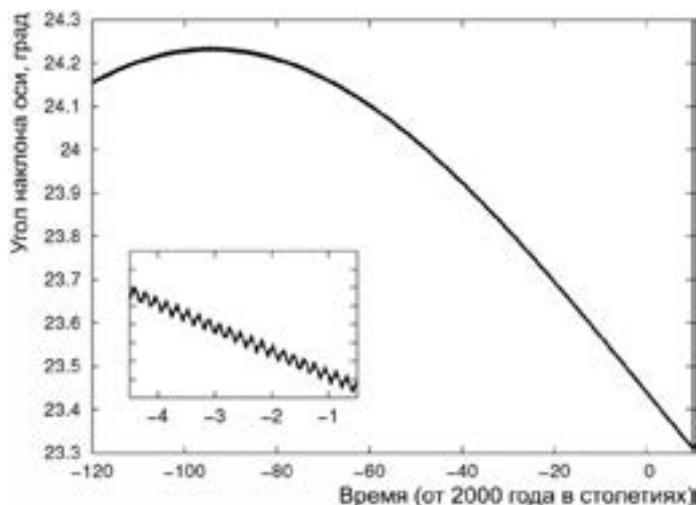


Рис. 1. Изменение наклона оси вращения Земли [18].

Fig. 1. Changing of the Earth's axial tilt (from 2000 AD in centuries) [18].

Зап. Сибири и Сев. Америке (потепление эпохи). Процесс глобального потепления климата на протяжении голоцена не был равномерным. Он характеризовался этапами усиления (голоценовый и средневековый оптимум) и этапами ослабления (малый ледниковый период).

В голоcene достоверно известны четыре климатических события, имеющие глобальное распространение.

1. *Переход от холодного (плейстоценового) климата к тёплому (голоценовому) климату.* Этот период (продолжительностью около 2000 лет) в основном датируется временем 12000–10000 лет назад. В Европе его начало связывают с отступанием покровного ледника от морены Сальпауселья [6, 8], в Сев. Америке с завершением стадии Валдерс [8, 16]. Период находит чёткое отражение в изотопно-кислородном составе ледовых кернов Гренландии из скважин Кемп Сенчури и Крет, о. Девон, Антарктиды, полигонально-жильных льдов Восточной Сибири, а также раковин фораминифер из донных осадков. Этот переход фиксируется в изменениях флористических (в спорово-пыльцевых спектрах) и фаунистических комплексов и ареалов обитания, в палеогидрологических событиях. Всё это указывает на значительные изменения климата в этот период [2, 3, 6, 16]. В инсоляции Земли приблизительно на это время приходятся два события, связанные с максимумом угла наклона оси вращения к эклиптике и положением Земли в перигелии орбиты во время летнего солнцестояния. Однако инсоляцию с высоким пространственным и временным разрешением на этот период ещё предстоит рассчитать. Размах колебаний температуры в начале и в максимуме климатического оптимума достигал 6° – 7°C [6]. Темпы деградации ледников в это время увеличивались в 2–3 раза и более [9].

На фоне общего направленного потепления, связанного с увеличением годовых МГИ и МПТ (которое продлится ещё около 10 тыс. лет) проявляются периоды как усиления потепления, так и его ослабления (похолодания). Эти климатические события связаны с другими солярными факторами – сезонной (летней и зимней) инсоляцией в полушариях, разностью в инсоляции Земли в первое и второе астрономическое полугодие, сезонной инсоляционной контрастностью (ИК).

2. *Климатический оптимум голоцена*. По этому событию имеется весьма большое количество данных. Многие из них приводятся в работах по четвертичному периоду [2, 3, 6]. Достоверность этого глобального события сомнениям не подвергается, однако его хронологическая локализация имеет широкий диапазон (от 3000 до 7000 лет до н.э.). Для этого периода отмечается смещение зон растительности к северу. Западная Европа была покрыта лесами из дуба, ольхи и вяза. Среднегодовая температура воздуха здесь была на 2° – 3° С выше, чем в настоящее время, также как в районах Антарктиды, Огненной Земли и Гималаев [2, 3, 8].

3. *Малый климатический оптимум («эпоха викингов»)*. Широким масштабам экспансии викингов (Фарерские острова, Исландия, Гренландия, Сев. Америка) способствовало значительное потепление в Зап. Европе и в Сев. Атлантике в период VIII–XIV вв. [1, 3, 5, 8]. Археологические и другие исторические свидетельства [4], результаты аналитических исследований свидетельствуют о том, что эпоха малого климатического оптимума продолжалась там примерно от 700 до 1300 г. н.э. Средняя летняя температура в Европе и Сев. Америке в этот период более чем на 1° превышала значения предшествующего времени [3].

«Малый», или средневековый оптимум – термин, используемый Лемом (Lamb) для потепления в Сев. Атлантике и в других районах в интервале IX–XIV вв. Это потепление первоначально было выделено на основе исторических источников «эпохи викингов», а позже обнаружено в гренландском керне (1100–1200 гг.) [3]. В последних сводках приводятся даты 900–1250 гг., хотя некоторые исследователи отрицают глобальный характер этого потепления. В докладе МГЭИК (2013 г.) признаётся реальность тёплой средневековой климатической аномалии (Medieval Climate Anomaly) в период с 950 по 1250 гг.

4. *Малый ледниковый период*. Анализ летописей, дневников путешественников, различных исторических документов, фотографий, гравюр, произведений живописи (Хенрик Аверкамп, Абрахам Хондиус) с упоминанием разрушений, производимых ледниками [20], наблюдения за появлением дрейфующих арктических льдов у берегов Исландии, инструментальных наблюдений подтверждает достоверность и масштабность этого события в голоценовой истории климата.

Известно, что в Европе на протяжении последнего тысячелетия самый суровый климат отмечался во вторую половину XVII столетия. Однако малая ледниковая эпоха имела большую длительность: примерно от 1450 г. до 1850 г. [3, 8]. На протяжении всей эпохи отмечалось увеличение площади арктических льдов, что имело важные последствия для Исландии и Гренландии. Между 1780 и 1820 гг. температура воздуха в Северной Атлантике была примерно на 1° – 3° С ниже, чем в настоящее время. Известно, что начиная с 1500 г. леса в центральной Европе, особенно в горных районах, сильно деградировали. Активизировались горные ледники Европы, Азии и Северной Америки [2].

Период (5000 лет в прошлое от настоящего времени), на который нами выполнены расчёты инсоляции, включает два климатических события: средневековый климатический оптимум и малый ледниковый период. Причины малого ледникового периода связываются как с минимумами солнечной активности (Шперера, 1460–1540 гг. или 1420–1530 гг., Маундера, 1645–1715 гг. и Дальтона, 1790–1830 гг.), так и минимумом летней инсоляции в Северном полушарии [11, 15]. Причины средневекового климатического оптимума однозначно не определены. Целью нашей работы является определение возможного участия соляных факторов в средневековом (малом) климатическом оптимуме.

Результаты и их обсуждение. Выполненные нами расчёты показывают, что годовая инсоляционная контрастность (ИК) в полушариях на протяжении всего периода в 5000 лет

возрастает (рис. 2, 3). ИК для каждого полушария рассчитывается как разность годовой инсоляции в широтных областях 0° – 45° (источник тепла) и 45° – 90° (сток тепла). Таким образом, годовая обобщённая ИК (по областям источника и стока тепла) отражает многолетние изменения годового меридионального градиента инсоляции и интенсивности меридионального переноса тепла (работу «тепловой машины первого рода»). Возрастание годовой ИК определяет термические условия современного межледникового (голоцена) [13].

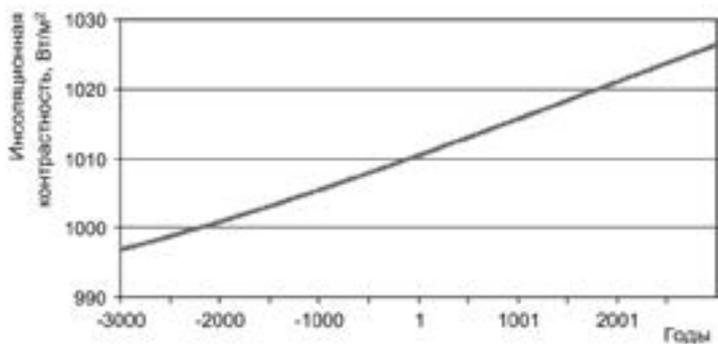


Рис. 2. Многолетние изменения годовой ИК в Сев. полушарии.

Fig. 2. The long-term changing of annual insolation contrast in the Northern Hemisphere.

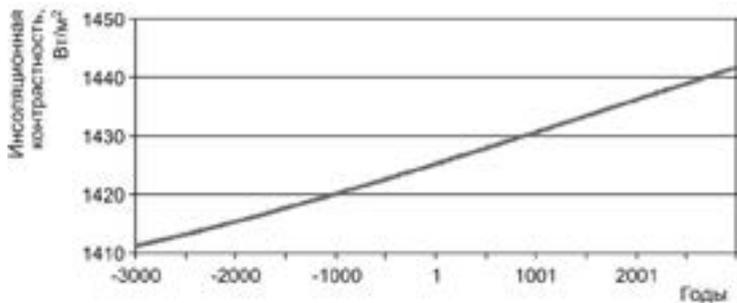


Рис. 3. Многолетние изменения годовой ИК в Южном полушарии.

Fig. 3. The long-term changing of annual insolation contrast in the Southern Hemisphere.

Большие значения ИК в Южном полушарии связаны с тем, что в летнее для Южного полушария полугодие (когда приход солнечной радиации в полушарие максимальный) Земля проходит перигелий своей орбиты. В летнее в Северном полушарии полугодие Земля проходит афелий (рис. 4). Годовая ИК полушарий и Земли связана с многолетними изменениями угла наклона оси вращения [12].

Нами также рассчитывались сезонные ИК для полушарий (связанные с многолетними изменениями наклона оси вращения и с прецессией). Расчёты ИК выполнялись с учётом сезонного смещения областей источника (0° – 40°) и стока (40° – 90°) тепла для зимнего (астрономического) в полушарии полугодия и областей источника (0° – 60°) и стока (60° – 90°) тепла для летнего (астрономического) в полушарии полугодия. Из полученных результатов следует: максимум зимней ИК в Северном полушарии синхронизируется со средневековым оптимумом голоцена (рис. 5, 6).

Зимняя ИК в Северном полушарии в 3000 г. до н.э. составляла $1863,72 \text{ Вт/м}^2$, в 1023 г. (максимум зимней ИК в полушарии) – $1891,62 \text{ Вт/м}^2$, в настоящее время

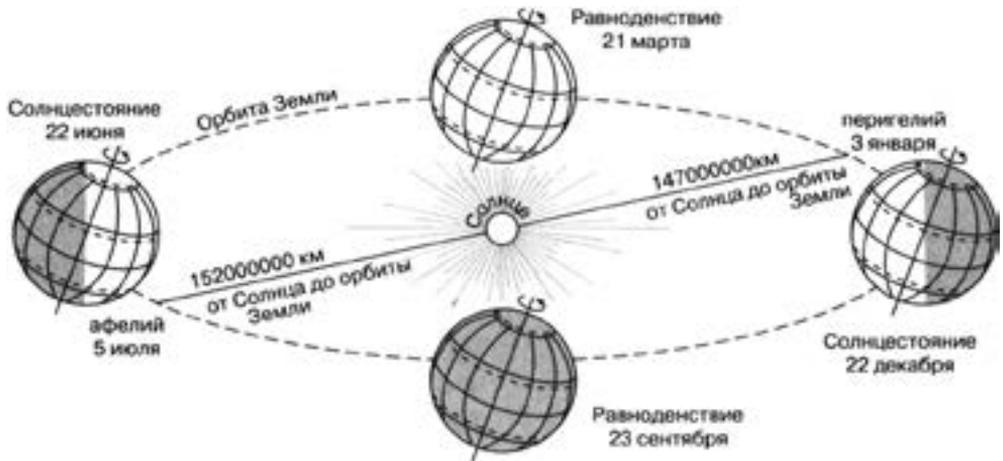


Рис. 4. Орбитальное движение Земли.
 Fig. 4. An orbital movement of the Earth.

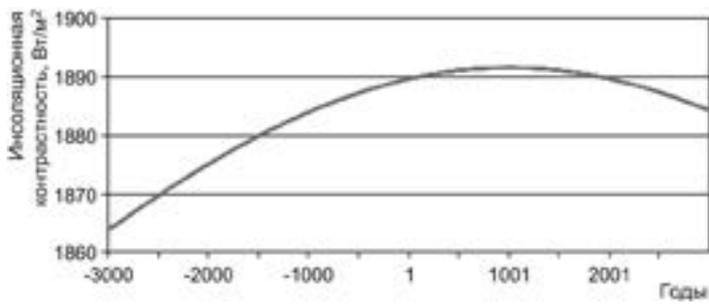


Рис. 5. Многолетние изменения зимней ИК в Северном полушарии.
 Fig. 5. The long-term changing of winter insolation contrast in the Northern Hemisphere.

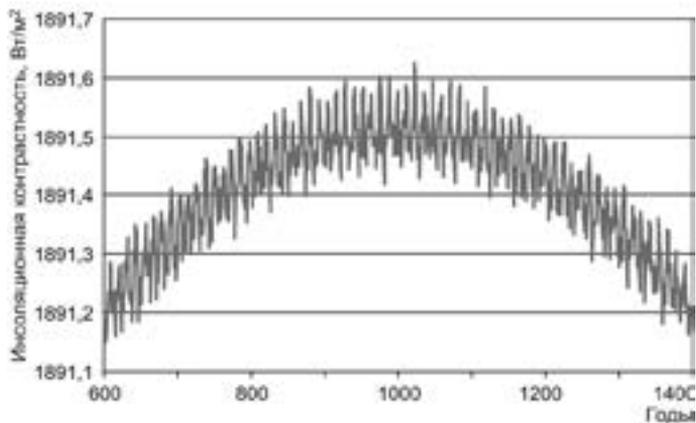


Рис. 6. Максимум зимней ИК в Северном полушарии.
 Fig. 6. The maximum of the winter insolation contrast in the Northern Hemisphere.

(2020 г.) – 1889,60 Вт/м². Максимальное значение зимней ИК в Северном полушарии превышает значение ИК в 3000 г. до н.э. на 27,90 Вт/м² и современное значение на 2,02 Вт/м². Таким образом, вероятно, что одним из факторов средневекового климатического оптимума является максимум зимней ИК в Северном полушарии. То есть средневековый климатический оптимум связан, прежде всего, с зимним потеплением в Северном полушарии из-за максимума в меридиональном переносе тепла.

Возможна и вторая причина средневекового оптимума, связанная с соляриными факторами. При движении в первое полугодие от точки весеннего равноденствия к точке осеннего равноденствия (в Северном полушарии в это время лето, в Южном полушарии – зима) Земля получает меньше солнечной радиации, чем во второе полугодие при движении от точки осеннего равноденствия к точке весеннего равноденствия (рис. 3). В районе 1000 лет отмечается максимальное различие в инсоляции Земли по полугодиям (рис. 7). Во второе полугодие Земля получает больше солнечной радиации, чем в первое. Максимальная разность инсоляции Земли в первое и второе астрономические полугодия составляет около 14 Вт/м². В Южном полушарии в это время астрономическое лето и происходит усиление межполушарного теплообмена [10]. Из Южного полушария радиационное тепло переносится в Северное (где в это время астрономическая зима и происходит усиление меридионального переноса тепла, рис. 5, 6).

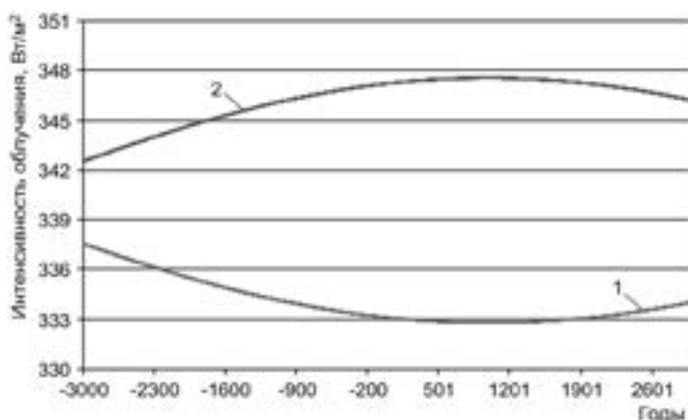


Рис. 7. Многолетние изменения инсоляции Земли: 1 – в первое (летнее в Северном полушарии) астрономическое полугодие; 2 – во второе (зимнее в Северном полушарии) астрономическое полугодие.

Fig. 7. The long-term changing of the Earth insolation: 1 – the first astronomical half-year (the summer one in the Northern Hemisphere); 2 – the second astronomical half-year (the winter one in the Northern Hemisphere).

Сезонный воздухообмен в полушариях впервые описан в работе Н. Шоу (Shaw). Оценки перемещаемой массы воздуха в северном полушарии получены Н.С. Сидоренковым (для 1970–74 гг.). В среднем из летнего полушария в зимнее переносится около $4 \cdot 10^{18}$ г воздуха [10]. Межполушарный обмен составляет, таким образом, около 0,08 % массы атмосферы. Однако (как следует из рис. 7.) соотношение в переносе воздуха из летнего полушария в зимнее может меняться (в связи с различием летней и зимней инсоляции в полушариях) и одно зимнее полушарие в результате межполушарного теплообмена может получать больше (или меньше) тепла, чем другое зимнее полушарие.

Отмеченные изменения в термическом режиме, определяемые изменениями сезонной ИК и инсоляции, происходят на фоне усиления меридионального переноса тепла (ИК), связанного с уменьшением наклона оси (началось около 10 тыс. лет назад), которым определяется общая термическая характеристика современной геологической эпохи – межледниковье. На фоне усиления меридионального градиента инсоляции отмечается и минимум летней инсоляции в Северном полушарии (в середине XVI века), с которым (а также с минимумами солнечной активности) связан малый ледниковый период [15]. Таким образом, определяется роль солярных факторов в глобальных климатических событиях позднего голоцена.

Заключение. На основе анализа синхронности экстремальных значений сезонной инсоляции и ИК с глобальными климатическими событиями определены солярные факторы климатических изменений в позднеголоценовой истории Земли. Эти события могут повторяться и в будущем с интенсивностью, определяемой состоянием природной системы в периоды экстремумов сезонных ИК и инсоляции, а также иными факторами (солнечная активность, вулканическая деятельность).

Потепление современной геологической эпохи (голоцена) связано, вероятно, с уменьшением угла наклона оси и постепенным усилением годового меридионального градиента инсоляции и связанного с этим годового меридионального переноса тепла.

Средневековый климатический оптимум связан, вероятно, с зимним максимумом ИК в Северном полушарии и усилением меридионального переноса тепла в зимнее полугодие, а также с максимумом межполушарного теплообмена. Следовательно, при реконструкциях и математическом моделировании палеоклимата важен учёт соотношений (весов) вариаций в сезонном приходе (вариациями которого определяется малый ледниковый период) и вариаций в сезонном переносе радиационного тепла (которые являются одной из причин средневекового оптимума).

Исследования выполнены в рамках темы ГЗ «Палеоклиматы, развитие природной среды и долгосрочный прогноз её изменений» (АААА-А16-116032810080-2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 524 с.
2. Брукс К. Климаты прошлого. М.: Иностранная литература, 1952. 358 с.
3. Изменение климата / Под ред. Дж. Гриббин. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 360 с.
4. Исландские саги. М.: ГИХЛ, 1956. 784 с.
5. Колебания климата за последнее тысячелетие / Под ред. Е.П. Борисенкова. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 408 с.
6. Марков К.К., Лазуков Г.И., Николаев В.А. Четвертичный период. М.: МГУ, 1965. Т. 1. 372 с.
7. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.–Л.: ГОНТИ, 1939. 208 с.
8. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 408 с.
9. Последний ледниковый покров на северо-западе Европейской части СССР / Под ред. И.П. Герасимова. М.: Наука, 1969. 322 с.
10. Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб: Гидрометеоздат, 2002. 200 с.
11. Сун В., Яскелл С. Минимум Маундера и переменные солнечно-земные связи. Москва – Ижевск. Институт компьютерных исследований, 2008. 336 с.
12. Фёдоров В.М. Солнечная радиация и климат Земли. М.: Физматлит, 2018. 232 с.
13. Фёдоров В.М. Теоретический расчёт межгодовой изменчивости инсоляции Земли с точным разрешением // Астрономический вестник, 2018. Т. 50. № 3. С. 233–238.
14. Фёдоров В.М., Костин А.А. Вычисление инсоляции Земли для периода от 3000 г. до н.э. до 2999 г. н.э. // Процессы в геосредах. 2019. № 2. С. 254–262.

15. Фёдоров В.М., Фролов Д.М. Малый ледниковый период в жизни Земли и его возможные причины // Жизнь Земли, 2020. Т. 42. № 1. С. 4–12.
16. Четвергичный период в США / Под ред. К.К. Маркова. М.: Мир, 1968. Т. 1. 696 с.
17. Bertrand C., Loutre M.F., Berger A. High frequency variations of the Earth's orbital parameters and climate change // Geophysical Res. Letters, 2002. V. 29. № 18. P. 1893. DOI: 10.1029/2002GL015622.
18. Cionco R.G., Soon W.W.-H. Short-term orbital forcing: A quasi-review and a reappraisal of realistic boundary conditions for climate modeling // Earth-Science Reviews, 2017. V. 166. P. 206–222.
19. Ladurie E.L.R. Times of Feast, Times of Famine. A History of Climate since the Year 1000 / Trans. from the French by B. Bray. Doubleday, Garden City, N.Y., 1971. 426 p.
20. Laskar J., Joutel F., Bondin F. Orbital, precessional and insolation quantities for the Earth from -20Myr to +10Myr // Astronomy and Astrophysics. 1993. V. 270. P. 522–533.
21. Loutre M.F., Berger A., Bretagnon P., Blanc P.-I. Astronomical frequencies for climate research at the decadal to century time scale // Climate Dynamics. 1992. V. 7. P. 181–194.

REFERENCES

1. Borisenkov E.P., Pasetsky V.M. *Thousand-year chronicle of extraordinary natural phenomena*. 524 p. (Moscow, Mysl', 1988) (in Russian).
2. Brooks K. *Climates of the Past*. 358 p. (Moscow: Inostrannaya literatura, 1952) (in Russian).
3. Gribbin Dzh. (ed.). *Changing of the climate*. 360 p. (Leningrad, Gidrometeoizdat, 1980) (in Russian).
4. *Icelandic sagas*. 784 p. (Moscow: GIHL, 1956) (in Russian).
5. Borisenkov E.P. (ed.). *Fluctuations in climate over the past millennium*. 408 p. (Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988) (in Russian).
6. Markov K.K., Lazukov G.I., Nikolaev V.A. *Quaternary period*. V. 1. 372 p. (Moscow, MGU, 1965) (in Russian).
7. Milankovich M. *Mathematical climatology and astronomical theory of climate fluctuations*. 208 p. (Moscow–Leningrad: GONTI, 1939) (in Russian).
8. Monin A.S., Shishkov Yu.A. *Climate history*. 408 p. (Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979) (in Russian).
9. Gerasimov I.P. (ed.). *The last ice sheet in the northwest of the European part of the USSR*. 322 p. (Moscow: Nauka, 1969) (in Russian).
10. Sidorenkov N.S. *Atmospheric processes and the rotation of the Earth*. 200 p. (Petersburg: Gidrometeoizdat, 2002) (in Russian).
11. Sun V., Yaskell S. *Maunder minimum and variable solar-terrestrial connections*. 336 p. (Moscow – Izhevsk, Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2008) (in Russian).
12. Fedorov V.M. *The Earth's Insolation and Recent Climate Changes*. 232 p. (Moscow: Fizmatlit, 2018) (in Russian).
13. Fedorov V.M. Theoretical calculation of the interannual variability of the Earth's insolation with a daily resolution. *Astronomical Bulletin*. **50** (3), 233–238 (2018) (in Russian).
14. Fedorov V.M., Kostin A.A. Calculation of the Earth's insolation for the period from 3000 BC to 2999 A.D. *Processy v geosredah*. **2**, 254–262 (2019) (in Russian).
15. Fedorov V.M., Frolov D.M. The Little Ice Age in the life of the Earth and its possible causes. *Zhizn' Zemli*. **42** (1), 4–12 (2020) (in Russian).
16. Markov K.K. (ed.). *Quaternary period in the USA*. Vol. 1. 696 p. (Moscow: Mir, 1968) (in Russian).
17. Bertrand C., Loutre M.F., Berger A. High frequency variations of the Earth's orbital parameters and climate change. *Geophysical Research Letters*. **29** (18), 1893 (2002). DOI: 10.1029/2002GL015622.
18. Cionco R.G., Soon W.W.-H. Short-term orbital forcing: A quasi-review and a reappraisal of realistic boundary conditions for climate modeling. *Earth-Science Reviews*. **166**, 206–222 (2017).
19. Ladurie E.L.R. *Times of Feast, Times of Famine. A History of Climate since the Year 1000*. Trans. from the French by B. Bray. 426 p. (Bray. Doubleday, Garden City, N.Y., 1971).
20. Laskar J., Joutel F., Bondin F. Orbital, precessional and insolation quantities for the Earth from -20Myr to +10Myr. *Astronomy and Astrophysics*. **270**, 522–533 (1993).
21. Loutre M.F., Berger A., Bretagnon P., Blanc P.-I. Astronomical frequencies for climate research at the decadal to century time scale. *Climate Dynamics*. **7**, 181–194 (1992).

PRELIMINARY STUDY ON INVERTEBRATE BIODIVERSITY OF VOLCANIC CAVES IN KRONG NO, DAK NONG PROVINCE, VIETNAM

Pham Dinh Sac^{1,2}, Nguyen Trung Minh^{1,2*}, Pham Hong Thai^{1,2}, La The Phuc¹, Hoang Thi Nga¹, Cao Xuan Phan³, Dang Thi Hai Yen^{1,2}, Tran Anh Hao⁴

¹ Vietnam National Museum of Nature (VNMN), Vietnam Academy of Science and Technology (VAST),

² Graduate University of Science and Technology, VAST,

³ Bien Hoa High School for the Gifted VAST, Ha Nam, Vietnam

⁴ International School, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

*Corresponding author: Nguyen Trung Minh, nttminh@vast.vn

Survey on invertebrate biodiversity of volcanic caves in Krong No, Dak Nong province, Vietnam was carried in 2018 and 2019. The survey were done in 8 typical caves are Co cave (475 m long), C1 cave (402 m), C2 cave (402 m), C3 cave (716 m), C4 cave (251 m), C6 cave (180 m), C6.1 cave (293 m) and C7 cave (1066 m). The survey result recorded 41 species, 31 families of 5 classes, 13 orders of invertebrate at volcanic caves in Krong No. It is expected that 13 species will become new taxa, for example a scorpion of the Chaerilidae family, *Chaerilus chubluk Lourenco*, Tran & Pham, 2020 in the Co cave. The large and long caves with a complicated structure with many corners are more valuable in term of biological diversity than the small caves with a simple structure.

Keys word: invertebrate, volcanic cave, Krong No, Vietnam.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЕЩЕРАХ РАЙОНА KRONG NO ПРОВИНЦИИ ДАК НОНГ, ВЬЕТНАМ

Пхам Динх Сак^{1,2}, Нгуен Чунг Минь^{1,2*}, Пхам Хонг Тхай^{1,2}, Ла Тхэ Фуок¹, Хоанг Тхи Нга¹, Сао Хуан Пхан³, Данг Тхи Хай Йен^{1,2}, Тран Анх Хао⁴

¹ Вьетнамский национальный музей природы (ВНМП),

Вьетнамская академия наук и технологий (ВАНТ);

² Университет науки и технологии ВАНТ;

³ Средняя школа Bien Hoa для одарённых детей ВАНТ, Ха Нам, Вьетнам;

⁴ Международная школа Вьетнамского национального университета, Ханой, Вьетнам;

* Автор, ответственный за переписку: Нгуен Чунг Минь, nttminh@vast.vn.

В 2018 и 2019 годах было проведено исследование биоразнообразия беспозвоночных в вулканических пещерах района Krong No провинции Дак Нонг во Вьетнаме. Данное исследование проводилось в 8 обычных пещерах, а именно: пещера Со (протяжённостью 475 м), C1 (402 м), C2 (402 м), C3 (716 м), C4 (251 м), C6 (180 м), C6.1 (293 м) и пещера C7 (1066 м). В результате исследования был обнаружен 41 вид, 31 семейство в 5 классах и 13 отрядов беспозвоночных. Предполагается, что 13 видов станут новыми таксонами, как, например, скорпион семейства Chaerilidae, *Chaerilus chubluk Lourenco*, Tran & Pham, 2020 из пещеры Со. Большие и вытянутые пещеры со сложной структурой и большим количеством ответвлений более ценны в отношении биологического разнообразия, чем маленькие пещеры с простой структурой.

Ключевые слова: беспозвоночные, вулканическая пещера, Krong No, Вьетнам.

Ссылка для цитирования: Pham Dinh Sac, Nguyen Trung Minh, Pham Hong Thai, La The Phuc, Hoang Thi Nga, Dang Thi Hai Yen. Preliminary study on invertebrate biodiversity of Volcanic Caves in Krong No, Dak Nong province, Vietnam // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 406–410. DOI: 10.29003/m1769.0514-7468.2020_42_4/406-410.

Поступила 12.10.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

Introduction. Howarth [2] shows that invertebrates living in caves are not only diversified in number of species and individuals but also very typical in morphology and carry high endemism. It is separation from the external environment, together with differences in light regime as well as moisture that helps to form specialized species adapted to living conditions in caves. Thus many new taxa have been recorded in the caves around the world.

The Krong No volcanic cave system has been evaluated and recognized as the largest and most unique volcanic cave system in Southeast Asia. The initial research results on the volcanic caves in the studied area show that their heritage potential is very large in three fields: geology, biology and culture – archaeology.

The current preliminary survey aims to provide an initial overview of the invertebrate fauna in volcanic cave systems in Krong No, Dak Nong province, Vietnam.

Methodology. Surveys for cave fauna use many different techniques [1, 3]. These methods include:

- Using lights to observe and collect specimens by hand;
- Use a sieve to collect specimens in the rubbish or debris on the cave floor;
- Pitfall traps were used to collect cave floor-active invertebrate and to measure their relative abundance;
- In addition, some terrestrial groups will be sampled by hand (using small brush, forceps and aspirator), by litter screening, and by guano, soil and litter sampling with fauna extraction on Berlese funnels.

The field component of the survey was conducted during between 2018 and 2019. The caves chosen are: Co cave (475 m long), C1 (402 m), C2 (402 m), C3 (716 m), C4 (251 m), C6 (180 m), C6.1 (293 m), C7 (1066 m).

All adult invertebrates were collected and identified. Currently, we have classified into the species into class, order, family and morphological species. The further works of taxonomy will be carried out at a later date.

Results. The primary results of invertebrate fauna survey in volcanic cave systems in Krong No show that there are 264 individuals including 41 species from 8 caves. They are of 5 classes, 13 orders and 31 families. Four (4) species are common in the caves including 4 species of spider, 1 species of cricket, 1 species of millipede. There are more variable species in the C7, Co and C3 caves.

There are 13 species are intended to be new taxa, especially one species of scorpion of the Chaerilidae family in the Co cave. The scientific name of this species is *Chaerilus chubluk* [4] (Fig. 1). One other new species is expected of the Epedanidae family in the C6.1 cave represents a true troglobitic element (Fig. 2).

The detail results of the number of individuals in surveyed caves are presented in the Table 1.

The survey results in 8 caves in volcanic cave systems of Krong No shows the major differences clustered in invertebrate fauna including the dramatic differences in species diversity, number of individuals and biodiversity values (showing by the new species to science) between the cave groups.

Table 1. Species diversity and abundance in volcanic cave systems of Krong No
Таблица 1. Видовое разнообразие и распространенность видов в системе вулканических пещер района Krong No

Taxon				Survey cave									
Class	Order	Family	Species	The C4 cave	The C6 cave	The C6.1 cave	The C2 cave	The C1 cave	The C7 cave	The Co cave	The C3 cave		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Arachnida	Araneae	Araneidae	sp. 1	2		2	5		5	2	2		
			sp. 2		2					4			
		Amaurobiidae	sp. 3	1			1	2					
		Sparassidae	sp. 4	1	2	1	1	1	9	2	5		
			sp. 5	2		1	2				1		
		Lycosidae	sp. 6		1		4	1	3	3			
		Pholcidae	sp. 7 (*)								3		
			sp. 8 (*)							9			
			sp. 9 (*)									3	4
			sp. 10										5
		Telemidae	sp. 11(*)									2	
			sp. 12 (*)							2			
		Linyphiidae	sp. 13	1	2				6				
			sp. 14										2
			sp. 15						3				1
		Leptonetidae	sp. 16(*)			2				4			
		Theridiidae	sp. 17						5				1
		Tetrablemmidae	sp. 18 (*)		2								
		Gnaphosidae	sp. 19	2					1				
	Scorpiones	Chaerilidae	sp. 20(*)								2		
Opiliones	Epedanidae	sp. 21(*)			4								
		sp. 22				2					4		
Crustacea	Isopoda	Armdillidae	sp. 23				15			6			
		Philosciidae	sp. 24							4			
		Styloniscidae	sp. 25(*)				2			2			
Insecta	Collembola	Entomobryidae	sp. 26						1		3		
		Isotomidae	sp. 27					2					
	Orthoptera	Rhaphidophoridae	sp. 28(*)				4		1				
			sp. 29	2	1			1	6	1	1		
	Coleoptera	Carabidae	sp. 30	1					2				
		Pselaphidae	sp. 31(*)							4	6		
		Staphylinidae	sp. 32		2					3	1	4	
		Leiodidae	sp. 33									1	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Insecta	Lepidoptera	Tinaeidae	sp.34						1		
	Hymenoptera	Formicidae	sp.35						1		
	Heteroptera	Reduviidae	Sp.36					4			
	Psocoptera	Psilopcosidae	sp.37						1		
Myriapoda	Diplopoda	Sinocallipodidae	sp.38(*)						4	1	
		Cambalopsidae	sp.39	2	1	2	1	3	5	3	12
		Haplodesmidae	sp.40								
Oligochaeta	Haplotaxida	Megascolecidae	sp.41							1	
Total				14	13	12	37	31	59	46	52

(*) New species are expected

Group 1: the C4 cave, C6 cave and C6.1 cave. There are a few of individuals and a little the numbers of species in caves belonging group 1. The C4 cave has 14 individuals and 9 species, the C6 cave (13 individuals, 8 species), the C6.1 cave (12 individuals, 6 species). The main part of these caves are spiders.

Group 2: The C1 cave and the C2 cave. All of this caves have medium diversity level. The C1 cave (31 individuals, 12 species), the C2 cave (37 individuals, 10 species). The main part of there caves are spiders and insects.

Group 3: The C3 cave, the C7 cave and the Co cave. There caves have higher level of biodiversity than other caves. The C3 (52 individuals, 15 species), the C7 cave (59 individuals, 16 species), the Co cave (46 individuals, 17 species). The biodiversity in these caves shows the uniform presence of all groups of invertebrates fauna. Especially, the result has identified many new species which discovered in these caves. They are C7 cave with 6 new species are expected (3 species of spider, 2 species of insect, 1 species of millipede), the Co cave with 8 new species are expected (3 species of spider, 1 species of scorpion, 2 species of crustacea, 1 species of insect and 1 species of millipede) and the C3 cave with 1 species of insect.



Fig. 1. Sp. 20 – *Chaerilus chubluk*, Chaerilidae family

Рис. 1. Вид 20 (Sp. 20 в таблице 1) Скорпион *Chaerilus chubluk*, семейство Chaerilidae

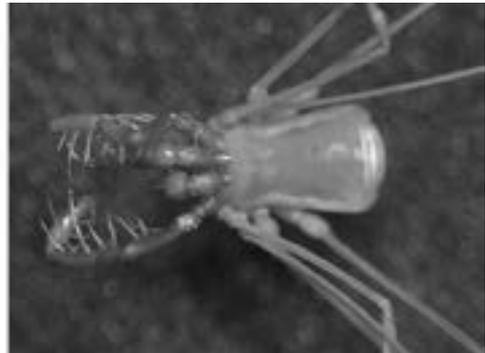


Fig. 2. Sp. 21 – Eredanidae family

Рис. 2. Вид 21 (Sp. 21 в табл. 1) – представитель семейства Eredanidae (см. цветное фото на 2 с. обложки)

The caves of group 1 and 2 were low in individuals, species and biodiversity values. The caves of these groups have small size (length and width). Besides, the structure of the caves in this groups is very simple. These characteristics are unfavorable conditions for the development and survival of invertebrate faunas in the cave.

These caves of group 3 are differ from the caves in groups 1 and 2 in term of the size of length and width and the complex structure with many corners. These benefit characteristics are useful for the development and survival of invertebrate fauna in the cave.

Conclusion. Cave fauna is an important component of biodiversity. Dak Nong province has the most spectacular volcanic caves system in Vietnam with many little-explored caves and their fauna. We collected and identified the invertebrate specimens from eight volcanic caves in Krong No district, Dak Nong province. These specimens are belonged to 5 classes, 13 orders, 31 families, and 41 species. Among them, cave spiders, insects and millipedes are the most widely occurring invertebrates. The large and long caves with a complicated structure with many corners are more valuable in term of biological diversity than the small caves with a simple structure.

Acknowledgements. This study was supported by the project code TN17/T06 “Research on cave heritage value, propose building a museum for insitu conservation in the Central Highlands, with the example of volcanic cave in Krong No, Dak Nong province”.

REFERENCES

1. Curtis D.J. Pitfalls in spider community studies (Arachnida, Araneae). *The Journal of Arachnology*. **8**, 271–280 (1980).
2. Howarth F.G. Ecology of cave Arthropods. *Annual Reviews of Entomology*. **28**, 365–388 (1983).
3. Millar I.M., Uys V.M., Urban R.P. *Collecting and Preserving Insects and Arachnids*. P. 25–97 (Compiled by the Biosystematics Division, ARC-PPRI, South Africa, 2000).
4. Wilson R. Lourenco, Thi-Hang Tran, Dinh-Sac Pham. The genus *Chaerilus* Simon, 1877, in Vietnam with the description of a new species found in a volcanic cave (Scorpiones, Chaerilidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*. **125** (1), 19–28 (2020).

ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОВНЯ ОХОТСКОГО МОРЯ У ЕГО ПОБЕРЕЖИЙ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА И ЕЁ ОТОБРАЖЕНИЕ В ГЛОБАЛЬНЫХ РЕАНАЛИЗАХ

А.В. Холопцев, С.А. Подпорин¹

По результатам фактических измерений на уровневых постах России на побережьях Охотского моря выявлены особенности многолетней изменчивости среднемесячных значений его уровня, которые проявились в 1979–2017 гг. Изучены возможности оценки средних скоростей этих процессов по результатам глобального реанализа Объединённого центра климатических данных Гамбургского университета (ICDC), а также реанализа GLORYS12v.1, поддерживаемого службой Коперника (Copernicus Atmosphere Monitoring Service). Установлено, что данные, полученные в результате указанных реанализов, для Охотского моря не являются точными и дают заниженные оценки средних скоростей многолетних изменений уровня моря. Авторами выдвинуты предположения о некоторых причинах расхождений данных реанализов с результатами, полученными на основе фактических измерений на уровневых постах.

Ключевые слова: Охотское море, прибрежные районы, многолетние изменения, уровень моря, мониторинг, реанализ.

Ссылка для цитирования: Холопцев А.В., Подпорин С.А. Изменчивость уровня Охотского моря у его побережий в начале XXI века и её отображение в глобальных реанализах // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 411–424. DOI: 10.29003/m1770.0514-7468.2020_42_4/411-424.

Поступила 06.09.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

LEVEL VARIABILITY OF THE SEA OF OKHOTSK COASTAL AREAS AT THE BEGINNING OF THE 21ST CENTURY AND ITS REPRESENTATION IN THE GLOBAL REANALYSIS DATABASES

A.V. Kholoptsev^{1,2}, Dr.Sci (Geogr.), S.A. Podporin², PhD

¹ Sevastopol branch of N.N. Zubov State Oceanographic Institute

² Sevastopol State University

The paper aims to investigate basic features of modern long-term variations of the Okhotsk Sea level in its coastal areas and establish feasibility of certain retrospective analysis databases usage for determination of mean rates of the above processes. The reanalysis databases considered include Global Ocean Physics Reanalysis GLORYS12v.1 by the Copernicus Marine Environment Monitoring Service and ICDC-reanalysis supported by the Integrated Climate Data Center, which provide coverage of the sea in question. The raised problem is of significant interest for physiographers, oceanographers and involved in coastal shipping and marine safety in the Sea of Okhotsk. Long-term sea level variations are most accurately monitored by tide gauge stations, which, however, are scarce along the coast of the sea in question. Less accurate and not uniformly available through easier to use and collect data is the satellite monitoring by radar altimeters. Global retrospective analyses based on mathematical modelling are considered to be an

¹ Холопцев Александр Вадимович – д.г.н., в.н.с. Севастопольского отделения Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова, профессор Севастопольского государственного университета, kholoptsev@mail.ru; Подпорин Сергей Анатольевич – к.т.н., доцент, зав. кафедрой Севастопольского государственного университета, SAPodporin@sevsu.ru.

effective instrument to assess sea levels at any given time at any point. Their benefit is their universe availability, however their accuracy for the Sea of Okhotsk has not been verified before. The present research has enabled to establish that the sea in question features areas exhibiting long-term trends of both sea level rise and sea level drop. Verification of the global reanalysis data has shown that both used databases GLORYS12v.1 and ICDC tend to lessen mean rates of sea level variations and hence cannot be considered appropriate for the Sea of Okhotsk. This fact can be attributed with high probability to intense lunar-solar tides and storm surges happening in the sea.

Keywords: *the Sea of Okhotsk, coastal areas, long-term variations, sea level, tide gauge, reanalysis, estimates, rate.*

Введение. Характеристики многолетних изменений уровня океана у его береговой значимо влияют на процессы переформирования берегов, трансформации рельефа дна и безопасность судоходства и жизни населения прибрежных территорий. Поэтому совершенствование методик их оценки является актуальной проблемой физической географии, океанографии и судоходства.

Наибольший интерес решение этой проблемы представляет для регионов с повышенной интенсивностью изменения уровня вод. В России к их числу относится Охотское море, где изменение уровня в Пенжинской губе, у мыса Астрономического, достигает 13 м [5].

Изменения уровня Охотского моря обусловлены совместным действием приливных, стерических, гидродинамических, геологических и иных факторов, что существенно усложняет их мониторинг и моделирование [2, 5–7, 9, 10, 12]. Наиболее ярко действие подобных факторов проявляется в прибрежных районах моря, где на динамику его уровня влияет также рельеф дна и конфигурация берегов.

Постановка задачи. Начиная с января 1993 г. осуществляется глобальный спутниковый мониторинг изменчивости уровня Мирового океана, который охватывает и Охотское море. Дистанционные измерения уровня выполняются с применением радиолокационной альтиметрии и систем глобального позиционирования [4, 19]. Получаемая таким образом информация относится не только к прибрежным акваториям, что весьма важно для моделирования.

В осуществлении спутникового мониторинга многолетних изменений уровня Охотского моря принимали участие специализированные искусственные спутники Земли Seasat, Geosat, ERS-1, 2, TOPEX / Poseidon, а в XXI веке также Jason-1,2,3 и Envisat [10, 15, 19, 20]. Поступавшая от них информация об уровне того или иного участка акватории соответствовала моментам времени, в которые спутник находился непосредственно над ним. При этом определялось среднее расстояние от спутника до всего участка земной поверхности, который попадал в пределы характеристики направленности антенны размещённого на нём альтиметра. В прибрежных районах, где в пределы такого участка входила не только водная поверхность, но и суша, погрешности спутниковых измерений уровня повышены и превосходят погрешности мареографов [13].

Так как информация об изменениях уровня Мирового океана, которая поступает от наземных и спутниковых систем их мониторинга, соответствует далеко не всем участкам земной поверхности и отнюдь не любым моментам времени, для которых она необходима, единственным способом восполнения её пропусков является математическое моделирование.

Для описания изменений уровня сравнительно небольших по размерам районов Мирового океана наиболее эффективны различные численные модели, примером ко-

торых может служить сигма-координатная гидродинамическая модель *Princeton Ocean Model (POM)* [16]. Эта модель позволяет исследовать изменения топографии водной поверхности районов при прохождении над ними циклонов (с учётом рельефа дна, конфигурации берегов и многих других параметров) [14].

Вместе с тем, чем обширней изучаемый океанический регион и чем активней в нём неотектоника, тем применение подобных моделей становится более проблематичным. По этой причине подобные модели при изучении динамики уровня Охотского моря пока не применялись.

Для описания динамики уровня любых участков поверхности Мирового океана [3] применяют также упрощённые модели, которые верифицированы по результатам фактических измерений (наземных либо спутниковых). Они применяются для осуществления ретроспективного анализа (реанализа) изучаемых процессов, которые представлены в свободном доступе в Интернете.

Реанализы содержат результаты моделирования изменений уровня Мирового океана во всех пунктах его акватории, которые соответствуют узлам той или иной координатной сетки, а также заданным моментам времени. Это позволяет их использовать при изучении характеристик изменчивости уровня Мирового океана в его прибрежных районах.

Вместе с тем, в таких районах ощутимей влияние приливов и сгонно-нагонных процессов, что в упомянутых моделях не учитывается. Следовательно, использовать реанализы для изучения изменений уровня в таких районах можно, лишь убедившись в том, что их информация соответствует результатам фактических измерений.

Примером глобального реанализа изменений уровня Мирового океана, который получен с использованием подобной математической модели, верифицированной по данным наземных наблюдений, является ICDC (Integrated Climate Data Center). Он поддерживается Объединённым центром климатических данных Гамбургского университета [18, 22].

Одним из наиболее совершенных глобальных реанализов того же процесса, основанных на применении результатов спутниковой альтиметрии, является GLORYS12v.1 (Global Ocean Physics Reanalysis). Этот реанализ поддерживается службой CMEMS (Copernicus Marine environment monitoring service) [17]. Важным преимуществом реанализов GLORYS12v.1 и ICDC перед другими глобальными реанализами того же процесса является наличие в них информации не только для месяцев, в которые изучаемые акватории свободны ото льда, но и для периода, когда они покрыты льдом. Подобные реанализы с успехом применяются во многих океанических регионах, в т. ч. в северо-западной части Тихого океана [2]. Вместе с тем, возможности их использования при оценке характеристик современной изменчивости уровня Охотского моря у его побережий ранее оценены не были.

Целью данной работы является выявление особенностей современных многолетних изменений уровня Охотского моря в его прибрежных районах, а также оценка применимости для определения их средних скоростей реанализов ICDC и GLORYS12v.1.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

1. Выявление современных особенностей многолетних изменений уровня Охотского моря у его побережий (по результатам наземных измерений).
2. Сравнение оценок скоростей многолетних изменений уровня Охотского моря, которые получены по результатам фактических измерений, а также по данным реанализов ICDC и GLORYS12v.1.

Фактический материал и методика исследования. При решении указанных задач в качестве фактического материала об изменениях уровня прибрежных акваторий

Охотского моря использована информация, полученная на уровне постах России [11], указанных в табл. 1.

Таблица 1. Сведения об уровне постах на побережье Охотского моря, в которых проводились наблюдения в 1979–2017 гг.

Table 1. Data on the Okhotsk Sea tide gauges carried measurements out in 1979–2017

№	Название поста	Широта	Долгота	Наличие сплошных рядов (месяцы)	Нуль поста в Балтийской системе высот, 1977 г., м
1	Бухта Нагаева	59°31'	150°41'	Все	-5,000
2	Аян	56°27'	138°09'	Июнь–октябрь	-2,153
2	Пронге	52°59'	141°14'	Все, кроме мая, ноября, декабря	-1,066
3	Озерпах	53°20'	141°30'	Все, кроме января–марта	-1,068
4	Джаоре	52°40'	141°17'	Все, кроме мая и сентября–декабря	-1,066
5	Мыс Лазарева			Май–ноябрь	-1, 070
6	Малокурульское	43°52'	146°49'	Все	-2,900
7	Поронайск	49°14'	143°08'	Все, до 2014г.	-1,812

Измерения уровня на этих постах производятся с помощью мареографов. Полученные результаты представлены на сайте системы ЕСИМО [11] (для всех постов – срочные, а для поста Бухта Нагаева также среднечасовые). Информация поста Бухта Нагаева поставляется также в сервис Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) [21].

При решении первой задачи упомянутый фактический материал преобразован во временные ряды значений разности максимального и минимального за месяц (далее h_{mm}) уровня Охотского моря, а также его средних за тот же месяц (далее h_{av}). Рассматривались многолетние изменения указанных показателей, а также их значений, усреднённых за десятилетие, для всех постов и месяцев.

При решении второй задачи оценены скорости многолетних изменений уровня Охотского моря вблизи каждого поста. При этом использованы данные фактических измерений, а также результаты реанализов ICDC и GLORYS12v.1.

При верификации модели, используемой для осуществления реанализа ICDC [18], применены некоторые результаты наземного мониторинга изменений уровня Мирового океана, которые получены из банка данных [21].

Реанализ ICDC содержит сведения о среднемесечных значениях уровня Мирового океана в узлах координатной сетки с размерами ячеек 13 км×13 км и охватывает период с января 1979 г.

При верификации модели NEMO, на которой основан реанализ GLORYS12v.1, использованы результаты спутниковой альтиметрии [4]. Результаты реанализа GLORYS12v.1 [17] соответствуют периоду 1.01.1993–31.12.2018 гг. и характеризуются разрешением по времени 1 сутки, а по координатам – 5 угловых минут. Для уменьшения дисперсии ошибок моделирования применён фильтр Калмана.

При сопоставлении результатов указанных реанализов с данными фактических измерений для каждого поста и каждого месяца оценена их абсолютная погрешность, при этом их систематическая погрешность и тренды компенсировались. При оценке

абсолютной погрешности результатов реанализа вычислялась несмещённая оценка их среднеквадратического отклонения (S) [1].

Оценки средней скорости изменений уровня Охотского моря для каждого месяца и каждого поста вычислены как угловые коэффициенты линейных трендов соответствующих временных рядов, с использованием метода наименьших квадратов. Указанные показатели вычислены и сопоставлены между собой за весь период 1979–2017 гг. и за его части, соответствующие 1993–2017 гг. и 2008–2017 гг.

Результаты исследования и их анализ. Для всех изучаемых постов на побережье Охотского моря и каждого месяца оценены значения показателей h_{min} и h_{av} уровня соответствующего его района для каждого месяца, из которых сформированы соответствующие временные ряды. Анализ их особенностей показал, что многолетние изменения данных показателей представляют собой сложные колебания, в которых присутствуют как короткопериодные, так и долгопериодные составляющие.

В качестве примера на рис. 1 показаны многолетние изменения аномалий (относительно 2000 г.) значений h_{av} уровня Охотского моря в районе поста в бухте Нагаева для декабря (Δh_{2000}), которые оценены по данным фактических измерений, а также по результатам реанализа GLORYS12v.1 и ICDC.

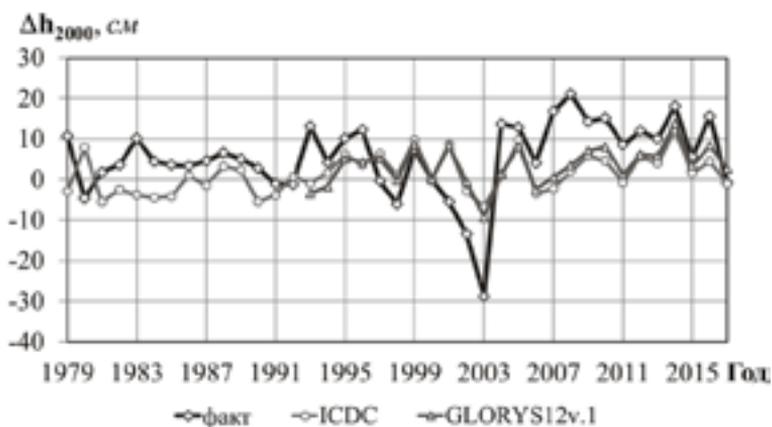


Рис. 1. Многолетние изменения Δh_{2000} значений h_{av} для декабря, соответствующих посту Бухта Нагаева.

Fig. 1. Long-term Δh_{2000} variations of h_{av} in December measured by the “Bukhta Nagaeva” tide gauge.

Из рис. 1 видно, что многолетние изменения оценок h_{av} для декабря, которые соответствуют посту Бухта Нагаева и получены по результатам реанализов GLORYS12v.1 и ICDC, соответствуют фактическим данным.

Сопоставление многолетних изменений показателей h_{av} и h_{min} для различных прибрежных районов Охотского моря свидетельствует о наличии существенных различий их долгопериодных составляющих. Как пример этого на рис. 2 представлены вариации данных показателей для поста в бухте Нагаева, которые сглажены в скользящем окне длиной 10 лет и соответствуют месяцам январь, апрель, июль и октябрь.

Рис. 2а показывает, что в рассматриваемых процессах для января, апреля и июля присутствует убывающий тренд, однако на участках, соответствующих XXI веку, апрельские и июльские значения данных показателей увеличиваются.

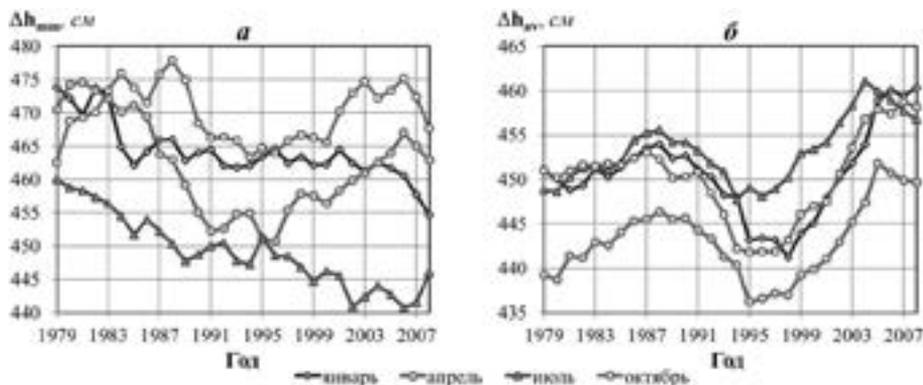


Рис. 2. Многолетние изменения средних за десятилетие значений уровня северной части Охотского моря (пост Бухта Нагаева): а) h_{min} , б) h_{av} .

Fig. 2. Long-term variations of decade-averaged sea level values of the Northern part of the Sea of Okhotsk (the tide gauge “Bukhta Nagaeva”): а) h_{min} , б) h_{av} .

Характер зависимости, соответствующей октябрю, позволяет предположить, что длиннопериодная составляющая многолетних изменений уровня рассматриваемого района Охотского моря представляет собой колебание с периодом, близким к 20 годам, убывающей амплитудой и неизменным средним уровнем.

Значения h_{min} позволяют предположить, что причиной столь высокой изменчивости уровня Охотского моря в районе данного поста могут служить приливы.

Рис. 2б свидетельствует, что многолетние изменения средних за десятилетие значений h_{av} для того же поста и всех рассматриваемых месяцев также представляют собой колебания с периодом, близким к 20 годам, и возрастающей амплитудой. Подобная картина характерна здесь и для других месяцев тех же сезонов.

Следует отметить, что указанные особенности для других уровенных постов на побережьях Охотского моря проявляются лишь отчасти. В качестве примера на рис. 3 отображены аналогичные зависимости, построенные по данным поста Малокурильское.

Из рис. 3а следует, что многолетние изменения усреднённых в скользящем окне продолжительностью 10 лет значений h_{min} значений уровня Охотского моря в районе поста Малокурильское для рассматриваемых месяцев также представляют собой колебания с периодом, близким к 20 годам. При этом убывающих трендов в них не выявлено. Аналогичные особенности присущи рассматриваемым зависимостям и для прочих месяцев.

Из рис. 3б понятно, что зависимости от времени усреднённых в скользящем окне продолжительностью 10 лет среднемесячных значений уровня южной части Охотского моря для тех же месяцев в период 1980–2017 гг. являлись монотонно возрастающими.

Аналогичным образом установлено, что зависимостям от времени долгопериодных составляющих изменений уровня Охотского моря у различных участков его побережья присущи некоторые общие черты, хотя во многом их особенности существенно различаются.

Для постов Пронге, Озерпах, Джаоре и Мыс Лазарева, как и для поста Бухта Нагаева, характерно присутствие в многолетних изменениях показателя h_{av} для летних и осенних месяцев составляющих, представляющих собой синфазные колебания с

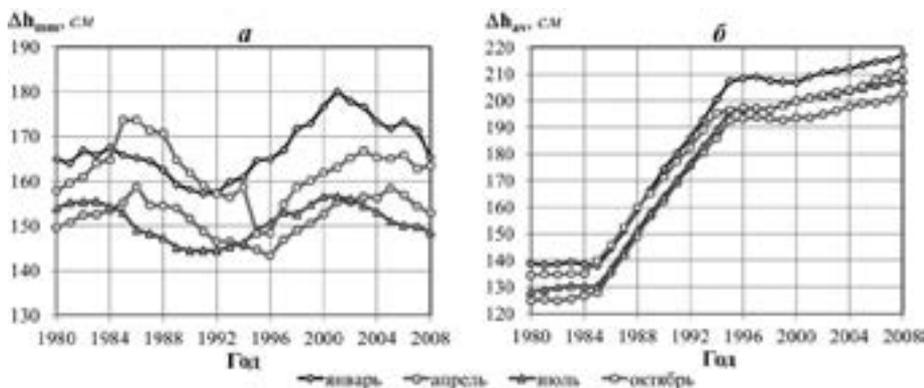


Рис. 3. Многолетние изменения средних за десятилетие значений уровня южной части Охотского моря (пост Малокурильское): а) h_{min} , б) h_{av} .

Fig. 3. Long-term variations of decade-averaged sea level values of the Southern part of the Sea of Okhotsk (the tide gauge “Malokurilskoye”): а) h_{min} , б) h_{av} .

периодом 20 лет. Такие же составляющие характерны и для многих зависимостей от времени показателя h_{min} . Для постов Аян (лето–осень), Поронайск (январь–апрель), как и для поста Малокурильское, характерно монотонное возрастание усреднённых за десятилетие значений показателя h_{av} . Для других месяцев характер рассматриваемых зависимостей на всех постах позволяет предполагать, что они являются отрезками колебаний, которые характеризуются периодами, превышающими 40 лет.

Фактические значения средних скоростей изменения уровней Охотского моря у рассматриваемых постов приведены в табл. 2.

Табл. 2 показывает, что на участках побережья Охотского моря, соответствующих постам Бухта Нагаева, Мыс Лазарева и Джоаре (в любые месяцы), а также Поронайск и Пронге (в январе–апреле), Малокурильское (в феврале и марте) и Озерпах (в апреле) его уровень в среднем за период 1979–2017 гг. в некоторые месяцы повышался.

В период 2008–2017 гг. у участков побережья, где расположены посты Бухта Нагаева и Малокурильское, уровень моря в любые месяцы, напротив, снижался. Аналогичное явление происходило также в районе постов Пронге (в любые месяцы, кроме сентября и октября), Озерпах (в апреле, мае и декабре) и Джоаре (в январе, феврале и августе).

Максимальная скорость снижения уровня Охотского моря соответствовала апрелю (–3,89 см/год) и посту Озерпах. У побережья острова Шикотан (пост Малокурильское) в данном периоде средняя скорость снижения уровня Охотского моря для мая и ноября также превышала 3 см/год. Причины перемен тенденций изменения уровня Охотского моря, которые произошли в указанных районах, нуждаются в дополнительном изучении.

Следует отметить, что в южной части Амурского лимана (пост Мыс Лазарева) тенденция изменений его уровня сохранилась. Здесь средняя скорость повышения уровня Охотского моря в 2008–2017 гг. увеличилась в летние и осенние месяцы до рекордных значений +5+6 см/год! В качестве примера на рис. 4 показаны многолетние изменения уровня Охотского моря в районе этого поста за период 1990–2017 гг., которые соответствуют летним и осенним месяцам.

Как видно из рис. 4а и 4б, в районе поста Мыс Лазарева (северный вход в пролив Невельского) уровень Охотского моря повышался в течение всего периода 1990–2017 гг., но с ноября 2011 г. скорость этого процесса увеличилась.

Таблица 2. Фактические значения средних скоростей изменения уровней Охотского моря в его прибрежных районах для всех рассматриваемых постов (см/год)

Table 2. Actual values of mean rate changes of the Okhotsk Sea levels near its coasts measured by all considered tide gauges (cm per year)

1979–2017 гг.								
Пост	Бухта Нагаева	Аян	Малокуринское	Поронайск	Озерпах	Пронге	Джаоре	Мыс Лазарева
Янв.	0,15	*	-0,94	0,34	*	0,85	0,42	0,15
Фев.	0,29	*	0,25	0,15	*	1,01	0,45	0,29
Март	0,49	*	1,03	0,19	*	1,27	0,42	0,49
Апр.	0,31	*	-0,10	0,01	0,02	0,47	0,36	0,31
Май	0,30	*	-2,20	-0,08	-0,84	*	*	0,30
Июнь	0,16	-0,90	-0,71	0,02	-0,65	-0,28	0,13	0,16
Июль	0,26	-0,89	-0,67	-0,14	-0,59	-0,28	0,15	0,26
Авг.	0,29	-0,87	-0,93	-0,49	-0,56	-0,34	0,17	0,29
Сент.	0,29	-0,91	-2,02	-0,78	-0,73	-0,35	*	0,29
Окт.	0,19	-0,96	-1,57	-0,75	-0,67	-0,07	*	0,19
Ноя.	0,14	*	-2,11	-0,19	-0,57	*	*	0,14
Дек.	0,19	*	-2,27	0,06	0,01	*	*	0,19
2008–2017 гг.								
Янв.	-1,77	*	-0,09	*	*	-0,90	-0,19	*
Фев.	-3,15	*	-0,59	*	*	-1,46	-0,44	*
Март	-3,55	*	-1,69	*	*	-1,34	0,55	*
Апр.	-2,96	*	-2,87	*	-3,89	-0,04	0,25	*
Май	-2,12	*	-3,13	*	-2,09	*	*	5,32
Июнь	-2,05	0,87	-2,47	*	2,26	-0,86	0,09	4,66
Июль	-0,56	1,86	-1,89	*	2,51	-0,07	0,71	5,31
Авг.	-1,34	1,12	-1,18	*	1,97	-0,15	-0,64	5,02
Сент.	-1,14	-0,06	-1,68	*	1,96	0,51	*	5,29
Окт.	-0,075	0,01	-2,61	*	1,84	1,49	*	4,87
Ноя.	-1,26	*	-3,18	*	1,36	*	*	6,67
Дек.	-1,27	*	-2,78	*	-2,41	*	*	*

* – в исходных данных содержатся пропуски.

Изменения уровня Охотского моря у его побережий в последние годы активизировались. Следовательно, решение второй задачи, посвящённой оценке их изучения с использованием реанализов ICDC и GLORYS12v.1, представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Как следует из рис. 1, зависимость от времени h_{av} , которая построена по результатам фактических измерений, в 2008–17 гг. является убывающей. При этом на тех же участках по данным обоих рассматриваемых реанализов оценки названного показателя, напротив, возрастают. Существенно различаются и абсолютные значения экстремумов рассматриваемых зависимостей.

Разности экстремальных значений изучаемых показателей, оцененных по фактическим данным и по результатам реанализа, достигают 20 см, в то время как среднеквадратическое отклонение самого процесса составляет всего 9,19 см. Аналогичные

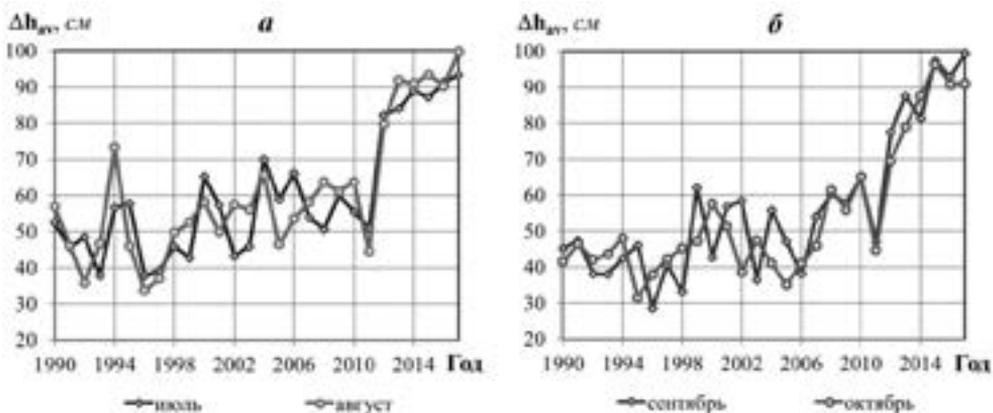


Рис. 4. Фактические изменения значений h_{av} уровня Охотского моря в районе поста Мыс Лазарева для месяцев: а) июль, август; б) сентябрь, октябрь.

Fig. 4. Actual variations of h_{av} levels of the Sea of Okhotsk near the “Mys Lazareva” tide gauge station in: а) July, August; б) September, October.

особенности выявлены для других месяцев и других районов Охотского моря, причём соответствие между ними является ещё более отдалённым.

В качестве примера в табл. 3 приведены вычисленные для уровенных постов Бухта Нагаева, Малокурильское и Пронге оценки абсолютных погрешностей (S) реанализов, соответствующих различным месяцам, в период 1993–2017 гг.

Таблица 3. Оценки абсолютных погрешностей (S) реанализов GLORYS12v.1 и ICDC для некоторых постов Охотского моря и периода 1993–2017 гг.

Table 3. Absolute errors estimates of GLORYS12v.1 and ICDC reanalysis data for certain tide gauge stations of the Sea of Okhotsk for 1993–2017 period

Месяц	Бухта Нагаева		Малокурильское		Пронге	
	GLORYS (см)	ICDC (см)	GLORYS (см)	ICDC (см)	GLORYS (см)	ICDC (см)
Янв.	12,88	13,80	14,25	15,22	9,66	9,86
Фев.	15,75	15,93	12,40	12,74	9,13	9,51
Март	17,64	18,03	13,11	14,71	8,30	8,83
Апр.	14,55	14,82	13,02	13,80	11,28	11,82
Май	15,19	15,4	13,69	14,56	*	*
Июнь	10,85	11,11	*	*	16,07	16,47
Июль	10,15	10,43	*	*	11,01	11,40
Авг.	11,62	12,02	*	*	10,69	11,86
Сент.	9,97	10,73	13,21	14,32	14,28	14,82
Окт.	12,90	13,34	10,17	10,71	13,18	13,86
Ноя.	12,62	12,88	11,77	12,27	13,29	13,98
Дек.	8,99	9,52	11,01	11,08	9,50	9,82

Из табл. 3 следует, что для рассматриваемых постов на побережьях Охотского моря во все месяцы наименьшими абсолютными погрешностями обладает реанализ GLORYS12v.1. Такие же выводы сделаны и для прочих постов.

Абсолютные погрешности обоих реанализов понижены для летних месяцев и декабря.

В табл. 4 представлены оценки средних скоростей повышения уровня Охотского моря у его побережий в 1993–2017 гг. на участках, соответствующих постам Бухта Нагаева, Малокурульское, Пронго, Озерпах по данным измерений и результатам наиболее точного реанализа GLORYS12v.1.

Таблица 4. Оценки за 1993–2017 гг. средних скоростей изменения уровня Охотского моря в различных его районах по результатам фактических измерений на уровнечных постах, а также по данным реанализа GLORYS12.v1

Table 4. Mean rate changes of the Okhotsk Sea levels in its different areas as determined by actual monitoring data at the tide gauges using GLORYS12v.1 reanalysis data.

Месяц	Бухта Нагаева		Малокурульское		Пронго		Озерпах	
	Факт, см/год	Реанализ, см/год	Факт, см/год	Реанализ, см/год	Факт, см/год	Реанализ, см/год	Факт, см/год	Реанализ, см/год
Янв.	1,29	0,05	1,07	0,18	0,45	0,22	0,26	0,26
Фев.	1,47	0,11	0,98	0,21	0,86	0,21	1,06	0,22
Март	1,68	0,06	0,92	0,03	0,99	0,10	1,44	0,09
Апр.	1,38	0,07	0,99	0,05	0,71	0,07	0,57	0,03
Май	1,49	0,18	1,26	0,12	1,92	0,23	-1,50	0,22
Июнь	0,99	0,07	1,03	0,08	0,78	0,09	-1,91	0,08
Июль	0,84	0,10	1,31	0,11	0,97	0,13	-1,14	0,13
Авг.	1,21	0,16	1,47	0,28	1,05	0,29	-1,17	0,29
Сент.	1,18	0,18	1,50	0,45	0,94	0,24	-1,15	0,27
Окт.	1,27	0,10	1,16	0,33	0,84	0,10	-0,78	0,12
Ноя.	1,35	0,32	1,04	0,26	0,35	0,05	-1,15	0,05
Дек.	1,15	0,25	1,05	0,13	0,73	0,39	0,37	0,42

Из табл. 4 следует, что оценки за 1993–2017 гг. средних скоростей (см/год) изменения уровня Охотского моря в различных его районах по результатам измерений на уровнечных постах значительно превосходят их оценки по данным реанализа GLORYS12.v1. На посту Озерпах, где с мая по ноябрь в 1993–2017 гг. происходило снижение уровня, оценки рассматриваемого показателя по результатам реанализа GLORYS12.v1 занижены по модулю.

Ещё хуже точность оценок скоростей изменения уровня Охотского моря с помощью данных ICDC.

Обсуждение результатов. Реанализы GLORYS12v.1 и ICDC во многих других регионах Мирового океана обладают вполне приемлемой точностью и применимы для изучения изменений их уровня [2]. Поэтому отрицательный результат, полученный при оценке их адекватности для прибрежных районов Охотского моря, является несколько неожиданным.

Учитывая особенности математических моделей, применяемых для осуществления рассматриваемых реанализов, можно предположить, что одной из причин выявленных отличий их результатов от данных фактических измерений может являться наличие в Охотском море высоких приливов.

Для проверки справедливости данного предположения аналогичные исследования выполнены для некоторых прибрежных районов Японского и Балтийского морей, где высоты приливов значительно меньше. При их осуществлении как фактический материал использованы данные [11].

В Японском море рассматривались изменения уровня на постах, где средние высоты приливов сильно различаются. Один из них – пост Владивосток (43,12° с.ш., 131,90° в.д.) в заливе Петра Великого, где средняя величина сизигийного прилива 0,15–0,25 м, а наибольшая его величина не превышает 0,4–0,5 м.

Второй пост – Углегорск (49,10° с.ш., 142,10° в.д.), расположен на западном побережье острова Сахалин в северной части Татарского пролива, где высота приливов может достигать 3 м [7].

На Балтике изучались многолетние изменения уровня в районах постов Выборг (67,7° с.ш., 28,7° в.д.) и Кронштадт (60,0° с.ш., 29,8° в.д.).

Для каждого поста для всех месяцев сопоставлены оценки средних скоростей многолетних изменений уровней обоих морей, полученные по результатам измерений и рассматриваемых реанализов. Как пример, в табл. 5 сопоставлены результаты измерений уровня на постах Японского моря и данные реанализа GLORYS12v.1 для периода 1993–2017 гг.

Таблица 5. Оценки средних скоростей многолетних изменений уровня Японского моря в районах уровенных постов России в 1993–2017 гг. по данным фактических измерений и по результатам реанализа GLORYS12v.1

Table 5. Mean rate changes of the Japan Sea levels determined by monitoring data at the tide gauges in 1993–2017 using GLORYS12v.1 reanalysis data

Месяц	Углегорск (49,10° с.ш., 142,10° в.д.)				Владивосток (43,12° с.ш., 131,90° в.д.)			
	Факт, см/год	Реанализ, см/год	h_{\min} , см	Разность, см/год	Факт, см/год	Реанализ, см/год	h_{\min} , см	Разность, см/год
Янв.	0,86	0,25	126,4	0,607	0,21	0,21	70,1	-0,021
Фев.	0,96	0,31	117,4	0,650	0,25	0,19	65,6	0,061
Март	0,97	0,17	117,5	0,798	0,23	0,07	68,9	0,164
Апр.	0,76	0,19	118,9	0,565	0,19	0,12	71,4	0,071
Май	0,38	0,11	121,6	0,263	0,42	0,19	70,9	0,235
Июнь	0,14	0,12	123,1	0,021	0,29	0,17	68,1	0,123
Июль	-0,63	0,18	116,7	-0,812	0,26	0,09	69,7	0,173
Авг.	-0,75	0,26	122,5	-1,065	0,43	0,29	66,3	0,141
Сент.	-0,65	0,29	127,7	-0,951	0,20	0,33	68,2	-0,134
Окт.	-0,75	0,27	122,9	-1,027	*	0,24	*	*
Ноя.	-0,42	0,24	123,9	-0,668	0,48	0,38	76,1	0,102
Дек.	-0,24	0,26	130,5	-0,509	0,35	0,18	72,4	0,172

* – в исходных данных содержатся пропуски.

Из табл. 5 видно, что в 1993–2017 гг. в районе поста Владивосток разности максимального и минимального значений уровня Японского моря в разные месяцы лежали в пределах 65,6–76,1 см, а в северной части Татарского пролива, у поста Углегорск, они составляли 117,4–130,5 см.

Разности фактических средних скоростей многолетних изменений уровня Японского моря в районе поста Владивосток и их оценок по результатам GLORYS12v.1 по модулю не превышали 0,235 см/год (в среднем 0,137 см/год). Для района поста Углегорск они не превосходили 1,065 см/год (в среднем 0,556 см/год).

Следует отметить, что в Японском море у поста Углегорск с января по июнь знаки разностей положительны, а с июля по декабрь они отрицательны. Максимальные по модулю разности отмечаются с августа по октябрь, на них приходится максимум тайфунов.

Аналогичные оценки для Балтийского моря представлены в табл. 6.

Таблица 6. Оценки средних скоростей многолетних изменений уровня Балтийского моря в районах уровенных постов России в 1993–2017 гг. по данным фактических измерений и по результатам реанализа GLORYS12v.1

Table 6. Mean rates changes of the Baltic Sea levels determined by monitoring data at the tide gauges in 1993–2017 using GLORYS12v.1 reanalysis data

Месяц	Выборг (67,7° с.ш., 28,7° в.д.)			Кронштадт (60,0° с.ш., 29,8° в.д.)		
	Факт (см/год)	Реанализ (см/год)	Разность (см/год)	Факт (см/год)	Реанализ (см/год)	Разность (см/год)
Янв.	-0,05	0,11	-0,160	-0,05	0,08	-0,133
Фев.	-1,02	-0,44	-0,580	-0,96	-0,44	-0,523
Март	-0,63	-0,14	-0,494	-0,41	-0,12	-0,287
Апр.	0,55	0,66	-0,113	0,69	0,68	0,012
Май	0,50	0,62	-0,115	0,50	0,60	-0,107
Июнь	0,05	0,13	-0,086	-0,51	0,13	-0,643
Июль	0,04	0,33	-0,287	0,09	0,32	-0,233
Авг.	0,47	0,73	-0,258	0,54	0,70	-0,172
Сент.	0,74	0,94	-0,197	0,87	0,92	-0,054
Окт.	-0,32	0,19	-0,507	-0,24	0,18	-0,424
Ноя.	0,69	0,74	-0,053	0,76	0,74	0,013
Дек.	1,55	1,39	0,165	1,29	1,37	-0,079

Как видно из табл. 6, для постов Балтийского моря разности фактических средних скоростей многолетних изменений его уровня и их оценок по результатам реанализа близки к аналогичным показателям для поста Владивосток. Причинами различий, вероятно, могут служить сгонно-нагонные процессы [7].

Следовательно, приведённые оценки подтверждают выдвинутую гипотезу и показывают, что влияние приливов, а также сгонно-нагонных процессов в обоих реанализах, не учитывается.

Выводы.

1. Тенденции многолетних изменений среднемесячных значений уровня Охотского моря у его побережий существенно зависят как от месяца, так и от расположения изучаемых участков.

2. Наряду с участками его побережий, у которых в современном периоде преобладают тенденции к повышению данных показателей, существуют и такие участки, где уровень Охотского моря снижается.

3. Максимальная средняя скорость повышения уровня Охотского моря в период 2008–2017 гг. (5–6 см/год) выявлена у северного входа в пролив Невельского (пост Мыс Лазарева). Максимальная средняя скорость его снижения (3,89 см/год) соответствует посту Озерпах (устьевый створ реки Амур) в апреле.

4. Оценки средних скоростей многолетних изменений уровня Охотского моря у его побережий по результатам глобальных реанализов GLORYS12v.1 и ICDC по отношению к их фактическим значениям занижены в единицы–десятки раз. Возможными причинами этого могут служить высокие приливы и сгонно-нагонные процессы, влияние которых при моделировании не учитывается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: Юнити, 1998. 1022 с.
2. Белоненко Т.В., Колдунов В.В., Старицын Д.К., Фукс В.Р., Шилов И.О. Изменчивость уровня северо-западной части Тихого океана. СПб: СМИО Пресс, 2009. 310 с.
3. Володин Е.М., Дианский Н.А. Моделирование изменений климата в XX–XXII столетиях с помощью совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42, № 3. С. 291–306.
4. Гансвинд И.Н. Современные космические технологии изучения Земли как системы // Электронные библиотеки. 2017. Т. 20, № 1. С. 39–49.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IX. Охотское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. Б.Х. Глуховского, Н.П. Гоптарева, Ф.С. Терзиева. СПб: Гидрометеоиздат, 1998. 342 с.
6. Дашко Н.А., Варламов С.М. Оценка изменений характеристик центров действия атмосферы Азиатско-Тихоокеанского региона в течение 20-го столетия и их влияние на циркуляцию над Японским морем // Гидрометеорологические и экологические условия дальневосточных морей: оценка воздействия на морскую среду (Тематический вып. ДВНИГМИ, № 3). Владивосток, 2000. С. 10–25.
7. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. М.: Изд-во Московского ун-та: 1982. 192 с.
8. Есаков В.А., Плахотин А.Ф., Алексеев А.И. Русские океанические и морские исследования в XIX в. М.: Наука, 1964. 194 с.
9. Захарчук Е.А. Синоптическая изменчивость уровня и течений в морях, омывающих северо-западное и арктическое побережье России. СПб: Гидрометеоиздат, 2008. 363 с.
10. Колдунов В.В., Старицын Д.К., Фукс В.Р. Изменчивость уровня Японского и Охотского морей по данным спутниковых альтиметрических измерений // Дальневосточные моря России. Кн. 1. Океанологические исследования. М.: Наука, 2007. С. 184–231.
11. Материалы государственной системы ЕСИМО. Данные наблюдений за уровнем Охотского и Японского морей (http://portal.esimo.ru/dataview/viewresourceconfidential?resourceId=RU_RIHMI-WDC_410).
12. Поезжалова О.С., Шевченко Г.В. Вариации среднего уровня Охотского моря // Цунами и сопутствующие явления. Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; Т. VII. Южно-Сахалинск, 1997. С. 131–144.
13. Романов А.А., Шевченко Г.В., Седаева О.С. Сезонные колебания уровня Охотского моря по данным береговых мареографных станций и спутниковой альтиметрии // Исследования Земли из космоса. 2004. № 6. С. 59–72.
14. Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. Численный анализ влияния скорости и направления продолжительно действующего ветра на циркуляцию вод Азовского моря с учётом и без учёта водообмена через Керченский пролив // Океанология. 2018. Т. 58, № 1. С. 23–33.
15. Шевченко Г.В., Романов А.А. Определение характеристик прилива в Охотском море из данных спутниковой альтиметрии // Исследование Земли из космоса. 2004. № 1. С. 35–45.
16. Blumberg A. F., Mellor G. L. A description of three-dimensional coastal ocean circulation model in Three-Dimensional Coast Ocean Models // Coastal and Estuarine Science. 1987. V. 4. P. 1–16.
17. Global Ocean Physics Reanalysis (http://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_030).
18. Integrated Climate Data Center. Ocean (<http://icdc.cen.uni-hamburg.de/1/daten/ocean/>).
19. Mörner N.-A. Sea level is not rising // Science and Public Policy Institute Reprint Series. Dec. 6, 2012. 26 p.
20. NCEI OSTM/Jason-2 and Jason-3 Satellite Products Archive (<https://www.nodc.noaa.gov/sog/jason/>).
21. Permanent Service for Mean Sea Level (Банк данных Глобальной Системы Наблюдений за Уровнем Морей) (<http://www.psmsl.org/>).
22. Zuo H., Alonso-Balmaseda M., de Boisseson E., Hirahara S., Chrut M., de Rosnay P. A generic ensemble generation scheme for data assimilation and ocean analysis // ECMWF. No. 795. 44 p.

REFERENCES

1. Ajvazyan S.A., Mhitaryan V.S. *Applied Statistics and Bases of Econometrics*. 1022 p. (Moscow: Unity, 1998) (in Russian).
2. Belonenko T.V., Koldunov V.V., Staricyn D.K., Fuks V.R., Shilov I.O. *Level variability in the Northwest Pacific*. 310 p. (S.-Petersburg: SMIO Press, 2009) (in Russian).
3. Volodin Ye.M., Dianskij H.A. Modeling climate change in the XX-XXII centuries using a joint model of the general circulation of the atmosphere and ocean. *Izvestiya RAN. Atmospheric and oceanic physics*. 42 (3), 291–306 (2006) (in Russian).
4. Gansvind I.N. Modern space technologies for studying the Earth as a system. *Elektronnyye biblioteki* [Electronic Libraries]. 20 (1), 39–49 (2017) (in Russian).
5. Gluhovskij B.H., Goptarev N.P., Terziev F.S. (eds.) *Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Volume IX. Sea of Okhotsk. Issue 1. Hydrometeorological conditions*. 342 p. (S.-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998) (in Russian).
6. Dashko N.A., Varlamov S.M. Assessment of changes in the characteristics of the centers of action of the atmosphere of the Asia-Pacific region during the 20th century and their impact on circulation over the Sea of Japan. *Gidrometeorologicheskie i ekologicheskie usloviya dal'nevostochnyh morej: oценка vozdejstviya na morskuyu sredu* [Hydrometeorological and ecological conditions of the Far Eastern seas: assessment of the impact on the marine environment (Thematic issue. FERHRI)]. 3, 10–25 (2000) (in Russian).
7. Dobrovol'skij A.D., Zalogin B.S. *Seas of USSR*. 192 p. (Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1982) (in Russian).
8. Esakov V.A., Plahotin A.F., Alekseev A.I. *Russian oceanic and marine research in the 19th century*. 194 p. (Moscow: Nauka, 1964) (in Russian).
9. Zaharchuk Ye.A. *Synoptic variability of the level and currents in the seas washing the northwestern and arctic coasts of Russia*. 363 p. (S.-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2008) (in Russian).
10. Koldunov V.V., Staricyn D.K., Fuks V.R. Variability of the sea level of the Sea of Japan and Okhotsk according to satellite altimetry measurements. *Far Eastern seas of Russia*. Book 1. Oceanological research. P. 184–231 (Moscow: Nauka, 2007) (in Russian).
11. *Materials of ESIMO state system. Observation data for the level of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan* (http://portal.esimo.ru/dataview/viewresourceconfidential?resourceId=RU_RIHMI-WDC_410) (in Russian).
12. Poezzhalova O.S., SHEVCHENKO G.V. Variations in the mean level of the Sea of Okhotsk. *Cunami i soputstvuyushchie yavleniya. Geodinamika tektonosfery zony sochleneniya Tihogo okeana s Evraziej* [Tsunamis and related phenomena. Geodynamics of the tectonosphere of the junction of the Pacific Ocean with Eurasia]. VII, 131–144 (1997) (in Russian).
13. Romanov A.A., Shevchenko G.V., Sedaeva O.S. Seasonal fluctuations in the sea level of the Sea of Okhotsk according to data from coastal tide gauge stations and satellite altimetry. *Issledovaniya Zemli iz kosmosa*. 6, 59–72 (2004) (in Russian).
14. Cherkesov L.V., Shulga T.Ya. Numerical analysis of the influence of the speed and direction of a continuously operating wind on the circulation of the Azov Sea waters with and without considering water exchange through the Kerch Strait. *Okeanologiya*. 58 (1), 23–33 (2018) (in Russian).
15. Shevchenko G.V., Romanov A.A. Determination of tide characteristics in the Sea of Okhotsk from satellite altimetry data. *Issledovaniya Zemli iz kosmosa*. 1, 35–45 (2004) (in Russian).
16. Blumberg A.F., Mellor G.L. A description of three-dimensional coastal ocean circulation model in Three-Dimensional Coast Ocean Models. *Coastal and Estuarine Science*. 4, 1–16 (1987).
17. *Global Ocean Physics Reanalysis* (http://resources.marine.copernicus.eu/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_030).
18. *Integrated Climate Data Center. Ocean* (<http://icdc.cen.uni-hamburg.de/1/daten/ocean/>).
19. Mörner N.-A. Sea level is not rising. *Science and Public Policy Institute Reprint Series*. 26 p. (Dec. 6, 2012).
20. *NCEI OSTM/Jason-2 and Jason-3 Satellite Products Archive* (<https://www.nodc.noaa.gov/sog/jason/>).
21. *Permanent Service for Mean Sea Level* (<http://www.psmsl.org/>).
22. Zuo H., Alonso-Balmaseda M., de Boissesson E., Hirahara S., Chrust M., de Rosnay P. A generic ensemble generation scheme for data assimilation and ocean analysis. *ECMWF*. 795. 44 p.

ВЗАИМОСВЯЗЬ КЛИМАТА И РЕЧНОГО СТОКА (НА ПРИМЕРЕ БОЛЬШОГО КАВКАЗА В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНА)

С.Э. Казымова¹

Рассмотрены проблемы воздействия климатических изменений на водный режим рек Азербайджана; ввиду отсутствия сведений по испарению, влияние климата на сток рек рассчитано по атмосферным осадкам и температуре. Построены парные корреляционные связи между температурой воздуха и количеством осадков с учётом распределения этих зависимостей в регионе по трём районам исследований; для каждого района построены зависимости сточной модели и предоставлено их аналитическое определение. Анализ показал, что по всей территории Республики (при различных физико-географических условиях и на различных высотах) за последние годы наблюдается повышение годовых температур от +0,3°C до +1,7°C (в высокогорье градиент повышения температур больше). Повышение средней многолетней температуры по Республике составляет +0,9°C с 1991 г.

Ключевые слова: региональные изменения климата, температура воздуха, физико-географические условия, аномальные процессы, атмосферные осадки.

Ссылка для цитирования: Казымова С.Э. Взаимосвязь климата и речного стока (на примере Большого Кавказа в пределах Азербайджана) // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 425–432. DOI: 10.29003/m1771.0514-7468.2020_42_4/425-432.

Поступила 11.09.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE AND RIVER RUNOFF (using the example of the Greater Caucasus on the Azerbaijan territory)

S.E. Kazymova

Azerbaijan University of Cooperation

Problems of climate change impact on the water regime of the Azerbaijan rivers were considered. Precipitation (X), temperature (T) were analyzed and changes in river runoff were evaluated under different temperature scenarios of individual height limits. Paired correlations between air temperature and precipitation were built, taking into account the distribution of these dependencies in the region in three study areas. For each district, the constraints of the waste model were built and their analytical definition was provided. The effect of climatic changes on the water content of rivers is determined by a decrease in atmospheric precipitation, which is the main balance component of river runoff, and an increase in evaporation from the surface of their basins. However, due to the lack of information on evaporation, the impact of climate on river flow was calculated from atmospheric precipitation and temperature. An analysis of their trends showed that throughout the republic (under various physical and geographical conditions and at various altitudes) has been an increase in annual temperatures from +0.3°C to +1.7°C in Ganja in recent years. The temperature increase gradient in the highlands is greater. The increase in the average long-term temperature in the republic is +0.9°C since 1991.

¹ Казымова Севиндж Э. – преподаватель кафедры экологии и географии Азербайджанского Университета Кооперации, г. Баку, sevinj.kazimova@inbox.ru.

Keywords: regional climate change, air temperature, physical and geographical conditions, period, trend, abnormal processes, rivers, sea, precipitation.

Введение. Климатические изменения воздействуют на режимы годового стока рек. Изучение этой зависимости способствует оптимизации использования речных вод [8, 9, 10]. Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО) предложила всем государствам-членам ВМО вести сравнительный анализ регионального изменения климата за период 1961–90 гг., обозначив его, таким образом, как эталонный для мониторинга изменений климата [11].

Принимая во внимание, что Азербайджан входит в число малообеспеченных по ресурсам речных вод стран мира, актуально исследование влияния климатических изменений на водные ресурсы, годовой сток рек, а также их режимы. С этой целью проведён анализ влияния на годовые стоки рек Большого Кавказа основных метеорологических показателей – температуры воздуха и осадков за период 1961–2016 гг.

Метеорологические показатели района исследований. Для рек южного склона Шеки-Закатальской зоны характерно преобладание снегового и дождевого многоводного режима с многочисленными селями и паводками. Наряду с дождевой, питание снеговой водой происходит, в основном, с марта по июль. В маловодный период, с июля по сентябрь, реки пополняются преимущественно за счёт подземных вод, а с сентября по ноябрь отмечается второй максимум, когда в питании рек значительную роль играет дождевая вода [1].

С. Рустамов делит реки северо-восточного склона Большого Кавказа в пределах Азербайджана на две группы – внутренней и внешней горных зон [2]. Реки внутренней зоны берут своё начало, в основном, от снеговых и, в небольшом количестве, ледниковых вершин Главного Кавказского хребта, расположенных на высоте более 2500 м; эти реки отличаются от рек внешней горной зоны особенностями режима. Реки внешней зоны имеют истоки на территориях, расположенных ниже 2500 м; они подпитываются, в основном, дождевыми и подземными водами.

Анализ местных рек по источнику питания показывает, что снеговые воды составляют 38–40 %, дождевые – 30–35 %, а грунтовые – 32–35 %. В целом, водные ресурсы рек, протекающих через территорию Большого Кавказа, составляют 5,52 км³, или 53,6 % от местных водных ресурсов республики (т. е. ресурсы рек Большого Кавказа составляют чуть больше половины водных ресурсов Азербайджана). Ниже приведён анализ тренда температуры и осадков по 12 станциям, расположенным на Большом Кавказе в пределах Азербайджана. Динамика изменения температуры и осадков на обследованной территории Кавказа относительно многолетней нормы представлена на рис. 1 (станция Огуз) и рис. 2 (станция Закатала). На обеих станциях отмечается положительная динамика температуры с 1961 г. по 2016 г., притом количество осадков уменьшается.

В табл. 1 и 3 приведён сравнительный анализ температуры воздуха, а в табл. 2 и 4 – осадков для некоторых метеорологических станций. Если в 1961–90 гг. многолетняя норма температур на станции Закатала составляла 12,9°C, то в 1991–2016 гг. она была 13,7°C; рост температур составляет 0,8°C. Эта тенденция также отмечена на других станциях (см. табл. 1).

В табл. 2 показана разница осадков на различных станциях за период 1990–2016 гг. от многолетней нормы (1961–1990). Если в 1961–90 гг. количество осадков на станции Огуз составляло 917 мм, то в 1991–2006 гг. – 871 мм. Разница от многолетней нормы всего 46 мм.

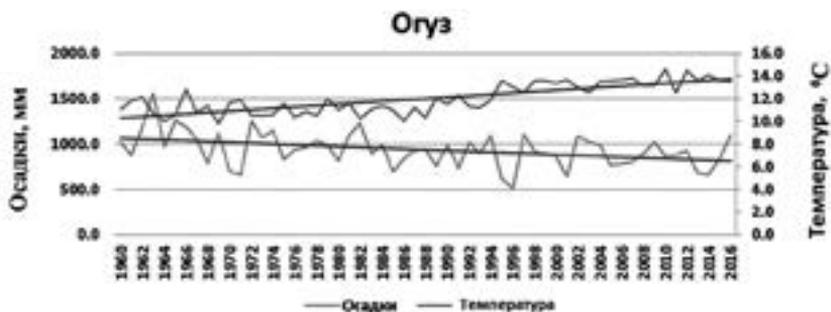


Рис. 1. Динамика температуры и осадков Южного склона по отношению к многолетней норме (станция Огуз).

Fig. 1. The south slope temperature and precipitation dynamics in relation to the long-term mean annual standard (the Oghuz station).



Рис. 2. Динамика температуры и осадков Южного склона по отношению к многолетней норме (станция Закатала).

Fig. 2. The south slope temperature and precipitation dynamics in relation to the long-term mean annual standard (the Zaqatala station).

Таблица 1. Изменение температуры за период 1990–2016 гг. относительно нормы многолетних значений за 1961–1990 гг. по различным метеостанциям на территории Азербайджана

Table 1. Temperature change over the period 1990–2016 regarding the mean annual standard of long-term values for 1961–1990 at various meteorological stations in Azerbaijan

Температура	Метеостанции										
	Закатала	Шеки	Хачмас	Куба	Алтыгач	Геокчай	Шемаха	Мерезе	Габала	Огуз	Мингачаур
1961–1990	12,9	12,2	12,5	10,2	8,5	14,6	11,4	10,6	11,1	12,1	15
1991–2016	13,7	13	13,2	11,2	9,3	13,2	11,3	11,3	12,2	13,2	15,8
Разница	0,8	0,8	0,7	1	0,8	-1,4	-0,1	0,7	1,1	1,1	0,8

Таблица 2. Изменение количества осадков за периоды 1961–1990, 1990–2016 гг. по различным метеостанциям на территории Азербайджана

Table 2. Precipitation change over the 1961–1990 and 1990–2016 periods at various meteorological stations in Azerbaijan

Годы	Метеостанции										
	Закатала	Шеки	Хачмас	Куба	Алтыгач	Геокчай	Шемаха	Мерезе	Габала	Огуз	Мингачаур
1961–1990	958,9	807,5	306,8	522,1	548,7	466,7	630,8	421,1	1000,7	917,4	347,8
1991–2016	971	759,2	314,7	521,9	522,9	375,3	571,6	396,3	958,4	871,2	331,9
Разница	12,1	-48,3	7,9	-0,2	-25,8	-91,4	-59,2	-24,8	-42,3	-46,2	-15,9

Таблица 3. Разница между среднесезонными и среднегодовыми температурами на различных метеостанциях Азербайджана за периоды 1961–1990, 1991–2016 гг.

Table 3. Difference between average seasonal and mean annual temperature at various meteorological stations in Azerbaijan for 1961–1990 and 1991–2016 periods

№ n/n	Станции	Высота, м	Сезоны				
			зима	весна	лето	осень	годовые
1	Шемаха	802	-0,28	-1,17	+0,7	-0,9	-0,4
2	Закачала	487	-1,3	-,01	+1,1	+1,6	+1,0
3	Хачмас	27	+0,79	-0,1	+0,7	1,5	+0,7
4	Куба	550	+0,11	-0,52	+1,9	+2,1	+1,2
5	Огуз	582	+1,04	-0,8	+0,6	+1,6	+0,6
6	Габала	679	+0,4	-0,5	+0,8	1,7	+0,5
7	Шеки	637	+1,1	-0,6	+0,6	+1,3	+0,6
8	Геокчай	94	+0,4	-0,2	+0,9	+1,5	+0,7

Таблица 4. Разница между среднесезонными и среднегодовыми осадками на различных метеостанциях Азербайджана за периоды 1961–1990, 1991–2016 гг.

Table 4. Difference between average seasonal and mean annual precipitations at various meteorological stations in Azerbaijan for 1961–1990 and 1991–2016 periods

№	Станция	Высота, м	Зима	Весна	Лето	Осень	Годовые
1	Шемаха	802	+1,4	-6	-14,4	-52,9	-72,0
2	Закачала	487	+3,1	+78,9	+41,7	-110	+13,2
3	Калвез	1567	-,6,0	+52	2,0	-42,0	-44,8
4	Хачмас	27	+4,0	+23,6	+3,2	-20,7	-10,0
5	Куба	550	+6,5	-11,1	+1,5	-56,8	-60,0
6	Габала	679	-,1,8	+178	-5,0	-86,6	+39,7
7	Шеки	637	-,3,1	+75,2	+45,3	-85,9	31,5
8	Геочай	94	+5,1	+17,6	-22,7	-36,6	-30,5
9	Исмаиллы	549	+76,2	+173	+29,7	+39,9	319

Анализ данных метеорологических станций, расположенных в районе исследования, показывает, что на всех станциях, кроме Шемахи, наблюдается повышение температуры. Среднегодовое повышение температуры по всем станциям составляет 0,9°C.

Анализ наблюдений, охватывающих 1961–2016 гг., показал, что в большинстве регионов осадки увеличиваются весной и уменьшаются осенью, за исключением Исмаиллы. Сезонные колебания и нормы температуры показаны на рис. 1, а сезонные колебания и нормы осадков – на рис. 2. Годовой температурный тренд неизменен в большинстве регионов. Весенние температуры снизились за последнее десятилетие по сравнению с предыдущими годами.

Р.Н. Махмудов, изучая климатические изменения в Республике [7, 12], проанализировал распределение температуры и осадков на различных высотах (ниже 0, 0–200 м, 201–500 м, 501–1000 м, 1000 м) за 2007–18 гг. Автор показывает, что во все годы, кроме 2011 г., температура росла: в 2010, 2012, 2014 гг. увеличение составило +1,3°C, а в 2018 г. – даже +1,6°C.

Кроме того, градиент увеличения температуры на высоте более 1000 м выше $1,2^{\circ}\text{C}$. В количестве атмосферных осадков значительных отклонений от многолетних норм не наблюдается. Однако (по Р.Н. Махмудову) в диапазоне высот 201–500 м годовые количества осадков однозначно уменьшаются. Р.Н. Махмудов отмечает, что во всех интервалах высот по отдельным годам осадки изменяются кроме высоты интервала 201–500 м.

Наибольшее увеличение осадков в 2016 г. было на высотах 501–1000 м (+151 мм). По сравнению с многолетней нормой среднее увеличение осадков составляет +70 мм, уменьшение – в диапазоне 201–500 м (-23,2 мм), а максимальное увеличение – в диапазоне 501–1000 м (+171 мм) [6].

Для определения **влияния климатических изменений на осадки, выпадающие на северо-восточный и южный склон Большого Кавказа** в пределах Азербайджана, установлена парная корреляционная связь между температурой воздуха и слоем средних многолетних осадков. Следует отметить, что, поскольку метеорологическая и гидрологическая станции находятся на различной высоте, сначала установлена связь между атмосферными осадками и высотой. Статистический анализ связей обнаружил более чёткое выделение трёх районов на данной территории, и по итогам проведённого анализа при установлении связей территория подразделена на три района (рис. 3):

- 1) северо-восточный склон Большого Кавказа;
- 2) склон Южный-1 Большого Кавказа;
- 3) склон Южный-2 Большого Кавказа.

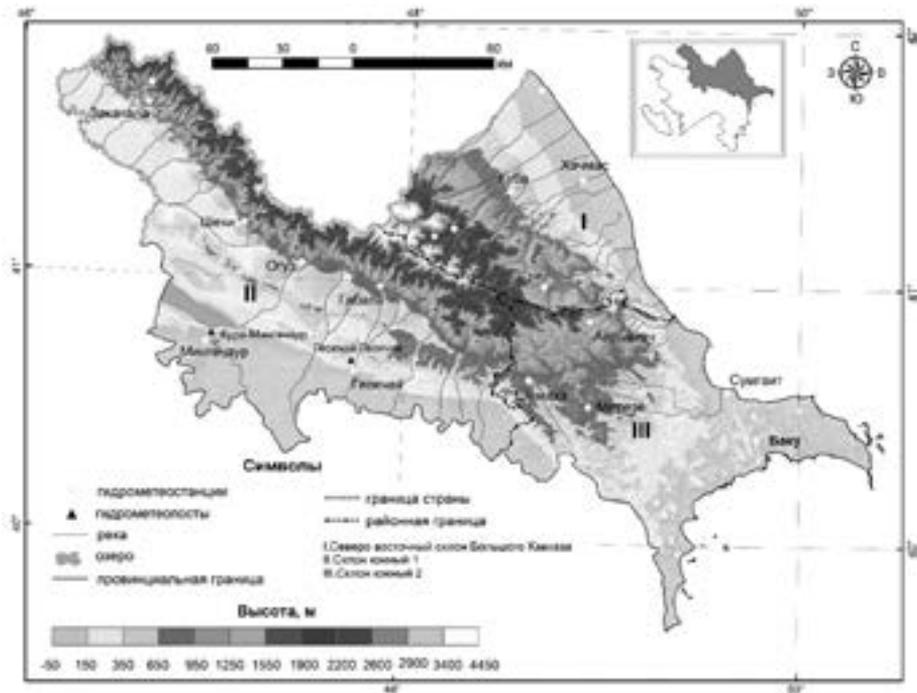


Рис. 3. Гидрографическая картосхема Большого Кавказа в пределах Азербайджана.

Fig. 3. The hydrographic map of the Greater Caucasus on the Azerbaijan territory.

Влияние климатических изменений на режим рек определяется уменьшением атмосферных осадков, являющихся основным балансовым компонентом стока реки, и увеличением испарения с поверхности бассейна рек [3, 4]. Однако ввиду отсутствия сведений инструментального наблюдения испарения, возможные влияния на сток рек рассчитаны на основании изменений атмосферных осадков и температуры. С этой целью между средним многолетним показателем слоя стока реки (Y , мм) и средним многолетним показателем атмосферных осадков (X , мм) нами рассмотрена следующая связь: $Y=f(X)$.

Такая связь показывает изменение стока реки в зависимости от осадков для всех выделенных районов. Ниже приведено аналитическое выражение указанной связи для северо-восточного склона Большого Кавказа:

$$Y=0,101 X^{0,44} (r=0,72). \quad (1)$$

Аналитическое выражение связей для двух остальных территорий, расположенных на южном склоне, выглядит следующим образом.

Для склона Южный-1 Большого Кавказа (Шеки-Закатала):

$$Y=0,19X^{0,39} (r=0,91). \quad (2)$$

Для склона Южный-2 Большого Кавказа (Горный Ширван):

$$y=0,091X^{0,46} (r=0,81). \quad (3)$$

Первый район охватывает бассейны всех рек, от Гусарчая (включительно) до Атачая. Средний многолетний показатель атмосферных осадков на данной территории, в зависимости от высоты, обладает монотонным ростом, а средний градиент составляет 50 мм на каждые 100 м.

Зависимость среднего многолетнего показателя атмосферных осадков на данной территории от температуры воздуха можно выразить следующим образом:

$$x=37,3 (13,6-T)^{1,28}. \quad (4)$$

Для двух остальных районов данная зависимость выражается в следующем порядке:

Для склона Южный-1 Большого Кавказа:

$$x=236,5 (13,9-T)^{0,92}. \quad (5)$$

Для склона Южный-2 Большого Кавказа:

$$x=223,4 (14,5-T)^{0,33}. \quad (6)$$

С помощью последних связей для интервалов высоты от 400 м до 4400 м можно вычислить значение среднего многолетнего слоя осадков, выпадающих на территорию Большого Кавказа, на основании любого среднего многолетнего значения температуры воздуха.

В связи с воздействием региональных климатических изменений на территории Большого Кавказа ожидается уменьшение осадков на всех интервалах высот [4].

Для оценки влияния климатических изменений на речные стоки использовали два различных способа. При первом способе выявлены парные регрессионные связи между осадками и температурой: $x=f(T)$, после чего из связи $Y=f(X)$ определяется сток реки и изменения, которые могут возникнуть в соответствии с изменением атмосферных осадков при различных температурных сценариях.

При втором способе выявляли совокупную корреляцию между температурой, осадками и стоком: $y=f(X, T)$, на основании которой получили совокупные регрессионные уравнения. Данные, использованные в совокупных регрессионных уравнениях, накоплены за 60 лет и считаются репрезентативными для большинства инструментальных наблюдений [5]. Эти связи обладают достаточно высоким коэффициентом корреляции $\geq 0,8$.

Связь $Y=f(X, T)$ для трёх регионов, выделенных на Большом Кавказе, имеет следующее выражение.

Для северо-восточных склонов Большого Кавказа:

$$Y=0,26x-6,9t+62 (R=0,79). \quad (7)$$

Для склона Южный-1 Большого Кавказа:

$$Y=0,19x-16,7t+57 (R=0,81). \quad (8)$$

Для склона Южный-2 Большого Кавказа:

$$Y=0,31x-14,1t+33 (R=0,81), \quad (9)$$

где Y – сток воды, X – осадки, T – температура воздуха, R – коэффициент корреляции.

Данные уравнения дают возможность вычислить средние многолетние значения стока на основании средних многолетних значений температуры и атмосферных осадков в выделенных районах для всей территории Большого Кавказа в пределах Азербайджана. На точность расчётов влияют длительность наблюдаемых периодов и количество отведённых интервалов по высоте [7]. Чем их больше, тем точнее вычисления.

Анализ сезонных расходов воды местных рек показывает, что в зимний маловодный период в большинстве из них расход воды возрастает [1, 6]. При снижении годового стока в зимний маловодный период наблюдается его увеличение, а в весенние и летние месяцы – уменьшение. В некоторых реках наблюдается увеличение стока и в осенний сезон.

В реках Карачай-Рюк, Чходурмаз-устье, Эйричай-исток, Балакенчай-Балакен, Эйричай-Баш-Дашагыл, Хармидорчай-Халтан, Кудьялчай-Кузун зимний и осенний сезонные стоки увеличиваются, а в остальные времена года – уменьшаются. Это происходит, в основном, за счёт таяния снежного покрова в верхней части бассейна в результате повышения зимних температур. Разумеется, распределение снега по бассейну и снижение ресурсов снеговой воды способствует уменьшению весенне-летнего половодья. Увеличение осеннего стока в некоторых случаях связано с выпадением дождей в этот сезон. В некоторых же случаях наблюдается уменьшение максимального расхода воды в половодье. Как правило, в реках Велвеличай-Нохюрдузу, Кудьялчай-Хыналыг, Талачай-Закатала зимний сток растёт. В пункте же Алиджанчай-Каябашы, наоборот, наблюдается наибольшее увеличение весеннего и летнего стока. Это связано, в первую очередь, с более высоким расположением источника питания реки, зоны формирования её стока.

Заключение. 1. Анализ трендов основных климатических показателей – осадков и температуры – показал, что по всей территории Республики Азербайджан, в различных физико-географических условиях и на различных высотах в последние годы (1991–2016) среднегодовые температуры возросли до 0,94°C (1991–2019). При этом в высокогорье ≥ 1000 м градиент повышения температуры более значительный.

2. Выявлено влияние региональных климатических изменений на режим местных рек. Так, в большинстве из них наблюдаются увеличение зимнего стока и уменьшение продолжительности периода весенне-летнего половодья, а также максимальные расходы воды.

3. По всем трём указанным районам в отдельности получено аналитическое выражение для оценки осадков и стоков рек в зависимости от изменения температуры воздуха и высоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вердиев Р.Т. Водные ресурсы рек Восточного Кавказа и условия изменения климата. Баку: Изд-во БГУ, 2002. 224 с.

2. Рустамов С.Т., Кашкай Р.М. Водные ресурсы в Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1989. 182 с.
3. Иманов Ф.А. Влияние изменений водно-климатических ресурсов в бассейне р. Куры. Баку: Изд-во БГУ, 2009. С. 202–208.
4. Сафаров С.Г. Современная тенденция изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджане. Баку: Элм, 2000. 300 с.
5. Сафаров С.Г. Особенности изменения климата на территории Азербайджана в зимнем сезоне // *Метеорология и гидрология*. 2003. № 5. С. 44–53.
6. Махмудов Р.Н. Современные климатические изменения и опасные гидрометеорологические явления. Баку: НАА, 2018. 231 с.
7. Махмудов Р.Н. Влияние климатических изменений на речной сток Азербайджана // *Метеорология и гидрология*. 2016. № 9. С. 63–69.
8. Первое национальное сообщение Азербайджанской Республики по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Баку: Изд-во ООН, 2000. 88 с.
9. Изменения климата. Физическая научная основа. IV доклад об оценке МГЭИК, WMO, UNEP. Женева, 2007. 163 с.
10. Клиге Р. Глобальные изменения режима гидросферы. Материалы VII Всероссийского гидрологического съезда. СПб: Росгидромет, 2014. С. 101–110.
11. *Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Summary for Policymakers*. Geneva: WMO, 1996. 56 p.
12. Mahmudov R.N. Regional Climate changes and Hydrometeorological hazards in Azerbaijan // *Science without borders*. V. 4. Austria, Innsbruck, 2019. P. 435–442.

REFERENCES

1. Verdiev R.T. *Water resources of the Rivers of the East Caucasus and crop production*. 224 p. (Baku, Publishing House of BSU, 2002) (in Russian).
2. Rustamov S.T., Kashkay R.M. *Water resources in the Azerbaijan SSR*. 182 p. (Baku: Elm, 1989) (in Russian).
3. Imanov F.A. *Water-climatic resources in the basin of the river Kury*. P. 202–208 (Baku: Publishing House of BSU, 2009) (in Russian).
4. Safarov S.G. *The modern trend is to change the temperature and atmospheric precipitation in Azerbaijan*. 300 p. (Baku: Elm, 2000) (in Russian).
5. Safarov S.G. Climate and territory of the Special Treason region of Azerbaijan in the winter season. *Meteorology and hydrology*. 5, 44–53 (2003) (in Russian).
6. Makhmudov R.N. *Modern climatic changes and special hydrometeorological phenomena*. 231 p. (Baku: NAA, 2018) (in Russian).
7. Makhmudov R.N. Influence of climatic changes on the river reserve of Azerbaijan. *Meteorology and hydrology*. 9, 63–69 (2016) (in Russian).
8. The primary national opinion of the Republic of Azerbaijan on the UN Framework Convention on Climate Change. 88 p. (Baku, UN Publishing House, 2000) (in Russian).
9. Climate Change. Physical scientific basis. IV Report IPCC. 163 p. (Geneva: UNEP, 2007). (in Russian).
10. Clige R. *Global hydrospheres*. Materials of the VII All-Union Hydrological Congress. P. 101–110 (S.-Petersburg: Roshydro met, 2014) (in Russian).
11. *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*. Summary for Policymakers. 56 p. (Geneva: WMO, 1996).
12. Mahmudov R.N. Regional Climate changes and Hydrometeorological hazards in Azerbaijan. *Science without borders*. 4, 435–442 (Austria, Innsbruck, 2019).

ГЛУБИННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАППОВЫХ ПРОВИНЦИЙ: ТРАДИЦИОННЫЕ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВЗГЛЯДЫ

А.А. Кудрявцев¹

Проанализированы различные геотектонические гипотезы применительно к интерпретации образования трапповых провинций. Предлагается объединить геотектонические модели в две группы:

I. Традиционная плюм-тектоническая интерпретация;

II. Альтернативные модели: гипотеза деляминации и другие.

Изучение свойств самих траппов (геологическое строение, история развития) позволяет найти лучшую модель процессов мантийно-литосферного взаимодействия.

Ключевые слова: трапповые провинции, плюм-тектоника, магматизм.

Ссылка для цитирования: Кудрявцев А.А. Глубинные механизмы формирования трапповых провинций: традиционные и альтернативные взгляды // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 433–442. DOI: 10.29003/m1772.0514-7468.2020_42_4/433-442.

Поступила 02.10.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

MANTLE-LITHOSPHERE INTERACTION PROCESSES AND THEIR INFLUENCE ON FLOOD BASALT PROVINCES: PLUME-THEORY AND ALTERNATIVE MODELS

A.A. Kudryavtsev, PhD

Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)

Different geotectonic hypotheses with respect to flood basalt provinces formation interpretation were analysed. Geotectonic models are proposed to unite in two groups:

I. Traditional: plume-tectonic interpretation;

II. Alternative models: delamination hypothesis and others.

The flood basalt provinces properties (geological structure, history of development) study permits finding the best mantle-lithosphere interaction model.

Keywords: flood basalt provinces, plume-tectonics, magmatism.

Введение. Трапповый магматизм представляет собой значительное явление в тектонической жизни Земли. Трапповые провинции встречаются почти на всех континентах. Известны семь наиболее крупных трапповых провинций. Это Тунгусская (время формирования 251–248 млн лет назад), Центрально-Атлантическая (210 млн лет назад), Карру-Феррарская (183 млн лет назад), Парана-Этендекская (133–129 млн лет назад), Деканская (67 млн лет назад), Брито-Арктическая (61–60 млн лет назад), Эфиопско-Йеменская (30–26 млн лет назад) (рис. 1).

Их площадь иногда достигает 1,5 млн км² (в Тунгусской провинции). Протяжённость Феррарских лавовых потоков 3000 км (Карру-Феррарская провинция), объём базальтов Парана-Этендекской провинции оценивается ~ 800 тыс. км³, а масса изверженных и интрузивных пород Тунгусской провинции – в 2,5×10¹⁵ т.

¹ Кудрявцев Анатолий Андреевич – к.г.-м.н., н.с. Музея землеведения МГУ, kudryavtsev2067@mail.ru.

Траппы – это обширные области развития континентального базальтоидного магматизма как эффузивной, так и интрузивной фаций. Слово «trapp» шведское и означает «лестница». Действительно, в рельефе траппы напоминают ступени исполинской лестницы, с которых иногда низвергаются водопады, как, например, известный водопад Игуасу в синеклизе Параны, низвергающийся с высоты 80 м.

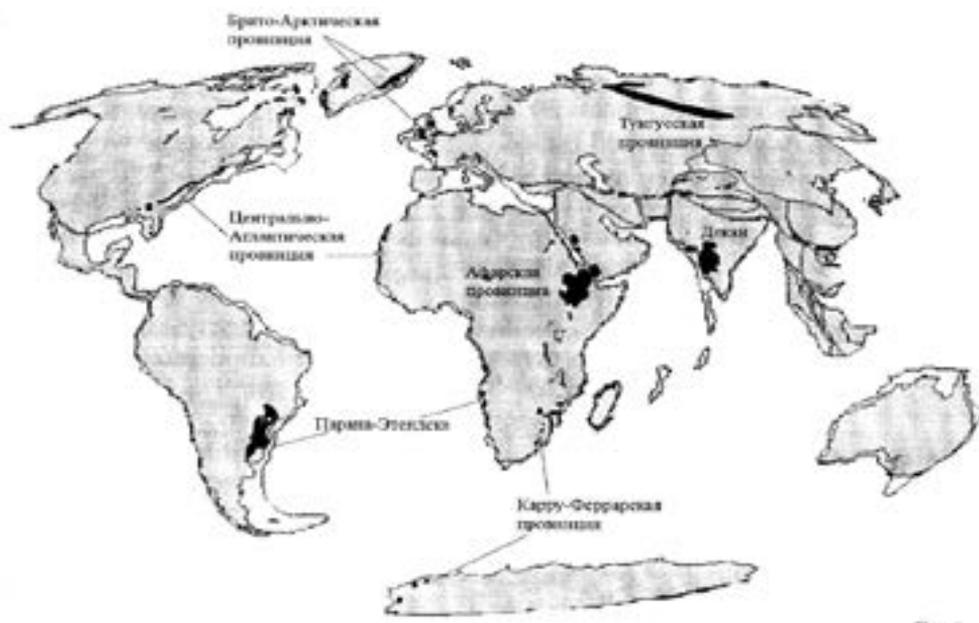


Рис 1. Трапповые провинции континентов (фанерозой).
Fig 1. Continental flood basalt provinces (Phanerozoic).

Изучение трапповых провинций представляет несомненный интерес. Нередко к ним приурочены крупнейшие месторождения полезных ископаемых (Cu-Ni, например, оруднения Норильского района). С траппами пространственно и генетически сопряжены кольцевые интрузии фонолитов, карбонатитов, нефелиновых сиенитов, обладающие широким спектром ценного сырья.

Широко обсуждается влияние грандиозных событий излияния трапповых магм на изменения климата, состава атмосферы и, как следствие, на крупнейшие перестройки органического мира [1].

Действительно, наиболее крупные излияния трапповых магм происходили на границах геологических эр (так, например, Деканская и Брито-Арктическая провинция сформировались на рубеже MZ-KZ 67 млн лет назад) и, весьма вероятно, что это геологическое событие отразилось на жизни всей Земли и имело своим следствием глубокие перестройки органического мира.

Но главное, для чего представляет особый интерес изучение трапповых провинций – это возможность понимания тех глубинных геодинамических процессов, которые привели к их образованию.

Из истории вопроса. Трапповый магматизм традиционно считался примером *внутриплитных* явлений. Само понятие «внутриплитные явления» возникло на заре становления основных положений концепции плитной тектоники литосферных

плит. Среди главнейших постулатов этой теории формулировалось представление о литосферной плите – основной структурной и кинематической единице литосферы. Утверждалось, что литосферная плита является стабильным, единым в кинематическом аспекте, асейсмичным и амагматичным образованием. Напротив, вся эндогенная энергия тектонических процессов реализуется в пределах конструктивных и деструктивных границ литосферных плит (в меньшей степени – в пределах трансформных границ), т. е. напряжённая тектоническая жизнь Земли сосредоточена в основном на границах плит. Конвективные течения в мантии управляют перемещением ансамбля литосферных плит, формированием суперконтинентов в областях *скупивания* плит и раскрытием океанских бассейнов при расколе суперконтинентов и «разбегании» его осколков. Процессы, происходящие на конвергентных границах плит, в зонах субдукции, отвечают за создание новой сиалической коры, за некоторое увеличение площади континентальной коры в течение геологической истории. На дивергентных границах осуществляется грандиозный по своим масштабам процесс рождения новой океанской коры, который в значительной степени компенсируется субдукцией. Именно процессы на границах плит выражают глобальную цикличность в эволюции земной коры – от раскрытия новых океанов до их закрытия и образования суперконтинентов (цикл Вилсона), осуществляя тем самым мантийно-литосферный круговорот вещества и энергии. При столь бурно идущих процессах на границах плит внутренние части плит, казалось бы, остаются пассивны. По проводившимся оценкам, из всей суммарной эндогенной энергии около 90 % выделяется на границах плит и только 10 % приходится на внутриплитную активность.

Таким образом, противопоставление внутренних частей плит граничным областям, как и само понятие «внутриплитных явлений», восходит к периоду становления *теории тектоники*.

Почти одновременно с утверждением постулатов теории тектоники плит выяснилось, что широкий спектр внутриплитных тектонических процессов, а также широко распространённый и весьма разнообразный магматизм, не находят объяснений с позиций этой теории. С этого же времени, с первых работ Дж. Тузо Вилсона (1968) и У. Моргана (1971), начинается поиск особых глубинных механизмов, ответственных за внутриплитную тектонику и магматизм. В качестве такого механизма была предложена гипотеза «горячих точек – мантийных струй», впоследствии преобразовавшаяся в *гипотезу мантийных плюмов* [8].

Плюм-тектоническая интерпретация. В первоначальном варианте этой гипотезы постулировалось, что мантийная струя, питающая плюмовый магматизм, зарождается на границе раздела мантии и ядра, вероятно, в переходном слое *Д''*. Оттуда мощная струя перегретого и разуплотнённого вещества, пробивая всю толщу мантии и литосферу, вырывается на поверхность Земли, обуславливая вулканизм «горячих точек».

По мнению сторонников этой гипотезы, плюмы обладают рядом особых свойств:

1. *Вещественный аспект* – вещество плюмов имеет монотонный состав, отвечающий первичной недеплегированной мантии типа PREMA, своего рода «пробы» нижнемантийного материала, резко отличающийся по составу от всех других типов вулканитов из не столь экзотических очагов [2, 6, 19].

2. *Пространственный аспект* – плюмы «игнорируют» структурный план литосферы, могут внедриться в любом месте континента и океана, т. к. имеют совершенно иную глубинную природу, нежели мантийная конвекция, управляющая тектоникой плит [21].

3. *Временной аспект* – во временном аспекте, как отмечают авторы [7], появление плюмов не носит периодического характера и не связано с суперконтинентальными циклами в 500 млн лет.

В работе [21] утверждается, что появление плюмов носит эпизодический характер: «Эпохи внедрения плюмов не связаны с тектоническими процессами в литосфере» (с. 298).

Основные свойства трапповых провинций не позволяют применить гипотезу мантийных плюмов в её первоначальном варианте для интерпретации траппового магматизма. Рассмотрим это конкретно.

В *вещественном аспекте* для трапповых провинций характерно исключительное разнообразие магматических проявлений, пестрота геохимических составов вулканитов, геохимическая цикличность в формировании трапповых свит, наличие сугубо коровых очагов плавления, магм, обогащённых литофильными элементами, – всё это свидетельствует о том, что траппы не могут происходить из монотонного глубинного источника, имеющего состав первичного земного вещества.

В *пространственном аспекте* структурное и пространственное положение трапповых провинций строго закономерно, что свидетельствует о зависимости локализации траппов от структурного плана литосферы. Траппы всегда располагаются в пределах AR-PR консолидированной коры кратонов, преимущественно в синеклизах докембрийского фундамента, часто по соседству с раннепалеозойскими орогенами, во фланговых зонах крупных континентальных рифтов, близ пассивной континентальной окраины молодого океанического бассейна.

Положение траппов нередко связано с точками тройных сочленений, причём максимальная мощность траппов обычно приурочена к третьей, не осуществившейся ветви рифтов [20]. К этому нужно добавить, что в пространственном отношении траппы никогда не появляются обособленно.

От континентальных фрагментов трапповых полей часто отходят подводные вулканические хребты и поднятия, доходящие в пределах океанической коры до оси срединно-океанических хребтов. А со стороны континентального обрамления траппам сопутствуют латерально сопряжённые с ними ультращелочные интрузивные комплексы, расположенные на крыльях антеклиз.

Во *временном и эволюционном аспектах* появление траппов строго коррелирует с расколом суперконтинентов, континентальным рифтогенезом и началом раскрытия молодых океанов, таким образом можно видеть, что траппам присуща определённая стадия в циклах эволюции литосферы.

Трапповый магматизм – не случайный эпизод, а закономерная стадия сложного и длительного процесса, который охватывает значительные площади.

Как правило, началом деструктивной фазы является возникновение сводового поднятия, впоследствии закладывается система континентальных рифтовых долин, формируется новая дивергентная граница плит, новые пассивные окраины, и континентальный рифтогенез перерастает в океанический спрединг. На этой стадии и возникает вспышка траппового магматизма, динамика которого коррелирует с характером спрединга сопредельного океанического бассейна. По мере дальнейшего развития спрединга трапповый магматизм угасает.

В последние десятилетия гипотеза мантийных плюмов бурно развивалась, претендуя на интерпретацию всё более широкого спектра геологических явлений. Одновременно росло число сторонников этой гипотезы среди ведущих специалистов и учёных.

Следует отметить, что именно плюмовая гипотеза в её новейших вариантах констатирует неоспоримый факт влияния мощного притока эндогенной энергии и вещества недр на динамику процессов в литосфере. С отказом ряда исследователей в последние годы от ортодоксального и примитивного представления о плюмах, как об узких каналах перегретого вещества, с переходом к понятию суперплюмов, мантийных апвеллингов, коррелирующих с горячими полями мантии, диаметром до 12 тыс. км, становится очевидным, что рассматриваемый объект весьма напоминает то, что в тектонике плит именовалось восходящим потоком мантийной конвекции.

Некоторые авторы [7] считают, что «без плюмов вообще невозможно раскрытие главных океанических бассейнов, т. е. без «активной» составляющей рифтинга невозможен процесс его перерастания в океанический спрединг» (с. 169). Из приведённой цитаты видно, что здесь не только противопоставляется плейт- и плюм-тектоника, а напротив, плюмам отводится роль управления плитно-тектоническими процессами раскрытия океанов. Можно видеть, что явления «плюма», «мантийного апвеллинга» и «восходящего потока» довольно близкие, и дело касается терминологических определений.

В работе [7] предлагается модель, в которой глобальный процесс деструкции суперконтинентов, к которому всегда и приурочен трапповый магматизм, считается обусловленным сочетанием двух факторов: теплового и динамического.

1. *Тепловая причина.* Континентальная кора, являясь менее теплопроводной, чем океаническая, служит своего рода термоизолятором для эндогенного теплового потока. Поэтому под длительно существующими суперконтинентами накапливается большое количество тепла. Это благоприятствует возникновению разуплотнённого, перегретого вещества, астеносферных линз и, впоследствии, подъёму астеносферных диапиров.

2. *Динамическая причина.* По длительно существовавшим зонам субдукции, окружавшим суперконтинент, вещество нагнеталось в нижнюю мантию до уровня раздела мантии и ядра. Эта нисходящая ветвь круговорота должна иметь своим антиподом восходящую ветвь, что и порождает подъём масс в конвективном круговороте.

Сперва могут подниматься разрозненные «суперплюмы», выражающие мантийный апвеллинг. Как справедливо отмечается в работе [21], с такими «первопроходцами», знаменующими начало новой системы конвекции, могут быть связаны точки тройных сочленений, сводовые поднятия, растяжение и утонение коры, мантийный диапиризм, возникновение очагов плавления и излияния трапповых магм.

В дальнейшем такие разобщённые области мантийного апвеллинга сливаются в протяжённую ветвь восходящего потока, как это отмечается для Срединно-Атлантического хребта. При помощи сейсмической томографии были обнаружены наклонённые низкоскоростные аномалии пластиноподобной формы. Они идут от ядра до подошвы литосферы и были отмечены под Африкой и под Атлантикой [5]. Такие структуры интерпретируются как восходящие потоки мантийной конвекции и, естественно, наблюдается генеральное совпадение в плане плюмовых провинций и спрединговых зон срединно-океанических хребтов [7]. С этой точки зрения плюмовый процесс в его современной интерпретации можно рассматривать как ранние стадии становления новой конвективной системы в мантии. На более зрелых стадиях наблюдается весь спектр плитно-тектонических явлений: раскол континентов, формирование дивергентных границ, аккреция новой океанической коры.

Таким образом, можно видеть, что это двуединый глубинный геодинамический процесс, вещественное доказательство которого представлено в работе [13]. В ней при-

ведены результаты исследований условий образования родоначальных магм для Тунгусской трапповой провинции и установлено присутствие в них значительных объёмов рециклированной океанической коры.

Ещё в 1983 г. были выделены в пределах мантии четыре поля: два больших и горячих, диаметром до 10–12 тыс. км – Тихоокеанское и Африканское (положительные аномалии поверхности геоида +80 м), и два малых и холодных, диаметром 2–3 тыс. км – Центрально-Азиатское и Австрало-Антарктическое (отрицательные аномалии – 80 м) [4]. Данные сейсмофотографии о высоко- и низкоскоростных зонах в мантии подтверждают это.

В работе [16] авторы утверждают, что субдуцирующая океаническая литосфера Тихого океана как бы порождает спрединг в Атлантическом океане. С этим утверждением можно безоговорочно согласиться, т. к. мы видим замкнутую систему мантийно-литосферного круговорота вещества и энергии.

Суперплюмы, коррелирующие с горячими областями мантии, протяжённостью иногда до 20 тыс. км, ответственны за образование крупных магматических провинций (КМП), которые формируют континентальные траппы.

Таким образом, мы видим, что речь идёт о влиянии на формирование траппов и сопряжённых с ними подводных вулканических хребтов двух факторов:

1) *теплого влияния плюма*, которое может предопределить прогрев континентальной литосферы, в дальнейшем её плавление, подъём разуплотнённого вещества и его прорыв на поверхность в виде мощных всплесков траппового магматизма;

2) *вещественного влияния плюма* – зарождение источников вещества – родоначальных магм для траппового процесса и построения подводных вулканических хребтов.

Эта важная проблема широко обсуждается в современной литературе. В ряде фундаментальных работ [10, 11] на примере детально исследованных стадий развития пассивных окраин Атлантического океана и подводных хребтов Риу-Гранде – Китовый хребет делается весьма интересный вывод, что плюм выступил здесь в качестве источника тепла. Что же касается вещественного состава, то авторы констатируют присутствие продуктов плавления континентальной литосферы, влияние на магмогенерацию источников обогащённых магм ЕМ1 и ЕМ2. Эти же литосферные источники тепла питают вулканические хребты в начале процесса раскрытия океана, а по мере удаления от проксимальных окраин в состав вулкаников всё более включаются деплетированные источники.

В связи с развитием траппового процесса возникает целый ряд вопросов:

1. Откуда происходят внутрилитосферные и (или) подлитосферные магматические резервуары колоссальных объёмов, питающие траппы?

2. После извержения громадных объёмов трапповых магм эти резервуары не опорожняются, а, вероятно, заполняются новыми порциями поступающих туда и затвердевающих расплавов. Об этом говорит тот факт, что после прекращения извержений, на этапе посттрапповой эволюции, не наблюдается проседаний, обрушений этих вулканических свит в сотни метров мощностью и массой иногда до 10^{15} тонн. Напротив, в большинстве случаев траппам в современном рельефе отвечают приподнятые плоскогорья, а геоморфологическая эволюция свидетельствует о преобладании воздыманий после угасания вулканизма.

3. Наконец, подводные вулканические хребты, непосредственно связанные с траппами, но расположенные уже на молодой океанической коре раскрывающегося океана, продолжают интенсивно расти. Источник, питающий этот магматизм, как мы говорили выше, не затухает, но со временем меняет свой геохимический облик.

Интересный ответ на эти вопросы дают приведённые в работе [3] исследования влияния плюма Кергелен и горячей точки Амстердам-Сен-Поль на Юго-Восточный Индийский хребет. Констатируется, что горячая точка может оказывать влияние на расстоянии до 1500 км, а миграция материала может происходить по каналу или вдоль основания литосферы, т. е. возникает вдольосевой поток астеносферы.

Альтернативные представления. Теперь рассмотрим альтернативные точки зрения. Среди таких гипотез наиболее широко известны гипотезы деламинации [9, 16, 17, 18].

Механизм деламинации. Нижняя часть континентальной коры увеличивает свою мощность благодаря тектоническим процессам и магматическому андерплейтингу наращивания коры снизу. Ниже 50 км кора, состоящая из базальтов, долеритов и габбро, преобразуется в плотную модификацию гранатового пироксенита.

Как только образуется достаточно мощный слой эклогитов, они начинают отделяться и опускаться, поскольку их плотность на 3–10% выше, чем плотность окружающей перидотитовой мантии. Отслаивание эклогитового слоя десятикилометровой мощности может привести к подъёму поверхности на 2 км и образованию значительных объёмов расплавов в течение 10–20 млн лет. Различия в плотности даже в 1% достаточно для того, чтобы спровоцировать нестабильность. Таким образом, деламинация – очень эффективный нетермальный способ утонения литосферы, подъёма расплавов и возникновения крупных излияний.

В отличие от термальной модели, подъём осуществляется во время и после главной фазы вулканизма, что справедливо и для траппов.

Деламинация приводит к тому, что фрагменты нижней коры, имеющие низкую температуру плавления, погружаются в мантию, где нагреваются, т. к. их температура плавления выше точки плавления рециклированных, обогащённых базальтов. Тем самым образуются большие объёмы расплавов, для объяснения происхождения которых нет необходимости прибегать к экстремально высоким температурам «горячих точек».

Коровая деламинация, вариации составов обогащённой мантии, совместно с пассивным астеносферным апвеллингом, могут объяснять тектонику и геохимию КМП, включая тепловой поток и развитие сводовых поднятий.

Роль дискретности литосферы и влияние её структуры на дальнейшее развитие. Ряд авторов [12] связывают развитие КМП с подстилающим литосферу слоем обогащённой мантии, плавление которой возможно при возникновении в литосфере «зияний» и трещин. Существует явная связь геометрии пассивных окраин и геодинамики океанов. Эти авторы полагают, что океаны Индо-Атлантического типа на ранних стадиях развивались как pull-apart структуры и лишь позднее в них заложились зоны спрединга. Сегментация пассивных окраин, сформировавшаяся на ранних этапах раскрытия океанов, затем наследуется в сегментации океанического ложа и, возможно, гребня срединно-океанического хребта (СОХ).

Эти взгляды представляются исключительно плодотворными, поскольку придаётся большое значение структуре самой литосферы, унаследованности геологического развития, исторической и структурной «преемственности» стадий процесса.

Вулканические хребты, отходящие от трапповых полей, следуют глубинным разломам, сформированным ещё на этапе континентального рифтогенеза. Мантийный материал, питающий вулканизм этих хребтов, привносится субгоризонтальными потоками из-под континента в сторону океана.

В работе [12] предлагается модель, в которой трапповый магматизм контролируется и даже инициируется физическими свойствами литосферных плит и геометрии их границ.

Отрицая плюмовое происхождение внутриплитного магматизма, О.Г. Сорохтин [14] предлагает совершенно иной механизм. «На вопрос об истинной причине появления внутриплитного магматизма сегодня можно ответить уверенно и однозначно: внутриплитный магматизм появляется только в тех случаях, когда в литосферной оболочке возникают сквозные трещины, дренирующие верхние слои астеносферы и заполняемые расплавами. При таком механизме возникновения внутриплитного магматизма его геохимия и термодинамика определяются только давлением и температурой в подлитосферной мантии, а также глубиной проникновения в неё дренирующих трещин. С этим полностью согласуются большинство геологических данных по магматизму такого типа» (с. 200).

Заключение. В последние десятилетия перед геологами встала задача создания общей геодинамической модели Земли, понимания главнейших глубинных процессов, управляющих эволюцией литосферы [15].

Представления о закономерностях формирования трапповых провинций могут внести определённый вклад в решение этой важной проблемы.

В работе приведён обзор существующих моделей тектогенеза применительно к интерпретации траппового магматизма. Показано, что изучение свойств самих трапповых провинций, вещественного состава, геологического строения, истории развития позволяет отдать предпочтение той или иной модели.

Существующие геотектонические гипотезы условно сгруппированы:

- 1) традиционная, плюм-тектоническая интерпретация;
- 2) альтернативные представления.

Думается, что различные модели тектогенеза дополняют друг друга, не следует противопоставлять их до крайности. Напротив, достоинства каждой модели следует использовать для интерпретации конкретных наблюдаемых фактов геологического строения и истории развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грачёв А.Ф. Мантийные плюмы и биологические катастрофы в истории Земли // Мантийные плюмы и металлогения. Мат. межд. симпозиума. Петрозаводск–Москва, 2002. С. 70–76.
2. Добрецов Н.Л. Мантийные суперплюмы как причина главной геологической периодичности и глобальных перестроек // Доклады РАН, 1997. Т. 357, № 6. С. 797–800.
3. Дубинин Е.П., Галушкин Ю.И., Грохольский А.Л., Кохан А.В., Суцневская Н.М. Горячие и холодные зоны Юго-Восточного Индийского хребта и их влияние на особенности его строения и магматизма (численное и физическое моделирование) // Геотектоника, 2017. № 3. С. 3–27.
4. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И. Внутриплитовый магматизм и его значение для понижения процессов в мантии Земли // Геотектоника. 1983. № 1. С. 28–45.
5. Иванов А.В. Плюмы и проникающая мантийная конвекция // Тект. совещание XXXVII. Новосибирск, 2004. Т. 1. С. 196–198.
6. Кузьмин М.И., Альмухамедов А.И., Ярмолюк В.В., Кравчинский В.А. Рифтогенный и внутриплитовый магматизм, соотношение с «горячими» и «холодными» полями мантии // Геология и геофизика. 2003. Т. 44, №12. С. 1270–1279.
7. Лобковский Л.И., Никишин А.М., Хаин В.Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М.: Научный мир, 2004. 610 с.

8. Львова Е.В. Тектоника мантийных плюмов: эволюция основных представлений // Вестник МГУ, сер. геол. 2010, № 5. С. 21–26.
9. Львова Е.В. Возможные механизмы образования трапповых провинций в свете новейших данных // Мат. между. конф. «Современное состояние наук о Земле», посвящённой памяти В.Е. Хаина. Москва, 2011. 2294 с.
10. Меланхолина Е.Н., Сущевская Н.М. Развитие континентальных окраин Атлантического океана и последовательный раскол суперконтинента ПАНГЕЯ-3 // Геотектоника. 2017. № 1. С. 44–58.
11. Меланхолина Е.Н., Сущевская Н.М. Тектоно-магматическое развитие континентальных окраин Южной Атлантики и раскрытие океана // Геотектоника. 2018. № 2. С. 20–41.
12. Мирлин Е.Г., Бяков А.Ф., Кононов М.В., Папеско Н.М., Сущевская Н.М. Континентальные покровные базальты и океанические вулканические плато: результат плюмов или дискретности литосферы? // Мат. между. симп. «Магнитные плюмы и металлогения». Петрозаводск–Москва, 2002. С. 147–148.
13. Соболев А.В., Кривошукская Н.А., Кузьмин Д.В. Петрология родоначальных расплавов и мантийных источников магм Сибирской трапповой провинции // Петрология. 2009. Т. 17, № 3. С. 276–310.
14. Сорохтин О.Г. Жизнь Земли. Москва–Ижевск, 2013. 452 с.
15. Хаин В.Е. Главные противоречия современной геотектоники и геодинамики и возможные пути их преодоления // Тез. совещание XL. М., 2007. Т. 2. С. 324–329.
16. Anderson D.L. Superplumes or supercontinents // *Geology*. 1994. V. 22. P. 39–42.
17. Anderson D.L. Lithosphere, asthenosphere and perisphere // *Rev. Geoph.* 1995. V. 33. P. 125–149.
18. Anderson D.L. Large Igneous Provinces, Delamination and Fertile Mantle // *Elements*. 2005. V. 1. P. 271–275.
19. Campbell J.H. The Great Plume Debate // *Episodes*. 2005. V. 29, № 2. P. 133.
20. Courtillot V. et al. On causal links between flood basalt and breakup // *Earth and Planetary Science Letters*. 1999. V. 166. P. 177–195.
21. Ernst R.E., Buchan K.L. Maximum size and distribution in time and space of mantle plume evidence from large igneous provinces // *J. of Geodynamics*. 2002. V. 34. P. 309–342.

REFERENCES

1. Grachev A.F. Mantle plumes and biological catastrophes in the history of the Earth. *Mantle plumes and metallogeny*. Proc. of the inter. Symp. P. 70–76 (Petrozavodsk–Moscow, 2002) (in Russian).
2. Dobretsov N.L. Mantle superplumes as the cause of the main geological periodicity and global rearrangements. *Doklady RAN*. 357 (6), 797–800 (1997) (in Russian)
3. Dubinin E.P., Galushkin Y.I., Grokholsky A.L., Kokhan A.V., Suschevskaya N.M. Hot and cold areas of the Southeast Indian ridge and their impact on the specific features of its structure and magmatism (numerical and physical modeling). *Geotektonika*. 3, 3–27 (2017) (in Russian).
4. Zonenshain L.P., Kuzmin M.I. Intraplate magmatism and its importance for understanding processes in the Earth's mantle. *Geotektonika*. 1, 28–45 (1983) (in Russian).
5. Ivanov A.V. The penetrating Plumes and mantle convection. *Tekt. meeting XXXVII*, Novosibirsk. 1, 196–198 (2004) (in Russian).
6. Kuzmin M.I., Almukhamedov A.I., Yarmolyuk V.V., Kravchinsky V.A. Rift and intraplate magmatism, correlation with "hot" and "cold" mantle fields. *Geologiya i Geophysika*. 44 (12), 1270–1279 (2003) (in Russian).
7. Lobkovsky L.I., Nikishin A.M., Khain V.E. *Modern problems of geotectonics and geodynamics*. 610 p. (Moscow: Nauchny Mir, 2004) (in Russian).
8. Lvova E.V. Tectonics of mantle plumes: evolution of basic concepts. *Vestnik MGU, ser. Geol.* 5, 21–26 (2010) (in Russian).

9. Lvova E.V. Possible mechanisms of formation of trap provinces in the light of the latest data. *Mat. of the inter. conf. "Current state of Earth Sciences", dedicated to the memory of V. E. Khain*. 2294 p. (Moscow, 2011) (in Russian).
10. Melancholina E. N., Sushchevskaya N. M. Development of the continental margins of the Atlantic ocean and the successive split of the supercontinent PANGEA-3. *Geotectonika*. **1**, 44–58 (2017) (in Russian).
11. Melancholina E.N., Sushchevskaya N.M. Tectonic-magmatic development of the continental margins of the South Atlantic and the opening of the ocean. *Geotectonika*. **2**, 20–41 (2018) (in Russian).
12. Mirlin E.G., Byakov A.F., Kononov M.V., Papesco N.M., Sushchevskaya N.M. Continental cover basalts and oceanic volcanic plateaus: result of plumes or lithosphere discreteness? *Proc. of the inter. symp. "Magnetic plumes and metallogeny"*. P. 147–148 (Petrozavodsk–Moscow, 2002) (in Russian).
13. Sobolev A.V., Krivolutsкая N.A., Kuzmin D.V. Petrology of parent melts and mantle sources of magmas in the Siberian trap province. *Petrologiya*, **17** (3), 276–310 (2009) (in Russian).
14. Sorokhtin O. G. *Life of the Earth*. 452 p. (Moscow–Izhevsk, 2013) (in Russian).
15. Khain V.E. The Main contradictions of modern geotectonics and geodynamics and possible ways to overcome them. *Tectonic. Meeting XL*. **2**, 324–329 (Moscow, 2007) (in Russian).
16. Anderson D.L. Superplumes or supercontinents. *Geology*. **22**, 39–42 (1994).
17. Anderson D.L. Lithosphere, asthenosphere and perisphere. *Rev. Geoph.* **33**, 125–149 (1995).
18. Anderson D.L. Large fire provinces, stratification and fertile mantle. *Elements*. **1**, 271–275 (2005).
19. Campbell J.H. The Great Plume Debate. *Episodes*. **29** (2), 133 (2005).
20. Courtillot V. et al. On the cause-and-effect relationships between the basalt flood and decay. *Earth and Planetary Science Letters*. **166**, 177–195 (1999).
21. Ernst R.E., Buchan K.L. Maximum size and distribution in time and space of mantle plume evidence from large magmatic provinces. *J. of geodynamics*. **34**, 309–342 (2002).

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

УДК 009, 504.03, 712.01

DOI 10.29003/m1773.0514-7468.2020_42_4/443-450

ЯПОНСКИЙ САД – СИНТЕЗ ЭКОЛОГИИ И МИСТИКИ

Е.В. Голосова¹

В статье рассматривается ряд причинно-следственных связей, исторических событий и традиционных верований, оказавших непосредственное влияние на структуру и планировку японского сада. Приводятся данные адаптации японским этносом китайской теории фэн-шуй. На основании обследования 27 объектов ландшафтной архитектуры г. Киото, созданных на протяжении 1000 лет от периода Хэйан до конца периода Мэйдзи, сделан вывод, что одним из наиболее важных метафизических понятий, на котором основаны планировочные решения японского сада, является полярность горы и воды в садах по оси север-юг.

Ключевые слова: японский сад, китайская геомантия, сады, парки, планировка города и сада, фэн-шуй.

Ссылка для цитирования: Голосова Е.В. Японский сад – синтез экологии и мистики // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 443–450. DOI: 10.29003/m1773.0514-7468.2020_42_4/443-450

Поступила 07.09.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

JAPANESE GARDEN AS ECOLOGY AND MYSTICISM SYNTHESIS

E.V. Golosova, Dr.Sci (Agr.)

N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences

The article examines a number of causal relationships, historical events and traditional beliefs directly influenced on the Japanese garden structure and layout. The data on the adaptation of the Chinese theory of Feng Shui by the Japanese ethnic group are presented. Based on the survey of 27 landscape architecture objects in Kyoto, created over 1000 years from the Heian period to the end of the Meiji period, the author concludes that one of the most important Japanese garden planning concept is the mountain and water polarity on the North-South axis in gardens.

Keywords: Japanese garden, Chinese geomancy, gardens, parks, city and garden planning, Feng Shui.

¹ Голосова Елена Владимировна – д.с.-х.н., г.н.с. Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН, eastgardens@mail.ru.

Введение. В период тесных контактов с Китаем в Японию были импортированы не только теории религиозного и философского буддизма, конфуцианское государственное устройство, культура чая и сады [5], но и многие даосские теории и практики, в т. ч. геомантия, известная более как даосская теория фэн-шуй (дословно «ветер и вода»), которая представляет собой национальное китайское учение об экологической гармонии, или учение о равновесии в природе. Оно сформировалось на основе тысячелетних наблюдений за широким спектром земных природных явлений, систематизации знаний по астрономии, астрологии, медицине, биоэнергетике и ландшафтоведению; в него вошли элементы буддийского учения о карме, конфуцианского учения о добродетели и теория гармонизации пространства с потоками земной энергии *ци*. В область интересов китайской геомантии включены небесные и земные энергии, а также воздушные потоки и вода, как переносчики этих энергий [4].

В Японии этот же объём знаний был назван «лицом земли» и направлен на выбор наиболее подходящих мест для расположения города, дома с садом, а также захоронений в пределах естественной или техногенной среды.

Китайско-японская геомантия базируется на целостном представлении о мире, в котором человек рассматривается как неотъемлемая часть природы и её энергетических полей. Сюда входит ряд геофизических факторов, таких как география местности, рельеф, климат, магнитные поля, а также астрономические явления – движение звёзд и солнца, лунные фазы. Древние философы и мистики связывали это ещё и с психоэмоциональным состоянием человека, что явилось весьма существенным для развития садового дизайна на протяжении длительного времени.

О важности геомантии в жизни японского государства говорит тот факт, что во время тринадцатилетнего правления 40-го императора Ямато – Тэмму (631–686) во второй половине VII века был создан специальный правительственный орган, который занимался исключительно вопросами геомантии – Оммё-рё, или управление Инь и Ян (на вооружении чиновников управления были «Книга перемен», учение фэн-шуй, календари и астрономия) [3, 7, 8].

При том, что в этом мистическо-философском учении современный исследователь находит достаточное количество суеверий, оно отражает глубокое понимание экологических взаимосвязей между человеком и силами природы. Если не углубляться в истинную суть процессов, то на поверхности учения лежит обширный набор правил и предписаний, истоки которых берут начало в страхах перед неконтролируемыми силами природы или перед натиском более сильного врага. Именно эти явления, наложенные на учение об энергиях земли, долгое время не признаваемое западной материалистической наукой, демонстрируют взаимосвязь всех уровней реальности – природных, социальных, а в дальнейшем и техногенных, подчинённых одним правилам.

Китайская геомантия, адаптированная японской культурой и японской научной мыслью ранних исторических периодов, является сложным сплавом двух течений, одно из которых основано на рациональной космологии, а другое – на интуитивном познании мира. Ранние формы космологии представляли собой религиозные мифы о сотворении мира, в которые постепенно включались знания по астрономии, математике и физике.

Методы и объекты. Автором проанализирована структура и история города Киото и 27 исторических киотских садов, относящихся к функционально разным типам на момент их создания – императорские сады, сады феодальных замков, сады буддистских храмов и синтоистских святилищ, а также частные и городские сады. Период по-

стройки этих садов охватывает более чем 1000 лет с IX по XIX век н.э., т. е. от эпохи Хэйан до конца эпохи Мэйдзи (табл. 1). Для лучшего понимания японской периодизации приводится таблица 2.

Таблица 1. Сады Киото
Table 1. Kyoto Gardens

	<i>Объект</i>	<i>Год создания</i>	<i>Период истории Японии</i>	<i>Категория территории</i>
1	Сад святилища Гокономия-дзиндзя	862	Хэйян	синто святилища
2	Сад Дзё-Дзю-ин храма Киемидзу	870	Хэйян	храмовый
3	Сад храма Бёдо-ин	1052	Хэйян	храмовый
4	Сад храма Рёандзи (старый сад)	к. XII в.	Камакура	храмовый
5	Сад храма Нандзендзи	1264	Камакура	храмовый
6	Сад святилища Хатидай Дзингу	1294	Камакура	синто святилища
7	Сад императорского дворца Киото Госе	1331	Камакура	императорский
8	Сад храма Сайходзи	1339	Намбокосе	храмовый
9	Сад храма Тенрюдзи	1339	Намбокосе	храмовый
10	Сад храма Миосиндзи (старый сад)	1342	Намбокосе	храмовый
11	Сад храма Рокуондзи (Кинкакудзи)	1400	Муромати	храмовый
12	Сад храма Конги-ин	1400	Муромати	храмовый
13	Сад камней Рёандзи	1400	Муромати	храмовый
14	Сад храма Дзисёдзи (старый сад)	1480	Муромати	храмовый
15	Сад храма Дайзен-ин	1509	Муромати	храмовый
16	Сад храма Сампо-ин	1598	Момояма	храмовый
17	Сад храма Кото-ин	1601	Эдо	храмовый
18	Сад замка Нидзё-дзё	1602	Эдо	феод. замка
19	Сад виллы Кацура	1605	Эдо	императорский
20	Сад храма Хосин-ин	1617	Эдо	храмовый
21	Сад храма Сисендо	1641	Эдо	храмовый
22	Сад виллы Сюакуин	1655	Эдо	императорский
23	Парк Маруяма	1886	Мэйдзи	городской
24	Сад святилища ХейанДзингу	1894	Мэйдзи	храмовый
25	Сад виллы Мури-ан	1894	Мэйдзи	частный
26	Сад святилища Хэйан дзингу	1895	Мэйдзи	синто святилища
27	Сад храма Тенрюдзи (внешний сад)	1899	Мэйдзи	храмовый

Таблица 2. Периоды японской истории от эпохи Хэйан до Эпохи Мэйдзи [2]
Table 2. Periods of Japanese history from the Heian era to the Meiji Era [2]

<i>Исторический период Японии</i>	<i>Даты</i>
Хэйян	794–1185
Камакура	1185–1333
Намбокусё	1333–1392
Муромати	1392–1568
Момояма	1568(1573)–1600(1603)
Эдо	1603–1867
Мэйдзи	1868–1912



Рис. 1. Лопань – китайский компас.
Fig. 1. Loran is a Chinese compass.

Основным инструментом, позволяющим прогнозировать события, связанные с потенциалом пространства, является удивительное изобретение, называемое «лопань» (китайский компас), с помощью которого можно охарактеризовать энергию данной местности, зависящую не только от форм и географии рельефа, но и от положения небесных тел (рис. 1).

В основе компаса лежат 64 гексаграммы из трактата «И-цзин», положение звёзд и планет, элементы географии и фактор времени [4, 6]

Концентрические кольца компаса со знаками вокруг магнитной стрелки в центре показывают полярность всех явлений природы, на которые ориентируется в своей деятельности и человек. Благодаря этому сады, дворцы и города Китая, а потом и Японии были ориентированы с юга на север.

Китайская геомантия и планировка японских садов (обсуждение и результаты). Структура

любого земного объекта с точки зрения восточной науки и философии основывается на знаниях древних учёных о видимом вращении звёзд вокруг Полярной звезды, которую китайцы называли «Великий Небесный Император». В соответствии с небесным устройством, на земле все государственные, религиозные, общественные события вращаются вокруг Сына Неба – императора Поднебесной, а поскольку Полярная звезда находится в части видимого небосклона почти на севере, то и ритуальное положение императора на земле тоже должно находиться на севере. Эта космологическая китайская аксиома мотивировала японцев ориентировать свои столичные города, дома знати, дворцы императоров, синтоистские святыни, буддийские храмы и, в конечном счёте, сады по оси юг-север (рис. 2, 3). В периоды постройки садов их главный вход чаще всего был с юга, а главные элементы архитектурно-садового комплекса тяготели к северу.

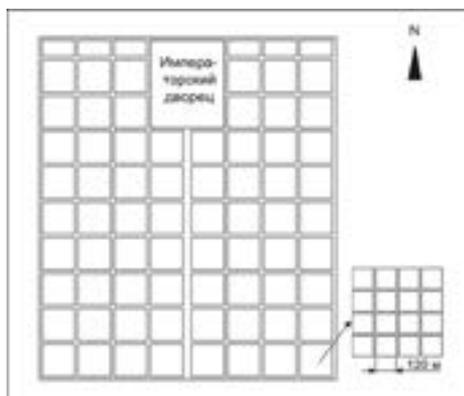


Рис. 2. Планировка древней японской столицы Хэйан (г. Киото).
Fig. 2. Layout of the ancient Japanese capital Heian (Kyoto).



Рис. 3. Планировка жилого комплекса в г. Киото эпохи Хэйан.
Fig. 3. Layout of a residential complex in Kyoto, Heian era.

В общем комплексе учения фэн-шуй были приняты японским обществом и основные понятия так называемой Школы Формы, в основе которой лежат тысячелетние наблюдения за природными явлениями. В результате гора или любая другая защитная преграда в виде стен или зданий на севере, а дополнительные холмы или изгороди на западе и востоке легли в основу японской планировки территорий. Место воды было определено с юга, как и прописывали китайские правила планировки. Таким образом, классическая китайская схема благоприятного места для жизни человека (а самое благоприятное расположение должен иметь, естественно, императорский дворец) как в масштабах города, так и в масштабах резиденции была полностью принята японцами. Однако можно найти целый ряд исключений, когда при рассмотрении планировки храма или святилища вдруг оказывается, что расположение водоёма соответствует северной экспозиции по отношению к зданию. При более детальном анализе видно, что во всех случаях расположение водоёмов по отношению к императорскому дворцу, как главенствующему объекту в городской застройке, будет с южной стороны.

Более того, вместе с космологической схемой планировки и конфуцианской иерархической доктриной японской культурой была принята и терминология: китайский шань-шуй («горы-воды») – один из первых жанров живописи внутри живописной традиции Китая, перешедший впоследствии в сады) звучит на японском языке как сан-суй, имеет то же значение и подразумевает пейзаж. Однако необходимо учесть, что главный смысл – не в дословном переводе этих понятий, а в их концептуальной и визуальной дифференциации: гора – это север, а вода – юг [1]. Наглядным примером использования китайской геомантии является расположение столицы Хэйан-кё (Киото), которое было выбрано, как считается, в соответствии с четырьмя мифологическими животными, символизирующими четыре стороны света и отражающими классическую схему фэн-шуй. Согласно этой схеме, Чёрная Черепаха, она же полночь и зима, обитает на севере, Красный Феникс живёт на равнинах на юге и контролирует полдень и лето (солнце в северном полушарии всегда будет видно в южной части небосклона), Лазурный Дракон живёт в горном потоке на востоке и отвечает за весну и восход, а Белый Тигр, отвечающий за вечер и осень, обитает в горах на западе.

Действительно, Киото окружён с трёх сторон горами – с севера город защищают горы Китаяма (с высшей точкой 971 м), в западной части пролегают горы Нисияма, на северо-востоке – горная гряда Хиэй, переходящая на востоке от центра города в холмы Хигасияма. Южная часть этого географического ландшафта является Киотской впадиной, на которой, собственно, и был заложен город. Место в точности соответствует всем канонам китайской геомантии.

Планировка Киото с улицами, проложенными с севера на юг и с запада на восток, повторяет планировку китайской столицы Чанъань периода Тан (618–907). Особенно опасным с точки зрения энергетического благополучия считался северо-западный сектор, где, как полагали, имело место сосредоточение негативной энергии и злых духов. Чтобы уберечь от них население города, именно на северо-западе строились синтоистские святилища, а затем и буддийские храмы.

В традиции религии синто соль и вода позиционируются не только как средство очищения, но и как средство борьбы с негативом, поэтому переступить границу священной территории возможно лишь после ритуального омовения. Соль в виде небольших пирамидок принято было ставить в северо-западном и юго-восточном углах помещений.

В определённой мере эта традиция перешла и в ландшафт, и белые пирамиды гравия можно иногда видеть на территории святилищ, например, у главного здания синтоистского святилища Хатидай Дзингу в Киото (рис. 4).



Рис. 4. Гравийные холмы перед главным зданием святилища Хатидай Дзингу, Киото.

Fig. 4. Gravel hills in front of the main building of the Hachidai Jingu Shrine, Kyoto.



Рис. 5. «Океан пустоты» – фрагмент сада храма Дайзэн-ин храмового комплекса Дайтокудзи, Киото [9].

Fig. 5. «Ocean of Void» fragment of the Daizen-in temple of the Daitokuji temple complex garden, Kyoto [9].

Подобные гравийные холмы в «океане пустоты» знаменитого сада буддийского храма Дайзэн-ин имеют символ очищения наряду с символической гравийной «водой» (рис. 5). Переход многих синтоистских традиций и символов в японский буддизм произошёл ещё в период Хэйан, когда возникла религиозная школа рёбу-синто, сделавшая попытку объединения двух религий.

Многочисленные сады Киото приурочены к разным типам архитектурных комплексов – императорским дворцам и аристократическим виллам, тяготеющим к центру и полностью подчинённым их структуре, другие расположены на окраинах города и представляют собой посредническое пространство между городской застройкой и природным ландшафтом (в основном крупные синтоистские святилища), третьи находятся на территории буддийских храмов. Самые древние из них – сады при храмах школы Чистой Земли и других, имеющих сады в стиле *дзёдо*, или буддийского рая. Их главными живописными эле-

ментами являются пруды и холмы, обозначающие ось север-юг. В отличие от европейской традиции, когда ось в архитектурных комплексах является чуть ли не основным планировочным (визуальным и осязаемым) элементом, ось север-юг в садах востока может быть обозначена всего лишь двумя основными элементами – горой и водой, но трактоваться достаточно широко – от северо-востока до северо-запада и от юго-востока до юго-запада. Водоёмы символизируют образ океана с одним или несколькими островами, в которые с искусственных или естественных холмов сбегают извилистые потоки, обрамлённые каменистыми берегами, демонстрируя модель идеального (природного) ландшафта. Пространственное противопоставление горы на севере и воды на юге можно увидеть в старейших храмах Киото, таких как Сайхо-дзи, Тэнрю-дзи, Дайкаку-дзи, Рёан-дзи (рис. 6, 7).



Рис. 6. Вид на гору Арасияма через пруд Осава храма Дайкаку-дзи, Киото. Фото автора.
Fig. 6. View of Mount Arashiyama across Osawa Pond of Daikaku-ji Temple, Kyoto.



Рис. 7. Вид на гору Арасияма из храма Тэнрю-дзи, Киото.
Фото автора (см. цв. фото на 3 с. обложки). .
Fig. 7. View of Mount Arashiyama from Tenryu-ji Temple, Kyoto.

Выводы.

1. Традиция тысячелетних наблюдений за природой в Китае, воспринятая и продолженная японскими мастерами, в совокупности с культурными и религиозными традициями Японии нашла своё воплощение в планировке городов, религиозных комплексов, садах самых разных типов.

2. Полярность горы и воды в садах по оси север-юг является одним из наиболее важных метафизических понятий, на котором основаны планировочные решения японского сада.

Исследование проведено лабораторией ландшафтной архитектуры в рамках государственного задания ГИС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения» (№118021490111-5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Голосова Е.В. Сады восходящего солнца. Ландшафтное искусство Японии. М.: Памятники исторической мысли. 2017. 600 с.
2. История Японии. Т. I. С древнейших времён по 1868 г. / Отв. редактор А.Е. Жуков. М.: Институт востоковедения РАН, 1998. 659 с. ISBN 5-89282-107-2.
3. Кикнадзе Д. Духи сикигами в японской магии оммёдо: от средневековой литературы до поп-культуры XXI века // Обратни и оборотничество: стратегии описания и интерпретации. Мат. межд. науч. конф. / Д.И. Антонов. М.: РАНХиГС, 2005. С. 109–113.
4. Классический фэншуй / Пер. с англ. М.Е. Ермакова. СПб: Петербургское востоковедение, Азбука. 2003. 267 с.
5. Сэнсом Дж. Б. Япония: Краткая история культуры. СПб: Евразия, 1999. 576 с.
6. Шуцкий Ю.К. Китайская классическая «Книга перемен». М.: «Восточная литература», 2003. 606 с.
7. Kuroda T., Dobbins J.C. and Gay S. Shinto in the History of Japanese Religion // The J. of Japanese Studies. V. 7, No 1 (1981). P. 1–21. DOI: 10.2307/132163.
8. Yamakage M. The Essence of Shinto, Japan's Spiritual Heart. Tokyo; New York; London: Kodansha International. 2007. ISBN 978-4-7700-3044-3.
9. Монастырь Дайтокудзи в Киото (<https://edo-tokyo.livejournal.com/9300784.html>).

REFERENCES

1. Golosova E.V. *Rising Sun Gardens*. Japanese landscape art. 600 p. (Moscow: Pamyatniki istoricheskoy mysli, 2017) (in Russian).
2. Zhukov A.E. (ed.). *History of Japan*. V. I. From ancient times to 1868. 659 p. (Moscow: Institute of Oriental Studies RAS, 1998). ISBN 5-89282-107-2. (in Russian).
3. Kiknadze D. Shikigami spirits in Japanese magic onmyodo: from medieval literature to pop culture of the XXI century. *Werewolves and werewolves: strategies of description and interpretation*. Mat. of the inter. sci. conf. P. 109–113 (Moscow: RANHiGC, 2005) (in Russian).
4. *Classical Feng Shui* (trans. from English by M.E. Ermakov). 267 p. (Petersburg: Azбука, 2003) (in Russian).
5. Sansom J.B. *Japan: A Brief History of Culture*. 576 p. (Petersburg: Eurasia, 1999) (in Russian).
6. Shutsky Yu.K. *Chinese classical "Book of Changes"*. 606 p. (Moscow: Vostochnaya literatura, 2003) (in Russian).
7. Kuroda Toshio, Dobbins J.C. and Gay S. Shinto in the History of Japanese Religion. *The J. of Japanese Studies*. 7 (1), 1–21 (1981). DOI: 10.2307 / 132163.
8. Yamakage M. *The Essence of Shinto, Japan's Spiritual Heart*. Tokyo; New York; London: Kodansha International. 229 p (2007). ISBN 978-4-7700-3044-3.
9. Daitokuji monastery in Kyoto (<https://edo-tokyo.livejournal.com/9300784.html>) (in Russian).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАУКИ И ОБЩЕСТВА В ПРОСТРАНСТВЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МУЗЕЯ США

Т.Ю. Ливеровская, М.М. Пикуленко¹

В деятельности современных музеев мира кроме общих трендов наблюдаются особенности, связанные с национальным, социальным и государственным развитием. На примере двух старейших музеев – Музея естественных наук в г. Хьюстон штата Техас (*The Houston Museum of Natural Sciences, Texas*) и Музея естественной истории университета Колорадо (*The Museum of Natural History of the University of Colorado in Boulder, Colorado*) авторы анализируют характерные черты становления естественнонаучных музеев США как культурно-образовательных центров, а также развитие американской концепции музея как интегратора многоплановых процессов взаимодействия научных организаций с самыми широкими слоями населения. Обобщены результаты работы музеев и отмечены отличительные черты в их деятельности и становлении, позволяющие специалистам российских музеев применить интересный зарубежный опыт в отечественных условиях.

Ключевые слова: естественнонаучный музей, экспозиция, коллекции, коммуникационные концепции музея, академические и социальные программы, выставки, музеология, музейная сеть, технологическая революция.

Ссылка для цитирования: Ливеровская Т.Ю., Пикуленко М.М. Взаимодействие науки и общества в пространстве естественнонаучного музея США // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 451–464. DOI: 10.29003/m1774.0514-7468.2020_42_4/451-464.

Поступила 20.10.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

SCIENCE AND SOCIETY INTERACTION IN NATURAL SCIENCE MUSEUMS IN USA

T.Yu. Liverovskaya, M.M. Pikulenko, PhD
Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)

Currently, modern museums activity has not only common trends but features connected with national, social and state development. Using the example of the two oldest museums in Texas and Colorado (*Museum of Natural Sciences in Houston, Texas, Museum of Natural History of the University of Colorado in Boulder, Colorado*), the authors analyze the characteristic features of USA natural science museums formation as cultural and educational centers. The development of the American museum concept as a multifaceted processes of interaction integrator between scientific organizations with the widest segments of the population is also analyzed. The results of the museums work are summarized, features of their activity and emergence are emphasized. It allows Russian museum workers to adapt and apply the foreign experience under domestic conditions.

Keywords: natural science museums, exposition, collections, communication concepts, academic and social programs, exhibitions, museology, museum network, technological revolution.

Введение. Обширный опыт естественнонаучного образования и эколого-просветительской работы, концепций взаимодействия науки и музеев в США не могут не

¹ Ливеровская Татьяна Юрьевна – н.с., talive@mail.ru; Пикуленко Марина Маилловна – к.б.н., в.н.с. Музея земледелия МГУ, pikulenkomarina@mail.ru.

обратить на себя внимание заинтересованного сообщества специалистов в области музеологии. Отдельные направления уже применены и реализуются сегодня во многих странах, в том числе, начиная с 90-х годов XX века, и в России [4, 5, 10]. Целью представленной работы является раскрытие основных характеристик становления и этапов развития музейного дела и музейной сети в США на примере Музея естественных наук в г. Хьюстон, штат Техас, и Музея естественной истории университета Колорадо в г. Боулдер, штат Колорадо. Анализ данных о музеях США [1–3, 7–14], а также авторские материалы, собранные в процессе посещения музеев, интервьюирование сотрудников и посетителей показали, что история этих музеев, изначально имевших различные цели, социальную направленность и административную принадлежность, отражает не только все этапы развития музейного дела и музейной сети в США за более чем столетний период, но и указывает на значительный вклад в развитие образования в пространстве естественнонаучного музея.

Особенности развития и сравнительный анализ деятельности музеев.

Музей естественных наук в г. Хьюстон, штат Техас (HMNS). Этот региональный музей более ста лет активно занимается образовательной, научной и выставочной деятельностью в сотрудничестве с широкой общественностью (рис. 1). Декларируемой «миссией» музея изначально являлось народное просвещение естественнонаучной направленности – работа с населением на основе создания высокопрофессионального открытого музейного центра.

Музей может рассматриваться как пример общественной организации, сформировавшейся на основе социально направленной просветительской деятельности в тесном сотрудничестве с университетами и научными центрами Техаса и поднявшегося до научного и культурно-экологического центра общегосударственного уровня. Музей – один из самых популярных в США (третье место в рейтинге среди музеев всех профилей). Ежегодно его посещает более 2 млн человек [11].

Создание и становление. Музей основан в 1909 г. «Хьюстонским музейным и научным обществом», занимавшимся вопросами создания научных и образовательных общественных институтов с бесплатным посещением. Таким образом, уже в начале XX века на уровне городских советов и собраний в США осуществлялась политика



Рис. 1. Музей естественных наук Хьюстона (<https://100dorog.ru/guide/sightseeing/4208732/>).

Fig. 1. The Houston Museum of Natural Science (<https://100dorog.ru/guide/sightseeing/4208732/>).

развития музея как культурно-социального и образовательного центра широкого профиля для бесплатного народного образования и вовлечения народных масс в научную деятельность. Наиболее значимые экспонаты и коллекции, положенные в основу его собрания, приобретались с 1914 по 1930 г. Среди них самыми крупными были коллекция по естественной истории г. Эттуотера (ископаемые останки доисторических животных) и минералогическая коллекция Дж. Милсапса, первоначально размещённые в городском зоопарке [11].

Укрепление и развитие. В 60-е гг. XX века развивающийся музей получил своё официальное название – «Хьюстон-

Таблица 1. Сравнительная характеристика музеев

Table 1. Comparative characteristics of museums (Name of a museum, date of foundation, scientific and educational organization, location, educational programs, general description)

Музей	Дата основания	Научно-образовательная организация	Расположение	Образовательные программы
Музей естественной истории университета Колорадо, г. Боулдер (MNSKB), США	1902 г., официально в составе Университета с 1909 г., в собственном здании с 1937 г.	Университет Колорадо, г. Боулдер	г. Боулдер (территория университета)	С момента основания (1902 г.)
Общая характеристика				
Университетский музей, функционирует как факультет в структуре университета, активно участвует в научно-педагогической работе. Реализует многочисленные университетские учебные курсы, в т. ч. по специальности музеология (музееведение, фондовая работа и т. д.). Имеет уровень регионального (Колорадо, Скалистые горы) научного и культурно-экологического центра, реализует музейные педагогические программы со школьниками, учителями, широкими слоями населения. Владеет самой большой коллекцией по естественной истории в Скалистых горах. Один из немногих музеев, получивших аккредитацию Ассоциации музеев США				
Музей	Дата основания	Научно-образовательная организация	Расположение	Образовательные программы
Музей естественных наук (MNS), Хьюстон, Техас, США	1909 г., в собственных зданиях с 1969 г. Реконструкция и филиалы: 1988, 1989, 1991–94, 2009 гг.	Городское гражданское музейное и научное общество при участии вузов Хьюстона (Университет Райса и др.)	Герман-парк, природные парки города и пригородов Хьюстона	С 1947 г.
Общая характеристика				
Региональный общественный естественнонаучный музей, известен широтой своих социально-образовательных программ (волонтерское движение, скаутские школы, просветительские экспедиции, выставки и т. д.) и научных связей. Активно внедряет в экспозицию новейшие разработки и теоретические достижения университетов и др. научных и научно-практических организаций Техаса. Расширяет деятельность за счёт создания новых исследовательских площадок и филиалов, используя территорию г. Хьюстон и его окрестностей. Знаменит своими научно-художественными выставками				

ский музей естественных наук», и открылся в новом музейном комплексе в центре города, в Герман-парке. В 1990 г. число посетителей музея уже превысило 1 млн человек.

Образовательные программы для подрастающего поколения стали активно реализовываться с 1947 г., а в 1948 г. в них уже участвовало 12 тыс. детей. Ведущее значение среди всех направлений деятельности и международную известность приобретают естественнонаучные и научно-художественные выставки, проводимые на регулярной основе [11].

Новейшие преобразования (XXI век). Развитие экспозиции. Новейший этап развития музея ознаменовался созданием новых технологичных экспозиций и филиалов. Ныне центральный музейный комплекс состоит из четырёхэтажного здания с планетарием, Центром бабочек (который представляет собой модель тропического леса с водопадом и живыми фито- и зооэкспонатами), 3D-кинотеатром и залами с традиционными для США постоянными экспозициями, посвящёнными палеонтологии, геологии, биологии, этнографии и антропологии (в т. ч. залы Африки и Северной и Южной Америк), а также истории освоения космоса и природы штата Техас. Кроме

того, были открыты новые тематические залы, образовательный центр в память о катастрофе шаттла «Челленджер» в дополнительном помещении, обсерватория Джорджа в национальном парке Бразос-Бенд (рис. 2).



Рис. 2. Музей естественных наук Хьюстона. Центр бабочек. Центральный вход. Фото Т. Ливеровской.

Fig. 2. The Cockrell Butterfly Center in The Houston Museum of Natural Science. Central entrance. Photo by T. Liverovskaya.



Рис. 3. Национальный парк в окрестностях Хьюстона. Фото Т. Ливеровской.

Fig. 3. National Park in the vicinity of Houston. Photo by T. Liverovskaya.

В 2008 г. в городе Шугар-Ленд в окрестностях Хьюстона музей открыл новый филиал с естественнонаучной тематикой общего профиля, модернизированными экспозициями современной стилистики, созданными с применением новейших технологий и построенными на принципах интерактивной работы с посетителями (видеообучение, контактные экспонаты и прочее) [12].

Выездные и экспедиционные программы. Музей использует многочисленные национальные парки Хьюстона как площадки для своих образовательных программ (Германн-парк, Бразос-Бенд, Вудландс Молл, Клеар Лейк и др.). Он не просто расширяет свою деятельность, но получает дополнительные полигоны для творческого развития новых технологических подходов к музейному делу. Для создания новых исследовательских площадок и филиалов используется вся территория г. Хьюстон и его окрестностей. Например, в 2007–09 гг. была оборудована новая площадка в парке Вудландс Молл, где все желающие могли принять участие в раскопках костей динозавров (рис. 3).

В обсерватории Джорджа, находящейся в парке Бразос-Бенд, открыт постоянно действующий класс астрономии. Почасовые дневные занятия для всех желающих включают экскурсию по обсерватории, знакомство с исследовательским телескопом и экспозицией «Метеориты». В надувном планетарии «Купол открытый» каждые полчаса по субботам ночью можно наблюдать шоу «Взрыв в космосе» [10].

Школьные программы. Музей активно сотрудничает со школами, разрабатывая для них дополнительные образовательные программы. Скаутские программы реализуются в виде уроков в

классов по субботам в течение учебного года, в сочетании с летними полевыми проектными исследованиями и экскурсиями в национальных парках Хьюстона и обучением в профильном летнем лагере [12].

Выставки. Большой популярностью пользуются многочисленные выставки как естественнонаучного, так и художественно-культурного содержания, которыми регулярно дополняется экспозиция Музея. Некоторые из них временные – показы редчайших экспонатов коллекций лучших музеев мира, другие постоянные или длительно действующие – из частных коллекций, фондов самого Музея и частных музеев и собраний Техаса. Например, выставка работ мастерской Карла Фаберже (2010 г.) из частной коллекции Техасских меценатов Макферрин, где были представлены ювелирные изделия и драгоценности русской императорской семьи Романовых и итальянской королевской фамилии [13] (рис. 4 а, б).



а)



б)

Рис. 4. Путеводитель (журнал-буклет) по Музею естественных наук Хьюстона: а) Обложка; б) календарь мероприятий.

Fig. 4. Museum Guide (booklet magazine) of the Houston Museum of Natural Science: а) magazine cover; б) calendar of events.

Подготовка волонтеров и клубная работа. Занятия по музейным программам проводятся сотрудниками Музея совместно с волонтерами и студентами, проходящими в музее стажировку и профильную академическую практику. Участие волонтеров в работе Музея составляет 55 тыс. часов в год (в 2019 г. участвовали 152 подростка). Волонтеры (включая новичков после специальной подготовки и профессионалов – студентов и специалистов университетов и колледжей) оказывают неоценимую поддержку музею, ассистируя на презентациях, занятиях, уроках, сопровождая группы на музейных, в т. ч. выездных, экскурсиях, представляя посетителям новые программы и рекламную продукцию [12].

Некоторые волонтеры являются членами клуба «Друзей музея», что обычно для американских музеев. Это способ взаимовыгодного взаимодействия на регулярной основе посетителей (имеющих возможность льготного посещения выставок) и музея (организация постоянной финансовой поддержки) [10].

Сотрудничество с вузами и научными центрами. Музей не имеет обширных фондов, большая часть его коллекций представлена в экспозиции. Однако все 12 универ-

ситетов и множество научных центров Хьюстона тесно сотрудничают с Музеем естественных наук в русле педагогической работы, довузовской подготовки школьников и популяризации своих достижений. Например, интерактивная экспозиция музея «Земля – Форум», созданная для практических занятий компьютерной моделью со смысловой нагрузкой учения о Земле и природных процессах, профинансирована на уровне программного обеспечения НАСА и Университетом Райса. Обновлённая и расширенная экспозиция залов, посвящённых энергетике, нефтяной геологии, геологоразведке и переработке нефти, изобилующая интерактивными возможностями, разработана с помощью заинтересованных научных центров и институтов нефтяной промышленности Техаса. В ней представлены копия буровой установки, компьютерные интерактивные модели и лазерные проекции природных и технологических процессов, возобновляемых и альтернативных источников энергии; здесь присутствует даже «машина времени», моделирующая поездку в меловой период [12].

Таким образом, университеты и другие научные и научно-практические организации Техаса не только активно используют Музей для пропаганды своей работы и научных достижений, но и внедряют новейшие разработки в практику создания инновационных музейных экспозиций. Музей, в свою очередь, на своих площадках обеспечивает вузам академический процесс по музеологическим программам для студентов, аспирантов, магистрантов [11].

Работа с фондами и научная работа. Натурные коллекции Музея насчитывают тысячи экспонатов, но не могут сравниться по полноте и разнообразию с систематическими собраниями музеев США, имеющих, прежде всего, научную направленность, насчитывающих миллионы оцифрованных экспонатов. Научные исследования, хранение, пополнение и изучение коллекций не являются основными задачами этого музея, изначально ориентированного на экспозиционную и научно-популярную работу. Однако анализируя работу публичного музея в г. Хьюстон, мы ясно видим её неразрывную связь с развитием науки и вузовского образования в регионе.

Естественнонаучный музей университета Колорадо в г. Боулдер (MNSKB) – один из известнейших в стране [14]. В 2003 г. он вошёл в число 18 (менее 5 % всех музеев различного профиля), удостоившихся аккредитации Американской ассоциации музеев (ныне Американский альянс музеев – ААМ) [11].

Вот уже более 110 лет Музей работает как подразделение одного из ведущих региональных вузовских центров в двух основных направлениях: предоставляет свои площадки и коллекции для студентов и преподавателей, обогащая предметной составляющей учебный и научный процессы Университета Колорадо; разрабатывает музейно-педагогические концепции и методы общественного развития, основанные на интеграции науки и общества в процессе их творческого взаимодействия в пространстве естественнонаучного музея [1].

Создание и становление. Музей был создан в 1902 г. университетскими профессорами на основе разрозненных университетских коллекций. Только после семи лет интенсивной работы энтузиастов на общественной основе, в 1909 г., он был официально признан отдельным факультетом Университета и получил бюджетное финансирование. В формировании коллекций принимала участие вся культурная и научная общественность города [9].

Укрепление и развитие. В течение следующих двадцати лет основатели Музея работали с факультетами, сотрудниками Университета, сторонними учёными и коллекционерами над его обогащением и расширением. В 1937 г. Музей получил собственное

новое здание, хотя фонды ещё долгое время хранились в разных помещениях университетского кампуса. Здание имени первого куратора Музея Хендерсона, построенное в 1937 г., и сегодня основное, но большую часть коллекций постепенно перенесли в большое университетское здание, выделенное музею дополнительно, а огромный гербарий – в специальное малое здание «Клэр» (рис. 5).



Рис. 5. Музей естественной истории университета Колорадо в г. Боулдер. Основное здание (Хендерсон) [14].

Fig. 5. The University of Colorado Museum of Natural History in Boulder. The main building (Henderson) [14].

Новейшие преобразования – XXI век. Научная структура. В Музее работают более пятидесяти преподавателей и сотрудников: кураторы, менеджеры коллекций, специалисты общественных программ, дизайнеры, инструкторы, администраторы. Руководит их работой Консультативный совет. В научную структуру Музея входят всего два подразделения: «Ботаническая секция и университетский гербарий», «Секция истории Земли и палеонтологии». Однако их тематика понимается весьма широко как в научном, так и экспозиционном смысле, принимая любые новые направления, если они подкрепляются коллекционными и экспозиционными возможностями Музея или отражают насущные проблемы региона Колорадо [14].

Коллекции. Сегодня Музей владеет одним из крупнейших естественнонаучных коллекционных собраний в США, самой большой коллекцией по естественной истории в Скалистых горах (более 4 млн экспонатов по ботанике, энтомологии, палеонтологии, зоологии, антропологии и археологии в фондах и экспозиции). Кроме гербария и палеонтологических собраний, здесь находится старейшая в мире документированная коллекция текстиля индейцев Навахо, крупнейшие в штате коллекции птиц и пчёл Колорадо и многие другие [11].

Научная работа. Сотрудники Музея самостоятельно и совместно с профильными факультетами университета проводят разноплановые научные исследования, используя полевые методы работы и самые современные технологии для изучения обширных музейных фондов. Здесь изучают экологию водорослей, используя методы геномики, питание динозавров (по анализу ископаемых копролитов), первую колонизацию Северной и Южной Америки (по уникальным историческим и археологическим артефактам) и т. д. [14].

Основное направление деятельности научных отделов музея – фондовая работа, которая основывается на огромном коллекционном материале. Она не сводится к тра-

традиционным формам каталогизации и инвентаризации, а включает также разработку и реализацию новых методов.

В разделе палеонтологии два отдела – «Палеонтология позвоночных» и «Палеонтология беспозвоночных», причём в последний, наряду с морскими и наземными беспозвоночными организмами, включены ископаемые растения. Из общего числа каталогизированных образцов фондов (600 000 объектов из более чем 8000 населённых пунктов в 45 штатах и 80 странах мира, из них более 300 000 каталогизированных образцов морских беспозвоночных, наземных беспозвоночных и растений) 150 000 выставлено в экспозиции [14] (рис. 6).



Рис. 6. Музей естественной истории университета Колорадо в г. Боулдер. В залах Музея [14] (см. цветное фото на 4 с. обложки).

Fig. 6. The University of Colorado Museum of Natural History in Boulder. In the halls of the museum [14].

Один из новейших аспектов фондовой работы – участие в «Программе продвижения оцифровки биологических коллекций», осуществляемой при финансовой поддержке государства в рамках Национального ресурса для оцифровки биологических коллекций. Сетевые виртуальные методы обеспечивают исследователю и педагогическому сообществу, правительству, представителям промышленности, широкой общественности и средствам массовой информации доступ к научной информации. Музеем разрабатываются мобильные приложения, которые позволят самому широкому кругу пользователей непосредственно взаимодействовать с коллекционными материалами [14].

Музей принимает активное участие в Национальном проекте «Tele Communication Network (телекоммуникационные сети) по исследованию ископаемых насекомых». В рамках «Программы продвижения оцифровки биологических коллекций» подвергаются оцифровке все данные по исследованию ископаемых насекомых, создаются электронные записи всех образцов, состоящие из их цифровых изображений и связанной с ними информации (данных сбора и т. д.). Оцифрованные коллекции доступны через веб-сайт проекта по исследованию насекомых и через объединяющий все сети собранный палеобиологической тематики центральный сайт iDigPaleo [11].

Музей-гербарий, который курируется Ботанической секцией (вместе они составляют «Активный центр ботаники Колорадо»), рассматривается как один из основных

первичных ресурсов для инвентаризации и изучения богатой естественной истории и биоразнообразия района Колорадо. Гербарий в оцифрованном варианте также доступен всем, кто интересуется ботаникой – это преподаватели и студенты, приглашённые учёные, частные консультанты, местные натуралисты и ботаники из различных государственных и частных учреждений [14].

Работа Музея в качестве факультета университета. Академические программы Музея – это программы не только подготовки выпускников факультета Музейных и полевых исследований, которым и является Музей как подразделение университета, но и обязательные программы получения дополнительного музейного образования студентами других факультетов, подготовка и обучение аспирантов с диссертациями по музеологии, стажировок и проектов. Для проведения учебных программ используются все ресурсные возможности университета; занятия проводятся как сотрудниками музея, так и профессорско-преподавательским составом вуза [11].

Студенты, обучающиеся в Музее по специальности «Музейные и полевые исследования», занимаются по программам, в которых сочетаются музейные и общеобразовательные курсы. Студентам и аспирантам других факультетов предоставляется возможность защитить диссертацию, получить степень магистра наук, получить сертификат о той или иной профильной музейной квалификации или дополнительный сертификат о проведении музейных исследований.

В качестве дополнительных к обязательным программам и основным курсам других факультетов открыты многочисленные и разнообразные элективные музейные курсы и магистратуры по профильным музейным дисциплинам. Эти занятия студенты выбирают сами, в зависимости от личных интересов. Предпочтение отдаётся проектам, которые могут принести пользу музейному сообществу [14].

Программы факультативов и элективных курсов могут освещать широкий круг научных вопросов, но, прежде всего, ориентированы на практические проблемы современности. Например, в программе по географии изучаются только геоинформационные системы, в программе по журналистике – только цифровая журналистика со спецкурсом «Визуальное общение», в программе по социологии – методы кино- и фотосъёмки со спецкурсом «Искусство, технологии и медиа». Программы по геологии фокусируются исключительно на палеонтологических исследованиях, что, вероятно, связано с длительно существующей в США модой на это научное направление [8]. Более широкий охват предмета имеют программы по истории, антропологии, экологии, биологии, включающие теоретические и практические занятия по многим направлениям [14].

Музей как «факультет музееведения». Истории и современным задачам организации музейного дела, как и современным методам музейной педагогики, в программах уделяется особое внимание, т. к. они являются специфическими профильными направлениями музея как факультета музееведения. Программы этих курсов охватывают как общую (исторические, философские, социологические, психологические, педагогические, экономические, художественные и прочие вопросы), так и весьма конкретную практическую музейную тематику. Это курсы «Музеи и общество», «Введение в музейные исследования», «Музейное образование», «Отдельные темы музея», «Музеи и общественность: разработка экспозиций», «Администрация музея», «Управление коллекциями», «Введение в научную иллюстрацию».

Практическое направление – музейная педагогика. Профильное музейно-педагогическое направление понимается в американских программах высшего образования

как получение многоплановых компетенций для дальнейшей работы во всех сферах музейной практики со всеми социальными группами и категориями населения [6]. Эти программы отличаются чрезвычайным разнообразием целевых запросов по отношению к музейно-образовательному процессу и его содержанию. Проводятся семинары по коммуникациям и технологиям в образовании, включающие специальные практические занятия по темам: «Обучение для понимания», «Учебный план для образования, относящегося к разным национальным культурам», «Основные статистические методы в образовании», «Введение в дисциплинарный запрос» и т. д. Проводится обучение разработке образовательных программ для различных типов аудитории, организации музейно-школьного партнёрства, администрированию, работе с коллективом, решению проблем финансирования, обеспечению грантами [11]. В том же ключе реализации именно педагогических и психологических подходов к созданию экспозиции проводится обучение студентов подготовке коллекций, выставок и конкретных экспонатов. Существуют даже специальные художественные курсы, сочетающие теоретическое знакомство с основами рисунка, живописи и композиции с практическим получением базовых навыков создания и представления научной иллюстрации, с использованием различных методов, включая компьютерные инструменты и методики [14] (рис. 7).

Музееведческие образовательные программы обеспечивают основу для студенческих проектов по различным музейным темам (этика коллекционирования, управление данными, роль музея в сообществе и др.). Собственно музееведческая практика, сбор материала для подготовки и реализации проекта, осуществляется в ходе непосредственного включения студента или аспиранта в процесс работы музейных отделов по выбранной им тематике. Для получения дополнительных навыков и опыта работы музей организует и курирует стажировки студентов в другие большие или малые музеи и коллекции (включая музеи истории, естественной истории, искусства и детские музеи).

Социальные программы университетского музейного подразделения не столь грандиозны, как у музеев, изначально имеющих публичное направление, но они также очень разнообразны и насыщены. Постоянные и временные выставки, разноплановые по целям, содержанию и стилистике экспозиции, являются зримым воплощением результатов партнёрства и совместной деятельности университетского музея со сторонними организациями.

Музей тесно сотрудничает с Обществом ботанических художников Скалистых гор (RMSBA) и в партнёрстве с ним на регулярной основе организует выставки ботанической, орнитологической, зоологической иллюстрации, демонстрируя тематические художественные произведения в



Рис. 7. Музей естественной истории университета Колорадо в г. Боулдер. Ископаемые насекомые наездники-ихневмониды (Ichneumonidae) (виртуальный каталог) [14] (см. цветное фото на 4 с. обложки).

Fig. 7. The University of Colorado Museum of Natural History in Boulder. Fossil insects Ichneumonidae (virtual catalog) [14].

рамках продуманного научно-образовательного сценария экологического и общебиологического содержания. Примером может служить постоянная выставка «Перья и флора», которая, сочетая натурные экспонаты Музея с иллюстративно-художественной составляющей, раскрывает многие аспекты функционирования экосистем Скалистых гор с точки зрения взаимосвязи орнитофауны и растительности [14].

Музей тесно взаимодействует со многими школами в качестве партнёра, предоставляя дополнительные образовательные возможности и услуги как детям, в соответствии со стандартами школьных программ, так и учителям, в порядке облегчения их работы и повышения квалификации. Для более полной реализации этого партнёрства используются современные интерактивные методы педагогической работы. В структуре выставки «Геномика: наблюдение за эволюцией», например, используются не только зоологические натурные экспонаты музея, но и виртуальные игровые и другие интерактивные формы музейной коммуникации [2].

В музее организован выставочный «Уголок открытий» (Discovery Corner). Это специально оборудованное помещение, функционирующее как практическая интерактивная выставка, разработанная в соответствии с методическими потребностями школьников и их семей. Подобного рода помещения для работы со школами и семьями имеются практически во всех естественнонаучных музеях США (Discovery Corner, Discovery Club) [4].

Подготовка волонтеров. Основной силой, обеспечивающей реализацию социальных программ Музея, как и в других музеях США, являются его волонтеры – команда обслуживания посетителей. Волонтеры принимаются в соответствии с имеющимися вакансиями на должности экскурсоводов, координаторов музейных программ, помощников по их планированию и подготовке, помощников по обслуживанию посетителей, координаторов информационно-пропагандистской программы, помощников в рабочих исследованиях музея. Если волонтерские должности требуют специальной подготовки, она предоставляется бесплатно [14].

Результаты актуализации коммуникационных концепций. Музейная модель взаимодействия науки и общества. Общеизвестно, что американская модель интенсивного взаимодействия музея и всех слоёв населения имела свои исторические предпосылки, основанные на политических и практических интересах и ориентирах государства.

Изначально гражданская направленность (табл.1, 2), ориентация музеев на формирование научно-обоснованной системы ценностей в обществе способствовали массовой ориентации населения на научно-технический прогресс, развитие экономики, внедрение новых технологий в промышленность, разведку минеральных ресурсов и их безопасное рациональное использование [9]. Деятельность американских музеев естественной истории направлена, прежде всего, на практические цели и непосредственно связана не только с широкими слоями населения, но и территориально с регионом – с окружающей природной средой, в т. ч. урбанизированной (табл. 1) [3]. В конце XX – начале XXI вв. на передний план в тематике выдвинулись проблемы устойчивого развития, космические и экологические исследования, защита окружающей среды, сохранение планетарного биоразнообразия, геномика. В последнее время всё более акцентируются темы устойчивого развития, сбережения энергетических ресурсов во всех сферах жизни и быта, потепления климата [7].

Интенсификация применения новейших технологий в педагогической работе приводит к разработке новых форм образовательного процесса на основе музейных

Таблица 2. Этапы становления музейного дела в США

Table 2. Historical stages of the development of US museums (periods and historical background)

Период	Исторические предпосылки, народное образование, музейная сеть
Середина XIX – начало XX вв.	Научное и практическое освоение территории страны. Сбор коллекционного материала в поле, формирование коллекций (в т. ч. вывоз материалов из-за рубежа).
До середины XX в.	Эпоха войн и революций в Европе и во всём мире, волны иммиграции в США. Интенсивное пополнение коллекций, создание научных, вузовских, музейных центров (в т. ч. на основе оформления коллекций), активное подключение частного капитала (меценаты) к культурно-образовательной деятельности при поддержке государства, массовое создание гражданских научных обществ с целевой направленностью просвещения населения и привлечения его к научным исследованиям. Разработка новых коммуникационных и педагогических концепций. Начало развития новых музейных технологий – активное внедрение научных разработок в практику.
Середина XX в. – настоящее время	Расширение многоплановой системы научно-культурных центров народного образования на основе как государственных и частных, так и социальных инициатив (городские, общественные, детские, клубы и т. д.) – концепция «корпоративного музея», развитие теории «музейной коммуникации». Музеями считаются также мемориалы, национальные парки, зоопарки, ботанические сады и т. п. В 2014 г. по подсчётам Американского альянса музеев (ААМ) разнотипных музейных организаций в США насчитывалось уже более 34 тыс., причём с 1990 г. их количество выросло вдвое [11].

практик. Приоритетом в национальной образовательной политике США становится STEM (Science, Technology, Education, Mathematics) – образование, в котором музеи принимают непосредственное участие [11]. Широкое развитие музейной сети создаёт предпосылки для создания новых рабочих мест и увеличения востребованности естественнонаучного образования в целом. Особенностью американского музейного опыта, которая может быть очень актуальной для развития музеев России, является включение в качестве обязательной дисциплины в программу всего вузовского образования предмета музееведение с музейными практиками и стажировками. Для популярности образовательных программ музеев немаловажно, что они предоставляют возможности получения дополнительной специализации и значительно расширяют сферу дальнейшего трудоустройства. Отмечается, что выпускники музеев, как правило, в течение года после окончания находят хорошую работу в сфере музейной деятельности [11].

Таким образом, современные музеи являются актуальным бизнес-партнёром для развития научных организаций и всего высшего, среднего и начального образования, с одной стороны, и необходимым звеном для получения образования и дальнейшего карьерного роста граждан, с другой.

Широкое вовлечение населения в процесс финансовой, организационной и научно-тематической поддержки музеев (меценаты, ассоциации, фонды, общества друзей музеев, взносы, клубные карты, волонёрское движение и т. д.) привело к возникновению инновационных музейных концепций. Музейным сообществом Америки сегодня активно обсуждаются и продвигаются концепции «Корпоративного музея»,

«Виртуального музея» и многие другие теоретические разработки [1]. Технологическая революция наблюдается во всех аспектах музейной теории и практики (экспозиция, хранение, коллекционирование, коммуникация, интерактивные формы занятий, педагогические программы, информационные интернет программы и сайты и т. д.). Дополнительное образование (Long-life) в США неуклонно смещается в сторону активного использования преимуществ музейной педагогики [2].

Заключение. Подробное рассмотрение деятельности двух старейших и типичных для США естественнонаучных музеев – Музея естественных наук Хьюстона (HMNS) и Музея естественной истории университета Колорадо, г. Боулдер (MNSKB) – позволяет увидеть перспективы дальнейшего развития партнёрства науки и музеев в нашей стране. На наш взгляд, пример США ценен для России сегодня, прежде всего, как системный опыт научной музейной педагогической и воспитательной работы с широкими слоями населения, в основу которого положена задача предотвращения экологических катастроф, воспитания бережного отношения к природе и культурным традициям, формирования и поддержания интереса к научной деятельности, консолидации общества в условиях бурного развития научно-технического прогресса. В этом плане научно-педагогические и организационные концепции в США успешно реализовались в пространстве музеев. Очевидно, что в современном мире именно музеи естествознания могут занимать важное место в формировании активной осознанной социальной позиции граждан.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьев В.Г., Кизил М.И.* Теория и практика музейных экспозиций в работах зарубежных музеологов в 1900–1930 гг. // Вестник Томского гос. ун-та. Культурология и искусствоведение. 2017. № 25. С. 113–121.
2. *Бонами З.А.* Музей – образование – дети (по материалам музейно-педагогических изданий США) // Музейная педагогика за рубежом (работа музеев с детской аудиторией) / Под ред. М.Ю. Юхневич. Серия элект. изд. MUSEUMPRO. М., 1997. Вып. 5. С. 5–21 (https://musrzn.ru/uploads/images/files/muzeynaya_pedagogika_za_rubezhom.pdf).
3. *Майстровская М.Т.* Музейная экспозиция. Теория и практика, искусство экспозиции, новые сценарии и концепции. М., 1997 (http://www.future.museum.ru/lmp/books/mus_expo.htm).
4. *Макарова Н.Г.* Детские музеи Америки. История и современность. Музейная педагогика за рубежом (работа музеев с детской аудиторией) / Состав. и ред. М.Ю. Юхневич. Серия элект. изд. MUSEUMPRO. М., 1997. Вып. 5. (https://musrzn.ru/uploads/images/files/muzeynaya_pedagogika_za_rubezhom.pdf).
5. *Попова Л.В., Пикуленко М.М.* Современные тенденции музейной педагогики // Жизнь Земли. 2015. Т. 37. С. 278–282.
6. *Юренева Т.Ю.* Музей в мировой культуре. М.: Русское слово – РС, 2003. С. 255–272.
7. *Юренева Т.Ю.* Музееведение. Учебник для высшей школы. М.: Академический проект, 2003. 560 с.
8. *Preston D.J.* Dinosaurs in the Attic: An Excursion Into the American Museum of Natural History. St. Martin's Griffin, 1993. 256 p.
9. *Hudson K.* A Social History of Museums. London, 1975. 210 p.
10. HMNS VISITORS GUID [буклет-путеводитель Музея естественных наук Хьюстона]. 2014. 25 p.
11. Официальный сайт ААМ (Американского Альянса Музеев) (<http://aam-us.org/>).
12. Официальный сайт Музея Естественных Наук Хьюстона (HMNS) (<http://www.hmns.org/>).
13. Платформа TripAdvisor (US) (https://www.tripadvisor.ru/Attraction_Review-g56003-d105911-Reviews-The_Houston_Museum_of_Natural_Science-Houston_Texas.html).
14. Официальный сайт Музея естественной истории университета Колорадо г. Боулдер (MNSKB) (REASERCH AND INNOVATION OFFICE) (<http://www.colorado.edu/cumuseum>).

REFERENCES

1. Ananiev V.G., Kizil M.I. Theory and practice of museum exposition in the works of foreign museologists in 1900-1930. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta* [State University J. of Cultural Studies and Art History], **25**, 113–121 (2017). DOI: 10.17223/22220836/25/14 (in Russian).
2. Bonami Z.A. Museum – education – children (based on materials of museum and pedagogical publications of the USA). *Museum pedagogy abroad* (the work of museums with a children's audience). MUSEUM PRO Electronic Edition Series. **5**, 5–21 (1997) (https://musrzn.ru/uploads/images/files/muzeynaya_pedagogika_za_rubezhom.pdf) (date of visit: 20.09.2020) (in Russian).
3. Maistrovskaya M.T. (ed.). *Museum exhibition of development trends. Museum exposition (theory and practice, art of exposition, new scenarios and concepts)* (http://www.future.museum.ru/lmp/books/mus_expo.htm) (in Russian).
4. Makarova N.G. *Children's Museums of America. History and modernity from. Museum pedagogy abroad (the work of museums with a children's audience)* / Ed. by M.Yu. Yukhnevich. MUSEUM PRO Electronic Edition Series. **5** (1997) (https://musrzn.ru/uploads/images/files/muzeynaya_pedagogika_za_rubezhom.pdf) (in Russian).
5. Popova L.V., Pikulenko M.M. The modern museum's pedagogy trends. *Zhizn' Zemli*. **37**, 278–282 (2015) (in Russian).
6. Yureneva T. Yu. *Museum in world culture*. P. 255–272 (Moscow: Russian Word – RS, 2003) (in Russian).
7. Yureneva T.Yu. *Museum studies*. Textbook for higher education. 560 p. (Moscow: Academic Project, 2003) (in Russian).
8. Preston D.J. *Dinosaurs in the Attic: An Excursion into the American Museum of Natural History*. 256 p. (St. Martin's Griffin, 1993).
9. Hudson K.A. *Social History of Museums*. 210 p. (London, 1975).
10. *HMNS VISITORS GUID* (Houston Museum of Natural Sciences Guide). 25 p. (2014).
11. Electronic resource: official website of AAM (American Alliance of Museums) (<http://aam-us.org/>).
12. Electronic resource: official website of Houston Museum of Natural Sciences (HMNS) (<http://www.hmns.org/>).
13. Electronic resource: official website TripAdvisor (US) (https://www.tripadvisor.ru/Attraction_Review-g56003-d105911-Reviews-The_Houston_Museum_of_Natural_Science-Houston_Texas.html).
14. Electronic resource: official website of the University of Colorado Museum of Natural History (MNSKB) (<http://www.colorado.edu/cumuseum>).

МУЗЕЙНАЯ ПЕДАГОГИКА

УДК 502.1:504.73

DOI 10.29003/m1775.0514-7468.2020_42_4/465-472

ОПЫТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МУЗЕЕ ЭКОЛОГИИ И КРАЕВЕДЕНИЯ ГОРОДА ПУЩИНО

Д.А. Шумовская¹

Рассмотрен пример формирования образовательной программы выходного дня, popularizing основы минералогии, ботаники и краеведения местности, разработанной для учащихся начальной и средней школы. Разработка и внедрение программы проводились автором для Пушкинского музея экологии и краеведения наукограда Пушкино в 2018–19 гг. Показаны возможности первичного ознакомления с миром растений и минералов в рамках музейной экспозиции в сочетании с экскурсионной и самостоятельной деятельностью на экологической тропе города и в Зелёной зоне внутри города. Сделана тематическая подборка классической научно-популярной литературы для развития дальнейшего деятельного интереса к предмету. Программа по знакомству с местностью опробована на группах Татьянинской школы г. Москвы, учащихся летних лагерей общеобразовательных школ и учащихся экологического кружка «Живая река» г. Пушкино.

Ключевые слова: экологическое образование, полевые исследования, экологические тропы, минералы, растения, краеведение, краеведение, музейная экспозиция.

Ссылка для цитирования: Шумовская Д.А. Опыт образовательной деятельности в музее экологии и краеведения города Пушкино // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 465–472. DOI: 10.29003/m1775.0514-7468.2020_42_4/465-472.

Поступила 25.09.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

EDUCATIONAL ACTIVITY IN PUSHCHINO MUSEUM OF ECOLOGY AND LOCAL LORE

D.A. Shumovskaya, PhD

Geography and Geophysics Department of All-Russian Institute for Scientific and Technical Information (VINITI RAS)

Formation of an educational weekend program popularizing the foundations of mineralogy, botany and local history of the area, developed for primary and secondary

¹ Шумовская Дарья Александровна – к.г.н., зав. Отделом научной информации по географии и геофизике ВИНТИ РАН, shumovskaya@mail.ru.

school students is considered. The program development and implementation was carrying out for the Pushchino Museum of Ecology and Local Lore in 2018–2019. Possibilities of initial acquaintance with the world of plants and minerals within the framework of the museum exposition in combination with both excursion and independent activity on the ecological path of the city and in the Green Zone are shown. A thematic selection of classical popular scientific literature has been made to develop further keen interest in the subject. The program of acquaintance with the area was tested on the groups of the Tatiana school in Moscow, students of summer camps from general education schools and students of the ecological circle “Living River” in Pushchino town.

Keywords: environmental education, field research, green paths, minerals, plants, local history, museum exposition.

*«День, проведённый среди лугов и дубрав,
стоит многих недель сидения на школьной скамье,
и даже хорошему педагогу трудно
соперничать с воспитателем природой».*

Константин Дмитриевич Ушинский

*«Кто однажды узрел сокровенную красоту
природы, никогда уже не сможет порвать
с ней. Этот человек должен стать или
поэтом, или натуралистом. И если глаз
его точен и способность к наблюдению
обострена, то он станет и тем, и другим».*

Конрад Лоренц

Введение. Существуют различные подходы к экологическому воспитанию. Получение знаний о живой и неживой природе происходит в детских садах, школе, семье, кружках, университетах, музеях – в разных долях и сочетаниях для каждого учащегося. Воспитание интереса к природе, вырастающего в бережное отношение к ней – одна из важнейших целей экологического образования. Часть этих знаний заложена в государственных программах. Однако по оценке Колесовой Е.В. [6] в настоящее время в России существенен и растёт вклад неформального сектора, т. е. не определённого экологическими программами, в экологическое образование. Это указывает на общественный интерес к ним и обеспечивает более широкое распространение экологических знаний в самых разнообразных формах.

Музеи в этих условиях имеют определённое общественное преимущество, поскольку могут давать непрерывное и неформальное образование людям разных возрастных групп. Так, А.Ю. Коренева рассматривает место музея в структуре образования и характеризует его как социальный институт непрерывного и неформального образования для предоставления всем целевым аудиториям возможности получения знаний в доступной для них форме [7].

В рамках работы в Муниципальном бюджетном учреждении культуры (МБУК) «Пушинский музей экологии и краеведения» (Московская область) была поставлена цель – разработка учебной программы выходного дня для создания дополнительной посещаемости его учащимися младшего и среднего школьного возраста. Дети этих возрастных групп посещают Музей либо самостоятельно, либо в составе летних лагерей на базе одной из городских школ, и в структуре посетителей не являются основной возрастной группой. Среди посетителей Музея преобладают пенсионеры и дошкольники.

После выявления возрастной группы были поставлены следующие задачи: 1) выбрать оптимально сочетающиеся между собой формы преподавания; 2) наладить сотрудничество со школами; 3) провести серию занятий; 4) оценить результат.

Целью исследования стала эффективность передачи знаний, которая оценивалась по нескольким критериям: уровень интереса к знаниям на занятии, степень усвоения информации, количество школьников, продолживших интересоваться тематикой занятий.

При этом целью разработки программы было повышение качества образования и эффективности передачи знаний преподавателем учащимся с помощью нахождения оптимального сочетания средств передачи информации о местности.

Специфика преподавания школьникам в небольшом музее. Преподавание в музее ведётся с помощью занятий, лекций и экскурсий. Экскурсия – особая форма общения в рамках стабильной пополняемой и дополняемой музейной экспозиции для посетителей разных возрастных категорий. При этом экскурсовод, разрабатывающий естественнонаучные занятия и экскурсии для младших школьников и подростков, сталкивается с тем, что представление материалов в здании музея ограничено экспозицией, запасниками и, в последнее время, интернет-роликами. Для достижения устойчивых знаний этого недостаточно, необходимы экскурсии по местности, с погружением в природную среду, когда задействуются разные виды запоминания информации.

Занятия по дополнительному образованию в городе Пущино ведутся в школах, кружках, детских центрах, частными преподавателями; посещения музеев не всегда заложены в программах и скорее держатся на энтузиазме конкретного учителя и музейного работника, хотя подобное сотрудничество есть и может быть весьма плодотворным как для музея, так и для школ, а самое главное – для школьников. Формы взаимодействия складываются самые разные и во многом зависят от так называемого «человеческого фактора». Кроме того, музей работает не только с местными жителями, но и с приезжими. Исходя из этого, автором разработана программа выходного дня для преподавания в форме экскурсий и небольших лекций-презентаций азов минералогии, ботаники и краеведения, знакомящих именно с уникальными чертами места, которую при небольшой корректировке под конкретную группу можно использовать и для местных, и для приезжающих в город детей. С помощью же рассылки программы по школам, специализирующимся на профильном преподавании географии, биологии и экологии, можно повысить приток групп школьников в город, увеличивая посещаемость музея и, возможно, способствовать формированию будущих исследователей.

Выстраивание образовательной программы на основе краеведения. В городе Пущино накоплен огромный многолетний опыт вовлечения школьников в научную деятельность. Программы «Экополис», «Человек и природа: первые шаги» [1, 10] – про исследование природы вместе с детьми, семейные занятия, дающие первую основу научного взгляда на мир, приучения к наблюдению. Они основаны на классических принципах педагогики И. Песталоцци и К.Д. Ушинского, построенных на основе здравого смысла, чтобы, используя естественный возрастной интерес ребёнка к познанию мира, вовремя давать ему знания об окружающей среде.

При разработке программы «Знакомство с местностью» был проведён опрос учителей географии двух общеобразовательных школ города Пущино: каких тем не хватает в преподавании школьного курса географии. Выяснилось, что это крае-

ведение и местные особенности территории, по сути – жизнь в данной местности с учётом её характерных черт.

Наукоград Пушкино (город образован в 1966 г.) расположен в 116 км к югу от Москвы на высоком берегу р. Оки. Через город широкой полосой проходит Зелёная зона, ровесница города. В городе один музей и три общеобразовательные школы. По склону холма, на котором находится город, вдоль реки, проходит экологическая тропа, созданная в 1982 г. и включающая памятники природы (ООПТ) областного значения: участки «Карстовый», «Луговой» и «Степной», водопад, родники, купель, деревню Пушкино, усадьбу Пушкино. Общая длина тропы 3,7 км (рис. 1).



Рис. 1. Пушкино-на-Оке – биологический центр РАН. Маршруты программы «Знакомство с местностью»: 1) участок экологической тропы от церкви до участка «Карстовый», длина маршрута 2,3 км; 2) участок экологической тропы по памятнику природы «Степной» с выходом на песчаную косу, длина маршрута 1,4 км; 3) участок дополнительного ботанического маршрута по Зелёной зоне, длина маршрута 1 км.

Fig. 1. Pushchino-on-Okh is the biological center of the Russian Academy of Sciences. Routes of the «Acquaintance with the Terrain» program are: 1. Section of the ecological path from the church to the section «Karstovyy», the length of the route is 2.3 km; 2. Section of the ecological path along the natural monument «Stepnoy», with an exit to a sandy spit, the length of the route is 1.4 km; 3. Section of the botanical route in the Green Zone, the length of the route is 1 km.

Пушкинский музей экологии и краеведения создан жителями наукограда; в его экспозиции отражены не только краеведческая история края, города, но и история науки. Хотя музей муниципальный, по своей структуре и составу научных коллекций он напоминает Музей землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова в миниатюре, а многие витрины и коллекции могут использоваться для обучения, дополняя и обогащая школьные образовательные программы по окружающему миру, экологии, географии

и биологии. Выходы на природу вдоль берега р. Оки дополняют занятия полевым материалом и впечатлениями.

Поскольку наиболее востребованными оказались краеведческие знания, решено было основной акцент сделать на особенностях местности. Программа называется «Знакомство с местностью» и состоит из двух разделов: 1) «Этюды по минералогии и палеонтологии г. Пущино»; 2) «Редкие растения нашего города».

Раздел «Этюды по минералогии и палеонтологии г. Пущино» (изучение минералогии на основе краеведения) состоит из двух занятий: теоретического и практического. Цель первого – познакомить учащихся с местными минералами и историей их использования, второго – закрепить полученные знания на местности. Занятия выстроены по принципу: что может предложить местность? Какие минералы и горные породы мы обязательно найдём, придя на берег Оки и немного посмотрев по сторонам? Это кремень, известняк, кварц и лимонит (бурый железняк), образцы которых есть в музее.

Первое занятие включает богато иллюстрированную лекцию-презентацию о геологическом строении местности, основных видах минералов, окаменелостях – не только остатков животных и растений, но и разных явлений природы: как выглядят окаменевшие следы дождя, молнии (фульгуриты), волн, ветра (свеи) и др. В процессе лекции, делая паузы, автор даёт время разглядеть, потрогать образцы практически всех окаменелостей и минералов, о которых рассказывает.

В качестве необходимого оборудования автором создано два учебных пособия. Первое основано на том, что кремнёвые породы местности содержат много примесей, поэтому для их лучшего запоминания создана цветовая шкала в виде линейки с приклеенными к ней разноцветными образцами цвета камней (бело-серого, жёлтого, оранжевого, красного, зеленоватого, светло- и тёмно-коричневого, чёрного) и указанием тех химических элементов, соединения которых дали камням такие цвета. Второе представляет собой коллекцию геологических образцов (23 шт.).

Второе занятие проводится как выход на местность по участку экологической тропы в сторону памятника природы «Степной» и косы р. Оки (на рис. 1 обозначен цифрой 2). Поскольку на местности есть выход известняковой толщи палеозойского времени, там легко найти окаменелости (известняковые или кремнёвые). В ходе занятия используется коллекция образцов первого занятия, но главной целью является самостоятельное нахождение учащимися образцов кремня, лимонита, известняка и кварца и чёткое запоминание их отличий.

Кроме того, на примере найденного материала, сложенного на берегу, определяются окаменелости, изучается то, о чём могут рассказать находки. Каждая находка обсуждается. Что это? Как она вписывается в историю местности? Что строили из известнякового мрамора? Как использовали кремни и окаменелости? Как мы можем увидеть следы времени на камнях? Занятие имеет элементы неожиданности. Для последующей самостоятельной работы, с определением окаменелостей уже не в рамках занятия, рекомендуется пользоваться палеонтологическим порталом [9].

К занятиям в качестве дополнения (для закрепления и расширения пройденного материала) через некоторое время могут быть добавлены экскурсии по Музею на темы «Занятия древнего населения Заочья: выплавка руды и белокаменное строительство», созданные по материалам Ю.В. Беспалова [3], экскурсии, разработанные директором музея Н.Н. Струевой, а также самостоятельное изучение витрин Музея

с палеонтологическими образцами и цветного буклета «Окаменелости Пермского времени», в котором собраны реконструкции внешности животных.

Использование тактильных ощущений с вовлечением в поиск на местности пробуждает интерес к истории, минералогии, палеонтологии, сбору геологических коллекций, истории края от каменного века до середины XIX в.

Раздел «Редкие растения нашего города» (изучение ботаники на основе краеведения) состоит из трёх занятий, их общая цель – познакомить учащихся с редкими растениями местности, объяснить, почему они стали такими.

Наличие на территории ООПТ, соединённых экологической тропой, близость к Приокско-Тerrasному заповеднику с участками степной «окской флоры» обуславливают занос редких видов на территорию города.

Первое занятие начинается ещё в походе за минералами и окаменелостями по маршруту (см. рис. 1), поскольку дорога туда идёт по территории памятника природы «Степной». Длина маршрута 1,4 км. Охраняемые растения показываются, обсуждаются имеющиеся научные гипотезы их появления здесь, на берегу Оки, рассказывается, что такое памятник природы и зачем он нужен. Цель занятия – знакомство и запоминание степных видов травянистых растений (3 вида).

Второе занятие – иллюстрированная лекция-презентация «Редкие и уязвимые виды растений нашего города». Лекция содержит информацию об истории создания Красной книги и охраняемых территорий города Пущино, об уникальности флоры местности, труде составителей Красной книги Московской области по мониторингу охраняемых растений на территории городского округа, о том, как мы можем помочь авторам Красной книги. Цель лекции – показать важность сохранения биоразнообразия и привить навык, как это сделать. Занятие полностью лекционное с ответами на вопросы.

Третье занятие позволяет познакомиться с большинством видов редких растений, произрастающих на территории города. Его цель – знакомство с растениями Красной книги Московской области, растущими в городе. Так, в Зелёной зоне, протянувшейся полосой между институтами и жилыми кварталами, сформировалась интересная травянистая растительность, что позволяет знакомить детей с редкими видами (в настоящее время установлено произрастание 9 видов – рис. 2), не выходя далеко в маршруты и не вытаптывая растительность, передвигаясь по уже имеющейся дорожно-тропиночной сети (см. рис. 1, маршрут 3) длиной 1 км. Занятие проходит так: подход группы к участку произрастания цветка, показ редкого вида на фотографии цветного буклета, самостоятельное нахождение его на местности. Использован приём «мы пришли в гости к растению» (с рассказом о том, как оно долго прорастает, выращивает семена и живёт) на примере орхидных и колокольчиков. Приём позволяет заинтересовать, начать формировать уважение к растению как к малоподвижному, но действительно живому существу.

Кроме того, занятия могут быть дополнены экскурсией соответствующей тематики по экологической тропе (см. рис. 1, маршрут 1, длина 2,3 км) и полной ботанической экскурсией по редким видам травянистых растений «Тайны Зелёной зоны», маршрут которой проходит по всей Зелёной зоне.

По материалам второго и третьего занятий была сделана передача на канале «ТВС Пущино».

В конце учебной программы каждому участнику рекомендуется список научно-популярных книг для дополнительного чтения (табл. 1).



Рис. 2. Фрагмент из учебного буклета «Редкие и уязвимые растения нашего города». Fig. 2. A fragment from the “Rare and vulnerable plants from our city” educational booklet.

Таблица 1. Рекомендуемый перечень научно-популярных книг по темам занятий Table 1. Recommended list of popular scientific books according to lesson topics

№	Название книги	Тематика занятий или области интересов
1	Асланиди К.Б., Малярова М.А., Потапова Т.В., Рыбальский Н.Г., Цитцер О.Ю. Экологическая азбука для детей и подростков. М.: Изд-во МНЭПУ, 1995. 164 с.	Экология
2	Бэккер Р. Краснокожая хищница. М.: Изд-во Армада, 1997. 332 с.	Зоология, поведение животных (этология), палеонтология, история
3	Беспалов Ю.В. Земля Вятчей. М.: Москва, 2007. 279 с.	История, краеведение Заочья
4	Ефремов И.А. Тень минувшего // Тень минувшего. М.: Наука, 1944. С. 335–377	Палеонтология (научная фантастика)
5	Ефремов И.А. Дорога ветров (гобийские заметки). СПб: Азбука, 2019. 544 с.	Палеонтология, экспедиции
6	Лебединский В.И. В удивительном мире камня. М.: Недра, 1985. 224 с.	Геология: петрография, происхождение горных пород, следы на камнях
7	Ферсман А.Е. Рассказы о самоцветах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 262 с.	Геология: минералогия, история человека и камней
8	Шанцер И.А. Растения средней полосы Европейской части России. Полевой атлас. М: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 471 с.	Ботаника (растения сгруппированы по простейшему признаку – окраске цветка)

Заключение. Программа «Знакомство с местностью», разработанная для учащихся начальной и средней школы, успешно апробировалась автором статьи в течение нескольких лет в наукограде Пущино. На основе полученного опыта проведён первичный анализ эффективности передачи знаний. Наибольший и живой интерес вызвали практические занятия по геологии и ботанике, произошло запоминание названий и внешнего вида минералов, растений; несколько человек, прошедших программу, по собственной инициативе сделали в течение года работы по темам занятий.

Анализ проведённой работы выявил возможность дальнейшего использования данной программы, а использованные при её составлении подходы и сочетания форм подачи информации могут быть рекомендованы как опыт применения в музеях других наукоградов для использования в воспитании натуралистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланиди К.Б., Малярова М.А., Потапова Т.В., Рыбальский Н.Г., Цитцер О.Ю. Экологическая азбука для детей и подростков. М.: Изд-во МНЭПУ, 1995. 164 с.
2. Бэккер Р. Краснокожая хищница. М.: Изд-во Армада, 1997. 332 с.
3. Беспалов Ю.В. Земля Вятчей. М.: Московия, 2007. 279 с.
4. Ефремов И.А. Тень минувшего // Тень минувшего. М.: Наука, 1944. С. 335–377.
5. Ефремов И.А. Дорога ветров (гобийские заметки). СПб: Азбука, 2019. 544 с.
6. Колесова Е.В. Экологическое образование в России: вклад неформального сектора // Жизнь Земли. 2017. Т. 39 (4). С. 411–415.
7. Коренева А.Ю. Музей как институт непрерывного и неформального образования // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. №1 (61). С. 216–220.
8. Лебединский В.И. В удивительном мире камня. М.: Недра, 1985. 224 с.
9. Палеонтологический портал «Аммонит ру» (<https://www.ammonit.ru>).
10. Потапова Т.В. Человек и природа: первые шаги. Научно-практические рекомендации. М.: Изд-во МГУ, 2020. 176 с.
11. Ферсман А.Е. Рассказы о самоцветах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 262 с.
12. Шаницер И.А. Растения средней полосы Европейской части России. Полевой атлас. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 471 с.

REFERENCES

1. Aslanidi K.B., Malyarova M.A., Potapova T.V., Rybalsky N.G., Tsitzer O.Yu. *Ecological alphabet for children and adolescents*. 164 p. (Moscow: MNEPU, 1995) (in Russian).
2. Becker R. *Raptor Red*. 332 p. (Moscow: Armada, 1997) (in Russian).
3. Bespalov Yu.V. *Land of the Vyatichi*. 279 p. (Moscow: Moskoviya, 2007) (in Russian).
4. Efremov I.A. *Shadow of the Past*. P. 335–377 (Moscow: Nauka, 1944) (in Russian).
5. Efremov I.A. *Road of the Winds (Gobi Notes)*. 544 p. (S.-Petersburg: ABC, 2019) (in Russian).
6. Kolesova E.V. Environmental education in Russia: the contribution of the informal sector. *Zhizn' Zemli [Life of the Earth]*. 39 (4), 411–415 (2017) (in Russian).
7. Koreneva A.Yu. Museum as an institute of continuous and non-formal education. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. o State University*. 1 (61), 216–220 (2015) (in Russian).
8. Lebedinsky V.I. In the wonderful world of stone. 224 p. (Moscow: Nedra, 1985) (in Russian).
9. Paleontological portal «Ammonit ru» (<https://www.ammonit.ru>) (in Russian).
10. Potapova T.V. Man and nature: first steps. Scientific and practical recommendations. 176 p. (Moscow: MGU, 2020) (in Russian).
11. Fersman A.E. *Stories about gems*. 262 p. (Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR, 1961) (in Russian).
12. Shantsier I.A. *Plants of the middle zone of the European part of Russia. Field Atlas*. 471 p. (Moscow: KMK, 2007) (in Russian).

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ «БИОСФЕРА В НАШИХ РУКАХ» В ОНЛАЙН-ФОРМАТЕ

Е.А. Тимофеева, Л.В. Попова¹

Проанализирован опыт проведения мероприятий проекта «Экологическая школа «Биосфера в наших руках»» в онлайн-формате для учащихся 8–10 классов общеобразовательных школ, подключившихся к реализации проекта «Академический (научно-технологический) класс в московской школе». Онлайн-формат работы со школьниками потребовал более тщательной подготовки занятий, особенно практических, и выявил проблемы регулятивного и коммуникационного характера: недостаточная самодисциплина школьников и слабая обратная связь.

Ключевые слова: экологическое образование, дополнительное образование, онлайн-обучение, профессиональное самоопределение школьников.

Ссылка для цитирования: Тимофеева Е.А., Попова Л.В. Особенности проведения экологической школы «Биосфера в наших руках» в онлайн-формате // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 473–477. DOI: 10.29003/m1776.0514-7468.2020_42_4/473-477.

Поступила 11.11.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

FEATURES OF THE ENVIRONMENTAL SCHOOL «BIOSPHERE IN OUR HANDS» ONLINE CONDUCTING

E.A. Timofeeva¹, PhD, L.V. Popova,² Dr.Sci (Ped.)

¹ Lomonosov Moscow State University (Faculty of soil science)

² Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)

Experience of the project «Environmental School “Biosphere in our hands”» activities online conducting for grades 8–10 of general education schools, participants in the project “Academic (scientific and technological) class in a Moscow school” has been analyzed. Online format of work with schoolchildren required more thorough preparation of classes, especially practical ones, and revealed a number of regulatory and communication problems, such as insufficient self-discipline of schoolchildren and weak feedback.

Keywords: environmental education, additional education, online education, professional self-determination of schoolchildren.

Введение. В числе национальных целей развития в соответствии с указом Президента Российской Федерации от 21 июня 2020 г. № 474 на период до 2030 г. определены такие цели, как сохранение здоровья и благополучия людей, возможности для самореализации и развития талантов, цифровая трансформация и др. [3]. Именно этим целям и послужило проведение экологической школы «Биосфера в наших руках» для учащихся 8–10 классов общеобразовательных школ, участниц проекта «Академический (научно-технологический) класс в московской школе». Данный проект в Москве² существует всего несколько лет и направлен на погружение школьников в научно-исследовательскую деятельность для осознанного выбора профессии в наукоёмких отраслях экономики. Бесспорно, что успешная реализация такого проекта возможна

¹ Тимофеева Елена Александровна – к.б.н., доцент факультета почвоведения МГУ, helentimofeeva17@gmail.com; Попова Людмила Владимировна – д.п.н., в.н.с. Музея земледоведения МГУ, popova@mes.msu.ru.

² <http://profil.mos.ru/ntek.html>.

только при интеграции основного и дополнительного образования и при условии, что программы дополнительного образования разрабатываются и осуществляются вузом на его материально-технической базе высококвалифицированными специалистами, что поддерживает стремление школьников к активной познавательной деятельности и интеллектуальному росту. Занятия в рамках таких проектов способствуют развитию у школьников исследовательских навыков и творческого мышления, что так необходимо современным абитуриентам и студентам вузов. Однако в 2020 г. – в условиях противодействия распространению инфекции, карантинных мер и удалённой работы – оказалось невозможным пригласить школьников непосредственно в научные лаборатории и музеи университета. Вследствие этого наиболее острыми стали вопросы организации работы, подбора соответствующего содержания образовательной программы – как с научной точки зрения представления материала, так и интересного для обучающихся без ущерба качеству образовательного процесса. Поэтому целью нашего исследования стала *разработка комплексной экологической образовательной программы для старших школьников, основанной на знакомстве с методами научных исследований, и анализ её реализации в дистанционной форме (онлайн-формат)*.

В качестве методов исследования мы использовали контент-анализ отбора содержания для образовательной экологической программы, наблюдение за онлайн-обучением школьников (платформа Zoom), а также анонимное анкетирование, которое было проведено после выполнения всей программы в Google формах.

Результаты и обсуждение. На момент начала работ предполагалось, что программа дополнительного образования «Экологическая школа “Биосфера в наших руках”» позволит учащимся московских школ познакомиться с различными вопросами в области экологии, охраны окружающей среды, сохранения здоровья человека и санитарно-гигиенических норм, которые являются основополагающими для ряда профессий (от медицинских работников и научных сотрудников до инженеров-экологов на предприятиях). Прежде всего программа должна была быть направлена на освоение различных методов естественнонаучных исследований и приобретение практических навыков самостоятельного планирования и осуществления исследовательской деятельности. Участники программы смогли бы посетить различные научные лаборатории МГУ имени М.В. Ломоносова и познакомиться с современным научным оборудованием, а также детально изучить естественные экосистемы на экспозициях «Природная зональность» научно-учебного Музея землеведения МГУ и Дендрария Ботанического сада МГУ. Однако введённый с октября 2020 года режим дистанционного обучения для старшеклассников не позволил им посещать университет, и занятия пришлось провести с использованием дистанционных цифровых технологий, что потребовало применения нового подхода к разработке содержания экологической школы «Биосфера в наших руках».

Программа экологической школы была разбита на три крупных блока – «Общая экология», «Экология человека», «Промышленная экология», в каждом из которых 2/3 времени было отведено под практические занятия; некоторые из них можно воспроизвести в домашних условиях в соответствии с нашими рекомендациями, с другими можно познакомиться с экрана компьютера, и в последующем в школьной лаборатории подготовленный слушатель сможет осуществить их самостоятельно, а часть из них возможна только в режиме ознакомления в экскурсионной форме. Разработанная нами программа экологической школы представлена в табл. 1. Следует отметить, что наполнение её содержания происходило с учётом доступных для школьников исследовательских ме-

тодик, изложенных в учебном пособии [8], а также на основе рекомендуемой учебной литературы [1, 2, 6, 7], широко используемой в экологических исследованиях.

Таблица 1. Программа экологической школы «Биосфера в наших руках»
Table 1. Curriculum of the environmental school «Biosphere in our hands». Training modules and their content

№ п/п	Учебный модуль	Содержание модуля
1.	Общая экология	Лекция «Жизнь в окружающей среде: от организма до биосферы»
		Практическое занятие «Асимметрия растений как биоиндикационный показатель»
		Практическое занятие «Определение степени загрязнённости воды органическими веществами с помощью организмов-биоиндикаторов»
		Виртуальная экскурсия в Ботанический сад МГУ
		Мастер-класс «Маркировка твёрдых коммунальных отходов (ТКО) и их переработка»
2.	Экология человека	Лекция «Микроорганизмы вокруг нас: экологические и медицинские аспекты»
		Практическое занятие «Микробиологические методы анализа объектов окружающей среды»
		Практическое занятие «Изучение разнообразия микроорганизмов современными методами»
		Виртуальная экскурсия в микробиологическую лабораторию
		Мастер-класс «Санитарно-микробиологический мониторинг объектов окружающей среды»
3.	Промышленная экология	Лекция «Химическое загрязнение биосферы: проявления, масштабы, способы борьбы»
		Практическое занятие «Химическая лаборатория изучения объектов окружающей среды и как в ней работать»
		Практическое занятие «Химические методы анализа объектов окружающей среды»
		Виртуальная экскурсия в химико-аналитический центр МГУ
		Мастер-класс «Результаты химического анализа: оценка, интерпретация, выводы»

После проведения занятий по программе экологической школы «Биосфера в наших руках», общее количество слушателей которой составило 80 человек, было проведено анонимное анкетирование. Результаты анкетирования показали, что слушателями школы были достаточно мотивированные школьники, о чём можно судить по их ответам об интересующем их предмете и цели участия в мероприятиях проекта. Так, 76 % опрошенных отметили, что им нравится в школьной программе предмет биология, одновременно 41 % учащихся назвали таким предметом экологию. Основной целью участия в экологической школе «Биосфера в наших руках» учащиеся назвали получение дополнительной информации (82 % опрошенных) и подготовку к выполнению экологического проекта (47 %). Среди новой и неизвестной им ранее информации школьники отметили асимметрию растений как показатель состояния окружающей среды (82 %), существование множества разных видов микроорганизмов (94 %) и способы борьбы с химическим загрязнением биосферы (82 % опрошенных). На основании результатов ответов школьников можно сделать вывод, что практически все проведённые занятия школьникам понравились, они узнали интересные темы для проектных работ, а также познакомились с методами их выполнения.

Однако преподаватели программы выявили ряд проблем обучения школьников в онлайн-формате (здесь мы не касаемся технических и организационных вопросов – их решение в большинстве случаев состоялось). Наибольшей проблемой стала сложность для слушателей выдержать график и расписание занятий. Даже мотивированным школьникам ещё предстоит научиться планировать свою работу и не пропускать занятия. Здесь максимальную помощь оказывали школьные учителя, во взаимодействии с которыми проходила работа. Они напоминали школьникам о проведении занятий, подчёркивали уникальность полученных знаний и возможность задать вопросы в рамках экологических дисциплин, а также своим примером вдохновляли на посещение занятий.

Второй проблемой была коммуникация со слушателями, на что указывается и в других опубликованных работах [5]. Для обеспечения более эффективного взаимодействия с преподавателями на практических занятиях экологической школы «Биосфера в наших руках» поток школьников был разделён на малые группы (до 10–15 человек). Однако даже в группе небольшого размера активного общения достичь удавалось не всегда, отвечали на вопросы и показывали выполненные задания максимально 3–5 человек. У преподавателя не было возможности видеть большую часть участников, т. к. многие школьники выключали свои камеры. Причин отключения камер на занятиях множество – от технических до социокультурных: школьник не уверен в своём внешнем виде, он не хочет переодеться или убирать свою комнату, рядом с ним находятся младшие братья и сёстры, домашние животные, слушатель не готов быть активным, поскольку это необязательно с его точки зрения и т. д. Эти факты указывают на отсутствие у школьников культуры цифрового общения, которая почти сформирована у студентов. Следует отметить, что при работе со студентами чаще не преподаватели жалуются на слабую обратную связь, а студенты, если преподаватель забывает ответить на все их вопросы [4]. На наш взгляд, для более эффективной работы со школьниками в онлайн-формате требуется их специальная психологическая подготовка, а также обучение культуре взаимодействия в онлайн-формате, в т. ч. между собой.

Среди положительных аспектов проведения экологической школы «Биосфера в наших руках» в онлайн-формате стоит отметить значительную экономию времени на обучение, т. к. не надо тратить его на дорогу, и предоставляются дополнительные возможности обучения для учащихся, что отмечают и студенты среди плюсов онлайн-обучения [4]. Однако, на наш взгляд, при онлайн-обучении школьников преподаватель вуза не всегда получает должного удовлетворения от своей работы, т. к. обратная связь очень слабая. Возможно, это особенность московских школьников, которые формально подходят к предоставленной им возможности индивидуальной работы с ними преподавателей университета. Этот вопрос пока остаётся риторическим и требует дальнейшего исследования.

Заключение. Цифровые технологии обучения имеют ряд преимуществ: мобильность – слушатель может подключиться в любом месте к процессу обучения; неформальность – обучение происходит в комфортной домашней обстановке, технологичность – есть возможность доступа даже в закрытые для традиционного формата обучения лаборатории, интерактивность – получение отклика от преподавателя быстро и, при необходимости, анонимно через чат, экономичность – не требуется тратить время на дорогу, а для сотрудников лабораторий есть возможность масштабирования и демонстраций экспериментов для широкой публики.

Дистанционный формат обучения имеет и ряд недостатков: необходимость тщательной разработки пособий и оценочных средств; сложность организации

практических занятий; сложность проверки истинности предъявленных знаний; сложность для слушателей выдержать график, расписание и самодисциплинироваться; исключается усвоение навыков «бок-о-бок» с учителем; требуется большее участие помощников (видеосъемка, подготовка контента), часто у преподавателей повышается нагрузка; нет плотного общения с коллективом – ограничена социализация обучающихся.

В ходе проведения экологической школы «Биосфера в наших руках» преподаватели университета столкнулись с такими проблемами, как слабая обратная связь, отсутствие коммуникации внутри рабочих групп и недостаточная дисциплинированность участников. Данные проблемы могут быть решены с помощью внедрения культуры онлайн-обучения в школе.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Департамента образования и науки г. Москвы, соглашение № 155 от 14.10.2020.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Сарapultseva, Т.И. Евсеева и др. М.: Издательский центр Академия, 2008. 288 с.
2. Методы экологических исследований / Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова и др. Воронеж: Воронеж, 2019. 355 с.
3. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 (<http://www.kremlin.ru/events/president/news/63728>).
4. Попова Л.В., Марфенин Н.Н., Пеккер П.Л. Почему студенты выбирают онлайн-обучение? // Платформа навигатор: развитие карьеры. 2018. № 4. С. 42–46.
5. Таранец И.П. Отзывы школьников об онлайн-обучении в период карантина // Гуманитарные и естественнонаучные факторы решения экологических проблем и устойчивого развития: Мат. 17-ой Межд. научно-практич. конф. (г. Новомосковск, 16–17 октября 2020 г.). Новомосковск, 2020. Ч. 2. С. 95–100.
6. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология. М.: Дрофа, 2004. 414 с.
7. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2011. 219 с.
8. Экология Москвы и устойчивое развитие: Учебное пособие для 10 (11) классов средних общеобразовательных школ / Г.А. Ягодин, М.В. Аргунова, Т.А. Плюснина, Д.В. Моргун. 2 изд., допол. М.: ГАОУ ВПО МИОО, 2013. 304 с.

REFERENCES

1. Melekhova O.P., Sarapultseva E.I., Evseeva T.I. et al. *Biological control of the environment: bioindication and biotesting*. 288 p. (Moscow: Publishing Center "Academiya", 2008) (in Russian).
2. Kaverina N.V., Prozhorina T.I., Ivanova E.Yu. et al. *Methods of ecological research*. 355 p. (Voronezh: Voronezh, 2019) (in Russian).
3. *On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030*. Decree of the President of the Russian Federation: [dated July 21, 2020 No. 474] (<http://www.kremlin.ru/events/president/news/63728>) (in Russian).
4. Popova L.V., Marfenin N.N., Pekker P.L. Why do students choose online education? *Navigator platform: career development*. 4, 42–46 (2018) (in Russian).
5. Taranets I.P. Reviews of schoolchildren about online learning during the quarantine period // *Humanitarian and natural science factors in solving environmental problems and sustainable development*. Part 2. P. 95–100 (Novomoskovsk, 2020) (in Russian).
6. Chernova N.M., Bylova A.M. *General ecology*. 414 p. (Moscow: Drofa, 2004) (in Russian).
7. Chertoprud M.V., Chertoprud E.S. *A short guide to freshwater invertebrates in the center of European Russia*. 219 p. (Moscow: Partnership of scientific publications KMK, 2011) (in Russian).
8. Yagodin G.A., Argunova M.V., Plyusnina T.A., Morgun D.V. *Ecology of Moscow and sustainable development: Textbook for 10 (11) grades of secondary schools*. 304 p. 2nd ed. (Moscow: GAOU VPO MIOO, 2013) (in Russian).

ВЕСТИ ИЗ МУЗЕЕВ

УДК 069.5:581

DOI 10.29003/m1777.0514-7468.2020_42_4/478-484

ЖИВЫЕ РАСТЕНИЯ КАК ДОПОЛНЕНИЕ БОТАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ МУЗЕЯ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ МГУ

К.А. Голиков, Е.М. Лаптева, А.В. Сочивко¹

Рассматривается использование живых растений в качестве дополнения ботанической составляющей экспозиции отделов «Природные зоны» и «Физико-географические области» в целях визуализации информации, представленной в экспозиции Музея земледения. Демонстрация растений, происходящих из различных регионов мира, представляющих разные жизненные формы и являющихся структурными компонентами различных растительных сообществ, позволяет наглядно охарактеризовать тематические аспекты экспозиции, раскрывающие принципы системности организации природы – экобиоморфный и фитоценотический.

Ключевые слова: Музей земледения, МГУ, Ботанический сад, ботаническая составляющая экспозиции, растения, фитоценоз, жизненная форма.

Ссылка для цитирования: Голиков К.А., Лаптева Е.М., Сочивко А.В. Живые растения как дополнение ботанической составляющей тематической экспозиции Музея земледения МГУ // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 478–484. DOI: 10.29003/m1777.0514-7468.2020_42_4/478-484.

Поступила 12.10.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

LIVE PLANTS AS AN ADDITIONAL BOTANICAL COMPONENT OF THE THEMATIC EXPOSITION IN THE EARTH SCIENCE MUSEUM AT MOSCOW STATE UNIVERSITY

K.A. Golikov, PhD, E.M. Lapteva, A.V. Sochivko
Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)

The article discusses the use of live plants as the botanical exposition component supplement of the “Natural areas” (hall № 17 “Natural zonation and its components” and № 20 “Desert, subtropical, tropical countries, high-altitude zone”) and “Physico-geographic regions” (hall № 24 “Continents and parts of the world”) departments in order to visualize information presented in the Earth Science Museum. Demonstration of plants

¹ Голиков Кирилл Андреевич – к.б.н., с.н.с., iris750@gmail.com; Лаптева Екатерина Михайловна – н.с., lama.mus.un@mail.ru; Сочивко Андрей Владимирович – художник, sochivko@gmail.com; Музей земледения МГУ.

originating from different regions of the world representing different life forms and being structural components of various plant communities allows to visually characterizing thematic aspects of an exposition. That in turn reveal such principles of systematic nature organization as ecobiomorphic and phytocenotic.

Keywords: Earth Science Museum, MSU, Lomonosov Moscow State University, Botanical garden, botanical exhibition component, plants, phytocoenosis, life form.

Введение. В региональной экспозиции природы естественнонаучного музея, как правило, представлены все компоненты, характерные для того или иного ландшафта. В Музее земледедения МГУ взаимодействие основных природных компонентов (климатических условий, почв, флоры и фауны), а также возможности их хозяйственного использования ёмко продемонстрированы благодаря сочетанию, с одной стороны, графической (карты, схемы) и текстовой информации, с другой – натуральных экспонатов [7]. Если научная графика и текст дают общегеографическую характеристику природы региона в целом и его отдельных частей, а также состояния природных ресурсов, их использования и охраны, то натурные экспонаты визуализируют приспособления организмов к условиям окружающей среды.

Живые растения дополняют ботаническую составляющую экспозиции, включающую гербарий, спилов древесных пород, плоды и семена растений, а также макеты фитоценозов, размещённые в региональном разделе Музея. Здесь природа России и мира показана комплексно – по природным зонам (25-й этаж) и физико-географическим областям (24-й этаж). Живые растения представлены также в зале «Ротонда» на 31-м этаже Музея, где проводятся постоянные и временные выставки [11], в т. ч. ботанической тематики. Так, на выставке «Ирисы-2019» [14] демонстрировалось современное сортовое разнообразие культуры *Iris hybrida hort* [3].

Живые растения как дополнение экспозиции регионального раздела Музея. Для обеспечения комплексности показа природы мира ботаническая составляющая экспозиции регионального раздела Музея земледедения (отдел «Природные зоны» – залы № 17 «Природная зональность и её компоненты» и № 20 «Пустыни, субтропики, жаркие страны, высотные зоны», а также отдел «Физико-географические области» – зал № 24 «Материки и части света») дополнена живыми растениями разных жизненных форм, представляющими фитоценоны высокого ранга и характерными для соответствующих регионов мира и типов растительности. Подобраны виды преимущественно вечнозелёных растений, относительно неприхотливые и, соответственно, широко распространённые – не только в оранжереях ботанических садов, в т. ч. Ботанического сада МГУ [1, 12], но и в комнатной культуре [10], а также в ландшафтном дизайне [2], и потому узнаваемые посетителями. Ботаническая номенклатура в тексте этикетажа и сопроводительной справочной информации приведена в соответствии с базой данных International Plant Names Index (IPNI) [15]. Таким образом, знакомые многим растения в сочетании с представленной на стенде информацией, натурными экспонатами и художественными полотнами акцентируют внимание экскурсантов.

Так, на стенде «Растительность» в экспозиции зала № 17 даны карты распространения растительных сообществ, а также схема флористического деления суши. Здесь же изображены жизненные формы растений, происходящих из многих флористических областей мира и входящих в состав разнообразных растительных сообществ. Таким образом, тематически раскрыты ботанико-географический и фитоценотический аспекты экспозиции.

Согласно классификации, разработанной А.Л. Тахтаджяном [13], флора суши земного шара подразделяется на шесть флористических царств: Голарктическое (охватывает Европу, северную внетропическую Африку, внетропическую Азию и почти всю Северную Америку, и подразделяется на три подцарства: Бореальное, Древнесредиземноморское и Мадреанское – Юго-Западной Северной Америки и Мексиканского нагорья); Палеотропическое (охватывает тропики Старого Света кроме Австралии, включает все тропические острова Тихого океана, кроме некоторых островов вдоль побережья Южной Америки, и подразделяется на пять подцарств: Африканское, Мадагаскарское, Индо-Малезийское, Полинезийское и Новокаледонское); Неотропическое (занимает южные тропические части полуостровов Калифорния и Флорида, низменности и побережья Мексики, всю Центральную Америку с Антильскими островами, большую часть Южной Америки и ряд примыкающих тропических островов); Капское (включает южную оконечность Африки от Кланвильяма на западе до окрестностей Порт-Элизабет на востоке); Австралийское; Голантарктическое (охватывает Новую Зеландию, область субантарктических островов, Патагонию и острова Хуан-Фернандес).

Живые растения – характерные компоненты ландшафтов различных регионов мира – использованы и в зале № 20 (Пустыни, субтропики, жаркие страны, высотные зоны) Музея для характеристики тематических аспектов экспозиции, раскрывающих принцип системности организации природы. В этом отношении особенно интересны виды суккулентов – как стеблевых, так и листовых представителей семейств Кактусовых (*Cactaceae*), Молочайных (*Euphorbiaceae*) и Толстянковых (*Crassulaceae*).

Отдельные стенды посвящены экстраридным территориям: «Пустыни», «Песчаные пустыни», «Глинистые пустыни», а также саваннам. В серии стендов охарактеризованы природные зоны «жарких стран»: субтропиков, тропических, субэкваториальных и экваториальных поясов. Тема «Высотная зональность» раскрыта на трёх сопряженных стендах.

На стенде «Дождевые леса» визуализирована структурно-функциональная организация этих фитоценозов. Иллюстрации отражают структуру дождевого тропического леса, а также зависимость между его компонентами. Как отмечает Т.А. Работнов [9], в условиях совместного произрастания возникает конкуренция за ресурсы, в ходе которой преимуществу получают растения, обладающие выработанными в ходе эволюции приспособлениями для более эффективного использования ресурсов: фотосинтетически активной радиации (ФАР), воды (H_2O), элементов минерального питания (ЭМП), кислорода (O_2) и углекислого газа (CO_2). На иллюстрации «Жизненные формы дождевого тропического леса» визуализирована адаптивная роль таких приспособлений при контактных взаимоотношениях на примере соответствующих видов растений.

Среди сосудистых растений в дождевых тропических лесах распространены такие агенты контактных взаимоотношений, как лианы, эпифиты, полуэпифиты (в т. ч. душители) и паразиты. Функционально эти типы взаимодействий различаются: в отличие от паразитов, эпифиты и лианы используют растение-хозяина (форофит) лишь топически, но не трофически (т. е. древесные растения служат для них субстратом для прикрепления и механической опорой, но не являются источником энергии и минеральных веществ). В тропических дождевых лесах доля лиан в видовом составе достигает $\frac{1}{4}$, тогда как эпифитов – около 10 % сосудистых растений; при этом более половины эпифитов относится к семейству

Орхидных (*Orchidaceae*) [8]; значительную часть составляют виды бромелиевых (*Bromeliaceae*) и папоротников.

Эпифиты обычно подразделяют на истинные (голоэпифиты), не контактирующие с поверхностью почвы, и полуэпифиты (или гемиепифиты), воздушные (придаточные) корни которых со временем её достигают. На стенде приведена классификация эпифитов А. Шимпера (1888), который разделил их на четыре группы. Первые три относятся к голоэпифитам: гнездовые и скобочные (кармашковые), резервуарные (цистерновые), протозипифиты, четвёртая – полуэпифиты.

Корни гнездовых эпифитов плотно переплетаются, образуя подобие птичьего гнезда, в котором аккумулируются различные органические остатки; со временем они перегнивают, обеспечивая растение минеральным питанием. Их характерный представитель – изображённый на стенде папоротник *костенец гнездовой* (*Asplenium nidus* L.), распространённый в Юго-Восточной Азии, на Мадагаскаре и в Северной Австралии. У некоторых скобочных эпифитов из листьев, прилегающих к стволу или ветвям дерева, формируются своеобразные воронки (наподобие кармана), в которых постепенно накапливается перегной. В качестве примера на стенде изображён такой эпифит (типа «бра») – папоротник *Platycerium andinum* Baker. В природных условиях гнездовые и скобочные эпифиты зачастую обитают по соседству, при дефиците ЭМП в собственном «гнезде» запуская придаточные корни в «карман» другому папоротнику [5]. В экспозиции зала экземпляр *платициериума оленерогого* (*P. bifurcatum* (Cav.) C.Chr., или «олений рог») вместе с другим широко культивируемым видом – *костенцом ложноазиатским* (*A. australasicum* Hook.) размещён в специальном кашпо из пальмового волоса (рис. 1, 2).



Рис. 1. Платициериум оленерогий в экспозиции стенда «Дождевые леса».

Fig. 1. *Platycerium bifurcatum* on “Rainforest” exposition stand.

Для резервуарных (цистерновых) эпифитов характерны специализированные водозапасающие приспособления. Так, у некоторых представителей семейства Бромелиевые, например, у *эхмеи полосатой* (*Aechmea fasciata* (Lindl.) Baker), резервуары образованы розетками перекрывающихся листьев, через герметичные устьяца на поверхности которых вода с растворёнными ЭМП поступает в растение. Крупные бромелиевые могут накапливать в таких «цистернах» по несколько литров воды.



Рис. 2. Живые растения в экспозиции стенда «Дождевые леса».

Fig. 2. Live plants on "Rainforest" exposition stand.

У наименее специализированной группы протоэпифитов, к которым относятся многие представители семейства Орхидных (в частности, виды рода *Фаленопсис* (*Phalaenopsis*) – «орхидей-бабочек»), на поверхности воздушных корней образуется губчатая ткань – веламен. Кроме того, в качестве водозапасающих структур протоэпифиты имеют мясистые листья, характерные для ксероморфных растений. У многих орхидей, например, *цимбидиума* (*Cymbidium*), экземпляр которого также представлен в экспозиции, одно или несколько междоузлий трансформированы в туберидии (ложные луковицы) – клубнеобразные утолщения в нижней части стебля.

Стволы деревьев служат опорой для лиан – сосудистых растений со слабыми стеблями, которые таким образом выносят листья ближе к источнику солнечного света. На стенде изображены различные группы лиан по типу прикрепления. В экспозиции зала представлены как взбирающиеся лианы (с помощью придаточных корней) – виды рода *Монстера*: *М. лакомая* (*Monstera deliciosa* Liebm.), распространённая в Центральной Америке, и косая

(*M. obliqua* Miq.), так и усиконосные – тетрастигма Вуанье (*Tetrastigma voinierianum* (Sallier) Pierre ex Gagnep.), обитающая в Лаосе и Вьетнаме. Во влажно-тропических лесах Юго-Восточной Азии на этих мощных лианах из семейства Виноградные (*Vitaceae*) паразитируют эффектные растения рода *Раффлезия* (*Rafflesia*), изображённые на стенде; к сожалению, в музейном зале нет возможности содержать их «живьём».

Экспозиция дополнена также показанными на стенде деревьями с видоизменёнными воздушными корнями: ходульными – как у распространённого в Полинезии *пандана кровельного* (*Pandanus tectorius* Parkinson ex Du Roi), или столбовидными – у *фикуса каучуконосного* (*Ficus elastica* Roxb. ex Hornem.), в естественных условиях обитающего в Юго-Восточной Азии. Другой вид этого обширного рода – смоковница обыкновенная, или инжир (*Ficus carica* L.) дополняет экспозицию муляжей плодов тропических и субтропических растений, наряду с другими видами деревьев: кофейным деревом аравийским (*Coffea arabica* L.) и мандарином (*Citrus reticulata* Blanco).

У стенда «Субтропики» можно также увидеть растения, дополняющие эту часть экспозиции: *оливу европейскую* (*Olea europaea* L.) и *лавр благородный* (*Laurus nobilis* L.), образцы которых размещены в гербарии. Кроме того, здесь демонстрируются *иглица колючая* (*Ruscus aculeatus* L.) и *плющ обыкновенный* (*Hedera helix* L.), представленные в макете фитоценоза влажных субтропиков Кавказа.

В экспозиции зала № 24 «Материки и части света» отдела «Физико-географические области», расположенного на 24-м этаже Музея, размещены растения, в естественных условиях обитающие в различных регионах мира: Северной и Южной Америке, Африке, Средиземноморье, зарубежной Европе и в Азии, а также в Австралии и Океании

[4]. Таким образом, демонстрируется богатство и разнообразие флоры различных регионов мира.

Заключение. Использование живых растений – характерных компонентов ландшафтов различных регионов мира – в качестве дополнения ботанической составляющей тематической экспозиции отделов «Природные зоны» (залы № 17 «Природная зональность и её компоненты» и № 20 «Пустыни, субтропики, жаркие страны, высотные зоны») и «Физико-географические области» (зал № 24 «Материки и части света») в целях визуализации информации позволяет нагляднее охарактеризовать тематические аспекты экспозиции, раскрывающие принцип системности организации природы: экобиоморфный – показ представителей различных жизненных форм, и фитоценотический – показ представителей внеарусной растительности (лиан и эпифитов).

Таким образом, применение живых растений в тематических экспозициях является способом не только пропаганды ботанических знаний, но и способом музейной коммуникации, расширяющим спектр возможностей как экологического образования, так и просвещения и воспитания посетителей [6]. Впоследствии изложенный материал может стать элементом специализированной тематической экскурсии по ботанической составляющей экспозиции Музея землеведения, расширив его экскурсионную программу и разнообразив просветительскую работу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ботанический сад Московского университета. 1706–2006. Первое научное ботаническое учреждение России / Под ред. В.С. Новикова, М.Г. Пименова, К.В. Киселевой, В.Е. Гохмана, А.Ю. Паршина. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 268 с.
2. Голиков К.А. Декоративные многолетники в ландшафтном дизайне. М.: Фонд имени Сытина; Зарницы, 2004. 176 с.
3. Голиков К.А. Самые популярные ирисы в России и Северной Америке // Цветоводство. 2010. № 3. С. 26–29.
4. Голиков К.А., Мякокина О.В., Мазаева А.Л. Живые растения как фактор рефлексивного управления в музейном пространстве // Жизнь Земли. 2019. Т. 41, № 3. С. 297–302.
5. Капранова Н. Птичьи гнезда // Цветоводство. 2008. № 2. С. 62–64.
6. Лазарев Г.Е., Леви Л.З., Богатырева Н.А., Залогин Б.С., Кузьминская К.С., Ходещкий В.Г. Обзор. Обобщение и оценка опыта работы естественно-научных и природоведческих музеев СССР по образованию в области окружающей среды // Экологическое образование музейными средствами. Международная программа ЮНЕСКО-ЮНЕП по образованию в области окружающей среды / Под ред. С.А. Ушакова, Г.Е. Лазарева, Э.К. Авдонина. М.: Внешторгиздат, 1989. С. 4–61.
7. Музей землеведения. Путеводитель. М.: МГУ, 2010. 100 с.
8. Онипченко В.Г. Функциональная фитоценология: Синэкология растений. Учебное пособие. Изд. 2-е, стер. М.: КРАСАНД, 2014. 576 с.
9. Работнов Т.А. Растительные сообщества // Жизнь растений. В 6 т. Т. 1. М.: Просвещение, 1974. С. 99–116.
10. Сааков С.Г. Оранжерейные и комнатные растения и уход за ними. Л.: Наука, 1983. С. 196–197.
11. Снакин В.В., Смурова Т.Г., Колотилова Н.Н., Дубинин Е.П., Попова Л.В., Алексеева Л.В., Голиков К.А., Крупина Н.И., Максимов Ю.И., Сочивко А.В., Лаптева Е.М. Временная выставка «Музей землеведения в зеркале истории МГУ» (к 70-летию Музея) // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 3. С. 325–342.
12. Списки растений Ботанического сада Московского университета «Аптекарский огород». Enumeratio plantarum Horti Botanici Universitatis Mosquensis / Под ред. А.Ю. Паршина. М.: ПОЛТЕКС, 2001. 88 с.
13. Тахтаджян А.Л. Флористическое деление суши // Жизнь растений. В 6 т. Т. 1. М.: Просвещение, 1974. С. 117–153.

14. «Ирисы-2019» (<http://www.mes.msu.ru/vystavki/proshedshie-vystavki?id=41>).
15. International Plant Names Index (<https://www.ipni.org>).

REFERENCES

1. Novikov V.S., Pimenov M.G., Kiseleva K.V., Gokhman V.E., Parshin A.Yu. (eds.). *Botanical garden of Moscow University. 1706–2006. The first scientific Botanical institution in Russia.* 268 p. (Moscow: GIMK, 2006) (in Russian).
2. Golikov K.A. *Decorative perennials in landscape design.* 176 p. (Moscow: Fond imeni Sytina; Zarnicy, 2004) (in Russian).
3. Golikov K.A. The most popular irises in Russia and North America. *Tsvetovodstvo.* 3, 26–29 (2010) (in Russian).
4. Golikov K.A., Myakokina O.V., Mazaeva A.L. Live plants as a factor of reflexive control in the Museum space. *Zhizn` Zemli.* 41 (3), 297–302 (2019) (in Russian).
5. Kapranova N. Birds' nests. *Tsvetovodstvo.* 2, 62–64 (2008) (in Russian).
6. Lazarev G.E., Levi L.Z., Bogatyreva N.A., Zalogin B.S., Kuz'minskaya K.S., Khodetskij V.G. Review. Generalization and evaluation of the experience of natural science and natural history museums of the USSR on education in the field of environment. *Environmental education by museum means. UNESCO-UNEP International Environment Education Program.* P. 4–61 (Moscow: Vneshtorgizdat, 1989) (in Russian).
7. *The Earth Science Museum. Guide.* 100 p. (Moscow: MGU, 2010) (in Russian).
8. Onipchenko V.G. *Functional phytocoenology: Synecology of plants* (2nd ed.). 576 p. (Moscow: KRASAND, 2014) (in Russian).
9. Rabotnov T.A. Plant communities. *Zhizn' rastenij* [The Life of plants]. In 6 vol. 1, 99–116 (Moscow: Prosveshchenie, 1974) (in Russian).
10. Saakov S.G. *Greenhouse and houseplants and care for them.* P. 196–197 (Leningrad: Nauka, 1983) (in Russian).
11. Snakin V.V., Smurova T.G., Kolotilova N.N., Dubinin E.P., Popova L.V., Alekseeva L.V., Golikov K.A., Krupina N.I., Maksimov Ju.I., Sochivko A.V., Lapteva E.M. Temporary exhibition «Earth Science Museum in the mirror of the history of Moscow State University» (to the 70th anniversary of the Museum). *Zhizn' Zemli.* 42 (3), 325–342 (2020). DOI 10.29003/m1486.0514-7468.2020_42_3/325-342 (in Russian).
12. Parshin A.Yu. (ed.). *Lists of plants of the Botanical garden of the Moscow University «Apothecary garden».* *Enumeratio plantarum Horti Botanici Universitatis Mosquensis.* 88 p. (Moscow: POLTEKS, 2001) (in Russian).
13. Takhtadzhyan A.L. Floristic division of the land. *Zhizn' rastenij* [The Life of plants]. In 6 vol. 1, 117–153 (Moscow: Prosveshchenie, 1974) (in Russian).
14. «Ирисы-2019» (<http://www.mes.msu.ru/vystavki/proshedshie-vystavki?id=41>).
15. International Plant Names Index (<https://www.ipni.org>).

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 551.242.23.001.57

DOI 10.29003/m1778.0514-7468.2020_42_4/485-501

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЛАБОРАТОРИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГЕОДИНАМИКИ МУЗЕЯ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ МГУ (к 40-летию создания лаборатории)

**А.Л. Грохольский, Е.П. Дубинин, Г.Д. Агранов, М.С. Барановский,
Я.А. Данилов, П.А. Доманская, А.А. Максимова, А.И. Макушкина,
А.О. Ращупкина, А.И. Толстова, А.Н. Филаретова, Ю.А. Шепталина,
Е.Л. Щербакова¹**

В контексте становления геодинамики как одного из направлений геологической науки рассмотрена история создания лаборатории экспериментальной геодинамики Музея землеведения МГУ, организованной в 1980 г. Представлены основные направления экспериментальных исследований, проводимых в ней за период 2015–2020 гг., и основные результаты проведённых экспериментов. Освещены вопросы использования экспериментальных результатов в учебном процессе и в экспозиции Музея.

Ключевые слова: физическое моделирование, структурообразование, рифтогенез, спрединг, горячая точка, микроконтинент.

Ссылка для цитирования: Грохольский А.Л., Дубинин Е.П., Агранов Г.Д., Барановский М.С., Данилов Я.А., Доманская П.А., Максимова А.А., Макушкина А.И., Ращупкина А.О., Толстова А.И., Шепталина Ю.А., Щербакова Е.Л.

¹ Грохольский Андрей Львович – к.г.н., в.н.с. Музея землеведения МГУ, andregro@mail.ru; Дубинин Евгений Павлович – д.г.-м.н., зав. сектором Музея землеведения МГУ, edubinin08@rambler.ru; Агранов Григорий Дмитриевич – аспирант геологического факультета МГУ; Барановский Максим Салимович – магистр геологии, специалист геолого-геофизической службы «РН-Эксплорейшн»; Данилов Ярослав Анатольевич – магистр геологии; Доманская Полина Алексеевна – бакалавр географического факультета МГУ, магистрант геологического факультета МГУ; Ращупкина Анастасия Олеговна – бакалавр геологии; Макушкина Анна Игоревна – магистр геологии, The Australian National University, Research School of Earth Sciences; Максимова Анастасия Андреевна – бакалавр географии, студентка Университета Бремена, Германия; Толстова Анастасия Ильинична – магистрант геологического факультета МГУ; Филаретова Анна Николаевна – вед. инженер Музея землеведения МГУ, annaф32@yandex.ru; Шепталина Юлия Александровна – бакалавр геологического факультета МГУ; Щербакова Екатерина Львовна – магистр геологии.

Физическое моделирование структурообразующих деформаций в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея землеведения МГУ (к 40-летию создания лаборатории) // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 485–501. DOI: 10.29003/m1778.0514-7468.2020_42_4/485-501.

Поступила 29.09.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

**PHYSICAL MODELING OF STRUCTURE-FORMING DEFORMATIONS
IN THE LABORATORY OF EXPERIMENTAL GEODYNAMICS
AT THE EARTH SCIENCE MUSEUM AT MOSCOW STATE UNIVERSITY
(to the 40th anniversary of the laboratory establishment)**

A.L. Grokholsky¹, Ph.D., E.P. Dubinin¹, Dr.Sci (Geol.), G. D. Agranov², M.S. Baranovsky³, Ya.A. Danilov,
P.A. Domanskaya², A.A. Maksimova⁵, A.I. Makushkina⁴, A.O. Rashchupkina, A.I. Tolstova²,
Yu.A. Sheptalina², E.L. Shcherbakova, A.N. Filaretova¹

¹ The Earth Science Museum at Moscow State University

² Lomonosov Moscow State University (Faculty of Geography)

³ Geological and geophysical service "RN-Exploration"

⁴ The Australian National University, Research School of Earth Sciences

⁵ University of Bremen, Germany

The creation of the laboratory of experimental geodynamics of the Earth Science Museum history is considered in the context of geodynamics establishment of as a branch of geology. The main directions of experimental research carried out in the laboratory for the period 2015–2020 and the main results of the experiments are presented. The issues of using experimental results in the educational process and in the museum exposition are highlighted.

Keywords: *physical modeling, structure formation, rifting, spreading, hot spot, microcontinent.*

Введение. В 2020 г. исполнилось 40 лет с основания лаборатории экспериментальной геодинамики в научно-учебном Музее землеведения МГУ. 1950-е – 1980-е годы прошлого столетия – десятилетия расцвета науки в нашей стране: физики, химии, биологии. Были сделаны фантастические успехи в освоении Космоса. Не стали исключением и науки о Земле. В 1950-х гг. были организованы первые Антарктические экспедиции, активизировались исследования в Арктике, были открыты и освоены многие месторождения полезных ископаемых. Важным этапом в развитии наук о Земле стали открытия, сделанные в период Международного геофизического года (1957–58). Этот год объединил исследователей разных стран. Были организованы сотни экспедиций, сделаны фундаментальные открытия в области глубинной геофизики и в Мировом океане, которые перевернули взгляды геологов на природу процессов, управляющих строением и развитием твёрдой оболочки нашей планеты. В результате возникла гипотеза, а затем и новая теория тектоники литосферных плит, базирующаяся на идеях немецкого геофизика Альфреда Вегенера о дрейфе материков.

Одновременно со становлением концепции тектоники литосферных плит развивалась и новая наука – геодинамика, которую В.Е. Хаин определил как «науку о физических и химических процессах, происходящих внутри Земли, изменяющих её геологическую структуру и рельеф». Т. е. эта наука требовала не только описания процессов и явлений, но и оценки их с точки зрения соответствия законам физики и химии. Цель геодинамики – установление и исследование сил и причин, действие которых порождает процессы, изменяющие состав и строение Земли. Геодинамика использует

информацию всех основных наук о Земле и является, таким образом, интегрирующей дисциплиной. Задачи геодинамики заключаются в построении моделей глубинных процессов на основе комплексного анализа геоморфологических, геологических, геофизических и геохимических данных, а также методов численного и физического моделирования. В основе моделирования лежат физические законы и фактические данные, чем их больше и чем они достовернее, тем корректнее модель. Там, где испытывает трудности численное моделирование вследствие неоднозначности геологических процессов и физических параметров, на помощь приходит физическое или аналоговое моделирование, с помощью которого в лабораторных условиях воспроизводятся аналоги природных процессов, напряжённого состояния коры, особенности её деформаций. Результаты моделирования сопоставляются с наблюдаемыми природными явлениями и объектами. Поэтому создание лабораторий физического моделирования геологических процессов стало просто необходимым на определённом этапе развития науки – как независимый и очень важный метод исследований. В те годы в мире было совсем немного подобных лабораторий по физическому моделированию.

Лаборатория экспериментальной геодинамики была организована в 1980 г. по инициативе и поддержке крупных учёных – директора Музея земледения профессора С.А. Ушакова и зав. отделом тектоники плит Института океанологии РАН им. Ширшова О.Г. Сорохтина. Лаборатория была создана распоряжением по Музею в структуре отдела эндогенных процессов.

Непосредственное участие в её организации приняли сотрудники сектора геодинамики Музея земледения А.И. Шеменда (первый руководитель лаборатории), А.Л. Грохольский и Е.П. Семёнов. В период становления лаборатории были заложены теоретические и методические подходы, реализуемые при экспериментальных исследованиях [3]. На начальном этапе практически своими руками было сконструировано специальное оборудование, подобраны модельные материалы, отвечающие критериям подобия природного и модельного вещества. За цикл работ по экспериментальному моделированию процессов деформации литосферы руководитель лаборатории А.И. Шеменда был удостоен Премии Ленинского комсомола в области науки и техники за 1985 г.

В 1990-е гг. вся российская наука испытывала непростые времена, но лабораторию удалось сохранить. С 2000 г. научное руководство и организацию проведения экспериментов в ней осуществляли Е.П. Дубинин и А.Л. Грохольский. Особенностью этого периода стало широкое привлечение студентов к работе в лаборатории.

Модельные материалы и экспериментальное оборудование. Экспериментальное оборудование, используемые модельные материалы, различные методики проведения экспериментов были подробно описаны в работах [1, 3, 12, 17]. Благодаря поддержке Российского научного фонда и Российского фонда фундаментальных исследований в 2017 г. лаборатория была существенно модернизирована (рис. 1).

Критерии подобия были разработаны А.И. Шемендой [12, 17, 18]. В соответствии с ними были созданы модельные материалы и изучены их реологические свойства. Эти вещества представляют собой коллоидные системы, составленные на основе жидких (минеральные масла) и твёрдых (церезин, парафин) углеводородов, тонкодисперсных порошков и поверхностно-активных веществ.

В зависимости от исследуемого процесса (сжатие, растяжение или сдвиг литосферы) моделирование проводилось на различных экспериментальных установках. Они были разработаны и изготовлены собственными силами. Их отдельные блоки и узлы в процессе работы постоянно модернизируются. Соответственно и методики приготавли-



Рис. 1. Экспериментальная установка (в центре) в лаборатории экспериментальной геодинамики.

Fig. 1. Experimental equipment (center) in the laboratory of experimental geodynamics.

ления модельных материалов, подготовки и проведения опытов разрабатываются под конкретный вид экспериментов. Некоторые оригинальные разработки сотрудников лаборатории были отмечены авторскими свидетельствами.

В настоящее время экспериментальный комплекс состоит из шести основных блоков [1] (см. рис. 1). Во внутреннем объёме установки располагаются нагреватели. С их помощью модельное вещество плавится, имитируя астеносферу. Затем оно принудительно охлаждается и кристаллизуется, образуя модельную литосферу. Изменение длительности охлаждения обеспечивает разную толщину модельной литосферы при разных соотношениях её хрупкой и пластичной частей, которая подвергается впоследствии горизонтальному растяжению или сжатию с помощью поршня. Контроль за температурой осуществляется постоянно в процессе подготовки и проведения экспериментов. Деформация упруго-пластичной модельной литосферы, формирующая трещины и структуры различного ранга, осуществляется при постоянной комнатной температуре на поверхности слоя.

Локальный источник нагрева (ЛИН), сконструированный сотрудниками лаборатории и введённый в структуру установки в 2019 г., позволяет создавать термические аномалии и моделировать аналоги природных процессов, связанных с деятельностью горячих точек и мантийных плюмов.

Основные направления экспериментального моделирования. В 2015–20 гг. в лаборатории было проведено около 1000 опытов по моделированию процессов, связанных с формированием и эволюцией земной коры, литосферы. Основное внимание в этот период уделялось исследованию структурообразующих деформаций в процессе спрединга и аккреции новой океанической коры при сдвиге в зонах трансформных разломов, а также особенностям структурообразования при переходе от континентального рифтинга к океаническому спредингу.

Краткое описание экспериментальных результатов.

Структурообразование на Западном хребте Скоттия. Для понимания динамики развития продвигающейся рифтовой трещины были проведены эксперименты по

моделированию сегментации на Западном хребте Скотия и взаимодействия рифтовой трещины хребта со структурным барьером континентальной литосферы Фолклендского плато (рис. 2).

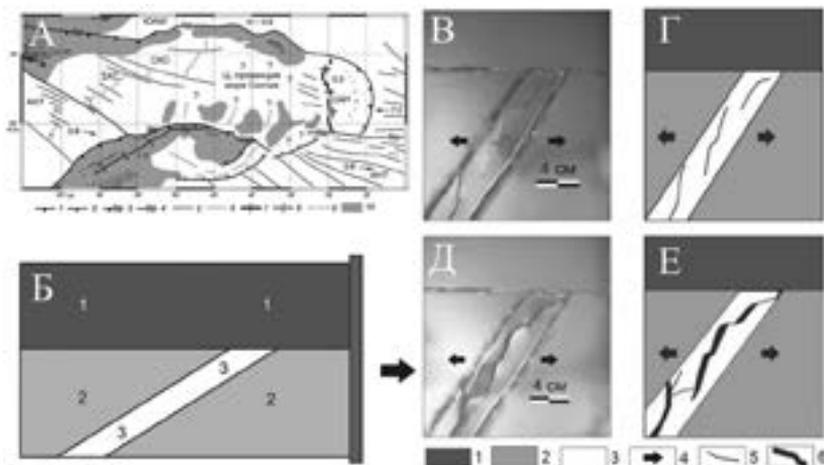


Рис. 2. А – структурная схема моря Скотия. Белым цветом показана океаническая литосфера плит: АНТ – Антарктическая, СКО – Скотия, САН – Сандвичева, ЮАМ – Южноамериканская, ЗХС – хребет Западный Скотия. 1, 2 – зоны субдукции (1 – активные, 2 – отмершие), 3 – транспрессионные разломы, 4 – сдвиговые и трансенсивные разломы, 5 – палеотрансформные разломы, 6, 7 – спрединговые хребты (6 – отмершие, 7 – активные; стрелками показано направление спрединга), 8 – рифт пролива Брансфильд, 9 – пассивные континентальные окраины, 10 – массивы утонённой континентальной литосферы. Стрелками показаны направления движения плит и скорости их перемещения в см/год [14]. Б–Е – моделирование структурообразования на хребте Западном Скотия. Б – постановка экспериментов. 1 – континентальная литосфера банки Бердвуд и Фолклендского плато, 2 – утонённая континентальная кора, 3 – ослабленная кора зоны растяжения, 4 – направление растяжения, 5 – осевые трещины, сформированные в результате растяжения, 6 – новообразованная модельная океаническая кора. Б–Е – результаты моделирования (вид сверху): В, Д – последовательные стадии формирования рифтовой трещины и аккреции коры в модели; Г, Е – дешифрирование результатов соответствующих стадий; В, Г – разрушение модельной литосферы в ослабленной зоне и формирование естественной сегментации; Д, Е – соединение смещённых сегментов формирующимися сдвигами и аккреция новой модельной коры вдоль спрединговых сегментов [5].

Fig. 2. А – structural scheme of the Scotia Sea. The oceanic lithosphere of the plates is shown in white: АНТ – Antarctic, СКО – Scotia, САН – Sandvicheva, ЮАМ – South American, ЗХС – West Scotia Ridge. 1, 2 – subduction zones (1 – active, 2 – extinct), 3 – transpressional faults, 4 – strike-slip and transtensive faults, 5 – paleotransform faults, 6, 7 – spreading ridges (6 – extinct, 7 – active, arrows show spreading direction), 8 – Bransfield Strait rift, 9 – passive continental margins, 10 – massifs of thinned continental lithosphere. Arrows indicate the direction of movement of the plates and their speed in cm / year [14]. Б–Е – modeling of structure formation on the West Scotia Ridge. Б – setting up experiments. 1 – continental lithosphere of the Birdwood Bank and the Falkland Plateau, 2 – thinned continental crust, 3 – weakened crust of the extension zone, 4 – direction of extension, 5 – axial cracks formed as a result of extension, 6 – newly formed model oceanic crust. Б–Е – modeling results (top view): В, Д – successive stages of rift crack formation and crustal accretion in the model; Г, Е – interpretation of the results of the corresponding stages. В, Г – destruction of the model lithosphere in the weakened zone and the formation of natural segmentation; Д, Е – joining of displaced segments by forming strike-slip faults and accretion of a new model crust along spreading segments [5].

Эксперименты воспроизводили геодинамические и кинематические условия развития и сегментации хребта Западный Скотия. В природной ситуации угол между генеральным простиранием рифтовой зоны с утонённой литосферой и направлением растяжения $\angle \alpha \approx 60^\circ$. При растяжении литосферы в ослабленной рифтовой зоне с утонённой литосферой образуются трещины, формирующие естественную сегментацию оси (рис. 2 В, Г). Затем они продвигались навстречу друг другу и соединялись, формируя сдвиговые зоны. При дальнейшем растяжении происходило наращивание новой модельной океанической коры (рис. 2 Д, Е).

Как показали экспериментальные исследования, важную роль в формировании первичной сегментации рифтовой трещины играют угол $\angle \alpha$ [1], толщина и ширина ослабленной рифтовой зоны с утонённой литосферой.

Согласно проведённым экспериментам, в случае столкновения рифтовой трещины со структурно-вещественными неоднородностями с повышенной прочностью литосферы возможны три ситуации: рифтовая трещина преодолевает этот структурный барьер и продвигается дальше, смещается с образованием сдвига (трансформного разлома, что особенно вероятно в условиях косоугольного растяжения), прекращает своё активное развитие.

На пути рифтовой трещины хребта Западного Скотия таким структурно-вещественным барьером являлась мощная континентальная литосфера Фолклендского плато, с которым хребет столкнулся 8 млн лет назад [20]. Она не только послужила непреодолимым препятствием для продвижения рифтовой трещины хребта Западного Скотия, но и способствовала изменению направления астеносферного потока, ответственного за формирование спредингового хребта Западного Скотия, на субширотное. Эти геодинамические изменения привели к перераспределению напряжений в этом районе и, как следствие, прекращению спрединга на хребте Западного Скотия, формированию сдвига вдоль северной границы плиты Скотия и инициированию растягивающих напряжений в центральной и восточной провинциях моря Скотия.

Влияние термических аномалий на тектоническое строение осевых и внеосевых зон спрединговых хребтов (Юго-Восточный Индийский и Юго-Западный Индийский хребты). Вдоль простирания Юго-Восточного Индийского хребта (ЮВИХ) и Юго-Западного Индийского хребта (ЮЗИХ) встречаются аномально прогретые и аномально холодные области литосферы и подлитосферной мантии. К первым относится область горячей точки Амстердам – Сен-Поль, расположенной в окрестности оси спрединга, и горячей точки Кергелен, удалённой от спредингового хребта на значительное расстояние. К холодной области относится Австрало-Антарктический Дискордант (ААД) на ЮВИХ и область крупных трансформных разломов Принц Эдуард – Эндрю Бейн на ЮЗИХ. Эти области существенно различаются по осевой и внеосевой морфологии, характеру структурной сегментации, особенностям проявления магматизма и были исследованы с помощью численного и физического моделирования [2, 6].

Экспериментальное моделирование показало, что наличие термических аномалий («горячих точек») в мантии вблизи спредингового хребта оказывает значительное влияние на геометрию и сегментацию рифтовой оси, характер аккреции коры и формирование осевых и внеосевых структур. Горячая точка «притягивает» рифтовую ось, положение которой стабилизируется над ней. В этом случае в осевой зоне формируется область аномально прогретого рельефа, а на флангах спредингового хребта остаются морфологические следы малоамплитудного рельефа, оставленные горячей точкой, как в случае горячей точки Амстердам – Сен-Поль (рис. 3) [2, 6].

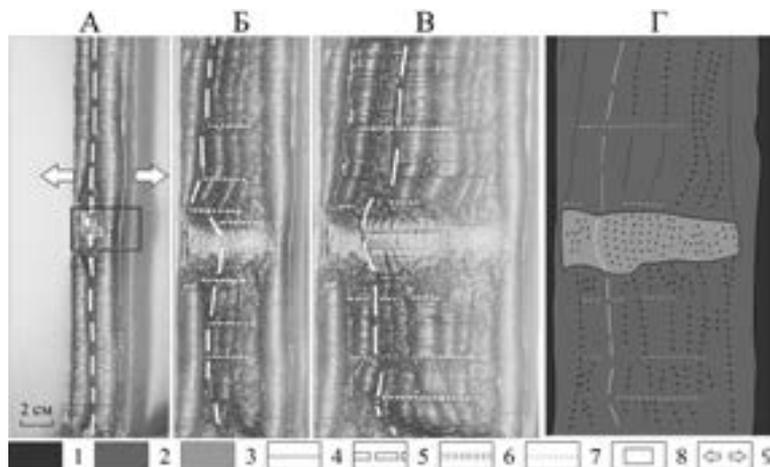


Рис. 3. Эксперимент 509. Эволюция рельефа в модели с горячей точкой, расположенной на оси рифтовой зоны. А–В – стадии эксперимента. Фото, вид сверху. Прямоугольник на стадии А – проекция локального источника нагрева (ЛИН) на поверхность модели. (1) – первоначальная модельная плита; (2) – новообразованная литосфера; (3) – новообразованная литосфера в зоне действия ЛИН; (4) – границы основных формирующихся структур; (5) – ось спрединга; (6) – поперечные разломы; (7) – границы между аккреционными валами; (8) – проекция ЛИН (горячей точки) на поверхность модели; (9) – направление растяжения [2, 6].

Fig. 3. Experiment 509. Evolution of the relief in the model with a hot spot located on the axis of the rift zone. А–В – stages of the experiment. Photo, top view. The black rectangle at stage А is the projection of the local heating source (LIN) onto the model surface. (1) – the original model plate; (2) – newly formed lithosphere; (3) – newly formed lithosphere in the area of the LIN action; (4) – the boundaries of the main emerging structures; (5) – spreading axis; (6) – transverse faults; (7) – boundaries between accretionary swells; (8) – projection of LIN (hot spot) onto the model surface; (9) – direction of stretching [2, 6].

Нередко активная магматическая деятельность плюма формирует крупные магматические провинции, морфологически выраженные в виде океанических плато. В процессе своего развития рифтовая зона спредингового хребта может пройти через такое магматическое плато и разделить его на две части, а затем удалиться от эпицентра продолжающего активно действовать плюма. Примером такого случая может служить прохождение рифтовой зоны ЮВИХ через магматическую провинцию и плато Кергелен, которое произошло ≈ 43 млн лет назад. Результатом такого «столкновения» рифтовой зоны с плато Кергелен стало разделение последнего на две части: собственно плато Кергелен с продолжающимся до настоящего времени плюмовым магматизмом и плато Брокен, являющееся в настоящее время амагматичным (рис. 4). Современным примером прохождения спредингового хребта через плюмовую магматическую провинцию является Исландия, где рифтовая зона Срединно-Атлантического хребта проходит непосредственно через этот остров.

Примером относительно холодной мантии в пределах ЮВИХ является район Австрало-Антарктического дискорданта (ААД). Здесь отсутствует осевая магматическая камера, толщина коры уменьшается, а толщина и прочность литосферы увеличивается. В процессе аккреции коры формируется более контрастный и расчленённый рельеф, ось спрединга становится менее линейной и в процессе своей эволюции часто смещается нетрансформными и трансформными смещениями.

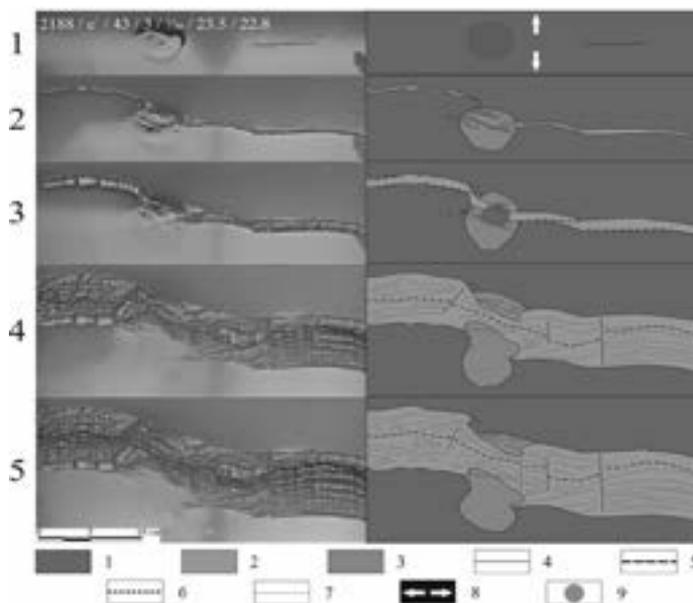


Рис. 4. Эксперимент 2188. Взаимодействие спредингового хребта с крупной магматической провинцией в модели. Слева: 1–5 – стадии эксперимента, фото (вид сверху), справа их структурные схемы. (1) – первоначальная модельная плита; (2) – новообразованная литосфера; (3) – магматические излияния; (4) – границы основных формирующихся структур; (5) – ось спрединга; (6) – смещения и сдвиги; (7) – границы между аккреционными валами; (8) – направление растяжения; (9) – область влияния ЛИИ.

Fig. 4. Experiment 2188. Interaction of a spreading ridge with a large igneous province in the model. Left: 1–5 – stages of the experiment, photo (top view), on the right – their structural diagrams. (1) – the original model plate; (2) – newly formed lithosphere; (3) – magmatic outpourings; (4) – the boundaries of the main emerging structures; (5) – spreading axis; (6) – displacements and shifts; (7) – boundaries between accretion swells; (8) – direction of stretching; (9) – area of influence of LIN.

Моделирование образования микроконтинентов и краевых плато. В переходных зонах от континентов к океанам, а также в пределах океанского дна расположено значительное количество континентальных блоков, полностью или не полностью отделённых от материка. К первым относятся микроконтиненты, которые со всех сторон окружены океанической корой (например, Сейшельская банка, банка Элан, хребет Лакшми, поднятия Гульден Драк, Батавия и др.). Вторые представлены краевыми плато (Воринг, Эксмут, Галиция, Флэмиш Кэп и др.) и островами (Сокотра, Тасмания, Шри Ланка), отделёнными от материка неразвившимся рифтом – авлакогеном [7]. Образование этих структур связано с процессом перехода от континентального рифтинга к океаническому спредингу. Эти вопросы изучались с помощью физического моделирования.

Эксперименты показали, что формирование погружённых краевых плато в пределах континентальных окраин возможно при встречном продвижении двух рифтовых трещин, которые ограничивают блок микроконтинента с обеих сторон. Одна рифтовая ветвь трансформировалась в дальнейшем в спрединговый хребет, а вторая, со стороны континента, отмирала, формируя структуру типа авлакогена, с характерным осадочным бассейном, отделяющим погружённые краевые плато от материка. В процессе своего развития континентальные микроблоки испытывали вращательные деформации

ции как в горизонтальной, так и вертикальной плоскостях. Такие деформации могли приводить к излиянию магмы на поверхность коры даже в условиях относительно холодной мантии. Это сопровождается локальными перескоками оси спрединга и формированием асимметричного рельефа (рис. 5).

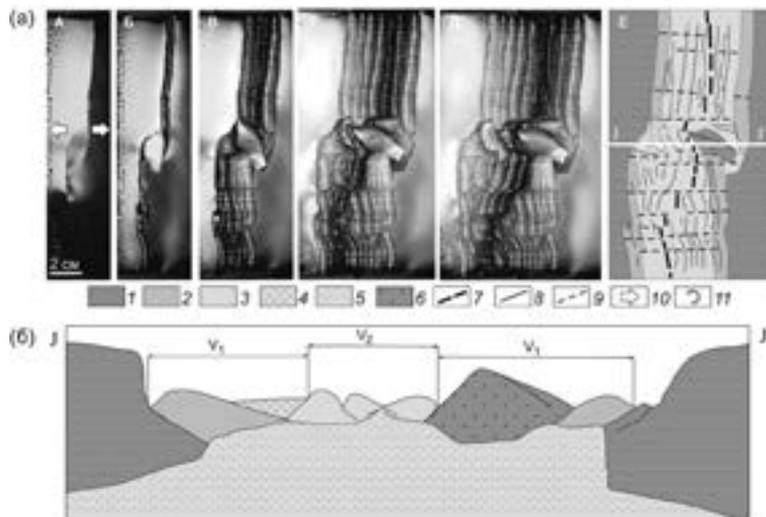


Рис. 5. Эксперимент № 2083. Образование в модели краевых плато, сопровождаемое излиянием расплава вследствие сильного вращения блоков и их вертикальных подвижек. (а) А–Д – стадии эксперимента, фото (вид сверху); Е – структурная схема последней стадии эксперимента. (б) – схематичный профиль рельефа и разрез модельной литосферы по линии J–J'. 1 – утонённая континентальная литосфера (в природе – внешняя проксимальная окраина, серпентинизированная континентальная мантия, зона эксгумации мантии); 2 – зона наращивания океанической коры при ультрамедленном спрединге при V_1 ; 3 – зона стационарного наращивания океанической коры при V_2 (увеличение скорости спрединга – медленный спрединг); 4 – магматические излияния; 5 – расплав – модельная астеносфера; 6 – краевое плато; 7 – ось спрединга; 8 – границы между аккреционными валами; 9 – зоны поперечных смещений; 10 – направление растяжения; 11 – направление вращения блока.

Fig. 5. Experiment 2083. Formation of edge plateaus in the model, accompanied by the outpouring of the melt due to strong rotation of blocks and their vertical movements. (a) A–D – stages of the experiment, photo (top view). E – block diagram of the last stage of the experiment. (b) schematic relief profile and section of the model lithosphere along the J–J' line. 1 – thinned continental lithosphere (in nature – outer proximal margin, serpentinized continental mantle, mantle exhumation zone); 2 – zone of oceanic crust build-up during ultra-slow spreading at V_1 ; 3 – zone of stationary oceanic crust growth at V_2 (increasing spreading rate – slow spreading); 4 – magmatic outpourings; 5 – melt – model asthenosphere; 6 – edge plateau; 7 – spreading axis; 8 – boundaries between accretion swells; 9 – zones of lateral displacements; 10 – direction of stretching; 11 – direction of block rotation.

Для образования микроконтинентов оказалось необходимым наличие термических (горячая точка) или структурных неоднородностей, ослабляющих прочность литосферы, приводящих к перескоку оси спрединга в область неоднородности и последующему отделению микроблока от континента.

Так, наличие горячей точки Реюньон привело к перескокам оси спрединга и отделению от материковой Индии микроконтинентов Сейшельского и Лакшми и частичному отделению Лаккадивского хребта [11] (рис. 6).

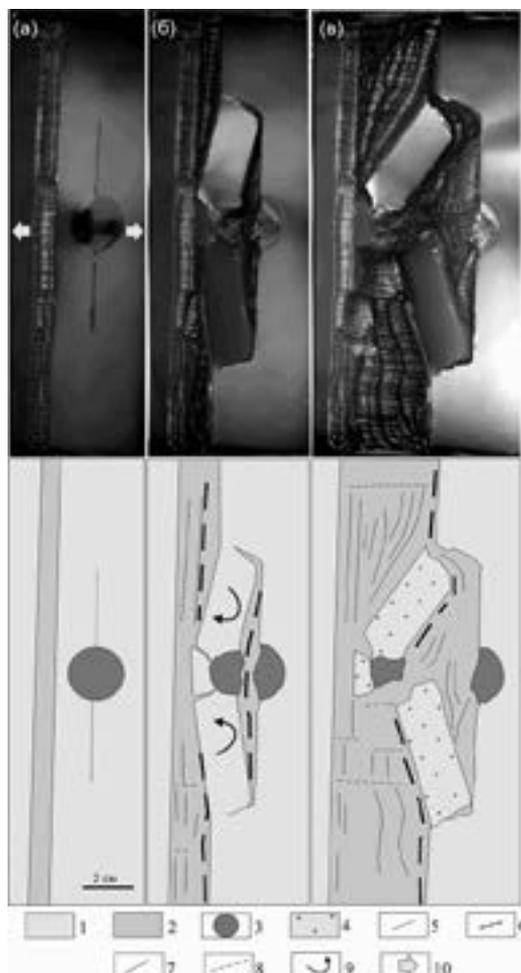


Рис. 6. Эксперимент 1997. Формирование в модели узких линейно вытянутых континентальных микроблоков. (а)–(в) – стадии эксперимента, внизу их дешифрирование. 1 – континентальная модельная плита, 2 – вновь образованная модельная литосфера, 3 – проекция горячей точки на поверхность модельной литосферы, область подъёма расплава модельного вещества, 4 – блоки континентальной коры, частично или полностью отделённые от материка в результате перескока оси спрединга, 5 – разрезы в модельной континентальной литосфере, имитирующие структурные неоднородности, 6 – ось спрединга, 7 – депрессии, разделяющие аккреционные валы, 8 – сдвиговые и нетрансформные смещения, 9 – направление вращения блока, 10 – направление растяжения.

Fig. 6. Experiment 1997. Formation in the model of narrow linearly elongated continental microblocks: (a)–(b) – stages of the experiment, their interpretation below. 1 – continental model plate, 2 – newly formed model lithosphere, 3 – projection of the hot spot on the surface of the model lithosphere, the region of uplift of the model material melt, 4 – blocks of the continental crust partially or completely separated from the mainland as a result of a jump of the spreading axis, 5 – sections in the model continental lithosphere imitating structural heterogeneities, 6 – spreading axis, 7 – depressions separating accretion swells, 8 – shear and nontransform offsets, 9 – direction of block rotation, 10 – direction of stretching.

Деятельность горячей точки Кергелен привела к отделению от окраины восточной Индии микроконтинентов Зенит и Батавия. В Северной Атлантике Исландский плюм стимулировал перескок оси спрединга, приведший к прекращению спрединга на хребте Эгир, формированию нового спредингового хребта Кольбенсей на молодой окраине восточной Гренландии и отделению от неё микроконтинента Ян-Майен [7].

Особенности структурообразования в ранний период формирования континентальных окраин с гиперрастяжением. Физическое моделирование особенностей структурообразования на ранних этапах формирования континентальных окраин с гиперрастяжением коры было проведено на примерах сопряжённых окраин южной Австралии и Антарктиды, окраин Йемена и Сомали в Индийском океане, окраин Иберии и Ньюфаундленда в Северной Атлантике.

Разделение Австралии и Антарктиды началось с рифтогенного растяжения континентальной литосферы около 160 млн лет назад и продолжалось 80 млн лет [19]. Затем этап континентального рифтинга сменился периодом ультрамедленного и медленного спрединга с формированием протоокеанической коры, сложенной преимущественно серпентинизированными ультраосновными породами эксгумированной мантии, который продолжался около 45–40 млн лет, после чего установился стационарный режим спрединга со средними скоростями. Различные этапы океанического раскрытия отчётливо проявляются в изменении морфологии фундамента (кровли второго океанического слоя).

Для изучения образования и развития сопряжённых переходных зон Австралии и Антарктиды были проведены экспериментальные исследования [9], результаты которых наряду с анализом геолого-геофизических данных показали:

1. Первая стадия амагматического утонения при растяжении континентальной литосферы в эксперименте создавалась её искусственным утонением (рис. 7). Вторая стадия формирования протокоры, которая сопровождалась эксгумацией серпентинизированной мантии, в модели воссоздавалась процессом очень медленного растяжения (ультрамедленный спрединг) и характеризовалась развитием расчленённого рельефа с широкими деформированными поднятиями с одной или обеих сторон континентальных окраин. Третья стадия характеризовалась увеличением скорости спрединга и формированием типичной океанической коры с менее расчленённым рельефом и более стабильной осью спрединга.

2. При наличии в модельной литосфере более прочного блока с относительно охлаждённой мантией (каковым в районе Австрало-Антарктического континента может служить кратон Моусон) в процессе рифтогенеза и последующего спрединга формировался сильно расчленённый рельеф. Отмечались частые перескоки рифтовой оси, что приводило к её смещениям по поперечным разломам и формированию асимметричного строения переходных зон.

3. В условиях растяжения литосферы, разделяемого периодами относительного покоя (в модели перерыв в растяжении и затем его возобновление), формировались высокоамплитудные линейные поднятия – амагматические хребты (рис. 7). Они являлись результатом деформации литосферы, которая становилась более толстой и прочной в период относительного покоя. Как правило, такие хребты формировались лишь на одной стороне из сопряжённых континентальных окраин, т. е. асимметрично, и редко располагались на обеих окраинах.

Подобную картину показало экспериментальное изучение структурообразования при переходе от рифтинга к спредингу в процессе формирования вышеописанных по-

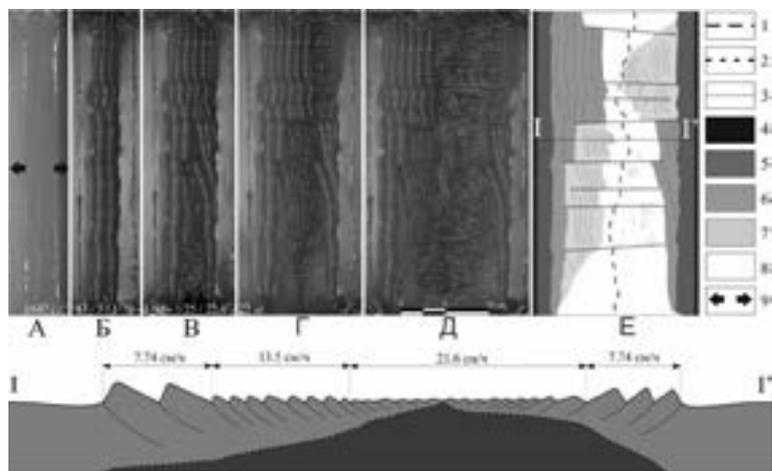


Рис. 7. Эксперимент № 1647. Структурообразование при растяжении модельной литосферы с возрастающими скоростями [9]. (Пример формирования сопряжённых окраин Австралии и Антарктиды). Вверху: стадии эволюции А–Д, фото (вид сверху); Е – структурная схема стадии Д. 1 – действующая ось спрединга; 2 – зоны поперечных смещений; 3 – границы между аккреционными валами; 4 – континентальная литосфера; 5 – зона растяжения (утонения) континентальной литосферы; 6 – зона эксгумации мантии при ультрамедленной аккреции (протокора); 7 – зона медленного спрединга; 8 – зона стационарного наращивания океанической коры (средний спрединг); 9 – направление растяжения. Внизу: схематичный рельеф и разрез модельной литосферы по линии I–I'. Светлым цветом показан твёрдый слой модели, имитирующий литосферу, верхний (хрупкий) слой которой нарушен предполагаемыми сбросами; тёмным – жидкий расплав, имитирующий астеносферу.

Fig. 7. Experiment 1647. Formation of structures during stretching of the model lithosphere with increasing rates [9]. (An example of the formation of the conjugate margins of Australia and Antarctica). Above: stages of evolution A–D, photo (top view); E – block diagram of stage D. 1 – active spreading axis; 2 – zones of lateral displacements; 3 – boundaries between accretion swells; 4 – continental lithosphere; 5 – zone of extension (thinning) of the continental lithosphere; 6 – zone of exhumation of the mantle during ultraslow accretion (protocore); 7 – slow spreading zone; 8 – zone of stationary growth of the oceanic crust (intermediate spreading); 9 – direction of stretching. Bottom: schematic relief and section of the model lithosphere along the line I–I'. The solid layer of the model is shown in light color, imitating the lithosphere, the upper (brittle) layer of which is disturbed by the proposed faults; dark – liquid melt imitating the asthenosphere.

гружённых краевых плато Галиция и Флэмиш Кэп (рис. 5) на сопряжённых окраинах Иберии и Ньюфаундленда, характеризующихся гиперрастянутой континентальной корой. Таким образом, проведённое моделирование позволило определить условия формирования разных типов рельефа при переходе от континентального рифтинга к океаническому спредингу при изменяющихся скоростях растяжения и выявить разный характер структурообразования на каждом этапе развития сопряжённых континентальных окраин с гиперрастяжением коры.

Влияние структурных неоднородностей на морфоструктурный план рифта Аденского залива при его раскрытии. Были исследованы особенности тектонического строения бассейна Аденского залива, включающего три провинции, различающиеся по своему тектоническому строению: восточную, центральную и западную [13, 16]. Различие в морфоструктурной сегментации спредингового хребта Аденского залива отражает разный геодинамический режим формирования и этапы развития этих

провинций. Восточная провинция частично была сформирована на древней океанической литосфере, а частично на утонённой континентальной (рис. 8 г). С развитием этой провинции связано образование погружённого краевого плато и архипелага Сокотра, которые отделяются от Сомалийской плиты грабеном Гвардафуй.

Сегмент центральной провинции образовался после временной остановки продвигающейся рифтовой трещины в результате её столкновения со структурным барьером мезозойского грабена Джиза-Камар – Гвардафуй и последующего её смещения с образованием трансформного разлома Алула-Фартак [15]. Большое число трансформных разломов в пределах этой провинции говорит о приспособлении рифта к неоднородностям на его пути. Западная провинция находится полностью под влиянием Афарского плюма с высоким уровнем прогресса мантии, который снижает мощность хрупкого слоя и прочность литосферы настолько, что становится невозможным формирование трансформных разломов, а формируются нетрансформные смещения.

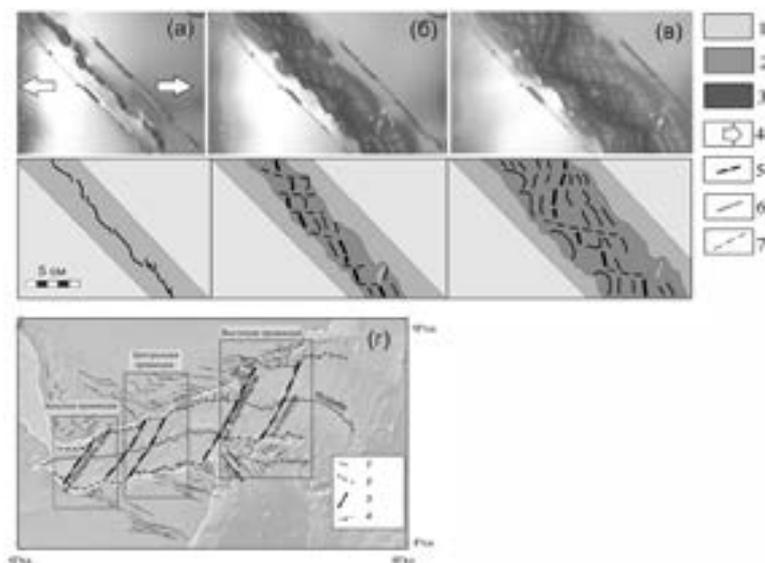


Рис. 8. Эксперимент 1451. Моделирование центрального сегмента Аденского залива [4]. (а)–(в) – стадии эксперимента, внизу их дешифрирование. 1 – модельная плита; 2 – ослабленная зона (область прогресса рифта); 3 – вновь образованная модельная литосфера; 4 – направление растяжения; 5 – ось спрединга; 6 – отмершие оси спрединга, разделяющие поднятия; 7 – трансформные и нетрансформные смещения. (г) – провинции Аденского залива с различной морфо-структурной сегментацией спредингового хребта и историей развития (по [13] с упрощениями). 1 – спрединговый хребет; 2 – граница «континент–океан»; 3 – разломные зоны; 4 – нормальные сбросы.

Fig. 8. Experiment 1451. Modeling the central segment of the Gulf of Aden [4]. (a)–(b) stages of the experiment, below their decryption. 1 – model plate; 2 – weakened zone (zone of warming up the rift); 3 – newly formed model lithosphere; 4 – direction of stretching; 5 – spreading axis; 6 – dead axes of spreading dividing uplifts; 7 – transform and nontransform offsets. (г) Provinces of the Gulf of Aden with different morphostructural segmentation of the spreading ridge and development history (after [13] with simplifications). 1 – spreading ridge; 2 – continent – ocean border; 3 – fracture zones; 4 – normal faults.

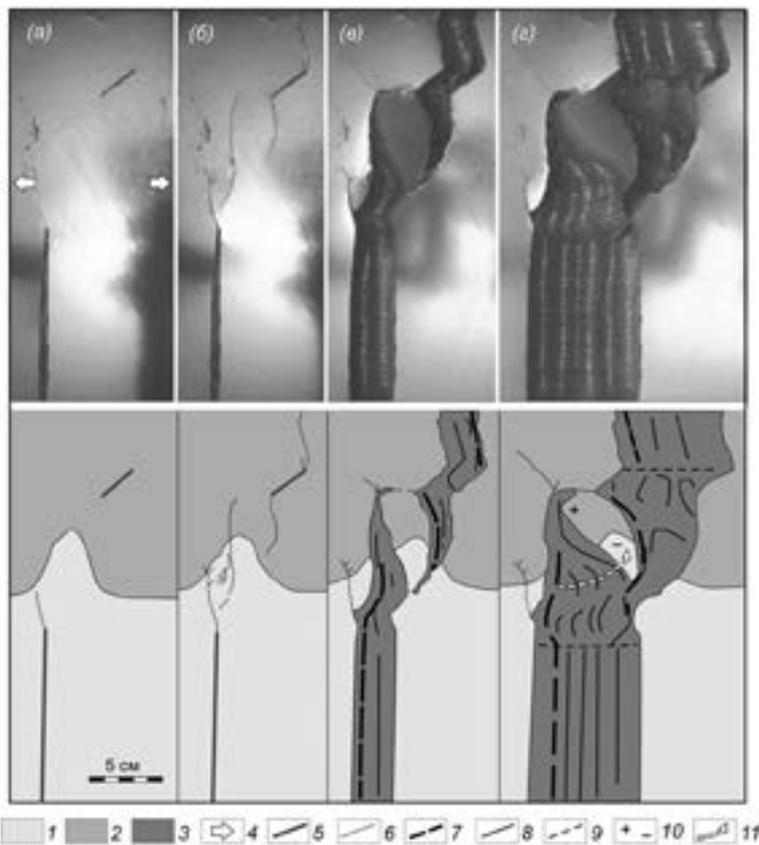


Рис. 9. Эксперимент 1506. Образование микроблока при неровной границе «континент – океан»: (а)–(г) – стадии эксперимента, внизу их дешифрирование. 1 – более тонкая (океаническая) модельная плита; 2 – более толстая и прочная (континентальная) модельная плита; 3 – вновь образованная модельная литосфера; 4 – направление растяжения; 5 – разрезы в модельной литосфере; 6 – траектории продвигающихся из разрезов трещин; 7 – ось спрединга; 8 – отмершие оси спрединга, разделяющие поднятия; 9 – сдвиговые и нетрансформные смещения; 10 – области поднятия и опускания блока; 11 – направление вращения блока.

Fig. 9. Experiment 1506. Formation of a microblock at an uneven boundary “continent – ocean”: (а)–(г) stages of the experiment, below their interpretation. 1 – thinner (oceanic) model plate; 2 – thicker and stronger (continental) model plate; 3 – newly formed model lithosphere; 4 – direction of stretching; 5 – sections in the model lithosphere; 6 – trajectories of cracks advancing from the sections; 7 – spreading axis; 8 – dead spreading axes dividing uplifts; 9 – shear and nontransform displacements; 10 – Areas for raising and lowering the unit; 11 – direction of block rotation.

С помощью экспериментов были исследованы особенности сегментации осевой зоны спрединга каждой из трёх провинций, а также условия формирования погружённого плато и о. Сокотра [4, 10]. Результаты показали, что характер морфоструктурной сегментации осевой зоны спрединга в регионе Аденского залива зависит от степени прогретости и толщины литосферы.

Исследование показало, что соединение континентального рифта Аденского залива с рифтовой зоной спредингового хребта Карлсберг, вероятно, осуществлялось посредством их продвижения навстречу друг другу. Эксперименты показали, что в

случае «резкой» границы между блоками разной толщины вероятнее всего возникнет сдвиговая зона [4]. В случае менее «резкой» границы часто формируются структуры перекрытия рифтовых зон. Микроплиты (или микроблоки), заключённые между двумя рифтами, испытывают значительные деформации (рис. 9). В дальнейшем один из рифтов отмирает, а в другом развивается спрединг. Таким микроблоком, видимо, является краевое плато и о. Сокотра. Как показало моделирование, при формировании плато и о. Сокотра важную роль играет встречное продвижение двух трещин. Причём существенную роль играет первоначальная геометрия трещин и их разнос относительно друг друга [10].

Использование результатов моделирования в образовательном процессе и учебно-экспозиционной работе. Как отмечалось выше, большое участие в работе лаборатории принимают студенты, магистранты и аспиранты кафедры динамической геологии геологического и кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультетов МГУ. Студенты, освоив метод физического моделирования в процессе своих учебно-производственных практик, проводят в лаборатории научные исследования, результаты которых являются экспериментальной основой их курсовых и дипломных проектов. Как следствие, они вносят свой вклад в получение новых знаний и являются полноправными соавторами научных публикаций.

Результаты экспериментов регулярно докладываются на международных и всероссийских конференциях, публикуются в ведущих научных журналах.

Экспериментальные результаты, полученные в лаборатории, реализуются в учебном процессе в виде лекционных и практических занятий и внедряются в экспозицию научно-учебного Музея землеведения.

За последние пять лет прослушали лекции по физическому моделированию и познакомились с работой лаборатории более 100 студентов и магистрантов. За этот же период по результатам экспериментальных исследований были подготовлены и успешно защищены 16 курсовых, 15 дипломных и магистерских работ.

Экспериментальные исследования, представленные в данной работе, выполнялась при поддержке Российского научного фонда (проект №16-17-10139) и РФФИ (проекты №15-05-03486 и № 18-05-00378).

ЛИТЕРАТУРА

1. Грохольский А.Л., Дубинин Е.П. Аналоговое моделирование структурообразующих деформаций литосферы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов // Геотектоника. 2006. № 1. С. 76–94.
2. Грохольский А.Л., Дубинин Е. П., Севинян К.Т., Галушкин Ю.И. Экспериментальное моделирование взаимодействия горячей точки и спредингового хребта (на примере Юго-Восточного Индийского хребта) // Жизнь Земли. 2012. Вып. 34. С. 24–35.
3. Грохольский А.Л., Дубинин Е.П., Семёнов Е.П. Тридцать пять лет лаборатории экспериментальной геодинамики Музея землеведения МГУ // Жизнь Земли. 2015. Вып. 37. С. 181–195.
4. Грохольский А.Л., Дубинин Е.П., Щербакова Е.Л. Влияние структурных неоднородностей на геометрию рифтовой трещины при раскрытии Аденского залива (физическое моделирование) // Жизнь Земли. 2019. Т. 41. № 2. С. 124–137.
5. Дубинин Е.П., Кохан А.В., Тетерин Д.Е., Грохольский А.Л., Курбатова Е.С., Сущевская Н.М. Тектоническое строение и типы рифтогенных бассейнов моря Скотия, Южная Атлантика // Геотектоника. 2016. № 1. С. 41–61.
6. Дубинин Е.П., Галушкин Ю.И., Грохольский А.Л., Кохан А.В., Сущевская Н.М. Горячие и холодные зоны Юго-Восточного Индийского хребта и их влияние на особенности его строения и магматизма (численное и физическое моделирование) // Геотектоника. 2017. № 3. С. 1–24.
7. Дубинин Е.П. // Океанология. 2018. Т. 58. № 3. С. 435–446 DOI: 10.1134/S0001437018030062.

8. Дубинин Е.П., Грохольский А.Л., Макушкина А.И. Физическое моделирование условий образования микроконтинентов и краевых плато континентальных окраин // *Физика Земли*. 2018. № 1. С. 69–82.
9. Дубинин Е.П., Лейченко Г.Л., Грохольский А.Л., Сергеева В.М., Агранов Г.Д. Изучение особенностей структурообразования в ранний период разделения Австралии и Антарктиды на основе физического моделирования // *Физика Земли*. 2019. № 2. С. 76–91.
10. Дубинин Е.П., Лукашов А.А., Грохольский А.Л., Филаретова А.Н., Щербакова Е.Л. Строение и условия образования краевого плато и острова Сокотра (физическое моделирование). Ч. 1. Строение острова Сокотра // *Вестник КРАУНЦ*. 2019. Т. 44, № 4. С. 63–72.
11. Дубинин Е.П., Барановский М.С., Грохольский А.Л., Филаретова А.Н. Влияние горячей точки Реюньон на формирование погружённых хребтов и микроконтинентов вблизи западной окраины Индии (физическое моделирование) // *Жизнь Земли*. 2019. Т. 41, № 4. С. 374–386.
12. Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // *Геология и геофизика*. 1983. № 10. С. 10–19.
13. Bellahsen N., Leroy S., Autin J. et al. Pre-existing oblique transfer zones and transfer/transform relationships in continental margins: New insights from the southeastern Gulf of Aden, Socotra Island, Yemen // *Tectonophysics*. 2013. V. 607. P. 32–50.
14. DeMets C., Gordon R., Argus D. Geologically current plate motions // *Geophys. J. Int.* 2010. V. 181. P. 1–80.
15. Fournier M. et al. Arabia-Somalia plate kinematics, evolution of the Aden-Owen-Carlsberg triple junction, and opening of the Gulf of Aden // *JGR*. 2010. V. 115(B4). B04102. DOI:10.1029/2008JB006257.
16. Leroy S. et al. Contrasted styles of rifting in the eastern Gulf of Aden: a combined wide-angle, multichannel seismic, and heat flow survey // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2010. 11 (Q07004). P. 1–14 (<http://dx.doi.org/10.1029/2009GC002963>).
17. Shemenda A.I., Grokholsky A.L. A formation and evolution of overlapping spreading centers (constrained on the basis of physical modeling) // *Tectonophysics*. 1991. V. 199. P. 389–404.
18. Shemenda A.I., Grokholsky A.L. Physical modeling of slow seafloor spreading // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. P. 9137–9153.
19. Stagg H. M. J., Colwell J. B., Direen N. G., O'Brien P. E., Brown B. J., Bernardel G., Borissova I., Carson L., Close D.B. Geological framework of the continental margin in the region of the Australian Antarctic Territory // *Geoscience Australia. Record*. 2005. V. 2004/25.
20. Verard C., Flores K., Stampfli G. Geodynamic reconstructions of the South America–Antarctica plate system // *J. of Geodynamics*. 2012. V. 53. P. 43–60.

REFERENCES

1. Grokholsky A.L., Dubinin E.P. Analog modeling of structure-forming deformations of the lithosphere in rift zones of mid-ocean ridges. *Geotectonics*. **1**, 76–94 (2006) (in Russian).
2. Grokholsky A.L., Dubinin E.P., Sevinian K.T., Galushkin Yu I. Experimental modeling of the interaction between a hot spot and a spreading ridge (on the example of the South-Eastern Indian ridge). *Zhizn Zemli*. **34**, 24–35 (2012) (in Russian).
3. Grokholsky A.L., Dubinin E.P., Semenov E.P. Thirty-five years of the laboratory of experimental geodynamics of the Moscow state University Museum of earth science. *Zhizn Zemli*. **37**, 181–195 (2015) (in Russian).
4. Grokholsky A.L., Dubinin E.P., Shherbakova E.L. Influence of structural inhomogeneities on the rift crack geometry during the opening of the Gulf of Aden (physical modeling). *Zhizn Zemli*. **41**(2), 124–137 (2019) (in Russian).
5. Dubinin E.P., Kokhan A.V., Teterin D.E., Grokholsky A.L., Kurbatova E.S., Sushchevskaya N.M. Tectonics and types of riftogenic basins of the Scotia Sea, South Atlantic. *Geotectonics*. **1**, 41–61 (2016) (in Russian).
6. Dubinin E.P., Galushkin Yu I., Grokholsky A.L., Kokhan A.V., Sushchevskaya N.M. Hot and cold zones of the Southeast Indian Ridge and their influence on the peculiarities of its structure and magmatism (Numerical and physical modelling). *Geotectonics*. **3**, 1–24 (2017) (in Russian).
7. Dubinin E.P. Geodynamic Setting of the Formation of Microcontinents, Submerged Plateaus, and Nonvolcanic Islands within Continental Margins. *Oceanology*. **58** (3), 435–446 (2018). DOI: 10.1134/S0001437018030062 (in Russian).

8. Dubinin E.P., Grokholsky A.L., Makushkina A.I. Physical modeling of the formation conditions of microcontinents and continental marginal plateaus. *Fizika Zemli*. **1**, 69–82 (2018) (in Russian).
9. Dubinin E.P., Litchenkov G.L., Grokholsky A.L., Sergeeva V.L., Agranov G.D. Structure-Forming Peculiarities at the Early Stage of Antarctic-Australia Separation Based on Physical Modeling. *Fizika Zemli*. **2**, 76–91 (2019) (in Russian).
10. Dubinin E.P., Lukashov A.A., Grokholsky A.L., Filaretova A.H., Shcherbakova E.L. Structure and conditions of formation of the regional plateau and Socotra island (physical modeling). Part 1. The structure of the island of Socotra. *Vestnik KRAUNCz*. **44**(4), 63–72 (2019) (in Russian).
11. Dubinin E.P., Baranovskij M.S., Grokholsky A.L., Filaretova A.H., Influence of the reunion hotspot on the formation of submerged ridges and microcontinents near the Western edge of India (physical modeling). *Zhizn Zemli*. **41**(4), 374–386 (2019) (in Russian).
12. Shemenda A.I. Similarity criteria for mechanical modeling of tectonic processes. *Geologiya i geofizika*. **10**, 10–19 (1983) (in Russian).
13. Bellahsen N., Leroy S., Autin J. et al. Pre-existing oblique transfer zones and transfer/transform relationships in continental margins: New insights from the southeastern Gulf of Aden, Socotra Island, Yemen. *Tectonophysics*. **607**, 32–50 (2013).
14. DeMets C., Gordon R., Argus D. Geologically current plate motions. *Geophys. J. Int.* **181**, 1–80 (2010).
15. Fournier M. et al. Arabia-Somalia plate kinematics, evolution of the Aden-Owen-Carlsberg triple junction, and opening of the Gulf of Aden. *JGR*. **115**(B4). B04102 (2010). DOI:10.1029/2008JB006257.
16. Leroy S. et al. Contrasted styles of rifting in the eastern Gulf of Aden: a combined wide-angle, multichannel seismic, and heat flow survey. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. **11** (Q07004), 1–14 (2010) (<http://dx.doi.org/10.1029/2009GC002963>).
17. Shemenda A.I., Grokholsky A.L. A formation and evolution of overlapping spreading centers (constrained on the basis of physical modeling). *Tectonophysics*. **199**, 389–404 (1991).
18. Shemenda A.I., Grokholsky A.L. Physical modeling of slow seafloor spreading. *J. Geophys. Res.* **99**, 9137–9153 (1994).
19. Stagg H.M.J., Colwell J.B., Direen N. G., O'Brien P.E., Brown B.J., Bernardel G., Borissova I., Carson L., Close D.B. Geological framework of the continental margin in the region of the Australian Antarctic Territory. *Geoscience Australia. Record*. **2004/25** (2005).
20. Verard C., Flores K., Stampfli G. Geodynamic reconstructions of the South America–Antarctica plate system. *J. of Geodynamics*. **53**, 43–60 (2012).

ЮБИЛЕИ ДВУХ АКАДЕМИКОВ: ЧТОБЫ ПОМНИЛИ...

С.Н. Моников¹

В 2020 г. исполнилось 280 лет со дня рождения российского натуралиста и путешественника Ивана Ивановича Лепёхина (1740–1802) и 275 лет со дня рождения путешественника и натуралиста, по национальности немца, Самуила Готтлиба Гмелина (1745–1774). В статье дана краткая оценка научного вклада этих двух руководителей академических экспедиций 1768–1774 гг. в изучение природы и экономики Российской империи в целом и юго-востока Европейской России в частности. Рассмотрены некоторые несоответствия в биографии С.Г. Гмелина, встречающиеся в справочной, научной и научно-популярной литературе дореволюционной России и СССР. Ставится вопрос увековечивания памяти двух академиков в Волгоградской и Саратовской областях, в республике Дагестан.

Ключевые слова: история науки, академические экспедиции 1768–1774 гг., И.И. Лепёхин, С.Г. Гмелин, Тюбинген, Лепёхинка, Гмелинка, Каякент, Нижнее Поволжье, «Флотилия плавучих университетов», Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина.

Ссылка для цитирования: Моников С.Н. Юбилей двух академиков: чтобы помнили... // Жизнь Земли. 2020. Т. 42, № 4. С. 502–512. DOI: 10.29003/m1779.0514-7468.2020_42_4/502-512.

Поступила 18.10.2020 / Принята к публикации 25.11.2020

TO BE REMEMBERED... ANNIVERSARIES OF TWO ACADEMICIANS

S.N. Monikov, PhD

Volgograd State Socio-Pedagogical University

2020 marks 280 years since the birth of the outstanding Russian naturalist and explorer Ivan Ivanovich Lepyokhin (1740–1802) and 275 years since the birth of the outstanding German explorer and naturalist Samuel Gottlieb Gmelin (1745–1774). An overview of scientific contribution to the study of nature and economics of the Russian Empire in general and the southeast of European Russia in particular made by these two leaders of the Academic Expeditions of 1768–1774 is presented. The author discusses a number of inconsistencies in S.G. Gmelin's biography found in references (encyclopedias), scientific and popular science literature of pre-revolutionary Russia and the USSR. The question of I.I. Lepyokhin and S.G. Gmelin memorialization in Volgograd and Saratov Regions and the Republic of Dagestan has been raised.

Keywords: history of science, Academic Expeditions of 1768–1774, I.I. Lepyokhin, S.G. Gmelin, Tübingen, Lepyokhinka, Gmelinka, Kayakent, Lower Volga Region, Flotilla of Floating Universities, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov.

Введение. Исследование природных комплексов и их компонентов, их изменения под влиянием естественных и антропогенных причин имеет существенное научное и прикладное значение. С одной стороны, можно с известным допущением определить интенсивность трансформации природных или природно-хозяйственных комплексов

¹ Моников Сергей Николаевич – к.г.н., доцент Волгоградского государственного социально-педагогического университета; kraeved2003@mail.ru.

в период их антропогенного освоения. С другой, возникает возможность внесения корректив в географические прогнозы [1]. Со времён Петра I стали проводиться экспедиции в разные точки Российской империи с целью изучения природы, экономики, населения.

В 2020 г. исполнилось 280 лет со дня рождения выдающегося натуралиста и путешественника Ивана Ивановича Лепёхина (1740–1802) и 275 лет со дня рождения выдающегося путешественника и натуралиста Самуила Готлиба Гмелина (1745–1774). Имена этих учёных (рис. 1 и 2), прежде всего, известны в связи с академическими экспедициями 1768–74 гг., подготовленными первым русским академиком М.В. Ломоносовым (1711–1765). Итогом экспедиций стало введение в науку множества ранее неописанных видов растений и животных; впервые в Нижневолжском регионе проведены географические и геолого-геоморфологические изыскания, значение которых велико и в наше время, но становится всё более ценным, поскольку содержит описание природных ландшафтов и их географических компонентов в первозданном виде, фактически при минимальном антропогенном воздействии.

Данная публикация носит мемориальный характер с акцентом на региональный аспект, т. к. в 2019 г. научная общественность Нижнего Поволжья отмечала 250-летие начала его научного изучения.

Теоретико-методическую базу исследования составляют общенаучные методы: сравнительный, статистический, картографический, системного анализа. Работа выполнена на базе отечественного и зарубежного опыта в сфере исторической географии, использованы материалы собственных исследований.

Гмелин Самуил Готлиб (4.07.1744, Тюбинген, Германия – 27.07.1774, д. Ахметкент, Дагестан) – выдающийся путешественник-натуралист, по национальности немец, племянник И.Г. Гмелина – известного исследователя Сибири, участника Второй Камчатской экспедиции. Биографические сведения о С.Г. Гмелине (см. рис. 1) носят противоречивый характер, а порой просто недостоверны; в частности, есть расхождение в отношении дат жизни. Годом его рождения считается 1744-й. В материалах биографии, полученных нами из городского архива г. Тюбингена, тоже указана эта дата



Рис. 1. С.Г. Гмелин.
Fig. 1. S.G. Gmelin.



Рис. 2. И.И. Лепёхин.
Fig. 2. I.I. Lepyokhin.

[13, 21]. В России биографические сведения о С.Г. Гмелине были впервые сообщены в 1784 г. П.С. Палласом, который назвал датой рождения учёного 23 июня 1745 г. В некоторых энциклопедиях дореволюционного² и советского³ периодов указан этот же год, но иногда 1743-й⁴ либо 1744-й⁵.

Обзор научной и краеведческой литературы позволил выявить ряд биографических ошибок. Например, Н.Г. Фрадкин [18] пишет, что Гмелин был захвачен в плен местным ханом у Дербента в 1773 г., а в следующем, 1774 г., он скончался в тюрьме. На самом деле оба события произошли в 1774-м году.

Известный волгоградский краевед Б.С. Лащилин (1906–1987) называет Гмелина и Палласа русскими учёными [4]; в отношении П.С. Палласа это утверждение будет более справедливым, т. к. он 43 года своей жизни отдал российской науке. Автор многих книг по истории Заволжья М.Т. Поляков пишет: «Примерно в те же годы в заволжском крае побывали два других учёных путешественника – Самуил Гмелин и Пётр Паллас. Кстати, оба они впоследствии стали академиками Российской Академии» [15, с. 48; 16, с. 58]. Академиком Гмелин стал до экспедиции, в апреле 1767 г., а Паллас – в июле. Астраханский краевед А.С. Марков в очерке «Последнее путешествие Гмелина» пишет, что Гмелин «окончил университет, стал профессором естественной истории и по рекомендации своего дяди, профессора химии и ботаники Петербургской Академии наук, был приглашён в Петербург заведовать Ботаническим садом» [7, с. 120]. А ведь его дядя Иоганн Георг Гмелин (1709–1755) умер, когда Самуилу Гмелину было всего 10 лет!

Конечно, эти ошибки можно списать на недостаток информации в то время, недоступность некоторых изданий. И, как часто бывает, авторы к этому вопросу больше не возвращались.

Могила С.Г. Гмелина была обнаружена в 1861 г. учёным-востоковедом Б.А. Дорном (1805–1881). Обратимся непосредственно к первоисточнику – «Отчёту» академика: «Кроме того ещё гораздо ранее, тотчас по возвращении моём из Персии, я задумал, когда буду в Дербенте, съездить в деревню Каякент в 50 вёрстах оттуда, чтобы попытаться отыскать могилу академика Гмелина, преданного земле в 1774 г. ... Я думал, что моё путешествие озарится счастливым предзнаменованием, если мне удастся поставить памятник на забытой могиле достойного человека, который в 1768–1774 гг. совершил путешествие почти по тем же самым странам, где был я, и пал жертвою науки... 21 мая мы прибыли в Великент. Между тем как гг. Петухов и Гиппиус отправились в Каякент, чтобы попытаться отыскать могилу Гмелина... 22 мая я получил известие, что гг. Петухов и Гиппиус действительно отыскали могилу Гмелина. Я немедленно отправился туда сам... Теперь могилу украшает деревянный крест с вырезанною нами четырьмя надписью: Академик Гмелин †27 июня 1774 г.» [2, с. 264, 265, 267].

Начавший разрушаться памятник был реставрирован в мае 1903 г. (рис. 3), впоследствии – в 1980 г. С тех пор прошло уже 40 лет, и могила находится в удручающем состоянии, несмотря на высокий статус в ней похороненного (рис. 4).

В 2017 г. в селе Гмелинка Старополтавского района Волгоградской области, единственном в России населённом пункте, носящем имя натуралиста, по инициативе главы администрации М.П. Бутенина была установлена памятная стена учёному (рис. 5).

² Энциклопедический словарь. Т. 16. СПб., 1893.

³ БСЭ, 2-е изд. Т. 11. М., 1952; Биографический словарь деятелей естествознания и техники. Т. 1, М., 1958; БСЭ, 3-е изд. Т. 6. М., 1971.

⁴ Русская энциклопедия. Т. 5. СПб., 1911.

⁵ Большая энциклопедия. Т. 7. СПб., 1902; БСЭ, 1-е изд. Т. 17. М., 1930.



Рис. 3. Могила С.Г. Гмелина. Фото 1903 г.
Fig. 3. Grave of S.G. Gmelin. Photo of 1903.



Рис. 4. Могила С.Г. Гмелина без облицовочной плитки. Фото И. Ширяева, 2020 г.
Fig. 4. Grave of S.G. Gmelin without facing tiles. Photo by I. Shiryaev, 2020.

Само же село было основано в 1906 г. при строительстве ветки железной дороги от Астрахани до Саратова. Для дозaprавки паровозов были необходимы искусственные водохранилища, поэтому построили водокачки, и крупные станции Лепёхинка, Гмелинская (рис. 6) и Палласовка расположили на расстоянии 36 км друг от друга.

В 1766 г. Петербургская Академия наук пригласила С.Г. Гмелина на должность профессора ботаники и химии. И когда вскоре были организованы экспедиции по исследованию различных регионов России, он возглавил «астраханский» отряд.

В мае 1768 г. была разработана инструкция для руководителей отрядов (её готовили С.Г. Гмелин и П.С. Паллас – С.М.), предписывающая включить в круг исследований: «естество» почв и воды; возделывание земли; лесные угодья; красильные растения; разведение виноградников, тутовых деревьев, шелковичных червей; особые болезни у людей и скота, а также борьбу с ними; распространение «скотских заводов» – в осо-



Рис. 5. Стела С.Г. Гмелину в с. Гмелинка. Научно-просветительская экспедиция «Флотилия плавучих университетов-2018». Фото И.А. Яшкова.

Fig. 5. Stele of S.G. Gmelin in the village of Gmelinka. Scientific and educational expedition «Flotilla of floating universities-2018». Photo by I.A. Yashkov.



Рис. 6. Железнодорожная станция Гмелинская. Фото Дм. Бражникова, 2020 г.

Fig. 6. Gmelinskaya Railway station. Photo by Dm. Brazhnikov, 2020.

бенности для получения шерсти; рыбные и звериные промыслы; полезные руды земли, соли, каменный уголь, торф, «полуметаллы, важные для коммерции» и минералы; фабрики, заводы и рудники. Путешественники были обязаны уделять внимание травам, «полезным в медицине, экономии и купечестве», которые «или иностранных наградить, или совсем новую отрасль торгу произвести могут»; заботиться о «поправлении общей и частной географии» [18, с. 203–206]. Поручалось также отмечать погоду, тепло и стужу, записывать нравы местного населения, светские и духовные обряды, древние повествования народов, осматривать старинные развалины, остатки древних мест.

«Астраханский» отряд под руководством Самуила Гмелина вышел из Петербурга 23 июня 1768 г. Его путь в наш регион шёл через Новгород, Валдайскую возвышенность (исследован исток Волги) и Воронеж, где была зимовка. Летом 1769 г. экспедиция проследовала по Хопру и Дону до Волго-Донской переправы. Посетила Царицын и немецкую колонию Сарепту (причём неоднократно, последний раз в 1773 г.) – очаг культуры, науки и экономики среди огромных колонизируемых территорий «Дикого поля». Его путь лежал много дальше – в Астрахань (зимовка) и Кизляр (1770 г.).

Основные результаты научной деятельности Самуила Гмелина в Нижневолжском регионе следующие:

1. Проведено первое научное описание южной части Среднерусской и Калачской возвышенностей, Донской гряды, юга Приволжской возвышенности и Ергеней. Описаны следы оледенений, оставшихся в виде гранитных валунов на Калачской и Среднерусской возвышенностях. Проведено маршрутное описание горных пород.

2. На примере органического мира Калачской возвышенности и Донской гряды выявлены глубокие связи, существующие между биотой и физико-географическими условиями. Описаны характерные «местности», тянущиеся полосами от русла Дона и Хопра к степным плакорам, которые есть результат изучения и обобщения ПТК, а также три типа лесов в зависимости от условий местообитания: пойменные, байрачные и нагорные (все – в современной трактовке), выходящие на водоразделы [3]. Вблизи станицы Трёхостровской описаны байрачные леса, узким клином выходящие на водоразделы – ныне они называются венцами и являются, наряду с гигантскими меловыми обнажениями (также впервые описанными Гmeliным), символом природного парка «Донской».

3. Детально описаны городская и сельская застройка основных населённых пунктов региона – Воронежа, Царицына, Астрахани, Новочеркаска и ряда казачьих станиц. Показано, что она нерегулярна, бессистемна (кроме Астрахани), почти повсеместны деревянные постройки, крытые тростником или тесом. Описано и крупнейшее военно-инженерное сооружение Российской империи того времени – Царицынская линия, протянувшаяся от Волги (г. Царицын) до Дона (ст. Качалинская) и состоящая из рва, вала с максимальными перепадами высот 12–13 м и четырёх крепостей.

4. Сделана попытка экономической оценки территории. Показано, что растениеводство развито слабо, обычно животноводство, особенно у донских казаков и калмыков. Отмечено, что Прихопёрье и Подонье славятся своими степями и лугами, а пашни мало. Указана и причина этого явления – регион долгое время находился на территории «Дикого поля» – широкой полосы почти безлюдной земли, по которой степняки периодически совершали набеги на окраины Русского государства. Эту же мысль подтверждает и советский историк Р.Г. Скрынников (1931–2009), утверждавший, что в XVI в. в бассейне Среднего и Нижнего Дона земледелие почти не практиковалось: «Непрерывные столкновения с кочевниками мешали казакам обзаводиться пашней. Хлеб к ним привозили из центра России. Сами же казаки держали скот, промышленляли рыбной ловлей и охотой» [17, с. 58]. Первым на этот важнейший исторический факт указал С.Г. Гмелин.

5. Дана этнографическая характеристика местных народов, показаны глубокие связи между населением и природой. Описан уклад жизни жителей донских и волжских поселений, донских казаков, калмыков и ногаев.

6. Описаны в окрестностях Сарепты, Бекетовки и Царицына несколько лечебных источников. Спустя десятилетие окрестности Сарепты и Бекетовки станут бальнеологическими центрами нашего государства, на лечение сюда будут съезжаться люди из многих уголков России. Губернатор Астраханского края Н.А. Бекетов (1729–1794) прикажет построить множество домиков для проживания рекреантов – это, по сути, прообраз современных санаториев.

Лепёхин Иван Иванович (10(21).09.1740, Петербург – 6(18).04.1802) – выдающийся русский путешественник и натуралист (см. рис. 2), член Петербургской Академии наук (с 1771, адъюнкт с 1767). Член и первый непреходящий секретарь Российской Академии наук (1783–1802), выдающийся исследователь Нижнего Поволжья. Отец его был солдатом Семёновского полка и «...не имел нужных средств воспитать сына своего, в котором усматривал способность и охоту к наукам» [18, с. 6]. В 11 лет Ваня

Лепёхин поступает в гимназию при Академии наук, где показывает прилежание и жажду к наукам «натуральным», а по её окончании становится студентом. В 1762 г. его направляют в Страсбургский университет слушать лекции по естественным наукам. На Лепёхина обратил внимание М.В. Ломоносов, который настаивал на том, что не следует приглашать из-за границы профессора ботаники, а надо дожидаться, пока закончит образование подающий надежды студент, который *«обучается с желанными успехами в физических науках»*. Ломоносов умер в 1765 г., так и не дождавшись его [10, с. 62].

Вернувшись на Родину в 1767 г., Лепёхин получает степень доктора медицины и вскоре его назначают руководителем одного из отрядов академических экспедиций, направившихся в разные районы России. Он попадает в «оренбургскую», возглавив отряд натуралистов. Отряд, проследовав через Москву, Владимир, Муром, Арзамас, остановился на зимовку в Симбирске. По пути движения отряда Лепёхин описывал природу, города и их окрестности. Как врач и ботаник он особенно интересовался лекарственными растениями. После зимовки предстояло путешествовать по Волге через Сызрань, Саратов, Царицын, осмотреть р. Иловлю – приток Дона, побывать на солёном озере Эльтон [10].

Отметим, что лепёхинское описание экспедиции существенно отличается от остальных описаний отрядов академических экспедиций 1768–74 гг. Особо выделяется полнота и красочность языка повествования (заметим, что он был единственным русским руководителем и писал на русском языке, в отличие от других – С.М.), удивительная точность глазомера и описания органического мира. Многое, попавшее в поле зрения, не ускользнуло от его внимания, будь то явление природы или особенности нравов и привычек коренного населения.

Основные результаты научной деятельности И.И. Лепёхина в Нижневолжском регионе следующие:

1. Оставил после себя первое научное описание органического мира Нижнего Поволжья. Увы, многие из описанных им растений и животных ныне либо уничтожены на данной территории, либо их ареалы находятся лишь в границах особо охраняемых природных территорий.

2. Составил первое ихтиологическое описание стада осетровых рыб, многие из которых ныне редки (белуга, стерлядь, севрюга, осётр). Описал снасти и приспособления, которыми проводилось ужение рыбы, технологию производства рыбьего клея (утраченную ныне) и иные особенности экономики и быта волжан.

3. Впервые дал описание уникального регионального палеоботанического памятника природы – Камышинские Уши. Пройдёт 80 лет и великий шотландский геолог Р.И. Мурчисон (1792–1871), первооткрыватель силурийского, девонского и пермского геологических периодов палеозойской эры, в 1849 г. (на русском языке) опишет это место как уникальное по сохранности местонахождение окаменелостей третичного периода.

4. Впервые описал транспортную структуру региона, осью которого является Волга, провёл анализ состояния «чумацких трактов», тянущихся от солеродных озёр Эльтон и Баскунчак к долине Волги.

5. Рассмотрел неудачную попытку соединения бассейнов Волги и Дона судоходным каналом, прорытым вблизи г. Дмитриевска (ныне Камышин): *«Дорога к нему лежала подле заведённого канала ещё... императором Петром Великим, в намерении соединить реку Камышинку... с Илавлєю... и тем открыть сообщение внутренних российских мест с Азовским и Чёрным морями... Каналов заведено два, из которых один нарочито вырыт глубоко, и в нём беспрестанная стоит вода, заходящая в половодье*

из разливающейся Илавлы. Другой прорыт не так глубоко и совсем безводен. Оба конца сих каналов ещё не доведены до их предмета, то есть, ниже до Илавлы, ниже до Камышинки» [5, с. 397–398]. Пройдёт почти два столетия, и в 1952 г. он будет построен под названием «Волго-Донской судоходный канал имени В.И. Ленина».

6. Составил этнографическую характеристику народов, населяющих регион, тесно переплетающуюся с описанием отношений местных жителей и природы, что имеет важное значение при проведении регионального социоэкологического мониторинга. Описал уклад жизни жителей волжских городов и сёл, ломщиков соли, чумаков (в основном малороссиян) и донских казаков.

Заключение. Академические экспедиции второй половины XVIII в. (рис. 7–8) – это не только научная эпопея, в результате которой были собраны богатейшие материалы, давшие мощный стимул развитию естествознания в России. Они оказали определяющее влияние на формирование целой плеяды ведущих русских естествоиспытателей того времени.

Если объединить все результаты академических экспедиций применительно к территории Волго-Донского поречья и другим, то получается историко-географический срез на этот период, который стал эталоном, точкой отсчёта для современного мониторинга природы не только Нижневолжского региона, но и тех регионов России, по которым пролегли их маршруты.

«Флотилией плавучих университетов» Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина были предложены: а) идея создания скуль-



Рис. 7–8. Маршруты И.И. Лепёхина и С.Г. Гмелина в Нижнем Поволжье в 1769 г. (показаны стрелками).

Fig. 7–8. Routes of I.I. Lepyokhin and S.G. Gmelin in the Lower Volga Region in 1769 (indicated by arrows).

птурной композиции в с. Лепёхинка Краснокутского района Саратовской области (единственном в России населённом пункте, носящем имя натуралиста) и б) рекомендации муниципальным и региональным властям по включению знаний о деятельности отряда академика И.И. Лепёхина в региональную образовательную компоненту [14].

В отношении результатов исследований академических экспедиций территории Нижневолжского региона можно сделать следующие выводы:

1. *Геология и минеральные ресурсы* региона освещены очень поверхностно ввиду слабого развития стратиграфии. В основном представлены литология и некоторые минеральные ресурсы края (соль, мел, железная руда, глина). Первую палеогеографическую реконструкцию региона на примере Каспийского моря сделал П.С. Паллас.

2. *Рельеф* охарактеризован ещё слабее, но у некоторых исследователей прослеживается описание Приволжской возвышенности (Гмелин, Паллас, Лепёхин), возвышенностей Ергени (Фальк) и Донская гряда (Фальк), Прикаспийской низменности (Паллас). Особо следует отметить наблюдения С.Г. Гмелина относительно генетического родства рельефа Сарепты и Самары, т. е. целостности огромной возвышенности, ныне известной как Приволжская.

3. Характерная особенность *климата* региона – обилие тепла и засушливость – отмечена всеми учёными.

4. *Гидрография* региона описана лучше всего, особенно детализирован бассейн Волги (Фальк, Паллас) и Прикаспийский бессточный бассейн на примере озера Эльтон (Лепёхин, Паллас).

5. *Почвы*, также как климат, оставили не самое благоприятное впечатление на всех руководителей отрядов – в их описании почвы сухи, солончаты и глинисты. Лишь Гильденштедт, дав первым характеристику почв южнорусских степей, объяснил происхождение чернозёма [12].

6. Исследования И.И. Лепёхиным и П.С. Палласом соляных озёр Прикаспийской низменности дали первую научную оценку ресурсов Эльтона и Приэльтона. А С.Г. Гмелин впервые использовал химический состав для классификации различных видов самосадочных озёр; все Астраханские соляные озёра он поделил на два вида: одни имеют в себе только горькую соль, а другие – поваренную с примесью горькой соли [19, 20].

И ныне, по прошествии почти 250 лет со времени проведения грандиозного научного проекта по изучению природы и экономики России, научному наследию академических экспедиций 1768–74 гг. уделяется должное внимание, о чём свидетельствует целый ряд публикаций в региональных и центральных изданиях [6, 8, 9, 11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Богучарсков В.Т., Князев Ю.П. Историко-географический анализ изучения ландшафтов бассейна Среднего и Нижнего Дона // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: География. Геоэкология. 2012. № 2. С. 63–69.
2. Дорн Б.А. Отчёт об учёном путешествии по Кавказу и южному берегу Каспийского моря // Тр. Восточного отделения Императорского археологического общества: журнал. СПб.: Тип. Имп. Академии наук, 1864. Т. VIII. С. 245–317.
3. Князев Ю.П. Ландшафты южной части Окско-Донской равнины и их антропогенное преобразование. Дис. ... канд. геогр. наук. РГУ, 2003. 190 с.
4. Лаццилин Б.С. На родных просторах: Записки краеведа. Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1968. 192 с.
5. Лепёхин И.И. Дневные записки путешествия по разным провинциям Российского государства в 1768 и 1769 г. Ч. I. СПб, 1795. С. 397–398.

6. Ломоносов и академические экспедиции XVIII века / Авторы-составители: О.А. Александровская, В.А. Широкова, О.С. Романова, Н.А. Озерова. М.: Изд-во «РТСофт», 2011. 272 с.
7. Марков А.С. Найдено в Астрахани. Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1988. 221 с.
8. Монилов С.Н. Кавказский пленник // Отчий край. 1994. № 4. С. 116–120.
9. Монилов С.Н. Гмелин Самуил Готтлиб // Энциклопедия Волгоградской области. Волгоград: Издатель, 2007. С. 89.
10. Монилов С.Н. Нет, не ошибся Михайло Ломоносов... // Во имя российской науки. Очерки по истории географических исследований Волгоградской области. Ч. 1. М.: Планета, 2011. С. 62–73.
11. Монилов С.Н. Во имя российской науки. Очерки по истории географических исследований Волгоградской области. Ч. 1. М.: Планета, 2011. 160 с.
12. Монилов С.Н. История географических исследований Волго-Донского Поречья во второй половине XVIII – начале XX вв. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. С. 80–81.
13. Монилов С.Н., Лайрих А.В. Исследователь Нижнего Поволжья и Каспия (некоторые замечания к биографии С.Г. Гмелина) // Современные проблемы географии: Сб. науч. тр. по мат. Юбилейной региональной научно-практич. конф, посвящённой 65-летию Волгоградского отделения РГО и 170-летию РГО. Волгоград, 11 декабря 2015 г. М.: Планета, 2015. С. 166–170.
14. Научные и научно-образовательные экспедиции в Поволжье и Прикаспии. 1. От путешествия Афанасия Никитина до Больших Академических экспедиций / А.В. Иванов, Е.Е. Захаров, И.А. Яшков, И.В. Новиков, А.К. Шардаков, А.П. Исаченко // Вестник РАЕН. 2020. № 1. С. 90–109.
15. Поляков М.Т. Край мой, Заволжье. Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1985. 238 с.
16. Поляков М.Т. Край мой, Заволжье: очерки, повести. Волгоград: Издатель, 2006. 605 с.
17. Скрынников Р.Г. Россия накануне «Смутного времени». М.: Мысль, 1981. 205 с.
18. Фрадкин Н.Г. Академик И.И. Лепёхин и его путешествия по России в 1768–1773 гг. М.: Географиз, 1950. 216 с.
19. Широкова В.А. История гидрохимии: поверхностные воды суши России (начало XVIII–XX в.). М.: ЗАО «Полиграфия», 1998. С. 28–41.
20. Широкова В.А. История гидрохимии в России: этапы развития, проблемы, исследования. М.: Изопроект пвх, 2005. С. 54, 57, 58, 63.
21. Gmelin R. Gmelin – eine Tübinger Gelehrtenfamilie im 18. Jahrhundert. – Eine Ausstellung im Mai 1981. (Tübinger Kataloge; 15), Tübingen: Kulturamt der Stadt, 1981. 16 s.

REFERENCES

1. Bogucharskov V.T., Knyazev Yu.P. Historico-geographical analysis of the studies of the Lower and Middle Don basin landscapes. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. Ser.: Geografiya. Geoekologiya. 2, 63–69 (2012) (in Russian).
2. Dorn B.A. Report on academic travels through the Caucasus and along the southern coast of the Caspian Sea. *Trudy Vostochnogo Imperatorskogo arkheologicheskogo obshchestva* (zhurnal, Petersburg: Tip. Imp. Akademii nauk). VIII, 245–317 (1864) (in Russian).
3. Knyazev Yu.P. *The landscapes of the southern part of the Oka–Don Lowland and their anthropogenic transformation*. Candidate's thesis in geographical sciences. 190 p. (RSU, 2003) (in Russian).
4. Lashchilin B.S. *Native soil: local historian's notebook*. 192 p. (Volograd: Nizhne-Volzhscoe kn. izd-vo, 1968) (in Russian).
5. Lepyokhin I.I. *Daily notes of the journey through various provinces of the Russian state, in 1768 and 1769*. Part I. P. 397–398 (Petersburg, 1795) (in Russian).
6. Aleksandrovskaya O.A., Shirokova V.A., Romanova O.S., Ozerova N.A. (comp.). *Lomonosov and academic expeditions of the 18th century*. 272 p. (Moscow: Izdatelstvo "RTSoft", 2011) (in Russian).
7. Markov A.S. *Found in Astrakhan*. 221 p. (Volograd: Nizhne-Volzhscoe kn. izd-vo, 1988) (in Russian).
8. Monikov S.N. The Prisoner of the Caucasus. *Otchy kray*. 4, 116–120 (1994) (in Russian).
9. Monikov S.N. Samuel Gottlieb Gmelin. *Entsiklopediya Volgogradskoy oblasti*. P. 89 (Volograd: Izdatel', 2007) (in Russian).
10. Monikov S.N. No, Mikhailo Lomonosov wasn't wrong... *In the name of the Russian science. Essays on the history of geographical studies of Volograd Region*. Part 1. P. 62–73 (Moscow: Planeta, 2011) (in Russian).

11. Monikov S.N. *In the name of the Russian science. Essays on the history of geographical studies of Volgograd Region*. Part 1. 160 p. (Moscow: Planeta, 2001) (in Russian).
12. Monikov S.N. History of geographical study of the Volga-Don river valley. P. 80–81 (LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012) (in Russian).
13. Monikov S.N., Lairikh A.V. The explorer of the Lower Volga Region and the Caspian Sea (comments on S.G. Gmelin's biography). *Sovremennyye problemy geografii*. P. 166–170 (Moscow: Planeta, 2015) (in Russian).
14. Ivanov A.V., Zakharov E.E., Yashkov I.A., Novikov I.V., Shardakov A.K., Isachenko A.P. Scientific and scientific educational expeditions to the Volga region and the Pericaspian. Article 1. From the journey of Afanasy Nikitin to the great academic expeditions. *Bull. of Russian Academy of Natural Sciences*. **1**, 90–109 (2020) (in Russian).
15. Polyakov M.T. *My native land, Zavolzhye*. 238 p. (Volgograd: Nizhne-Volzhskoe kn. izd-vo, 1985) (in Russian).
16. Polyakov M.T. *My native land, Zavolzhye: sketches, stories*. 605 p. (Volgograd: Isdatel', 2006) (in Russian).
17. Skrynnikov R.G. *Russia on the eve of the Times of Troubles*. 205 p. (Moscow: Mysl', 1981) (in Russian).
18. Fradkin N.G. *Academician I.I. Lepyokhin and his travels in Russia in 1768–1773*. 216 p. (Moscow: Geografiz, 1950) (in Russian).
19. Shirokova V.A. *History of hydrochemistry: surface water of Russia (beginning of the 18th–20th century)*. P. 28–41 (Moscow: ZAO "Poligrafiya", 1998) (in Russian).
20. Shirokova V.A. *History of hydrochemistry in Russia: stages of development, problems, studies*. P. 54, 57, 58, 63 (Moscow: Izoproekt pvkh, 2005) (in Russian).
21. Gmelin Ralf. *Gmelin – eine Tübinger Gelehrtenfamilie im 18. Jahrhundert. – Eine Ausstellung im Mai 1981* (Tübinger Kataloge; 15). 16 s. (Tübingen: Kulturamt der Stadt, 1981).

НОВОСТИ НАУКИ

Модель «горячей субдукции» и использование суперкомпьютера помогают объяснить, как и когда древние кратоны обзавелись литосферными килиями.

Как известно, все древние ядра континентов (кратоны) имеют на глубине массивные (до 350 км) утолщения – литосферные кили. Они образованы огромными объёмами застывших деплетированных мантийных расплавов, которые обладают большой механической прочностью и придают дополнительную плавучесть континентальной литосфере, более лёгкой, чем подстилающая мантия. На протяжении более двух миллиардов лет они оставались изолированными от более горячей и плотной мантии, испытывающей конвекцию. Эти кили формировались только на ранних этапах истории Земли (архей – палеопротерозой, от 3,5 до 1,5 млрд лет назад). Как полагают, у них нет более молодых аналогов. Многие кили имеют гетерогенное строение и состоят из областей, различающихся по степени истощения мантийного вещества. Важной особенностью таких структур является то, что на более поздних стадиях своего развития они служили ареалами генерации кимберлитовых магм и путями доставки к земной поверхности высокобарических минеральных фаз, в первую очередь – алмазов. Происхождение расслоённых литосферных килей остаётся неизвестным.

Международная группа исследователей, в которую входили петрологи, математики и программисты геологического факультета МГУ¹, занималась изучением возможных причин возникновения мантийных килей. С помощью специально разработанных высокопроизводительных компьютерных программ они варьировали различные термодинамические параметры, скорости протекания магматических и метаморфических реакций, характер миграции флюидов и пр. Оказалось, что модель «горячей субдукции» может хорошо объяснить имеющиеся геологические данные о строении и составе литосферных килей (см. цв. рисунки на 3 с. обложки журнала). Похожие модели ранее успешно применялись для объяснения некоторых других особенностей коллизионных процессов на ранних стадиях развития Земли².

Горячая субдукция протекает при температуре мантии, на 150–250°C превышающей современные значения и происходит после коллизии островной дуги с континентом. Моделирование, проводившееся с использованием ресурсов суперкомпьютерно-

¹ *Perchuk A.L., Gerya T.V., Zakharov V.S., Griffin W.L.* Building cratonic keels in Precambrian plate tectonics // *Nature*. **586**, 395–401 (2020) (<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2806-7>).

² *Захаров В.С., Перчук А.Л., Завьялов С.П., Синева Т.А., Геря Т.В.* Суперкомпьютерное моделирование континентальной коллизии в докембри: эффект мощности литосферы // *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология*. 2015. № 2. С. 3–9.

го комплекса МГУ, показало, что в архейско-раннепротерозойских зонах субдукции горячий пластичный материал, обладающий положительной плавучестью и расположенный под океаническими плитами, был не в состоянии субдуцироваться вместе с движущейся плитой. Она оставляла под собой «подпорки» вязкого вещества, которые по масштабу были сопоставимы с прилегающими континентальными доменами и формировали в их подошве крупные структуры, названные «протокилями».

Оценки толщины этой сублитосферной истощённой мантии показывают, что такой механизм был эффективен на протяжении большей части геологической истории кратонов. Дальнейшее остывание привело к образованию мантийных килей и созданию Р-Т условий, которые благоприятны для формирования алмазонасных пород и минеральных ассоциаций. Таким образом, «горячая» докембрийская субдукция литосферных плит с сильно истощённой мантией является предпосылкой для формирования мощной расслоённой литосферы под континентами, что обусловило их стабильность в последующих плейт-тектонических процессах.

П.А. Чехович

Посмертный эпикриз спустя 76 млн лет – остеосаркома у растительноядного динозавра.

В одном из августовских номеров еженедельного журнала «The Lancet. Oncology» за 2020 год появилась публикация, не совсем обычная для медицинского издания³. Стоит заметить, что британский журнал The Lancet, основанный без малого 200 лет тому назад, до сих пор считается наиболее авторитетным в мире среди изданий общемедицинской направленности. Исключительно строгие требования к научным статьям и высокий профессиональный уровень работы научной редколлегии создали непререкаемую репутацию этому журналу, возведя его в ранг наиболее значимых научных медицинских изданий.

В упомянутой статье рассказывается о том, как совместные усилия палеонтологов из Палеонтологического музея Тиррелла, а также биологов и медиков из нескольких университетских исследовательских центров Канады привели к неожиданному результату. Скрупулёзное исследование невзрачного на первый взгляд ископаемого костного остатка заставило не только переатрибутировать давнишний музейный предмет, но и сделать из него предмет научной сенсации. Скелет динозавра попал в тиррелловскую коллекцию более 30 лет назад и происходит из знаменитого местонахождения Dinosaur Provincial Park (Парк динозавров в провинции Альберта). Эта уникальная территория, включённая в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО, сложена аллювиальными и прибрежно-морскими отложениями кампанского возраста (поздний мел, ~ 77–76 млн лет), которые вмещают многочисленные компактные залежи останков древних позвоночных.

Фоссилия была идентифицирована как малая берцовая кость (fibula), принадлежавшая растительноядному рогатому динозавру *Centrosaurus apertus*. Она имела странную морфологическую особенность, которую палеонтологи первоначально считали результатом прижизненного заживления перелома берцовой кости. Однако, ког-

³ Ekhtiari S., Chiba K., Popovic S., Crowther R., Wohl G., Kin On Wong A., Tanke D.H., Dufault D.M., Geen O.D., Parasu N., Crowther M.A., Evans D.C. First case of osteosarcoma in a dinosaur: a multimodal diagnosis // The Lancet Oncology. 21 (8): 1021 (2020). DOI: 10.1016/S1470-2045(20)30171-6.

да много лет спустя экспонат осмотрели медики, имеющие отношение к остеологии (разделу анатомии, посвящённому изучению скелета и костных тканей), возникли серьёзные сомнения в правильности такого суждения.

Профессор молекулярной медицины Марк Кроутер из Trent University и остеопатолог Снежана Попович из McMaster University решили применить современные методы медицинской диагностики для углублённого изучения музейного экспоната. Они собрали группу медиков, специализирующихся в таких областях медицины, как патология, ортопедическая хирургия, радиология и приступили к исследованиям палеонтологического экспоната, как будто бы это был рядовой пациент с патологией неизвестного генеза.

Тщательное изучение включало подробнейшее описание костной ткани, изучение её внутренней морфологии с помощью изготовления специальных отливок, проведение высокоразрешающей компьютерной томографии. Были исследованы также тонкие срезы минерализованной костной ткани, что позволило выявить особенности её строения на клеточном уровне. Используя строго регламентированную процедуру медицинской диагностики, исследователи пришли к однозначному заключению – динозавр страдал остеосаркомой. Это злокачественное заболевание (рак костей), возникающее в результате избыточного разрастания костных тканей. Процесс способен быстро распространяться из костей, где он возникает, на другие органы, в том числе органы дыхания. Сравнение патологической костной ткани центрозавра с нормальными берцовыми костями из залежей Dinosaur Provincial Park показало, что имеющиеся отличия идентичны тем, что были установлены на современном (человеческом) материале. Это окончательно убедило учёных в правильности диагноза.

Палеонтолог Дэвид Эванс (David Evans) из Royal Ontario Museum в Торонто, изучавший костные скопления, полагает, что найденный экземпляр представлял взрослую особь и погиб не от смертельной болезни, а от катастрофического паводка в составе большого стада центрозавров. Стадный образ жизни этих растительноядных животных помогал им избегать нежелательных встреч с активными хищниками типа велоцирапторов или тираннозавров.

Проведённое исследование, как считают авторы, позволило выработать новый подход к диагностике неясных заболеваний в окаменелостях динозавров. Оно открывает возможности для более точных и более определённых диагнозов, а также для выявления связи между болезнями человека и сходных патологий у живых существ прошлого. Это поможет учёным лучше понять влияние генетики различных заболеваний на эволюцию видов. Свидетельства многих других болезней, которым подвержен человек и его далёкие вымершие предки, возможно, ещё таятся в музейных коллекциях. Они нуждаются в пересмотре с использованием современных аналитических методов, что вновь убеждает нас в актуальности изучения музейных фондов.

П.А. Чехович

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ



РЕЗОЛЮЦИЯ

ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА В ВУЗОВСКОМ МУЗЕЕ»

г. Москва

19 ноября 2020 г.

Ежегодная Всероссийская научная конференция с международным участием «Наука в вузовском музее, организованная Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова, Евразийской ассоциацией университетов и Московским обществом испытателей природы проходила с 17 по 19 ноября в Музее земледения.

В Конференции приняли участие более 80 человек, в том числе из стран ближнего зарубежья, представители 30 организаций и 5 подразделений МГУ. Было представлено 45 докладов, включая 7 пленарных и 38 секционных.

Целью конференции было установление контактов между сотрудниками музеев и всестороннее обсуждение научных и других аспектов деятельности вузовских музеев в новых условиях дистанционного общения, обмен опытом, накопленным вузовскими музеями по формированию и изучению фондовых коллекций, по внедрению в экспозиции последних научных достижений, по вопросам просвещения музейными средствами, а также решения актуальных организационных проблем функционирования вузовских музеев.

Работа конференции проходила на пленарной и пяти тематических секциях: «Научное обоснование формирования и изучения музейных фондов как базы фундаментальных знаний»; «Музеология и музейная педагогика»; «Отражение достижений в области наук о Земле и Жизни в музейной экспозиции»; «Научные исследования» и «История науки».

После оглашения приветствий состоялось знакомство участников с юбилейной выставкой «Музей земледения в зеркале истории МГУ», посвящённой 70-летию Му-

зая землеведения, 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, 265-летию Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

В выступлениях отмечалось, что в соответствии с рекомендациями конференции 2016 года Музеем землеведения МГУ проведена реорганизация сборника научных работ «Жизнь Земли». Сейчас это единственный в системе вузовских музеев междисциплинарный научно-практический журнал, зарегистрированный в ВАК и издаваемый с периодичностью 4 номера в год.

В ходе дискуссий участники Конференции выразили общее мнение о том, что коллекции, хранящиеся в вузовских музеях, являются национальным достоянием, представляют огромную ценность как материальные свидетельства научного, культурного, исторического и природного наследия. Они являются результатом и базой проведения фундаментальных и прикладных исследований и используются для образования, просвещения и воспитания. Вместе с тем большинство отмеченных в выступлениях проблем вузовских музеев связаны с отсутствием официального статуса музеев в структуре вузов и отсутствием финансирования вузовских музеев, что создает значительные трудности в сохранении и пополнении фондовых коллекций, создании новых экспозиций, реставрации уже созданных.

Учитывая непреходящее значение и ценность вузовских музейных коллекций и экспозиций, рассматривая деятельность вузовских музеев как важный компонент поддержания и развития общего научного, образовательного и просветительского пространства стран Евразийского региона Конференция **рекомендует:**

1. Просить Российский Союз ректоров выйти с инициативой в Правительство РФ об организации при Министерстве науки и высшего образования РФ совместного с Министерством культуры РФ Совета по координации работы вузовских музеев.

2. Совету научно-методического координационного центра университетских музеев Евразийской ассоциации университетов подготовить проект типового Положения о вузовском музее, определяющего его статус в структуре вуза, как научного и учебно-просветительского подразделения с соответствующим штатным расписанием и бюджетным финансированием для формирования научных и учебных коллекций и создания новых экспозиций.

3. Профессиональному сообществу музеологов способствовать повышению статуса научной дисциплины «музеология» посредством проведения семинаров и конференций по актуальной тематике, активизации деятельности профессиональных объединений разного уровня, разработки и реализации совместных научно-исследовательских, образовательных и культурно-просветительских проектов.

4. Вузовским музеям и музейному сообществу:

4.1. Активизировать работу по созданию междисциплинарных тематических экспозиций и выставок с привлечением к их разработке учёных из различных научных организаций.

4.2. Внедрять в экспозиции музеев результаты научных исследований природных и социальных процессов, в частности, расширяющейся глобализации и антропогенного воздействия на среду обитания.

4.3. В экспозициях и учебных пособиях отражать вклад выдающихся деятелей науки и включать сведения об учёных-основоположниках соответствующих научных направлений.

4.4. Развивать музейные программы дополнительного образования. Активизировать работу по созданию на базе профильных музеев образовательных программ

повышения квалификации для преподавателей средних школ и вузов. Более активно применять дистанционные методы в музейном образовании и просвещении.

4.5. Шире привлекать представителей вузовских музеев к сотрудничеству.

5. Активизировать работу по развитию инновационных, в том числе дистанционных методов по работе с различными категориями населения.

6. Уделить особое внимание цифровизации музейных фондов и экспозиций для обеспечения их большей доступности.

7. Опубликовать итоговые документы конференции в печатных изданиях, средствах массовой информации и на интернет-сайтах ЕАУ, Совета ректоров России, МОИП.

Участники конференции выражают благодарность Оргкомитету конференции и администрации Музея земледелия МГУ за высокий уровень подготовки и проведения конференции, а также за своевременный выпуск сборника материалов¹ конференции.

«Буду работать, как и раньше – для народа»: к 165-летию со дня рождения И.В. Мичурина.



27 октября 2020 г. исполнилось 165 лет со дня рождения основоположника научной селекции плодовых и ягодных растений Ивана Владимировича Мичурина (1855–1935). Нестановочно в фойе актового зала Главного здания Московского университета установлен бронзовый памятник И.В. Мичурину, держащему в руках яблоко (скульптор С.Д. Лебедева). На стене над памятником высечены известные слова селекционера: «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у неё – наша задача». Бронзовый бюст И.В. Мичурина работы этого скульптора размещён и в Музее земледелия МГУ: изначально в зале № 17 «Природные зоны и их сельскохозяйственное использование» (ныне – «Природная зональность и её компоненты») наряду с бюстами Ч. Дарвина и К.А. Тимирязева, сегодня – в зале № 19 «Лесостепи, степи и полупустыни», экспозиция которого характеризует природу и хозяйственное освоение этих областей.

В 2020 г. в этом зале к юбилею И.В. Мичурина подготовлена мемориальная выставка, открытие которой приурочено к ежегодной конференции «Наука в вузовском музее», традиционно проходящей в Музее земледелия. На стенде рядом с бюстом И.В. Мичурина освещены вехи его биографии, основные достижения учёного, а также объекты, названные в его честь. Так, наряду с рубежным трудом И.В. Мичурина «Итоги шестидесятилетних работ» представлены книги с описанием названных в его честь сортов плодовых и декоративных растений.

У селекционеров растений есть давняя традиция – называть свои самые лучшие новинки в честь выдающихся людей или заметных событий. В этом контексте мемориальные названия сортов растений служат также одним из инструментов форми-

¹ **Наука в вузовском музее:** Материалы ежегодной Всероссийской научной конференции с международным участием: Москва, 17–19 ноября 2020 г. / Отв. ред. А.В. Смуров. М.: МАКС Пресс, 2020. 174 с. ISBN 978-5-317-06497-6.

рования исторической памяти. Этим термином обозначают совокупность представлений и суждений о деятельности выдающихся личностей, о событиях и явлениях прошлого. Мемориальный угол зрения позволяет исследователям рассматривать во взаимосвязи огромный комплекс явлений истории и культуры. Так, польский историк М. Кула утверждает, что «носителем памяти о прошлом, по крайней мере, потенциальным, является буквально всё». Носители исторической памяти могут отбираться обществом, признаваться в качестве таковых, актуализироваться или терять значение².

«Места памяти», по мнению французского исследователя П. Нора, могут быть как физически конкретными, так и символическими³. Главное – общество сосредотачивает в них то, что считает важным и достойным сохранения. Материальными основаниями формирования «мест памяти» могут выступать памятники и мемориалы. По мнению современных исследователей, при семиотическом подходе они суть знаки, указывающие на ту или иную историческую реальность. Так, посредством церемоний памятники и мемориалы, посвящённые Великой Отечественной войне, превращаются в «ритуальные площадки», на которых происходит «оформление символических смыслов», «расширение пространства памяти о войне»⁴.

Фиксация социальной памятью образов прошлого и их трансляция происходят в разных формах и по разным каналам. Сегодня всё большее внимание учёные обращают не только на традиционные источники информации (как устные – легенды, мифы, сказания и т. д., так и письменные – хроники, летописи, мемуары и другие документальные материалы), но и на иные виды носителей памяти – архитектурные сооружения и памятники, ритуалы и празднества и т. п. Так, в 1953 г. гранитный памятник-бюст И.В. Мичурина (автор М.Г. Манизер) был установлен в мемориально-парковом ансамбле «Аллея учёных» перед Главным зданием Московского университета.

Одной из форм закрепления памяти являются соответствующие названия сортов декоративных растений. В Ботаническом саду Московского университета на Ленинских (Воробьёвых) горах сортам И.В. Мичурина отводилось особое место. На Главной аллее Сада экспозиция розария выстраивалась по принципу показа селекционных линий в хронологической последовательности выведения сортов. Главная аллея на пересечении с Мичуринской (которая выводит к воротам плодового-ягодного сада) замыкается амфитеатром, где предполагалось поставить памятник Ивану Владимировичу Мичурину среди созданных им сортов роз.

Коллекция плодово-ягодного (Мичуринского) сада создавалась с целью пропаганды лучших сортов народной, отечественной и зарубежной селекции, способных произрастать в условиях Нечерноземья. На центральной аллее размещались сорта плодовых деревьев, выведенные И.В. Мичуриным, далее – его учениками, в хронологическом порядке создания сортов, притом родительские формы предполагалось высаживать рядом с их гибридным потомством.

Память об общем историческом прошлом играет, по словам историка Л.П. Репиной, «решающую роль в формировании и поддержании коллективного самосо-

² Диалоги со временем: память о прошлом в контексте истории / Под ред. Л.П. Репиной. М., 2008. С. 36.

³ Нора П. Проблематика мест памяти // Франция-память. СПб: Изд-во С.-Петербургского университета, 1999. С. 17–50.

⁴ Антощенко А.В. Изменение конфигурации пространства «мест памяти» о Великой Отечественной войне (на примере Петрозаводска) // История и культура страны-победительницы: к 65-летию Победы в Великой Отечественной войне: труды Межд. науч. конф. / Отв. ред. Л.М. Артамонова. Самара: Книга, 2010. С. 191–201.

знания»⁵. Изучение различных инструментов и методов формирования исторической памяти, учёт индивидуальных и коллективных представлений о минувшем позволяют расширить привычные рамки представлений о многомерной картине прошлого.

К.А. Голиков, Е.М. Лантева, А.В. Сочивко

Человек и его дело: к 120-летию со дня рождения Т.Т. Трофимова.



28 марта 2020 г. исполнилось 120 лет со дня рождения Тита Трофимовича Трофимова (1900–85) – отечественного геоботаника, краеведа, интродуктора растений, организатора и первого руководителя дендрария на новой территории Ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова на Ленинских (Воробьёвых) горах, создателя коллекции и селекционера облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.), автора и соавтора более десяти сортов. В сферу научных интересов Т.Т. Трофимова входило изучение флоры и растительности Южной Киргизии, Средней полосы Европейской России, Дальнего Востока, а также исследования в области фенологии, биологии развития древесно-кустарниковых растений, их интродукции и акклиматизации. Его краеведческие изыскания касались Центральной России, а также локальной истории кочевого хозяйства Монголии.

Жизнь и судьба этого замечательного человека и учёного неразрывно связаны с жизнью и судьбой страны, её трудовыми и ратными свершениями. Крестьянский сын, окончивший учительскую семинарию (1919), инструктор по созданию советской трудовой школы, солдат Красной Армии (1920–21), инженер-землеустроитель (1926–1232), студент биофака МГУ (1932–36), научный сотрудник Центрально-лесного заповедника (1937–1940), рядовой, позже старший сержант Советской Армии (1941–45), старший научный сотрудник Ботанического сада МГУ (1951–77) – вот основные вехи этого пути.

Результаты работы Т.Т. Трофимова в Государственном землеустроительном институте, связанной с многочисленными экспедициями по обследованию земельных фондов Смоленской области, Казахской ССР, Бурятской АССР, а затем в комплексной экспедиции АН СССР в Монгольской Народной Республике, вылились в ряд обстоятельных научных статей о структуре скотоводческого аратского хозяйства МНР, об ореховых лесах Южной Киргизии. Годы обучения в МГУ по специальности «геоботаника» и собранный в полевых условиях обширный оригинальный материал по изучению биологии растений стали основой его кандидатской диссертации по теме «Еловые леса района верховьев Волги и Центрально-лесного заповедника».

Великая Отечественная война прервала научные изыскания учёного по изучению годичного ритма развития ранневесенних растений. Его доблестный труд в эти суровые годы Родина высоко оценила: кавалер ордена Славы III степени, ордена Отечественной войны II степени, медалей «За отвагу», «За боевые заслуги» – далеко не полный перечень наград Т.Т. Трофимова.

Возвратившись вместе со всей страной к мирной жизни, Т.Т. Трофимов продолжил изучение растительного покрова заповедников, сотрудничая в Московском,

⁵ Диалоги со временем: память о прошлом в контексте истории / Под ред. Л.П. Репиной. М., 2008. С. 10.

Глубоко-Истринском, Верхне-Клязьминском заповедниках. Работа в Московском университете открыла новую страницу его творческой биографии – Тит Трофимович возглавил работы по строительству дендрария на новой территории Ботанического сада университета на Ленинских горах. Теперь в центре его внимания вопросы биологии развития древесно-кустарниковых растений и их акклиматизации в условиях Москвы. Постепенно материалы экспедиций, а также полученные по обмену с многочисленными ботаническими учреждениями заставили сконцентрировать научный поиск на немногих, но перспективных с точки зрения хозяйственного использования родовых комплексах – калине, рябине, облепихе, особенно – облепихе.

Почти четверть века изучения этого ценного вида в условиях его естественных обитаний и в культуре стали основой собранной Титом Трофимовичем обширной коллекции различных образцов облепихи, а результатом целенаправленного отбора – перспективные сорта, прошедшие сортоиспытание на 23-х участках Агропрома СССР и РСФСР. Коллекция облепихи в Ботаническом саду университета была замыслена и воплощена стараниями Тита Трофимовича Трофимова. По его же инициативе началась селекционная работа с этой культурой в Ботаническом саду МГУ в 1952 г.

И сегодня работа с облепихой в Ботаническом саду Московского университета продолжается, а память о Тите Трофимовиче Трофимове живёт в сердцах его коллег и учеников.

К.А. Голиков

К 120-летию со дня рождения С.И. Кузнецова.

17 ноября 2020 г. исполнилось 120 лет со дня рождения Сергея Ивановича Кузнецова (1900–1987) – крупного русского микробиолога и естествоиспытателя, одного из основоположников геологической и водной микробиологии, члена-корреспондента АН СССР (1960). С.И. Кузнецов родился в Москве в семье талантливого архитектора И.С. Кузнецова. Окончив биологическое отделение физико-математического факультета Московского университета (1923), Сергей Иванович начал работать ассистентом под руководством основателя кафедры микробиологии профессора Е.Е. Успенского, сыгравшего большую роль в развитии его научных интересов. Он стал одним из первых сотрудников кафедры микробиологии МГУ. Ещё будучи студентом, Сергей Иванович начал изучать микробиологические процессы в водоёмах, работая химиком-бактериологом на гидробиологической станции на Глубоком озере. С 1931 по 1941 г. С.И. Кузнецов заведовал микробиологической лабораторией Лимнологической станции в Косине, где проводил пионерные исследования по экологии водных микроорганизмов. С начала Великой Отечественной войны Сергей Иванович возглавил микробиологическую лабораторию Люблинского комбината треста «Мосочиствод» и одновременно заведовал кафедрой микробиологии биологического факультета МГУ. С 1942 г. он начал работать в Институте микробиологии АН СССР сначала в качестве консультанта, с 1946 г. заведующим Отделом геологической деятельности микроорганизмов. Эту



должность он занимал 41 год. С 1954 г. С.И. Кузнецов также возглавлял созданную им микробиологическую лабораторию в Институте биологии внутренних вод АН СССР (Борок); он также участвовал в создании лаборатории в Институте озерадения АН СССР.

Круг научных интересов С. И. Кузнецова весьма обширен. Его работы посвящены изучению роли микроорганизмов в круговоротах углерода, серы, азота, железа, марганца и других элементов в водоёмах. Многочисленные экспедиции, предпринятые на различные озёра центральной части СССР, Сибири, Карелии и других районов позволили ему собрать огромный фактический материал, который был обобщён в монографии «Микрофлора озёр и её геохимическая деятельность» (1970), удостоенной премии имени С.Н. Виноградского. По широте подхода и охвата явлений, протекающих в водоёмах под действием микроорганизмов, эта книга не имела себе равных в мировой литературе и до сих пор сохраняет актуальность. Использование разнообразных методов исследования, в частности изотопного, который Сергей Иванович впервые применил в нашей стране для изучения природных процессов, дало возможность подойти к количественной оценке скорости микробных процессов в континентальных и морских водоёмах. С.И. Кузнецовым описаны многие новые виды бактерий и их геохимическая роль. Исследования С.И. Кузнецова нашли практическое применение при оценке продуктивности водоёмов, прогнозировании гидрохимического режима водохранилищ, очистке промышленных сточных вод.

Особую значимость имеют проведённые под его руководством крупномасштабные исследования в области геологической деятельности микроорганизмов, охватившие практически все виды месторождений полезных ископаемых: железомарганцевых руд, самородной серы, сульфидных минералов, нефти. Его работы положили основание биоготехнологии, новому научно-практическому направлению, которое и сегодня успешно развивается его учениками и последователями.

Сергей Иванович Кузнецов – прекрасный преподаватель, он много лет читал в Московском университете курсы, посвящённые водной и почвенной микробиологии. Он является признанным основоположником крупной отечественной школы микробиологов-естествоиспытателей и биоготехнологов. Работы С.И. Кузнецова получили признание и высокую оценку в нашей стране и за рубежом (премия имени Наумана Международного Лимнологического общества, 1971; Государственная премия СССР, 1985). С.И. Кузнецов – автор более 160 научных трудов, в т. ч. 8 монографий: Кузнецов С.И. «Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озёрах» (1952); Кузнецов С.И., Иванов М.В., Ляликова Н.Н. «Введение в геологическую микробиологию» (1962); Каравайко Г.И., Кузнецов С.И., Голомзик А.И. «Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд» (1872); Горленко В.М., Дубинина Г.А., Кузнецов С.И. «Экология водных микроорганизмов» (1977) и др.

Н.Н. Колотилова

К 90-летию со дня рождения академика М.В. Иванова.

6 декабря 2020 г. исполнилось 90 лет со дня рождения крупнейшего отечественного учёного, микробиолога и естествоиспытателя, одного из создателей и общепризнанного лидера нового научного направления – микробной биоготехимии – Михаила Владимировича Иванова (1930–2018).

М.В. Иванов родился в Москве. Его отец, В.Н. Иванов, был оперным певцом и музыковедом, мать, В.В. Иванова (урождённая Шапошникова) – биологом. На формирование научных интересов Михаила Владимировича во многом повлияли семейные традиции, связанные с наукой и образованием: его прадед, Н.А. Шапошников, был хорошо известным в России профессором математики; дед, академик В.Н. Шапошников, возглавлявший кафедру микробиологии в Московском университете, – крупным учёным, создателем промышленной микробиологии в СССР. Многие представители семьи Шапошниковых связали свою жизнь с биологией и геологией.



М.В. Иванов окончил кафедру микробиологии Московского университета (1954) и аспирантуру Института микробиологии АН СССР (1957). Его руководителем был выдающийся микробиолог-естествоиспытатель, чл.-корр. АН СССР С.И. Кузнецов – один из основоположников геологической и водной микробиологии. Кандидатская (1957), а позднее и докторская (1965, в виде монографии) диссертации М.В. Иванова были посвящены изучению роли микроорганизмов в генезисе месторождений самородной серы. В Институте микробиологии М.В. Иванов прошёл путь от аспиранта до руководителя отдела микробной биогеохимии и биотехнологии и директора института (1984–2003). В 1969–84 гг. он работал в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов АН СССР (Пушино), где создал первую лабораторию по микробной биогеохимии.

Основные направления научных исследований М.В. Иванова посвящены изучению физиологии, экологии и геохимической деятельности бактерий, круговоротов углерода и серы. Им разработаны методы оценки геохимической деятельности бактерий, основанные на использовании радиоизотопов углерода и серы, а также фракционировании стабильных изотопов углерода, серы и кислорода. Приоритетное значение имеют проведённые под руководством М.В. Иванова микробиологические исследования донных отложений Мирового океана, воды и осадков озёр, а также подземных вод. Важнейшим направлением его работ стало изучение геохимической деятельности микроорганизмов в месторождениях нефти, каменного угля, самородной серы и природного газа. М.В. Ивановым и его учениками была обоснована концепция нового раздела биотехнологии – биогетехнологии. Под его руководством были разработаны принципиально новые технологии использования микроорганизмов при добыче полезных ископаемых, успешно апробированные на шахтах Донбасса и Кузбасса, на нефтепромыслах Татарстана и Китая. Большое внимание Михаил Владимирович уделял развитию космической микробиологии, разрабатывая стратегии поиска живых организмов на Марсе.

М.В. Иванов много лет возглавлял международную программу «Глобальный биогетехнический круговорот серы и влияние на него деятельности человека», организованную Научным комитетом по проблемам окружающей среды (СКОПЕ и ЮНЕП), был членом ряда Международных комитетов и редколлегии журналов (в частности, главным редактором журнала «Микробиология»), был президентом Российского микробиологического общества (1992–2003). Он является автором более 350 научных трудов и изобретений. На протяжении 20 лет М.В. Иванов читал курс лекций студентам-микробиологам биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Н.Н. Колотилова

«Флотилия плавучих университетов» на выставке «Волжская волна».

С 1 по 4 октября 2020 г. состоялась шестая Международная книжная ярмарка-фестиваль «Волжская волна». Мероприятие организовано традиционно в г. Саратове Приволжской книжной палатой при поддержке регионального правительства. В этом году «Волжская волна» впервые прошла в помещении Исторического парка-музея «Россия – моя история». С приветственными словами выступили зам. председателя Правительства Саратовской области Ирина Седова, директор Российской книжной палаты Елена Ногина, президент Приволжской книжной палаты Дмитрий Аяцков. На «Волжской волне» 84 экспонента из 20 регионов России, а также Республика Беларусь представили лучшие образцы художественной, детской, учебной, научно-популярной, справочно-энциклопедической литературы, изданной за последние годы, прошло более 40 мероприятий. Программа ярмарки была традиционно насыщена интересными событиями, встречами, презентациями (<http://v-volna.ru/>).

В первый день работы выставки в зале парка-музея был презентован проект научно-просветительской экспедиции «Флотилия плавучих университетов». После выступления о миссии и принципах работы экспедиции её научного руководителя Алексея Иванова (г. Москва) состоялась премьера нового короткометражного научно-популярного фильма «Флотилия плавучих университетов». Научно-просветительская экспедиция в Поволжье и Прикаспии» с вступительным словом режиссёра Евгения Захарова (г. Саратов).

Украшением мероприятия стала выставка картин, созданных в процессе работы «Плавучей научно-художественной школы» – оригинального проекта, развиваемого в формате «Флотилии плавучих университетов» Саратовским художественным училищем им. А.П. Боголюбова благодаря поддержке его директора Ильи Смирнова. Серию собственных произведений и работ коллег представляли молодые художники Родион Тураев и Анастасия Давидюк.

Основным тематическим проектом стала выставка «Плавучей университетской библиотеки» – проекта, развиваемого с первых лет работы экспедиции благодаря персональной поддержке экс-губернатора Саратовской области Дмитрия Аяцкова и директора Приволжской книжной палаты Владимира Иванова. Изначальными задачами «Плавучей университетской библиотеки» явилось аккумулирование и целенаправленное распространение литературы, связанной с деятельностью «Флотилии плавучих университетов», по пути следования экспедиции. Для этого регулярно осуществляется подготовка индивидуальных комплектов научной, учебной, научно-популярной и художественной литературы для вузовских и школьных, районных и сельских библиотек. Помимо этого систематически организуются выставки книжных новинок, презентации новых классических и электронных изданий, а также встречи читателей с авторами – участниками экспедиции. Такая деятельность происходит как во время полевого сезона – на стоянках в населенных пунктах, во временных полевых лагерях и на борту НИС, так и в программе «Дней Флотилии плавучих университетов», «Фестиваля науки», выставки «Волжская волна» и иных мероприятий. «Плавучая университетская библиотека» осуществляет также содействие в подготовке и издании участниками экспедиции результатов их научных исследований и научно-популярной литературы, подготовку банка публикаций.

Фонд «Плавучей университетской библиотеки» регулярно пополняется типичными для любого университета продуктами деятельности: научными трудами (моногра-

фиями, сборниками статей, материалами конференций, путеводителями для полевых семинаров конференций в формате экспедиции), учебными и методическими пособиями, научно-популярными фильмами (при этом опробованы необычные жанры – «фильм-путешествие», «фильм-экскурсия»), изданными на компакт-дисках и специальных флэш-носителях.

Дополнительную литературу для работы «Плавучей университетской библиотеки» систематически предоставляют Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, Музей землеведения МГУ, Приволжская книжная палата, кафедра ЮНЕСКО по глобальным проблемам МГУ, Ассоциация «Объединённый университет имени В.И. Вернадского», а также конкретные вузы и академические институты, участвующие в работе экспедиции, и лично авторы – организаторы и приглашённые профессора «Флотилии плавучих университетов». Среди издательств, систематически выпускающих книги по итогам работы экспедиции – «Издательство Московского университета», «Университетская книга», «МАКС Пресс» (г. Москва), «Кузница рекламы» (г. Саратов) и др.

В процессе работы экспедиции с многими научными, научно-популярными и общественными периодическими изданиями выстроилась система публикации результатов исследований, а также информации о процессе работы экспедиционных отрядов, интервью с участниками экспедиции и т. п. Поэтому особое место в павильоне заняли комплекты номеров журналов, систематически публикующих результаты научных исследований по итогам «Флотилии плавучих университетов», а также статьи о самой экспедиции и её мероприятиях: «Ноосфера», «Жизнь Земли», «Вестник Российской Академии естественных наук», «Инновации + Паблицити», «Novus Trend», «Общественное мнение» и др.

Малые тиражи многих изданий, представленных в павильоне «Флотилии плавучих университетов», не позволяли удовлетворить значительный интерес потенциальных читателей. Поэтому для посетителей выставки организована целевая рассылка литературы – любой интересующийся имел возможность оставить электронный адрес и получить электронную версию статьи или книги.

А.В. Иванов

Памяти Льва Владимировича Калакуцкого.

Окончился земной путь крупного микробиолога-естествоиспытателя и замечательного человека, члена-корреспондента РАН (1987), советника РАН Льва Владимировича Калакуцкого (11.05.1932–06.11.2020). Окончив биолого-почвенный факультет Московского университета (1955), Лев Владимирович работал в Институте микробиологии АН СССР, где прошёл путь от лаборанта до заведующего отделом, защитил кандидатскую (1961) и докторскую (1970) диссертации. Ученик Н.А. Красильникова, признанного лидера в нашей стране в области исследования актиномицетов и систематики микроорганизмов, Л.В. Калакуцкий в свою очередь внёс значительный вклад в изучение биологии актиномицетов, их изменчивости, взаимодействий с растениями и водорослями, их экологической роли. За цикл работ



«Актиномицеты в приспособлении к среде и эволюции» он был удостоен премии имени С.Н. Виноградского (1983). Следующее направление научной и организационной деятельности Льва Владимировича было посвящено многообразию микроорганизмов, которые могут быть представлены в коллекциях культур. С 1976 г. он работал в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов АН СССР в Пущино, где возглавил отдел «Всероссийская коллекция микроорганизмов» (1981), позднее был президентом Европейской организации коллекций культур (1989–93). Много лет Лев Владимирович был вице-президентом Всесоюзного микробиологического общества, ответственным редактором выпусков Бюллетеня ВМО и ежегодника «Успехи микробиологии», входил в редколлегию журналов «Микробиология» и «Успехи современной биологии». В 1972–84 гг. Л.В. Калакуцкий преподавал на кафедре биологии почв МГУ, а с 1993 г. был профессором Пущинского государственного университета. Многочисленные ученики, коллеги и все, кому посчастливилось встретиться в жизни с Львом Владимировичем, навсегда сохранят о нём самую благодарную и почтительную память.

Н.Н. Колотилова

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

Культурное наследие в контексте географического знания (рецензия на книгу Ю.А. Веденина «География наследия. Территориальные подходы к изучению и сохранению наследия»¹)

Юрию Александровичу Веденину – одному из ведущих специалистов в сфере изучения и сохранения культурного наследия, доктору географических наук, принадлежит ряд работ междисциплинарного уровня, в которых культурное и природное наследие рассматриваются как единое целое, как элемент экологического равновесия общества. Учёный возглавлял Научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачёва, который сыграл определяющую роль в углублённом изучении и популяризации культурно-ландшафтной концепции сохранения наследия. Институт существует и сейчас, но именно в первые двадцать лет (1992–2013), когда директором был Веденин, культурно-ландшафтный метод изучения наследия был выдвинут в число приоритетных, и этот самый яркий период существования института стали называть «веденинским».

Рецензируемая монография – результат многолетних исследований учёного, обобщение и анализ современных проблем изучения и сохранения наследия в контексте экологического равновесия в обществе. Автор убедительно доказывает, что при анализе взаимодействия экологии и наследия наиболее востребованными являются три темы: роль наследия в устойчивом развитии мирового сообщества; место наследия в формировании комфортной окружающей среды; экологические основы сохранения наследия и пути организации экологического мониторинга (с. 420).

В центре работы – культурно-ландшафтная концепция сохранения наследия, научной аргументации которой посвящена большая часть монографии (семь глав из девяти). Автор раскрывает и конкретизирует понятия, связанные с этой концепцией, анализирует научно-методологические вопросы. Основные выводы и положения работы обосновываются большим фактологическим материалом, связанным со спецификой изучения и сохранения различных типов наследия – исторических городов, сельских и усадебных ландшафтов, исторических парков и археологических объектов.

Культурно-ландшафтная концепция сохранения культурного наследия сегодня востребована в научных кругах, прежде всего, среди реставраторов и проектировщи-

¹ Ю.А. Веденин. География наследия. Территориальные подходы к изучению и сохранению наследия. М.: Новый хронограф, 2018. 472 с.

ков, музейных работников и менеджеров в сфере туризма, т. к. уже давно ушла в прошлое «точечная» охрана наследия – памятник сегодня воспринимается только в присутствии ему пространства. Автор убедительно обосновывает те принципы, на которых базируется эта концепция. Вот некоторые из них (с. 137):

- наследие выступает в роли своеобразного кода, с помощью которого историческая память включается в современные процессы жизнедеятельности общества;
- сохранение наследия рассматривается как необходимое условие устойчивого развития общества и биосферы;
- наследие выступает в роли одного из ведущих факторов сохранения и приумножения культурного и природного разнообразия мира, отдельных регионов, этносов.

Основой культурно-ландшафтной концепции является понятие «культурный ландшафт», трактуемый автором как «сотворчество человека и природы». В понимании сути культурно-ландшафтного подхода в сохранении наследия, по мнению Веденина, необходимо учитывать такие свойства культурного наследия, как подлинность, целостность, историческая репрезентативность и актуальность.

Начиная с широко известных международных документов, посвящённых реставрации (Венецианская хартия, 1964 г.; Документ о подлинности, г. Нара, Япония, 1994 г.), подлинность была важнейшим критерием научной реставрации. Более того, эти документы объявляли приоритет консервации перед реставрацией, которая даже при самой солидной научной основе считалась определённым «внедрением» в аутентичную ткань объекта культурного наследия.

В настоящее время, когда рынок диктует свои законы, всё чаще в целях получения коммерческой выгоды приоритет получает целостность объекта культурного наследия. Целостность усадебного или монастырского ансамблей, городского квартала или исторического города очень часто связана с реконструкцией объектов, возведением «новоделов». Целостный ансамбль, бесспорно, имеет более репрезентативный облик и дороже «продаётся» на потребительском рынке, будь то туристская или музейная сфера. Веденин ставит эту важную дискуссионную проблему. Он подчеркивает необходимость соблюдения баланса между подлинностью и целостностью. Нередко, по мнению учёного, воссоздается образ целостного памятника, но при этом теряется его подлинность (с. 455).

Особую роль, по мнению Веденина, в сохранении культурного ландшафта как объекта наследия играет непрерывность и сохранность исторических функций территорий (продолжение хозяйственной деятельности, заселение этой территории людьми, т. е. сохранение традиций). Очень важно сохранить историческую репрезентативность культурного ландшафта. Это предполагает наличие, во-первых, исторически значимых визуальных, функциональных и экологических связей, во-вторых – сохранность исторической структуры пространства или его планировки, позволяющей воспринимать объект как единую систему.

Культурно-ландшафтная концепция позволяет разработать методику сохранения нематериального наследия, проблема изучения и презентации которого в нашей стране проходит самую начальную стадию. Сохранить этот тип наследия очень сложно, особенно если большая часть его носителей уже не существует. Именно культурно-ландшафтная концепция, на основе которой изучаются и сохраняются традиционные культура и среда обитания этноса, является основой особого внимания к нематериальному наследию, проблемам его сохранения, презентации в музейном и выставочном пространствах. Нематериальное наследие, обладая исто-

рической репрезентативностью, играет важную роль в сохранении национальной идентичности. Веденин вполне обоснованно подчёркивает, что нематериальное наследие малых коренных народов, субэтнических групп или даже жителей одной деревни очень неустойчиво. Поэтому необходима продуманная культурная политика государства, направленная на фиксацию, документирование на видео- и аудионосителях памятников нематериальной культуры. Эти памятники будут сохранены, пусть и не в традиционной культурной среде. Но они могут транслироваться музейными средствами, звучать в концертных залах, имитироваться на любых других площадках.

Книга Веденина – итог многолетней работы крупного учёного, не одно десятилетие занимающегося территориальным подходом в изучении и сохранении культурного наследия. Основные положения монографии звучат очень актуально, они положены в основу разработки многих региональных программ по возрождению культурного наследия, культурных ландшафтов (сельских, сакральных, ассоциативных) наших малых городов, чудом ещё сохранившихся заповедных сельских уголков.

Проблемы, рассматриваемые в книге, актуальны практически для всех сфер гуманитарного знания, т. к. сохранение культурного и природного наследия – междисциплинарная область. Географическое знание, культурная география, в основе которых лежит культурно-ландшафтная концепция, позволят по-новому оценить инновационные процессы в современной культуре, их взаимосвязь с традиционными культурными ценностями. Культурно-ландшафтный подход предоставит возможность учесть особую роль наследия в обеспечении устойчивого развития общества, приумножении разнообразия среды обитания человека.

Очень важно, что основные принципы территориального подхода в изучении и сохранении культурного наследия подробно рассматриваются и в учебных курсах высшей школы, в частности, на кафедре музеологии Российского государственного гуманитарного университета. Это даёт возможность формировать у будущих специалистов необходимые компетенции для эффективной работы в сфере сохранения национального наследия. В июне 2020 г. в РГГУ был проведён межвузовский круглый стол на тему «Культурное наследие в современном мире: вызовы XXI века», на котором выступили Ю.А. Веденин и его коллеги. Материалы круглого стола опубликованы в журнале «Наследие и современность» (2020. Т. 3, № 2).

М.А. Полякова

Эрозионные процессы Русской равнины в фокусе внимания современного землепользования (рецензия на монографию «Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине»²).

Монография, подготовленная коллективом авторов под руководством В.Н. Голосова и О.П. Ермолаева, даёт широкий обзор географических закономерностей проявления современных эрозионных процессов Русской равнины с её длительной историей разнообразных форм землепользования. Это результат совместного сотрудничества исследователей Московского и Казанского государственных университетов – двух известных лидеров в изучении эрозионных процессов.

² Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине / Под ред. В.Н. Голосова, О.П. Ермолаева. Казань: Изд-во АН РТ, 2019. 372 с.

Книга состоит из шести глав, последовательно раскрывающих проблемы, вынесенные в заглавие книги. Вначале рассмотрена история сельскохозяйственного освоения европейской части России и его влияние на развитие эрозионных процессов: динамика сельскохозяйственного освоения территории, начиная с XV в., зональные особенности изменения площади пашни, изменения в системах землепользования и эволюция сельскохозяйственных орудий, а также тенденции изменений длины и уклона обрабатываемых земель.

Отдельная глава посвящена характеристике современных методов и подходов к количественной оценке темпов эрозионно-аккумулятивных процессов. В ней описаны существующие методы изучения эрозионных процессов, рассмотрен широкий спектр методов, развиваемых и активно используемых авторами монографии: дистанционная оценка эрозионно-аккумулятивных процессов и определяющих их факторов, приёмы количественной оценки интенсивности смыва почв при среднемасштабном картографировании, полевые методы оценки эрозионных процессов, методы статистического анализа и обработки данных гидрометеорологических наблюдений.

Последующие три главы построены по иерархическому принципу рассмотрения эрозионных процессов: от крупномасштабных исследований, через среднемасштабные к характеристике наиболее общих закономерностей распространения изучаемых процессов в пределах южного склона Русской равнины – территории крайне интенсивного землепользования. Здесь нашлось место анализу динамики промоинной сети, оврагов различного типа, темпов перераспределения наносов на малых водосборах, а также динамики землепользования и изменения фактора рельефа для пахотных склонов различных ландшафтных зон, оценке факторов эрозии почв, используемых при расчётах смыва почв для периодов талого и ливневого стока, оценке изменений темпов смыва почвы в речных бассейнах, динамики изменений густоты и плотности овражной сети, а также характеристике тенденций изменений максимального и минимального стока воды малых рек. Закрывает эту часть работы характеристика закономерностей изменений темпов эрозионных процессов и определяющих их факторов в пределах южного мегаклона Русской равнины. Рассмотрены тренды изменения климатических факторов развития эрозионных процессов, влияние антропогенных факторов и их изменений в различных ландшафтных зонах на изменения темпов смыва почв, динамика изменений темпов смыва в различных ландшафтных зонах изучаемой территории.

В заключительной части работы, посвящённой региональным особенностям развития эрозионных процессов, на примере территорий Среднего Поволжья рассмотрены закономерности развития эрозионных процессов, а для территории Удмуртии – факторы оврагообразования и его динамика.

О серьёзности проработки материала свидетельствует список используемой литературы, состоящий из 383 источников (178 на иностранных языках), что позволяет быть уверенным в хорошем знакомстве с мировым уровнем состояния проблемы. Иллюстративный материал позволяет сделать книгу наглядной и высокоинформативной.

В целом работа получилась целостной и логично построенной. В то же время можно высказать несколько пожеланий. Так, рецензируемое издание могло бы стать более востребованным, если бы в самом начале авторы поместили главу с обзором современного состояния изученности эрозионных процессов во всём мире. Здесь же можно было уделить внимание более подробному обоснованию структуры работы (последовательность и содержание глав и т. д.). В частности, это помогло бы избежать наличия в некоторых параграфах и подпараграфах таких частей, как «Введение» или

«Вводная часть». Преодолеть это можно было и другим путём – дать этим разделам более конкретное название, как это было сделано в других частях книги.

Оценивая в целом рецензируемую монографию, следует подчеркнуть, что она является прекрасным образцом коллективного научного труда, отличающегося внутренним единством и согласованностью всех глав. Монография представляет собой великолепный пример плодотворного применения комплексного географического подхода к решению такой крупной проблемы, как региональный анализ современных эрозионных процессов земледельчески освоенных территорий. В методологическом отношении рецензируемая монография заслуживает высокой оценки как пример согласованной работы коллектива единомышленников, синтезирующих потенциал сразу двух крупных научных школ. Книга может использоваться и как источник современных сведений о проблеме, и как учебное пособие, в котором изложены образцы научного решения разнообразных конкретных задач в области изучения эрозионных процессов.

В.П. Бондарев



Розенберг Г.С. Портреты экологических систем (переводы в системе «наука – искусство»). Самара: Изд-во Самарского ГЭУ, 2017. 248 с. ISBN 978-5-94622-742-1.

В книге обсуждаются проблемы соотношения науки (экология и моделирование экосистем) и искусства (прежде всего, изобразительного). Представлена попытка «перевода» с одного мегаязыка на другой, показаны внутренние связи между искусством и наукой. Книга хорошо иллюстрирована. Для широкого круга читателей.

Розенберг Г.С. Вектор экологической культуры (культурология природы). Тольятти: Анна, 2020. 370 с.

Рассматриваются особенности формирования экологической культуры населения в целях достижения устойчивого развития. Обсуждаются основные понятия, особенности экологического образования и просвещения, возможности обеспечения экологической безопасности. Книга рассчитана на широкий круг читателей – школьников, студентов, специалистов, лиц, принимающих решение.

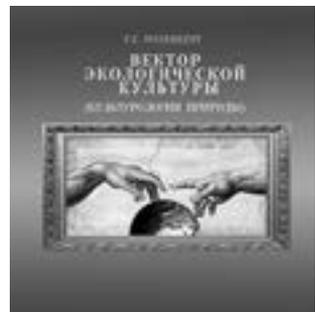


TABLE OF CONTENTS

INTERACTION OF GEOSPHERES

MEDIEVAL WARM PERIOD OF THE HOLOCENE AND ITS POSSIBLE CAUSES. *V.M. Fedorov, P.B. Grebennikov* (pp. 395–405)

PRELIMINARY STUDY ON INVERTEBRATE BIODIVERSITY OF VOLCANIC CAVES IN KRONG NO, DAK NONG PROVINCE, VIETNAM. *Pham Dinh Sac, Nguyen Trung Minh, Pham Hong Thai, La The Phuc, Hoang Thi Nga, Dang Thi Hai Yen.* (pp. 406–410)

LEVEL VARIABILITY OF THE SEA OF OKHOTSK COASTAL AREAS AT THE BEGINING OF THE 21st CENTURY AND ITS REPRESENTATION IN THE GLOBAL REANALYSIS DATABASES. *A. V. Kholoptsev, S.A. Podporin* (pp. 411–424)

RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE AND RIVER RUNOFF (USING THE EXAMPLE OF THE GREATER CAUCASUS). *S.E. Kazymova* (pp. 425–432)

MANTLE-LITHOSPHERE INTERACTION PROCESSES AND THEIR INFLUENCE ON FLOOD BASALT PROVINCES: PLUME-THEORY AND ALTERNATIVE MODELS. *A.A. Kudryavtsev* (pp. 433–442)

NATURAL SCIENCE MUSEOLOGY: THEORY AND PRACTICE

JAPANESE GARDEN AS ECOLOGY AND MYSTICISM SYNTHESIS. *E. V. Golosova* (pp. 443–450)

SCIENCE AND SOCIETY INTERACTION IN NATURAL SCIENCE MUSEUMS IN USA. *T.Yu. Liverovskaya, M.M. Pikulenko* (pp. 451–464)

MUSEUM EDUCATION

EDUCATIONAL ACTIVITY IN PUSHCHINO MUSEUM OF ECOLOGY AND LOCAL LORE. *D.A. Shumovskaya* (pp. 465–472)

FEATURES OF THE ENVIRONMENTAL SCHOOL “BIOSPHERE IN OUR HANDS” ONLINE CONDUCTING. *E.A. Timofeeva, L.V. Popova* (pp. 473–477)

MUSEUM NEWS

LIVE PLANTS AS AN ADDITIONAL BOTANICAL COMPONENT OF THE THEMATIC EXPOSITION IN THE EARTH SCIENCE MUSEUM AT MOSCOW STATE UNIVERSITY. *K.A. Golikov, E.M. Lapteva, A.V. Sochivko* (pp. 478–484)

HISTORY OF SCIENCE

PHYSICAL MODELING OF STRUCTURE-FORMING DEFORMATIONS IN THE LABORATORY OF EXPERIMENTAL GEODYNAMICS AT THE EARTH SCIENCE MUSEUM AT MOSCOW STATE UNIVERSITY (TO THE 40th ANNIVERSARY OF THE LABORATORY ESTABLISHMENT). *A.L. Grokholsky, E.P. Dubinin, G.D. Agranov, M.S. Baranovsky, Ya.A. Danilov, P.A. Domanskaya, A.A. Maksimova, A.I. Makushkina, A.O. Rashchupkina, A.I. Tolstova, Yu.A. Sheptalina, E.L. Shcherbakova, A.N. Filaretova* (pp. 485–501)

TO BE REMEMBERED... ANNIVERSARIES OF TWO ACADEMICIANS. **S.N. Monikov** (pp. 502–512)

NEWS FROM PEER-REVIEWED JOURNALS

THE «HOT» SUBDUCTION MODEL AND A SUPERCOMPUTER USAGE EXPLAINS HOW AND WHEN ANCIENT CRATONS ACQUIRED LITHOSPHERIC KEELS. **P.A. Chekhovich** (pp. 513–514)

OSTEOSARCOMA IN A HERBIVOROUS DINOSAUR. THE POSTMORTEM CLINICAL SUMMARY AFTER 76 MILLION YEARS. **P.A. Chekhovich** (pp. 514–515)

CHRONICLES. EVENTS

ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION «SCIENCE IN A UNIVERSITY MUSEUM» NOVEMBER 17-19, 2020 (pp. 516–518)

TO THE 165TH ANNIVERSARY OF I.V. MICHURIN – I WILL WORK, AS DID IT EARLIER, FOR THE PEOPLE. **K.A. Golikov** (pp. 518–520)

THE PERSON AND HIS BUSINESS. TO THE 120TH ANNIVERSARY OF T.T. TROFIMOV. **K.A. Golikov** (pp. 520–521)

TO THE 120TH ANNIVERSARY OF S.I. KUZNECOV **N.N. Kolotiliva** (pp. 521–522)

TO THE 90TH ANNIVERSARY OF ACADEMICIAN M.V. IVANOV. **N.N. Kolotiliva** (pp. 522–523)

FLOTILLA OF FLOATING UNIVERSITIES AT THE «VOLGA WAVE» EXHIBITION. **A.V. Ivanov** (pp. 524–525)

IN MEMORIAM OF LEV VLADIMIROVICH KALAKUCKIJ. **N.N. Kolotiliva** (pp. 525–526)

BOOK REVIEW

CULTURAL HERITAGE IN THE CONTEXT OF GEOGRAPHICAL KNOWLEDGE (REVIEW OF THE YU.A. VEDENIN BOOK “GEOGRAPHY OF HERITAGE. TERRITORIAL APPROACHES TO THE STUDY AND PRESERVATION OF HERITAGE”). **M.A. Poljakova** (pp. 527–529)

THE RUSSIAN PLAIN EROSION PROCESSES IN THE FOCUS OF ATTENTION OF MODERN LAND USE (REVIEW OF THE MONOGRAPH “SPATIAL-TEMPORAL PATTERNS OF MODERN NATURAL AND ANTHROPOGENIC EROSION PROCESSES DEVELOPMENT ON THE RUSSIAN PLAIN” **V.P. Bondarev** (pp. 529–531)

ECOLOGICAL SYSTEMS PORTRAITS (TRANSLATION IN THE “SCIENCE-ART” SYSTEM). **G.S. Rozenberg** (p. 531)

VECTOR OF ECOLOGICAL CULTURE (CULTUROLOGY OF NATURE). **G.S. Rozenberg** (p. 531)

TABLE OF CONTENTS (pp. 532–533)

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Журнал «Жизнь Земли» публикует результаты научно-исследовательской и музейно-методической работы сотрудников МГУ имени М.В. Ломоносова, музеев высших учебных заведений и других ведомств по взаимодействию геосфер, естествен-нонаучной музеологии, музейной педагогике и истории науки.

Направляемые в журнал статьи и материалы следует оформлять в соответствии с правилами, принятыми в журнале.

Объём рукописи статьи не должен превышать 1 а. л. вместе со сносками, аннотациями и списком литературы, для раздела «Краткие сообщения» – не более 0,25 а. л.

Языки: русский, английский.

Материалы, набранные через 1,5 интервала 14 кеглем, следует передавать в редакцию в электронном виде по адресу: zhizn_zemli@mail.ru.

При наборе текста просьба различать буквы «е» и «ё»!

Схемы, графики, рисунки, фото и др. иллюстрационные материалы должны быть даны как в тексте, так и отдельно в графическом формате.

Ссылки на литературу даются в квадратных скобках номерами в соответствии с алфавитным списком литературы 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;

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

– список литературы на английском языке (references);

– англоязычные варианты подписей рисунков и таблиц;

– при публикации статьи на английском языке предоставляются: расширенная аннотация на русском языке, перевод названий рисунков и таблиц на русском языке, англоязычный список литературы (references);

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

Подробно правила для оформления статей опубликованы на сайте журнала <http://zhiznzemli.ru>, где также можно познакомиться с архивом 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 зарегистрирован Роскомнадзором в качестве
периодического печатного средства массовой информации
(ПИ № ФС77-74444 от 30 ноября 2018 г.)**

**Учредитель: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова»**

**Журнал издаётся Музеем землеведения МГУ при содействии Российской
Экологической Академии (РЭА)**

Подписка на журнал «Жизнь Земли»

Подписной индекс: Э39904

ОАО «Агентство по распространению зарубежных изданий» (АРЗИ) представляет интернет-магазин периодических изданий «Пресса по подписке».

На этом сайте Вы легко сможете оформить онлайн-подписку на журнал «Жизнь Земли» на 2020 год. Теперь не обязательно посещать отделение Почты России – Вы можете оформить подписку через Интернет по адресу: https://www.akc.ru/itm/z_hizn-zemli/

Легко выбрать, удобно оплатить. Подпишись и читай, не выходя из дома!

Вы можете купить подписку на печатную версию журнала «Жизнь Земли» на 2020 год (период: от 3 месяцев). Стоимость подписки — от 809 руб. Доставка изданий производится почтовыми бандеролями по России. Для юридических лиц доступна курьерская доставка по Москве.

**Журнал «Жизнь Земли» включён в систему цитирования РИНЦ
(договор 75-02/2017 от 15.02.2017)**

Журнал включён в систему КиберЛенинки – российской научной электронной библиотеки, построенной на концепции открытой науки

Журнал включён в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора наук» (Перечень ВАК).

Жизнь Земли: Междисциплинарный научно-практический журнал.
Ж71 Т. 42, № 4. — М.: Издательство Московского университета; МАКС Пресс,
2020. — 146 с.

ISSN 0514-7468

ISBN 978-5-317-06522-5

ББК 26.3

DOI 10.29003/m28.0514-7468

DOI 10.29003/m1767.0514-7468.2020_42_4

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ

Междисциплинарный научно-практический журнал

Том 42, № 4

2020 г.

Издание Музея землеведения МГУ
Адрес: Москва, Ленинские горы, дом 1
zhizn_zemli@mail.ru
<http://zhiznzemli.ru>

<http://msupress.com/catalogue/magazines/geografiya/>

Редакторы: *В.В. Снакин, Л.В. Алексеева*
Вёрстка: *В.Р. Хрисанов*

Отпечатано с готового оригинал-макета

Подписано в печать 25.11.2020 г.

Формат 70×100 1/16. Усл.печ.л. 11,86. Тираж 300 экз. Заказ № 195

Издательство ООО «МАКС Пресс»

Лицензия ИД N 00510 от 01.12.99 г.

119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,
2-й учебный корпус, 527 к.

Тел. 8(495)939-3890/91. Тел./Факс 8(495)939-3891.

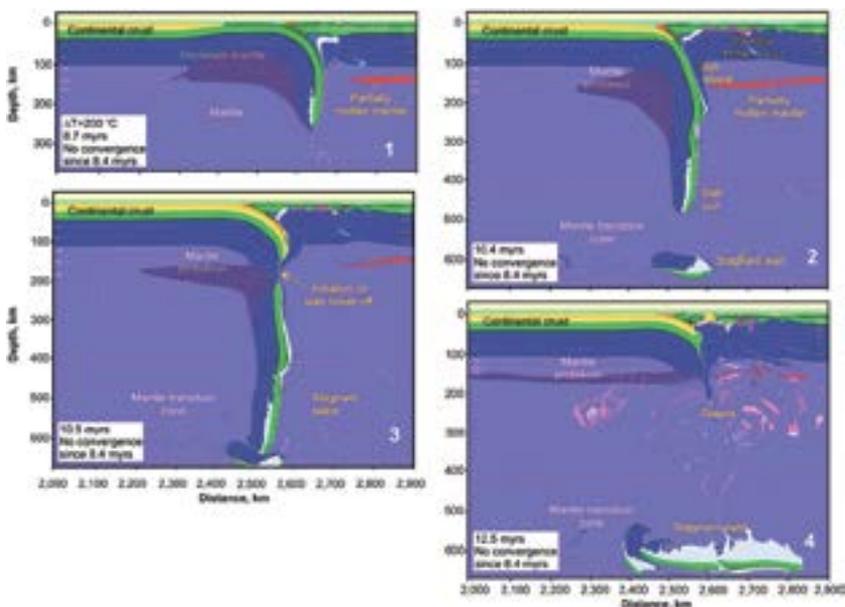
Отпечатано в типографии

ООО «Фотоэксперт», 115201, Москва, ул. Котляковская, д. 3, стр. 13

ЯПОНСКИЙ САД – СИНТЕЗ ЭКОЛОГИИ И МИСТИКИ (см. с. 443–450)



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ СТАДИИ ОБРАЗОВАНИЯ МАНТИЙНОГО КИЛЯ ПОД КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ПЛИТОЙ (см. с. 513–514)



Экранная визуализация модели, рассчитанной с помощью суперкомпьютера
(<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2806-7/figures/13>).

В МУЗЕЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ИСТОРИИ
УНИВЕРСИТЕТА КОЛОРАДО, США
(см. с. 451–464)

