



ISSN 0514-7468

44 (2)
2022

Жизнь Земли

Жизнь Земли

2022 44 (2)

2022



5 ИЮНЯ В 15-й РАЗ ОТМЕЧАЕТСЯ ДЕНЬ ЭКОЛОГА

В связи с этим на пресс-конференции в Информационном центре Правительства Москвы руководитель Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы А.О. Кульбачевский сообщил: «В период с 26 мая по 5 июня будет реализовано порядка 200 мероприятий, половину из них проведут в экоцентрах и на природных территориях Москвы. Жителей и гостей города ждут викторины, экскурсии, экомарафоны, мастер-классы, квесты, выставки, игры, акции и другие бесплатные экологические занятия. В частности, состоится награждение победителей различных конкурсов и школьных Олимпиад».



На пресс-конференции в Информационном центре Правительства Москвы, 01.06.2022.

В честь *Дня эколога* в Доме правительства Московской области открылся Межрегиональный экологический форум «Устойчивое развитие: новые тренды и глобальные вызовы». Форум организован Всероссийским обществом охраны природы (ВООП) при поддержке Министерства жилищно-коммунального хозяйства и Министерства экологии Московской области.

В центре внимания Форума были темы, которые реально волнуют экологических активистов, сотрудников надзорных органов и простых граждан. Участники форума в формате живого общения (*public talk*) лицом к лицу обсудили волнующие их вопросы и выработали общую позицию относительно проблем, с которыми по всей стране сталкиваются экологами.



На форуме «Устойчивое развитие: новые тренды и глобальные вызовы» в Доме правительства Московской области, 03.06.2022.

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ

LIFE OF THE EARTH

ISSN 0514-7468

2022

Т. 44, № 2

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

ИНДЕКСИРОВАНИЕ
ЖУРНАЛА

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU



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



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
2022

Редакционный совет:

В.А. Садовничий (председатель Совета), Н.А. Абакумова, 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 Плаваша (Сербия), О.В. Плямина, Д.Ю. Пуцаровский, С.А. Шоба

Редакционная коллегия:

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

Адрес редакции:

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

**ЖИЗНЬ
ЗЕМЛИ**
LIFE OF THE EARTH

ISSN 0514-7468

2022

T. 44, № 2

Zhizn Zemli [Life of the Earth]

An Interdisciplinary Scientific and Practical Journal

Published quarterly since 2016

Editorial council:

V.A. Sadovnichy (Council Chairman), N.A. Abakumova, 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), O.V. Pliamina, D.Yu. Pushcharovskiy, S.A. Shoba

Editorial board:

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



PUBLISHING
Moscow State University
2022

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>Чупахина А.И., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л.</i> Условия формирования структур Мозамбикского бассейна (физическое моделирование)	136
<i>Громалова Н.А.</i> Циркон магматических пород как индикатор условий кристаллизации и источника материнских расплавов	150
<i>Маленкина С.Ю., Иванов А.В., Яшков И.А., Наугольных С.В.</i> Ихнофоссилии и палеопочвы палеоцена разрезов «Привольск» и «Шиханы» Саратовского Поволжья	167
<i>Башкин В.Н.</i> Современные проблемы биологизации земледелия	180
<i>Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П.</i> Земля и сельское хозяйство Дальнего Востока	192
<i>Снакин В.В.</i> Динамика народонаселения: закономерности, механизмы, вызовы, возможности регулирования	202

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

<i>Максимов Ю.И., Мамбетова А.Б.</i> Художник Даниил Черкес: от южных морей до полярного края	213
<i>Скрипко К.А., Семёнова Л.Д., Дубинин Е.П., Снакин В.В.</i> Памирские экспедиции М.Е. Ионова 1891–1895 гг.	228

ВЕСТИ ИЗ МУЗЕЕВ

<i>Винник М.А., Иванов О.П., Коснырева А.А., Чаругин В.М.</i> Стенд «Ионосфера» в экспозиции «Земля во Вселенной»	239
---	-----

ИСТОРИЯ НАУКИ

<i>Соколова Т.Г., Молоканова Л.Г., Лазарев В.М., Снакин В.В.</i> Учёный, наставник, государственный деятель: к 95-летию со дня рождения Геннадия Алексеевича Ягодина	245
--	-----

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

Всероссийская научно-практическая конференция «Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться» (<i>И.П. Таранец</i>). I Всероссийская научно-практическая конференция «Микроорганизмы и плодородие почвы» (<i>Н.Н. Колотилова</i>). Круглый стол «Вакцинация в России. К 200-летию со дня рождения Луи Пастера и 135-летию Пастеровской станции в г. Самаре» (<i>Н.Н. Колотилова</i>). В день рождения Владимира Ивановича Вернадского (По материалам Неправительственного экологического фонда им. В.И. Вернадского). IX Общероссийский фестиваль природы «Первозданная Россия» (<i>И.П. Таранец, М.М. Пикуленко, Л.В. Попова</i>). «История в программке» (<i>Н.Н. Колотилова</i>). Международная конференция Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН (<i>К.А. Голиков, Н.Н. Колотилова</i>). Заседание Секции музееведения в рамках Ежегодной научной конференции МГУ «Ломоносовские чтения 2022» (<i>Н.И. Крупина</i>). Научно-популярный цикл лекций «Художественный образ Арктики в XX веке» (<i>И.А. Катышев, Ю.И. Максимов</i>). Итоги XIII Всероссийского конкурса «Человек на Земле», 2021–2022 гг. (<i>Е.С. Ротина, Л.В. Алексеева</i>). Выставка, посвящённая 100-летию со дня рождения профессора Тимирязевской сельскохозяйственной академии Александра Ефимовича Петрова-Спиридонова (1922–1990) (<i>В.А. Высокий</i>). XIII Международный форум «Экология» (<i>С.В. Козлов</i>). На заседаниях Секции музееологии Московского общества испытателей природы (<i>Ю.И. Максимов</i>). 95-летию профессора Г.А. Ягодина посвящается (<i>В.М. Лазарев</i>). Академический хор МГУ дал концерт в Московской консерватории (<i>С.В. Козлов</i>)	257
--	-----

TABLE OF CONTENTS	281
-------------------------	-----

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

УДК 551.242

DOI 10.29003/m3023.0514-7468.2022_44_2/136-149

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУР МОЗАМБИКСКОГО БАССЕЙНА (ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

А.И. Чупахина, Е.П. Дубинин, А.Л. Грохольский*

На основе результатов физического моделирования рассмотрены условия формирования Мозамбикского хребта и поднятия Бейра, сформированных в процессе раскрытия Мозамбикского бассейна. Мозамбикский хребет представляет собой серию блоковых поднятий, возвышающихся до 3500 м над морским дном. Одна из наиболее вероятных гипотез происхождения хребта предполагает его частичное отделение от окраины Африканского континента в результате плюмовой активности. Современные исследования показывают, что северо-восточная часть хребта сложена утонённой континентальной корой, перекрытой осадочным чехлом, в то время как для его южной части характерно большое количество экструзивных центров, свидетельствующих о повышенной магматической активности. Экспериментальные исследования показали, что формирование Мозамбикского хребта произошло в условиях раскола Африкано-Антарктического материка при наличии структурных неоднородностей в литосфере Африканского континента и влиянии горячей точки. Поднятие Бейра представляет собой континентальный блок, который был отделён от Антарктиды при расколе Гондваны.

Ключевые слова: Мозамбикский хребет, Бейра, спрединг, рельеф дна, физическое моделирование, структурообразование.

Ссылка для цитирования: Чупахина А.И., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л. Условия формирования Мозамбикского бассейна (физическое моделирование) // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 136–149. DOI: 10.29003/m3023.0514-7468.2022_44_2/136-149.

Поступила 09.05.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

* Чупахина Анастасия Ильинична – магистрант Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, лаборант сектора геодинамики Музея земледования МГУ, anastasia.tolstova@student.msu.ru; Дубинин Евгений Павлович – д.г.-м.н., зав. сектором Музея земледования, edubin08@rumbler.ru; Грохольский Андрей Львович – к.г.н., в.н.с. Музея земледования МГУ, andregro@mail.ru.

CONDITIONS FOR THE FORMATION OF THE STRUCTURES OF THE MOZAMBIQUE BASIN (PHYSICAL MODELING)

A.I. Chupakhina^{1,2}, E.P. Dubinin², A.L. Grokholsky²

¹ Lomonosov Moscow State University, Department of Geology

² Lomonosov Moscow State University, Earth Science Museum

Based on the results of physical modeling, the conditions of formation of the Mozambique Ridge and the Beira High, formed during the opening of the Mozambique Basin, are considered. The Mozambique Ridge is a series of blocky uplifts rising up to 3500 m above the seafloor. One of the most probable hypotheses of the ridge origin suggests its partial separation from the margin of the African continent as a result of plume activity. Modern studies show that the northeastern part of the ridge is composed of thinned continental crust overlain by sedimentary cover, while its southern part is characterized by a large number of extrusive centers, indicating increased magmatic activity. Experimental studies have shown that the formation of the Mozambique Ridge occurred under the conditions of the African-Antarctic continental rift with the presence of structural heterogeneities in the lithosphere of the African continent and the influence of a hot spot. The Beira High is a continental block that was separated from Antarctica during the split of Gondwana.

Keywords: Mozambique ridge, Beira High, bottom relief, physical modeling, structure formation.

For citation: Chupakhina, A.I., Dubinin, E.P., Grokholsky, A.L., "Conditions for the Formation of the Structures of the Mozambique Basin (Physical Modelling)," *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 136–149 (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3023.0514-7468.2022_44_2/136-149

Введение. Работа посвящена выявлению условий формирования Мозамбикского хребта и поднятия Бейра, расположенных в Мозамбикском бассейне в юго-западной части Индийского океана. Мозамбикский бассейн характеризуется неоднородной морфологией рельефа морского дна: глубоководные районы сменяются вулканическими подводными горами и атоллами, такими как Бассас-да-Индия и Иль-Европа. Формирование структур Мозамбикского хребта и поднятия Бейра связано с эволюцией раскрытия Мозамбикского бассейна при распаде Гондваны. Мозамбикский хребет располагается между мезо-кайнозойскими океаническими бассейнами Наталь и Мозамбикским (рис. 1). Хребет представляет собой серию блоковых поднятий, возвышающихся до 3500–4000 м над дном прилегающей котловины, расположенным на глубине около 5000 м [1]. Происхождение Мозамбикского хребта до сих пор остаётся дискуссионным. Одна из наиболее вероятных гипотез предполагает его частичное отделение от окраины Африканского материка в результате деятельности плюма Кару. Современные исследования показывают, что северная часть хребта представляет собой утонённую континентальную кору, покрытую осадочным чехлом, в то время как для его южной части характерно большое количество экстрозивных центров, свидетельствующих о повышенной магматической активности [2].

Поднятие Бейра морфологически представляет собой выступ фундамента, расположенный примерно в 70 км от побережья Африки. Эта структура имеет 300 км в длину и 120 км в ширину и ориентирована субпараллельно окраине континента (рис. 1). Данные сейсмических и гравиметрических исследований показывают, что поднятия Бейра является континентальным фрагментом, частично отделённым от крупных бло-

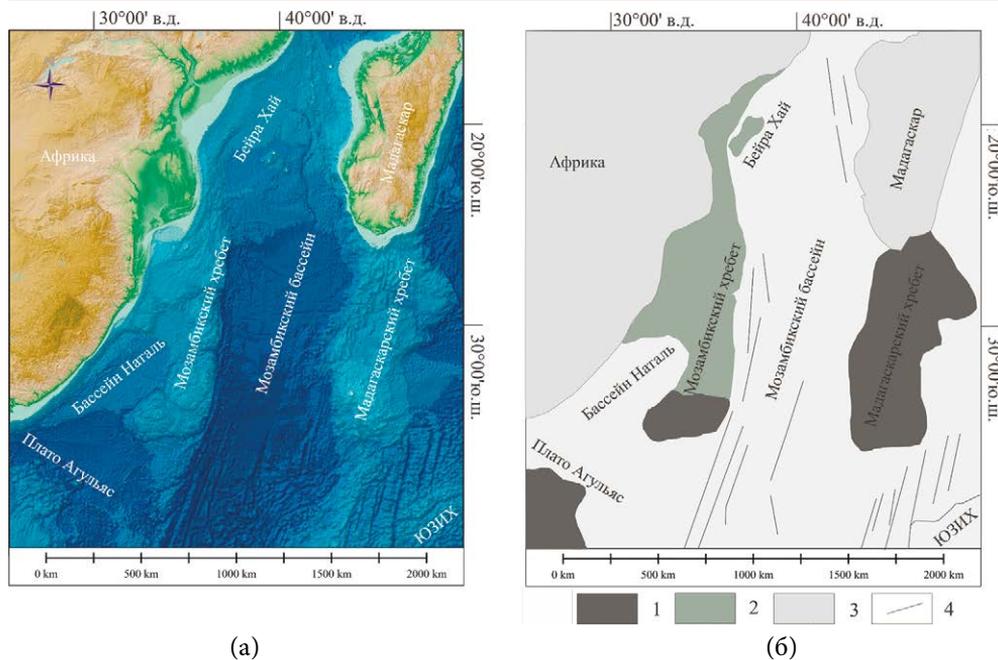


Рис. 1. Строение юго-западной части Индийского океана [3]: (а) – рельеф дна и прилегающей суши; (б) – схема расположения микроконтинентов и вулканических поднятий с предполагаемыми типами коры. 1 – океаническая, 2 – утонённая континентальная, 3 – континентальная, 4 – разломы, ЮЗИХ – Юго-Западный Индийский хребет.

Fig. 1. The structure of the southwestern part of the Indian Ocean [3]: (a) – the relief of the bottom and the adjacent land; (b) – the layout of microcontinents and volcanic uplifts with assumed types of crust. 1 – oceanic, 2 – thinned continental, 3 – continental, 4 – faults, South-Southwest Indian Ridge.

ков во время распада Гондваны в период первоначального континентального рифтогенеза при расколе Африканской и Антарктической плит.

С помощью метода физического моделирования проведены экспериментальные исследования по установлению условий формирования поднятия Бейра в результате первоначального раскрытия Мозамбикского бассейна и Мозамбикского хребта в результате его частичного отделения от Африканского континента под действием мантийного плюма.

Строение и происхождение Мозамбикского хребта. Мозамбикский хребет представляет собой вытянутую в субмеридиональном направлении структуру, простирающуюся почти параллельно береговой линии юго-восточной части Африки между 25° и 35° ю. ш. Хребет располагается между двумя океаническими бассейнами (рис. 1): раннемеловым бассейном Наталь, который связан с отделением блока Фолклендского плато от юго-восточной оконечности Африки и раскрытием юго-восточной части Атлантики, и верхнеюрским Мозамбикским бассейном, связанным с относительным перемещением Африки, Антарктиды, Мадагаскара и Индии.

Морфологически хребет представляет линейную структуру длиной около 1100 км и шириной 160 км на севере и 350 км на юге и является формальным продолжением Африканского континента. Наименьшая глубина составляет 1200 м, средняя глубина достигает 2900 м. Хребет состоит из трёх погружённых блоков (северный, центральный и юго-западный), разделённых долинами и депрессиями субширотного простирания [1]. С севера на юг

наблюдается заглупление бассейна Наталь, разделяющего Мозамбикский хребет и Африканский континент. В северной части бассейн выражен не так ярко, как на юге, его глубина составляет 1500–2000 м, в южной части глубина бассейна достигает максимальной отметки почти в 4000 м.

Исследования строения Мозамбикского хребта начались ещё в 1970-х гг. Тогда же были высказаны первые предположения о том, что Мозамбикский хребет сложен утонённой континентальной корой [4].

Позднее эта гипотеза была подтверждена другими исследователями [5, 6] на основании изучения образцов пород, отобранных со дна океана, которые имели сходство с архейскими породами Африканского кратона. Не исключена вероятность, что образцы драгированных метапелитов, гнейсов, анортозитов и метагаббро могли быть принесены течением вместе с ледниковыми отложениями Антарктики [1]. Среди драгированных пород было обнаружено свежее вулканическое стекло, которое, по мнению исследователей, могло быть связано с неотектонической и магматической активностью.

Веские доказательства вулканической природы хребта были получены в исследованиях Симпсона, который изучил толеитовые базальты мелового возраста. Геофизические, в частности, геомагнитные данные также подтвердили магматическое происхождение хребта [7]. Ряд исследователей предполагает, что Мозамбикский хребет является микроконтинентом, отделённым от африканского материка [8].

Современные исследования показывают, что северо-восточная часть хребта представляет собой утонённую континентальную кору, покрытую осадочным чехлом, в то время как для его южной части характерно значительное количество магматических проявлений [2]. Этот факт наряду с результатами сейсмических исследований [9] подтверждает возможность океанического происхождения южной части Мозамбикского хребта, которая имеет геохимическое сходство с плато, образованными под действием горячих точек в Южной Атлантике [1, 12].

Согласно тектоническим реконструкциям [2, 8], основанным на детальных магнитных аномалиях, Мозамбикский хребет был сформирован 135–125 млн лет назад в несколько этапов. Первоначально он начал формироваться на севере 135 млн лет назад и продолжал расти к юго-западу, где центральная область сформировалась в основном около 131 млн лет назад и этот процесс сопровождался вулканизмом, продолжавшимся до ~126 млн лет и сформировавшим юго-западный блок. Менее выраженное плато на юго-востоке могло быть сформировано ~125 млн лет. Согласно [7], имеется блок земной коры, расположенный восточнее северного блока, который отделён от основной части Мозамбикского хребта и может представлять собой континентальный фрагмент (микроконтинент), переместившийся в пределах океанической коры на начальных этапах рифтинга.

Несомненно, что на формирование и строение Мозамбикского хребта большое влияние оказала магматическая активность плюма Кару. Его активность могла инициировать перескок рифтовой оси из Мозамбикского бассейна в сторону молодой континентальной окраины восточной Африки и привести к частичному отделению от неё линейной структуры Мозамбикского хребта, сложенного утонённой континентальной корой, в значительной степени осложнённой плюмовым магматизмом.

Сложное гетерогенное строение литосферы Африкано-Антарктического блока Гондваны, состоящего из ряда кратонов, разделённых складчатými поясами, предопределило геометрию заложения рифтовых зон (рис. 2). Каапвальский кратон состоит из архейского и палеопротерозойского ядра, окружён более молодыми аккрецированными мезопротерозойскими и раннепротерозойскими орогенными поясами: Намакуа-Наталь и

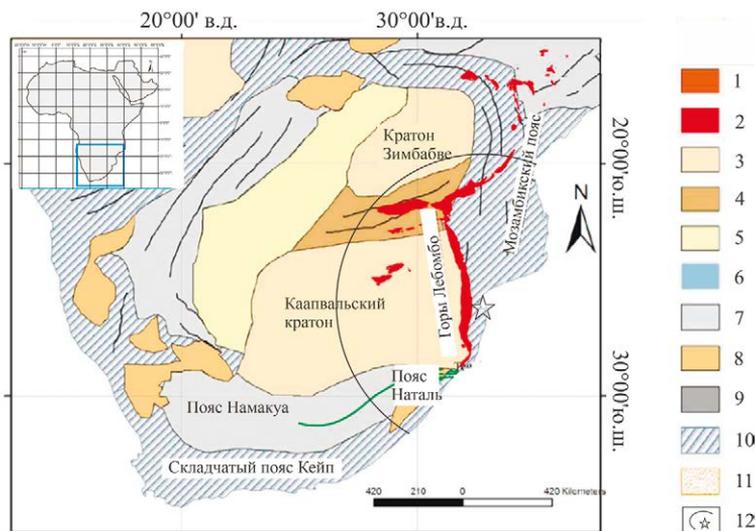


Рис. 2. Геологическая карта юго-восточной части Африки (по [10]). Зоны заложения потенциальных рифтовых зон выбраны по зонам распространения вулканизма и расположению складчатых поясов: 1 – MZ-KZ рифты, 2 – вулканизм Кару, 3 – архейские и палеопротерозойские кратоны, 4 – архейский орогенный пояс, 5 – протерозойский пояс, 6 – палеопротерозойская кора, 7 – наложенные мезопротерозойские террейны, 8 – мезопротерозойские террейны, 9 – альпийский складчатый пояс, 10 – неопротерозойские террейны, или молодая кора, 11 – фанерозой, 12 – границы распространения плюма Кару-Мод и его предполагаемый центр [13].

Fig. 2. Geological map of the southeastern part of Africa (based on [12]). Locations of potential rift zones were selected based on the zones of volcanism and the location of folded belts: 1 – MZ-KZ rifts, 2 – Karoo volcanism, 3 – Archean and Paleoproterozoic cratons, 4 – Archean orogenic belt, 5 – Proterozoic belt, 6 – Paleoproterozoic crust, 7 – superimposed Mesoproterozoic terranes, 8 – Mesoproterozoic terranes, 9 – Alpine folded belt, 10 – Neoproterozoic terranes or young crust, 11 – phanerozoic, 12 – the boundaries of the distribution of the Karoo-Mod plume and its supposed center [13].

Панафриканский пояса соответственно. Пояс Намакуа-Наталь был сформирован во время Намакуанской орогении в мезопротерозое (1235±9 и 1025±8 млн лет) [11]. Восточная часть пояса – пояс Наталь – состоит из магматических пород, сформированных между 1235–1025 млн лет. Основное коллизийное событие произошло здесь 1135 млн лет назад. В Антарктике одновременно произошла мезопротерозойская орогенная и магматическая активность, образовавшей пояс Мод, который датируется от 1171±25 до 1045±9 млн лет [11]. Наиболее вероятно существование в то время единого орогенного пояса Намакуа-Наталь-Мод.

Распад Гондваны, раскрытие юго-западной части Индийского океана и формирование Мозамбикского хребта, а также соседних бассейнов, по всей видимости, связано с деятельностью плюма Кару-Мод 190–178 млн лет назад [12]. В это время формировались рифтогенные бассейны вдоль ранее существовавших ослабленных зон в пределах континентальной коры, которые были локально активизированы и по которым реализовывались магматические проявления плюмовой деятельности. В позднеюрское время была сформирована крупная магматическая провинция. Эта магматическая провинция занимает площадь около 6×10⁶ км² и представляет собой одну из крупнейших магматических провинций в фанерозое, связанную с начальной фазой распада Гондваны. С проявлением основного магматизма

среднеюрского возраста (комплексы Кару) в юго-западной Африке соотносится первая фаза рифтогенеза Гондваны. Подъём обширного мантийного плюма Кару-Мод, который был внедрён под литосферой Гондваны, создал мощную термическую аномалию в верхней мантии размерами около 2000 км в диаметре [13], обеспечил проявление магматизма на окраине континентов Гондваны и начало рифтогенеза в этом районе. Мозамбикский хребет, находясь в центральной части провинции, мог также участвовать в перестройке зон раскрытия. Существует гипотеза, что под обширным вулканическим поднятием Мозамбикского хребта, которое образовалось в раннемеловое время, может скрываться одна из ветвей палеохребта, заложившая начало распада Гондваны ещё в средней юре [13].

Геологическое строение района и гетерогенность дораскольной коры предопределили начальные условия при подготовке экспериментальных моделей (рис. 2). Для определения параметров экспериментов нами были выбраны участки вероятного заложения рифтовых зон, связанные с границами кратонов, с расположением складчатых поясов, крупными внедрениями долеритовых даек и излияниями плюма Кару.

Строение и происхождение поднятия Бейра. Поднятие Бейра представляет собой континентальный блок, частично отколовшийся от Антарктической плиты около 157 млн лет назад. Поднятие Бейра является морфологически выдержанным выступом фундамента, расположенным примерно в 70 км от побережья Африканского континента. Интерпретация сейсмических данных показала, что под слоем осадков можно наблюдать положительную структуру блока (рис. 3). Поднятие Бейра имеет примерные размеры 300 км в длину и 120 км в ширину. Ориентировано поднятие по наиболее протяжённой оси субпараллельно Мозамбикской окраине.

По сейсмическим данным, поднятие Бейра у побережья мозамбикской окраины имеет континентальную природу, однако неоднозначным является время и механизм формирования. Внутренняя часть структуры поднятия состоит из растянутой, сильно интрузивной континентальной коры. Юго-восточная окраина поднятия Бейра, видимо, контактирует с нормальной океанической корой Мозамбикского бассейна.

Раннеюрский раскол Гондваны привёл к аккреции океанической коры, которая образует фундамент в основных частях Африканско-Антарктического коридора (ААК), частью которого является Мозамбикский бассейн.

До настоящего времени неоднозначной являлась природа прибрежной зоны Мозамбикской равнины, рядом с которой расположено поднятие Бейра. Однако существуют идентифицированные магнитные аномалии, свидетельствующие о том, что в начале раскола Гондваны могло происходить отделение поднятия Бейра от окраины Африки. Согласно современным кинематическим моделям, поднятие Бейра сначала двигалось вместе с Антарктической плитой и было частично отделено от Африканского континента, после чего срединговая ось перескочила на сторону Антарктической плиты, оставив поднятие Бейра у Африканской окраины. Именно момент частичного отделения поднятия и датируется в 157 млн лет по данным линейных магнитных аномалий (хрона M38n2n). Выступ фундамента хорошо коррелируется с границами обоих континентов по результатам корреляции окраин на дораскольной картине. Стоит отметить наличие трансформных разломов, в частности, на восточной границе структуры, которые заложились в этой зоне в ходе ранней стадии рифтогенеза.

Физическое моделирование. Экспериментальное оборудование, модельное вещество, условия подобия и методики проведения экспериментов. С помощью физического моделирования исследовались условия формирования Мозамбикского хребта и структуры поднятия Бейра в процессе развития Мозамбикского бассейна.

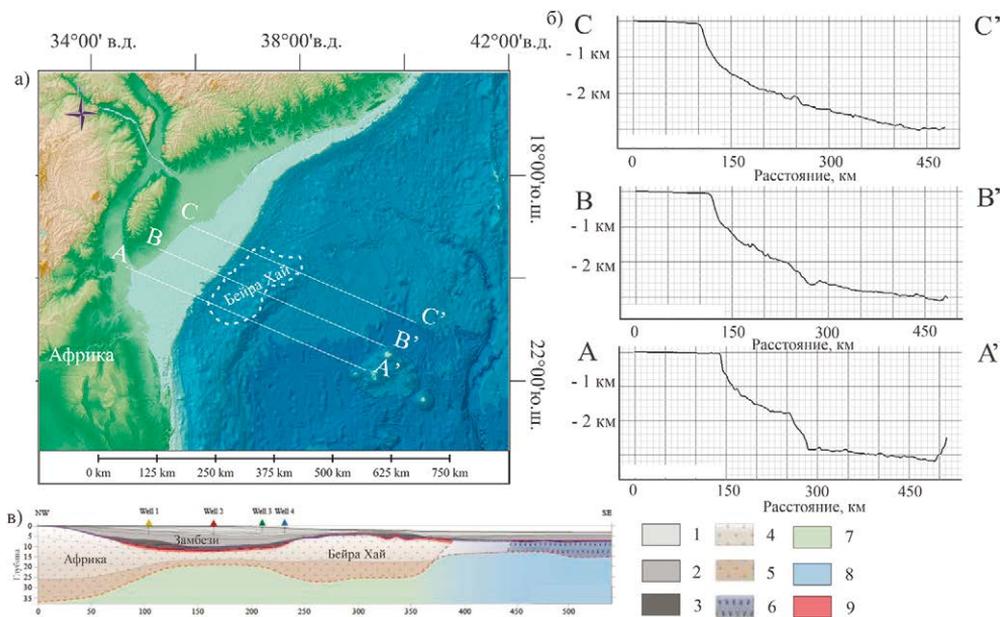


Рис. 3. Строение структуры поднятия Бейра: (а) – батиметрическая карта [3], (б) – батиметрические профили, построенные по данным [18], (в) – строение коры по сейсмическим данным [12]. 1, 2, 3 – осадочный чехол, 4 – верхняя часть континентальной коры, 5 – нижняя часть континентальной коры, 6 – океаническая кора, 7 – субконтинентальная мантия, 8 – океаническая мантия, 9 – базальты, интрузия, SDR.

Fig. 3. The structure of the Beira High: (a) Bathymetric map [3], (b) profiles constructed according to [18], (c) the structure of the crust according to seismic data [12]. 1, 2, 3 – sedimentary cover, 4 – upper part of the continental crust, 5 – lower part of the continental crust, 6 – oceanic crust, 7 – subcontinental mantle, 8 – oceanic mantle, 9 – basalts, intrusion, SDR.

Моделирование проводилось на экспериментальной установке, которая представляет собой текстолитовую ванну (40×30×10 см). В верхних частях её боковых стенок расположены шлицы, по которым с помощью электромеханического привода движется рамка с поршнем. Равномерное температурное поле модельного вещества обеспечивают обогреватели, расположенные внутри установки. Электромеханический привод позволяет варьировать скорости деформации модельной плиты, а также изменять направление растяжения, создавая обстановки ортогонального, косого или неравномерного (с переменными скоростями) спрединга. Изменение длительности охлаждения обеспечивает различное соотношение толщины хрупко-пластичного слоя модельной литосферы [16].

Вещества, используемые в экспериментах, представляют собой коллоидные системы на основе жидких (минеральное масло) и твёрдых (церезин, парафин) углеводородов. Они обладают упруго-вязко-пластическими свойствами и обеспечивают выполнение подобия по пределу текучести на сдвиг. Меняя значения температуры, скорости деформации и процентное соотношения слагающих модельное вещество компонентов, можно добиваться различных свойств материала, отвечающих требованиям условий подобия [17].

Распределение температуры в литосфере рассчитывается по формуле остывающего полупространства:

$$T(z, t) = T_0 + (T_m - T_0) \cdot \Phi\left(\frac{z}{2 \cdot \sqrt{\kappa \cdot t}}\right),$$

Здесь Φ – функция вероятности, обладающая свойствами: $\Phi(y \rightarrow \infty) \rightarrow 1.0$ и $\Phi(y = 0) = 0$; T_0 и T_m – температура на поверхности (комнатная) и в основании слоя соответственно; z – глубина, t – время остывания, $\kappa = k/(\rho \cdot C_p)$ – термическая диффузия материала, k – его теплопроводность, ρ – плотность и C_p – теплоёмкость. Расчёты проводились для следующих значений параметров: $k = 0.2451$ Вт/м²К, $\rho = 860$ кг/м³, $C_p = 1900$ Дж/кг²К (т. е. $\kappa = 1.5 \times 10^{-7}$ м²/сек), $T_0 = 23^\circ\text{C}$ и $T_m = 43^\circ\text{C}$. Распределение прочности пород с глубиной определяется для рассчитанной температуры $T(z, t)$ линейной интерполяцией между значениями предела прочности материала, измеренными при разных температурах. Изменение давления веса материала с глубиной: $P = \rho \cdot g \cdot z$, где ρ – плотность материала, g – ускорение свободного падения, z – глубина. Толщина упругого слоя плиты определяется в эксперименте из:

$$\Omega = \frac{\rho \cdot g \cdot z}{\tau_s(T)} = 1,$$

где τ_s – предел прочности на сдвиг модельного материала, H – толщина модельной литосферы. Толщина литосферы (ZL) определяется в эксперименте из условия $T(z=ZL, t) = 28^\circ\text{C}$. Следующие значения параметров в оригинале (природе) и в модели принимаются: $\tau_s^o = 5.6 \times 10^7$ Па; $\rho^o = 3 \times 10^3$ кг/м³; $H^o = 3 \times 10^3$ м ($\Omega = 0.622$); $\tau_s^m = 20$ Па; $\rho^m = 0.86 \times 10^3$ кг/м³; $H^m = 3 \times 10^3$ м ($\Omega = 0.775$).

Подготовка и проведение экспериментов осуществлялись следующим образом. Сначала модельное вещество с помощью нагревателей разогревалось до необходимой температуры (~43 °С), и перемешиваясь доводилось до однородного жидкого состояния (рис. 4 А).

Затем поверхность расплава модельного вещества охлаждалась сверху с помощью вентилятора при поддержании определённого термического режима внутри установки (рис. 4 Б). Затвердевшее до необходимой толщины модельное вещество имитировало литосферу, которая припаивалась к поршню и противоположной стенке экспериментальной ванны. В ней, в некоторых экспериментальных сериях, механическим путём задавались различные типы неоднородностей (разрезы – рифтовые трещины, ослабленные зоны с более тонкой литосферой в рифтовой зоне или струк-

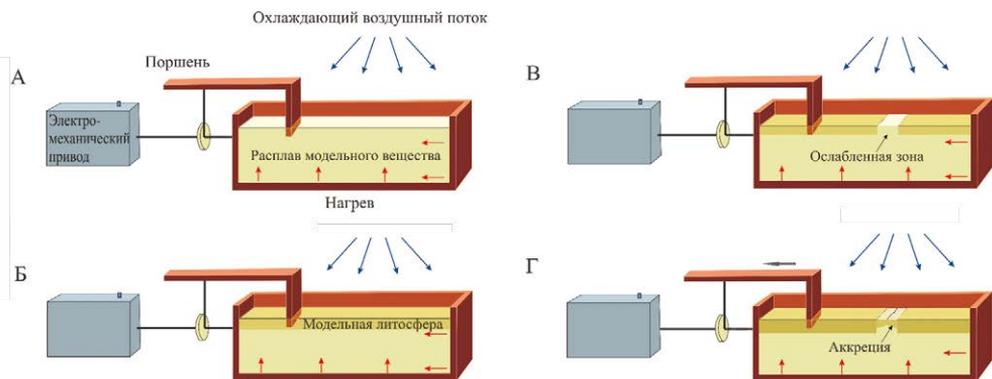


Рис. 4. Последовательность подготовки литосферы осевой зоны спрединга в модели.

Fig. 4. The sequence of preparation of the axial spreading zone lithosphere in the model.

турные неоднородности с более прочной, толстой литосферой различной конфигурации и др.) (рис. 4 В). После того как толщины модельной плиты и отдельных её фрагментов достигнут необходимых значений, начинается горизонтальное растяжение модели и наращивание новой океанической модельной коры (рис. 4 Г).

Задачей экспериментов было выявление условий, при которых происходит формирование микроблока с континентальной литосферой, и установление основных параметров, определяющих форму и размер блока. Поэтому была определена первоначальная геометрия трещин, формирующихся при расколе континента с учётом структурно-вещественных неоднородностей в дораскольной литосфере (рис. 2). Для этого были проанализированы геолого-геофизические данные по изучаемому природному объекту. Существенным фактором, осложняющим процесс рифтинга в этом районе, являлось наличие горячей точки Кару. Учёт влияния горячей точки потребовал отработки специальной методики создания подлитосферной термической аномалии в модели в виде локального источника нагрева – ЛИН. После начала растяжения и некоторого периода спрединга делался перерыв в наращивании модельной литосферы. Она подвергалась дополнительному охлаждению, после которого активизировалась горячая точка (ЛИН), расположенная в области молодой модельной континентальной окраины.

В экспериментах варьировались различные параметры, такие как расстояние плюма от уже сформировавшегося спредингового хребта, длина и простирание рифтовых трещин, время действия плюма, время охлаждения модели после формирования спредингового хребта и молодой (новой) литосферы.

Было проведено несколько серий экспериментов по моделированию происхождения Мозамбикского хребта и поднятия Бейра. На рис. 5 представлены две схемы экспериментов:

- образование частично отделённого континентального блока под действием горячей точки (рис. 5 а)

- образование микроблока за счёт встречного продвижения трещин в однородной модельной литосфере (рис. 5 б).

Первая экспериментальная серия. Мозамбикский хребет. Подготовка и проведение экспериментов осуществлялись в несколько этапов. После формирования модельной плиты с толщиной H в ней задавался разрез, имитирующий начальный раскол континента с образованием рифта. В процессе растяжения модели со скоростью V , рифтинг переходил в спрединг. После наращивания модельной океанической коры движение поршня прекращалось на время t_n для имитации переходного периода перед перескоком спрединговой оси. Затем в окрестности молодой континентальной окраины включался ЛИН, который проплавлял модельную литосферу, имитируя термическую аномалию мантийного плюма. Далее с обеих сторон от расплавленной области делались два разреза, играющие роль ослабленных зон, которые предполагались на основе геологического и тектонического строения юго-восточной части Африки с более тонкой, ослабленной литосферой. После этого растяжение модели возобновлялось.

Результаты экспериментов. Эксперимент 2514 (рис. 6). В подготовленной модельной плите был сделан разрез – рифтовая трещина (рис. 6 а). Вдоль него в процессе растяжения происходила аккреция новой модельной литосферы. После того, как сформировалась полоса новой модельной литосферы шириной 1–3 см, делался перерыв в растяжении (рис. 6 б) (в среднем он длился около 30 минут), в течение которого модель продолжала охлаждаться. Затем в области молодой континентальной окраины

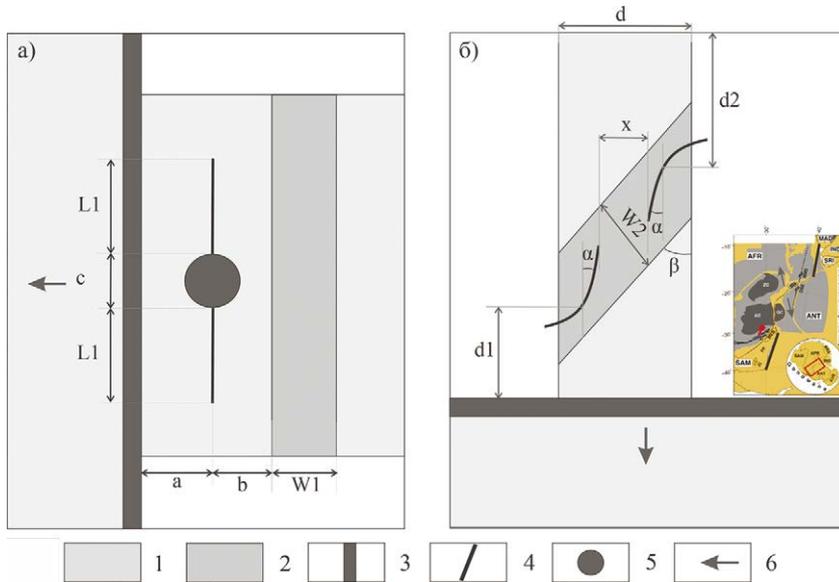


Рис. 5. Схема и параметры экспериментов 1 (а) и 2 (б) серии: 1 – модельная плита, 2 – ослабленная зона, 3 – поршень установки, 4 – разрезы, 5 – область влияния ЛИИ (пониженная толщина литосферы), 6 – направление растяжения. $W1$ – ширина ослабленной зоны первой экспериментальной серии (3 см), $W2$ – ширина ослабленной зоны второй экспериментальной серии (5 см), $L1$ – длина разрезов (5 см), a – расстояние от поршня до центра проекции ЛИИ на поверхности модели (2 см), b – расстояние от центра проекции ЛИИ до ослабленной зоны (2 см), c – диаметр проекции ЛИИ на поверхности модели (2 см), $d1$ – расстояние от поршня до разреза (5 см), $d2$ – расстояние от стенки установки до разреза (7 см), x – поперечное смещение между разрезами (3 см), α – угол между простиранием разрезов и направлением растяжения (15°), β – угол между простиранием ослабленной зоны и направлением растяжения (45°).

Fig. 5. Scheme and parameters of experiments 1 (a) and 2 (b) of the series: 1 – model plate, 2 – weakened zone, 3 – piston of the installation, 4 – sections, 5 – area of influence of LSH (reduced thickness of the lithosphere), 6 – direction of stretching. $W1$ – width of the weakened zone of the first experimental series (3 cm), $W2$ – width of the weakened zone of the second experimental series (5 cm), $L1$ – length of the incisions (5 cm), a – is the distance from the piston to the center of the LSH projection on the model surface (2 cm), b – distance from the center of the LSH projection to weakened zone (2 cm), c – diameter of the projection of the line on the surface of the model (2 cm), $d1$ – distance from the piston to the incision (5 cm), $d2$ – distance from the installation wall to the incision (7 cm), x is the transverse displacement between the incisions (3 cm), α – angle between by the stretch of the incisions and the direction of stretching (15°), β – angle between the stretch of the weakened zone and the direction of stretching (45°).

модели включался ЛИИ. После подплавления им модельной литосферы термическая аномалия становилась видимой на её поверхности. При этом часть расплава могла изливаться на поверхность плиты, формируя магматическую провинцию. Далее с обеих сторон от пятна горячей точки были сделаны два разреза, параллельных оси спрединга. Они имитировали наличие в литосфере структурных неоднородностей (рис. 6 б). После завершения активной деятельности горячей точки интенсивность её нагрева была уменьшена, а растяжение модельной литосферы продолжилось.

Из разрезов начали продвигаться трещины, т. е. произошёл перескок старой оси спрединга в область разрезов. Трещина, продвигающаяся из разреза выше горячей

точки, быстро соединилась с областью новообразованной модельной литосферы, образовав удлинённый блок (рис. 6 в). Затем к нему причленился небольшой блок модельной литосферы, сформированной в области действия ЛИН (часть магматической провинции) (рис. 6 г). До стадии «д» спрединг в модели шёл вдоль сдвоенных осей, левее блока и правее, включая примыкающий к нему аккреционный вал. Блок испытывал небольшое вращение в горизонтальной плоскости против часовой стрелки (рис. 6 д). После стадии «д» спрединговая ось испытала правосторонний перескок, сформировав единую спрединговую ось (рис. 6 е, ж). При этом удлинённый блок и блок магматической провинции оказались по разные стороны от оси спрединга (рис. 6 е). На заключительных стадиях эксперимента сформировался не полностью отделённый от континента удлинённый блок, расположенный под углом к нему (рис. 6 е). Из разреза ниже горячей точки трещина продвинулась недалеко и остановилась сразу после образования удлинённого блока выше горячей точки, оставшись к концу эксперимента недоразвившейся структурой (рис. 6 е, ж).

Результаты проведённых экспериментов показали, что наличие структурных (разломы, трещины) и термических (горячая точка) неоднородностей в континентальной литосфере может привести к образованию и дальнейшему отделению от неё микроблоков. В реальности количество блоков, их размеры и форма во многом зависят от сложившейся на данном этапе региональной кинематической картины и полей напряжения. Расположение архейских и протерозойских кратонов региона юго-восточной Африки и окружающих их мезопротерозойских орогенных поясов, вероятное заложение рифтогенных структур, а также магматические проявления плюма Кару предопределили начальные условия проведения экспериментов и методики. В ходе их проведения в моделях формировались линейные, протяжённые микроконтиненталь-

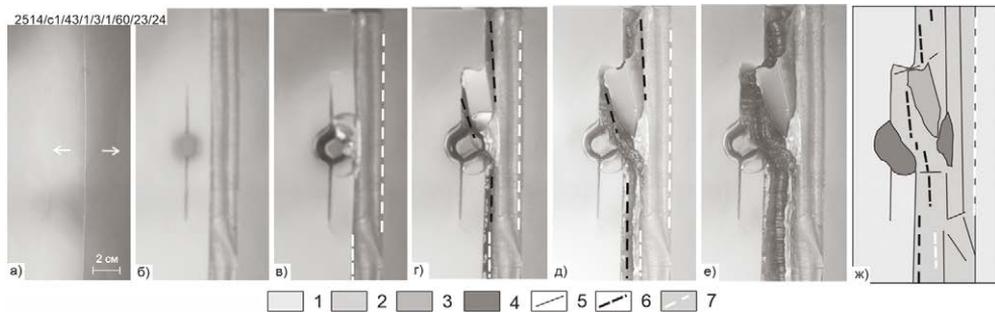


Рис. 6. Эксперимент 2514. Отделение линейно-вытянутого континентального микроблока с магматической провинцией при перескоке оси спрединга в сторону молодой континентальной окраины вследствие действия горячей точки $H=3 \cdot 10^{-3}$ м; $V=3 \cdot 10^{-5}$ м/с⁻¹; $t_p=30$ мин; а)–е) – стадии эксперимента (вид сверху), ж) – структурная схема – дешифрирование стадии «е». 1 – континентальная модельная литосфера, 2 – вновь образованная модельная океаническая литосфера, 3 – континентальные микроблоки, окружённые океанической корой, 4 – расплав от горячей точки, 5 – структурные линии, 6 – спрединговая ось, 7 – палеоспрединговая ось.

Fig. 6. Experiment 2514. Separation of a linearly elongated continental microblock with a magmatic province when the spreading axis jumps towards the young continental margin due to the action of a hot spot. $H=3 \cdot 10^{-3}$ m; $V=3 \cdot 10^{-5}$ m/s⁻¹; $t_p=30$ min. (a)–(e) – experimental stages (top view), (g) – block diagram – decryption of stage “e.” 1 – continental model lithosphere, 2 – newly formed model lithosphere, 3 – microcontinent, 4 – hot spot, 5 – structural lines, 6 – axis of spreading, 7 – paleo spreading axis.

ные блоки. Динамика их развития, частичное или полное отделение от континента, миграция и вращение во всех проведённых экспериментах имели общие черты. Наличие линейных структурных неоднородностей и горячей точки приводило к ослаблению континентальной литосферы в модели. Ось расположенного рядом с континентом спредингового хребта испытывала перескок в зону этого ослабления, т. е. в область континентальной окраины. В результате перескока формировался линейно вытянутый блок. При дальнейшем растяжении он разделялся на несколько микроблоков, как правило, на два. В их структуре присутствовали фрагменты континентальной литосферы и участки расплава модельного вещества (проявления магматизма), связанные с действием ЛИН (горячей точки). Миграция и вращения микроблоков были связаны с развитием отдельных сегментов спрединговой оси.

Вторая экспериментальная серия. Поднятие Бейра. При постановке серии экспериментов по моделированию условий формирования поднятия Бейра учитывались современные кинематические модели раскола Гондваны на период 180 млн лет, показывающие предположительные зоны растяжения и дораскольную геометрию границ плит.

Результаты экспериментов. Эксперимент 2624 (рис. 7). В подготовленной модельной плите была вырезана наклонная, ослабленная область, обозначающая утонение континентальной литосферы перед её расколом. Далее в ней были сделаны разрезы под углами 15° к направлению растяжения (рис. 7 а). Такая конфигурация была выбрана в соответствии с дораскольной геометрией кинематической модели [14]. Далее начиналось растяжение модели. В процессе эксперимента наблюдались возможные варианты развития трещин, их соединение, приводящее к расколу континентальной литосферы.

После начала растяжения наблюдалось продвижение трещин из разрезов и формирование перекрытия центров спрединга (ПЦС) и формирование между ними блока континентальной природы (рис. 7 б, в). Пока продолжалось растяжение на обеих осях перекрытия, блок вращался по часовой стрелке (рис. 7 г, д). Далее в результате перескока одной из осей перекрытия спрединговая ось стала единой (рис. 7 д, е). Блок оставался у одной континентальной окраины, в то время как аккреция океанической коры продолжалась.

Эксперимент 2632 также повторяет предыдущие эксперименты этой серии, за исключением того, что в нём происходило формирование микроблока меньших размеров. В предыдущих экспериментах мы наблюдали перекрытие рифтовых трещин размером, сопоставимым с зоной деформации. В данном эксперименте сформировался блок континентальной природы меньших размеров (рис. 8). Вероятно, это явилось следствием уменьшения поперечного смещения между разрезами.

Заключение. Физическое моделирование позволило экспериментально показать возможность формирования Мозамбикского хребта как узкого линейно-вытянутого континентального блока, а также формирования континентальной структуры выступа фундамента поднятия Бейра путём частичного отделения от континентальной окраины.

Было выявлено, что формирование Мозамбикского хребта может происходить в условиях гетерогенной континентальной коры под влиянием термической аномалии, которую создала деятельность мантийного плюма Кару-Мод. Такие условия способствуют перестроению осей спрединга и формированию вытянутых континентальных блоков с фрагментами вулканических образований. Экспериментально показано, что деятельность мантийного плюма способствовала перескоку оси спрединга, в результате чего произошло частичное отделение Мозамбикского хребта от континентальной

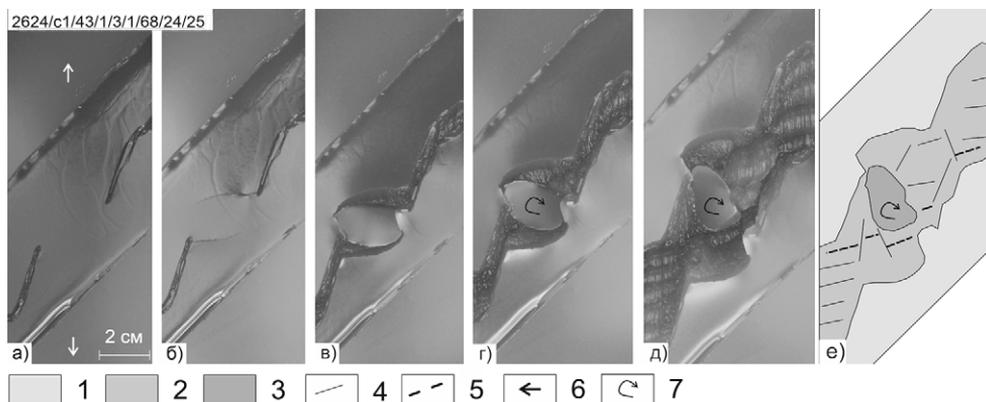


Рис. 7. Эксперимент 2624. Частичное отделение континентального микроблока при расколе континента. $H = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $V = 3 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^{-1}$; $t_n = 30 \text{ мин}$. а)–д) – стадии эксперимента (вид сверху), е) – структурная схема – дешифрирование стадии «д». 1 – континентальная модельная литосфера, 2 – вновь образованная модельная океаническая литосфера, 3 – континентальный микроблок, окружённый океанической корой, 4 – структурные линии, 5 – спрединговый хребет, 6 – направление растяжения, 7 – направление вращения блока.

Fig. 7. Experiment 2624. Partial separation of the continental microblock at the split of the continent. $H = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $V = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{-1}$; $t_p = 30 \text{ min}$. (a)–(d) – experimental stages (top view), (e) – block diagram – decoding of stage “d.” 1 – continental model lithosphere, 2 – newly formed model oceanic lithosphere, 3 – continental microblock surrounded by oceanic crust, 4 – structural lines, 5 – spreading ridge, 6 – direction of stretching, 7 – direction of rotation of the block.

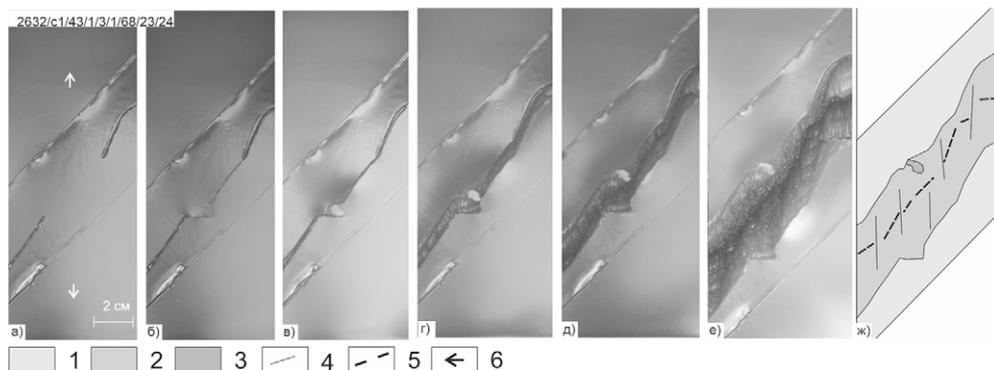


Рис. 8. Эксперимент 2632. Частичное отделение линейно-вытянутого континентального микроблока при расколе континента. $H = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $V = 3 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^{-1}$; $t_n = 30 \text{ мин}$. а)–е) – стадии эксперимента (вид сверху), ж) – структурная схема – дешифрирование стадии «ж». Условные обозначения см. на рис. 7.

Fig. 8. Experiment 2632. Partial separation of the linearly elongated continental microblock during the split of the continent. $H = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $V = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{-1}$; $t_p = 30 \text{ min}$. (a)–(e) – stages of the experiment (top view), (g) – block diagram – decryption of the “g” stage. See the symbols in Fig. 9.

окраины Африканского континента, а также формирование вулканической его части на юге.

Формирование поднятия Бейра обусловлено изначальной геометрией заложённых рифтовых систем в дораскольной литосфере Гондваны.

Проведённое моделирование показало, что размеры, форма и динамика развития конкретных микроблоков в эксперименте и в природе контролируются различными региональными параметрами: кинематическими, термическими, структурно-вещественными.

Благодарности и источники финансирования. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-27-00110.

REFERENCES

1. Jacques, G., Hauff, F., Hoernle, K., Werner, R., Uenzelmann-Neben, G., Garbe-Schönberg, D., & Fischer, M., "Nature and origin of the Mozambique Ridge, SW Indian Ocean", *Chemical Geology* **507** (2019).
2. Fischer, M.D., Uenzelmann-Neben, G., Jacques, G., Werner, R., "The Mozambique Ridge: a document of massive multi-stage magmatism", *Geophys. J. Int.* **208**, no 1, 449–467 (2017).
3. *GEBCO_08 grid, ver. 20100927* [electronic resource] (<http://www.gebco.net>).
4. Loughton, A.S., Matthews, D.H., Fisher, R.L., "The structure of the Indian Ocean", in: Maxwell, A.E. (ed.), *The Sea* **4** (Wiley, New York, 1970), 543–586.
5. Tucholke, B.E., Houtz, R.E., Barrett, D.M., "Continental crust beneath the Agulhas Plateau, Southwest Indian Ocean", *J. Geophys. Res.* **86**, 3791–3806 (1981).
6. Ben Avraham, Z., Hartnady, C.J.H., Le Roex, A.P., "Neotectonic activity on continental fragments on the Southwest Indian Ocean: Agulhas Plateau and Mozambique Ridge", *J. Geophys. Res.* **100**, 6199–6211 (1995).
7. König, M., Jokat, W., "Advanced insights into magmatism and volcanism of the Mozambique Ridge and Mozambique Basin in the view of new potential field data", *Geophys. J. Int.* **180**, 158–180 (2010).
8. Marks, K.M., Tikku, A.A., "Cretaceous reconstructions of East Antarctica, Africa and Madagascar", *Earth Planet. Sci. Lett.* **186**, 479–495 (2001).
9. Gohl, K., Uenzelmann-Neben, G., Grobys, N., "Growth and dispersal of a southeast African Large Igneous Province", *S. Afr. J. Geol.* **114**, 379–386 (2011).
10. Thompson, J.O., Moulin, M., Aslanian, D., de Clarens, P., & Guillocheau, F., "New starting point for the Indian Ocean: Second phase of breakup for Gondwana", *Earth-Science Reviews* **191**, 26–56 (2019).
11. Jacobs, J., Bauer, W., Fanning, C.M., "Late Neoproterozoic/Early Palaeozoic events in central Dronning Maud Land and significance for the southern extension of the East African Orogen into East Antarctica", *Precambrian Research* **126**, 27–53 (2003).
12. Riley, T.R., Leat, P.T., Curtis, M.L., Millar, L.L. & Fazel, A. "Early-Middle Jurassic dolerite dykes from western Dronning Maud Land (Antarctica): identifying mantle sources in the Karoo large igneous province", *J. of Petrology* **46**, 1489–1524 (2005).
13. Leichenkov, G.L., Sushchevskaya, N.M., Byalyatsky, B.V., "Geodynamics of the Atlantic and Indian sectors of the Southern Ocean", *DAN* **391**, no 2, 228–231 (2003).
14. Etheve, N., Jeannot, L., Cornu, T., & Callot, J.P., "Kinematic modelling of thermal history of the Mozambique rifted margin", *Marine and Petroleum Geology*, 104712. (2020).
15. Mueller, C.O., Jokat, W., "The initial Gondwana break-up: A synthesis based on new potential field data of the Africa-Antarctica Corridor", *Tectonophysics* **750**, 301–328 (2019).
16. Grokholsky, A.L., Dubinin, E.P., "Experimental modeling of structure-forming deformations in rift zones of Mid-oceanic ridges", *Geotectonics* **1**, 76–94 (2006).
17. Shemenda, A.N., "Similarity criteria in mechanical modeling of tectonic processes", *Geology and Geophysics* **10**, 11 (1983).
18. Sandwell, D.T., Smith, W.H.F., "New global marine gravity from CryoSat-2 and Jason-1 reveals buried tectonic structure", *Science* **346** (6205), 65–67 (2014).

ЦИРКОН МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД КАК ИНДИКАТОР УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ИСТОЧНИКА МАТЕРИНСКИХ РАСПЛАВОВ

Н.А. Громалова*

В данном обзоре обобщена информация о кристалломорфологических особенностях циркона из магматических пород, его внутреннем строении, химизме кристаллической матрицы, составе включений, распределении редкоземельных элементов. Эти данные позволяют выявить дискриминантные признаки циркона, кристаллизовавшегося из магматических расплавов в различных геодинамических обстановках, разделить коровые и мантийные источники расплавов. Комплексное изучение перечисленных особенностей цирконов может быть использовано для определения РТ-условий формирования магматических пород. Концентрация отдельных элементов в цирконе значительно варьирует даже в выборках из одной и той же породы, поэтому для достоверной оценки их распределения необходимо опираться на комплекс аналитических методик. Это позволяет определить диапазон вариаций и оценить динамику распределения отдельных элементов в цирконах различного генезиса.

Ключевые слова: циркон, кристалломорфология, зональность, катодолюминесценция, распределение редкоземельных элементов.

Ссылка для цитирования: Громалова Н.А. Циркон магматических пород как индикатор условий кристаллизации и источника материнских расплавов // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 150–166. DOI:10.29003/m3024.0514-7468.2022_44_2/150-166.

Поступила 28.04.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

IGNEOUS ZIRCON AS AN INDICATOR OF CRYSTALLIZATION ENVIRONMENT AND PARENT MELT SOURCES

N.A. Gromalova, PhD

Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)

This review summarizes the information on the crystallographical features of zircon from magmatic rocks, its internal structure, the chemistry of the crystalline matrices, the composition of inclusions, and the distribution of rare-earth elements. These data allow us to reveal the discriminant features of zircon that crystallized from magmatic melts in various geodynamic settings and to distinguish crustal and mantle sources of melts. An integrated study of the above zircons may be used to determine the PT conditions of magmatic rock formation. The concentration of separate elements in zircon is significantly even in samples from the same rock. Therefore, for a reliable estimate of their distribution separate should be based on a set of analytical methods. This allows us to determine the range of variations and assess the dynamics of the distribution of individual elements in zircons of different genesis.

Keywords: zircon, crystal morphology, zoning, cathodoluminescence, distribution of rare earth elements.

For citation: Gromalova, N.A., "Igneous zircon as an indicator of crystallization environment and parent melt sources," *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 150–166 (in Russ., abstract in Engl.). DOI:10.29003/m3024.0514-7468.2022_44_2/150-166.

* Громалова Наталья Александровна – к.г.-м.н., с.н.с. Музея землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова, gromalnat@mail.ru.

Введение. Диагностика и надёжное датирование древнейших образований является одной из актуальных проблем современной геохронологии. Циркон во многих случаях является единственным минералом, пригодным для датирования высокотемпературных геологических процессов. Его уникальные свойства – устойчивость при выветривании, способность к рекристаллизации и регенерации, разнообразие облика, габитуса и внутреннего строения, изотопно-геохимические неоднородности, фиксирующие генезис и этапы эволюции содержащих его пород, давно известны, подробно описаны и широко используются для реконструкции геологических процессов. Цель предлагаемой работы – в сжатом виде дать характеристику современных представлений об особенностях циркона магматических пород, которые позволяют судить о его генезисе и получать надёжные геохронологические данные.

Для правильной интерпретации уран-свинцового возраста циркона необходимо выявить его кристалломорфологические особенности, а также особенности внутреннего строения и химического состава. Эти параметры различны у циркона магматических, метаморфических и осадочных пород.

Обзор литературы показывает, что за последние десятилетия накоплен огромный объём данных по морфологии, внутреннему строению и составу циркона. Эти данные отражают зависимость перечисленных свойств минерала от природы магмообразующих источников и от условий его кристаллизации. В частности, особенности внешнего и внутреннего строения позволяют отличать магматический циркон от метаморфического, диагностировать ассоциации базитов в зависимости от их принадлежности к океанической или континентальной коре.

Кристалломорфология, кристаллическая структура и внутреннее строение.

Циркон – минерал подгруппы островных силикатов – $ZrSiO_4$, кристаллизуется в тетрагональной сингонии, пространственная группа $I4_1/amd$. Атомы Si занимают позиции в тетраэдрах SiO_4 , атомы Zr – в додекаэдрах ZrO_8 , атомы кислорода имеют тройную координацию O (Zr, Zr, Si). Значения постоянных решётки a, с варьируют в природных образцах с различным содержанием примесей и различной степенью метамиктности в достаточно широких пределах – 6,598–6,618 и 5,974–6,019 Å, соответственно. Циркон всегда содержит примеси редкоземельных (РЗЭ) и радиоактивных (U, Th) элементов. В кристаллах с высоким содержанием радиоактивных элементов частицы, образующиеся в результате их распада, разрушают структуру циркона, в результате чего он становится метамиктным.

Особенности кристалломорфологических свойств и внутренней анатомии позволяют диагностировать циркон из различных парагенезисов, а также идентифицировать возраст цирконсодержащих пород и определить природу его источника (мантийный/коровый).

Характерными признаками мантийного происхождения циркона является деформация его кристаллов, более плотная структура циркона как следствие высокобарических условий его кристаллизации [11].

К морфологическим индикаторам циркона относятся его облик и габитус. В средних и кислых магматических породах циркон кристаллизуется одним из первых. Он идиоморфен, образует призматические кристаллы с удлинением 2–3; предполагаемая температура кристаллизации составляет 600–800 °С [3]. Циркон встречается в виде хорошо выраженных кристаллов, вид которых меняется в зависимости от температурных условий и особенностей химического состава магмы при его формировании. Так, габитус варьирует от длиннопризматического (в гранитных пегматитах и гранитах) до

дипирамидального (в щелочных и метасоматических породах). Формы циркона представляют собой комбинацию тетрагональных призм и пирамид.

Размеры зёрен циркона в гранитоидах достигают 200–700 мкм, в породах другого состава эти параметры заметно меньше. Наиболее крупные зёрна цирконов отмечены в гранитных пегматитах, наименьшие – в афанитовых вулканитах [6]. Самые крупные размеры (до 10 000 мкм) характерны для мантийного циркона из кимберлитов [5]. В этих породах преобладающей характеристикой циркона является ангедральная, а иногда и субгедральная морфология [17, 28]. Этот циркон образует субидiomорфные прозрачные, реже полупрозрачные кристаллы без включений субизометричного, овального и короткопризматического облика, имеющие высокое двупреломление. Габитус кристаллов определяется комбинацией сильно сглаженных призм и дипирамид, причём общий облик кристаллов ближе к изометричному, чем к призматическому [13]. Часто могут наблюдаться абразивные следы на поверхности, свидетельствующие об их переотложении.

В магматических породах основного состава большая часть циркония изоморфно входит в структуру породообразующих минералов, и лишь при его избытке на заключительных этапах кристаллизации при $T \sim 1000$ °С циркон образует ксеноморфные скелетообразные выделения.

Облик кристаллов циркона может указывать на роль флюидов при его образовании. Например, если цирконовый или переходный к гиацинтовому облик характеризуют магматический тип циркона, то при существенной роли флюидов кристаллы приобретают циртолитовый облик [4]. Вариации величины удлинения кристаллов свидетельствуют о комагматичности пород, а также отражают изменение состава магмы в сторону увеличения кремнезёмистости и щёлочности. Наряду с четко выраженным типовым габитусом, кристаллы часто имеют искажённые формы, что выражается в асимметричном развитии граней, обусловленном активным ростом одних граней и угнетённым – других. Нередко вершины асимметричных кристаллов притуплены, плоскости граней часто деформированы и изогнуты.

Типичный магматический циркон корового происхождения – это циркон различного цвета, размера (варьирует в длину от 20 до 250 мкм) от субгедрального до эвгедрального габитуса, как правило, призматического облика, имеющий разную степень сохранности (рис. 1) [13]. Развитие формы и размер зёрен зависят от того, когда в истории кристаллизации порода насыщалась цирконием. Маленькие, часто игольчатые кристаллы сформировались вследствие локального насыщения на границе фаз ранней кристаллизации, тогда как рано насыщенный цирконием расплав приводил к образованию крупных эвгедральных кристаллов с соотношением длины к ширине 1:2–1:4. Поздно кристаллизовавшийся циркон в плутонических породах имеет тенденцию быть ангедральным, т. к. кристаллы циркона выросли в промежуточной стадии ранее сформированных кристаллов других минералов.

Для магматического циркона мантийного происхождения часто характерны следы коррозии. Слабая эрозия граней свидетельствует о частичном растворении минерала. Быстро кристаллизовавшийся циркон в вулканических породах характеризуется большим отношением ширины к длине, образуя формы от призматических до игольчатых. Вулканогенный, а иногда и плутонический циркон могут содержать следы расплава. Форма включений может быть такой же удлинённой, как и сам кристалл [28].

На основании дискриминационной диаграммы Ж.П. Пюпена [35] можно типизировать циркон мантийного и корового происхождения по особенностям огранки

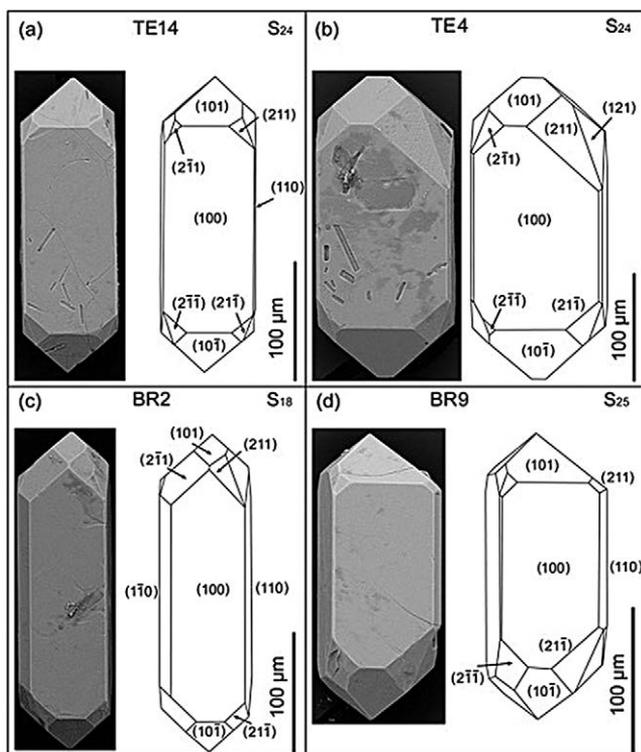


Рис. 1. СЭМ – изображение кристаллов циркона из корового источника I типа гранитоидов [32].

Fig. 1. SEM image of zircon crystals from a crustal source of type I granitoids [32].

кристалла простыми формами. Цирконовый габитус более характерен для мантийного циркона, в то время как гиацинтовый, с усложнёнными формами – ближе к коровому (рис. 2). Разработанный подход обосновывается тем, что наличие и развитие призм $\{100\}$ и $\{110\}$ на кристаллах циркона контролируется преимущественно температурным режимом кристаллизации, а появление и преобладание дипирамид $\{311\}$, $\{111\}$, $\{331\}$ связано с особенностями химизма в процессе раскристаллизации расплава и формировании минерального агрегата [35].

Одной из особенностей, типичной для магматического циркона, является наличие хорошо выраженной ростовой (осцилляторной) зональности. Эта особенность хорошо видна на изображениях в режиме катодной люминесценции [9, 10, 31]. Характерной особенностью гранитоидов является зональность, чаще всего повторяющая контуры кристаллов (рис. 3).

Зональность отражает изменение в составе Zr и Si, а также изменения в Hf, P, Y и Th до порядка величины для некоторых из этих элементов (например, [32] и многие другие исследования). Состав зон имеет тенденцию к изменению между двумя конечными членами, один из которых содержит малое количество трейс-элементов, приближаясь по составу к чистому циркону, а другой – циркониевый компонент, сильно обогащённый трейс-элементами до нескольких весовых процентов элемента примеси. Тип развития зональности также широко варьируется. В некоторых случаях наблюда-

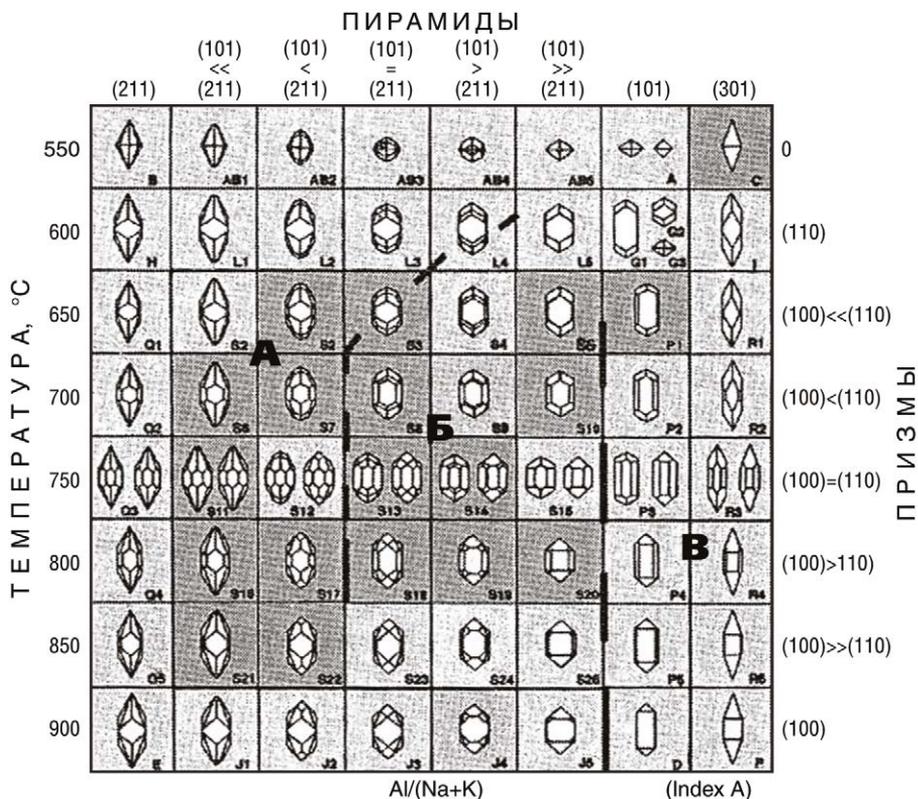


Рис. 2. Типология кристаллов циркона в гранитоидах в зависимости от температур их кристаллизации и индекса апгайтности расплавов [21, 35]. Температура контролирует развитие пирамидальных, а апгайтность – призматических граней. Индекс апгайтности пород $A = Al/(Na+K)$. Индексами А, Б, В показаны популяции цирконов трёх генетических групп гранитов: А – S-граниты корового происхождения (орогенные граниты, глинозёмистые лейкограниты, монцограниты, гранодиориты и др.); Б – А-граниты – гибридные или коромантийного происхождения; В – I-граниты мантийного происхождения (щелочные и граниты толеитовой серии). Ряд авторов к А-гранитам относят все анорогенные гранитоиды повышенной щёлочности и лейкократовости [7].

Fig. 2. Typology of zircon crystals in granitoids depending on their crystallization temperature and the apgaitic index of melts [21, 35]. The development of pyramidal faces is controlled by temperature, while apgaiticity is controlled by the development of prismatic faces. The apgaitic index of rocks is $A = Al/(Na+K)$. Indexes A, B, C show zircon populations of three genetic groups of granites: A – S-granites of crustal origin (orogenic granites, aluminous leucogranites, monzogranites, granodiorites, etc.); B – A-granites – hybrid or crust-mantle origin; C – I – granites of mantle origin (alkaline and granites of the tholeiitic series). All anorogenic granitoids of increased alkalinity and leucocratic are classified as A-granites [7].

ется почти бимодальная последовательность богатых и бедных трейс-элементами полос практически без промежуточных составов, тогда как в других случаях зоны имеют более широкий диапазон составов или различия состава не существенны. В некоторых случаях зональность отсутствует.

Другим типом является секториальная зональность, типичная для вулканогенного циркона, но также присутствующая и в некоторых плутонических цирконах. Секториальность также является одним из преобладающих типов зональности магматического циркона.

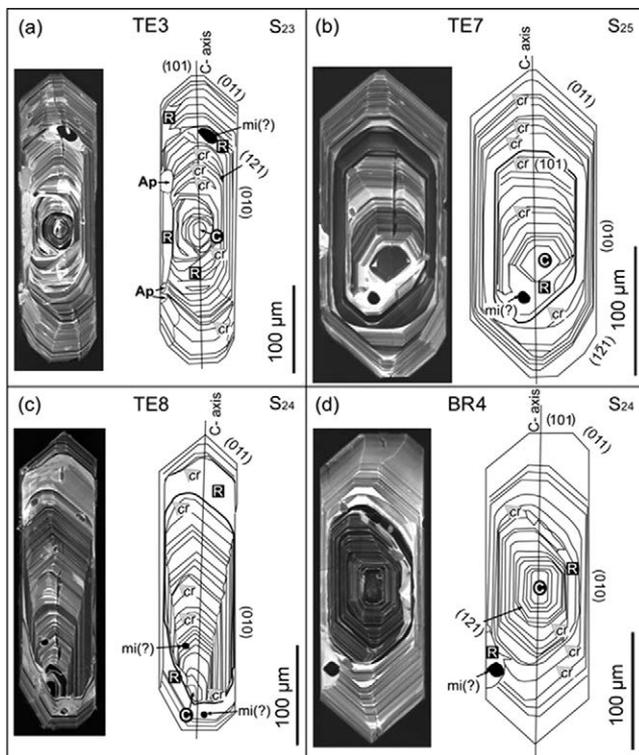


Рис. 3. Катодолуминесцентное изображение кристаллов циркона из корового источника I типа гранитоидов [32].

Fig. 3. CL image of zircon crystals from a crustal source of type I granitoids [32].

Таким образом, спецификой внутренней зональности магматического циркона из пород корового происхождения является зональное строение, обусловленное чередованием зон с различной чёткостью, а иногда и диффузные (размытые) контуры секториальности. В отличие от циркона из кислых пород зональность циркона из пород основного состава может иметь расплывчатый характер, либо отсутствовать совсем [12]. Мантийные цирконы часто слабозональны, для них характерен «размытый» (дымчатый) характер катодолуминесценции. Возможно, слабое развитие зональности в некоторых зёрнах связано с длительным пребыванием кристалла в условиях высоких температур в мантии, что могло привести к частичной или полной гомогенизации любой первоначальной зональности. Признаками глубинного «мантийного» происхождения циркона следует считать деформацию его кристаллов, более плотная структура циркона отражает высокобарические условия его кристаллизации [9]. Мантийные цирконы из пород, испытавших импактные воздействия, имеют разнообразную, но очень характерную зональность «ударного» двойникования и гранулярную внутреннюю структуру.

Термин «кимберлитовый циркон» используется [22] для цирконов, которые распространены в кимберлитах, карбонатитах, щелочных базальтах и других магматических породах глубинного происхождения. Значительно реже они обнаруживаются как компонент сиенитовых ксенолитов, принесённых такими магмами. Во внутренней текстуре имеется широкий диапазон изменений: от чёткой сложной зональности до пре-

имущественно однородной, слабой [22]. Причина таких вариаций неясна. Возможно, слабое развитие зональности в некоторых зёрнах связано с их длительным пребыванием в условиях высоких температур в мантии, что могло привести к частичной или полной гомогенизации любой первоначальной зональности. Ещё одно частое наблюдение: колебательная зональность в кимберлитовых цирконах часто усекается ангрэдальной границей зерна, указывая на то, что, несмотря на их большой размер, они были в существенной степени повторно захвачены из зёрен первоначально более крупных размеров. Выраженная мозаичная зональность интерпретируется как связанная с давлением, действующим на циркон на большой глубине [37], хотя очень вероятно, что она вызвана быстрым уменьшением давления перед извержением. Часто наблюдается присутствие реакционных кайм между цирконом и другими силикатами, приводящее к образованию промежуточного бадделеита и, в отдельных случаях, также цирконолита [24]. Эти реакции десилицификации связываются с эпизодами метасоматоза в мантии, но могли также развиваться в течение контакта на поздней стадии взаимодействия кристаллов циркона с поднимающейся магмой, обеднённой кремнезёмом [22].

Фестончатая, извилистая зональность, связанная с процессом растворения-переосаждения, часто отмечается в цирконе из пород океанической коры (офиолитовые комплексы [36], океанические габбро [30]). Вероятно, это связано как с определённым составом циркона (высокие содержания Th, Y, тяжёлых РЗЭ), так и с гидротермальной деятельностью [38]. Подобные структуры перекристаллизации, вызванные процессом растворения-переосаждения с образованием пор и микровключений, обогащённых U, Th и Y, отмечены в цирконах современной океанической коры, где его перекристаллизация связывается с воздействием водно-солевых флюидов, содержащих хлор [23] (рис. 4).

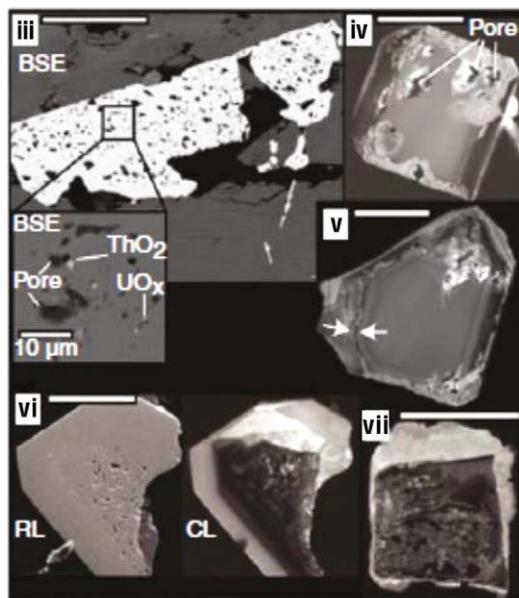


Рис. 4. Катодолюминесцентное изображение циркона, шкала составляет 100 мкм. Перекристаллизация связывается с воздействием водно-солевых флюидов, содержащих хлор [23].

Fig. 4. CL image of zircon, scale is 100 µm. Recrystallization is associated with the formation of water-salt fluids containing chlorine [23].

Флюидные и минеральные включения. Кристаллы циркона часто содержат включения газовой-жидких и твёрдых минеральных фаз. Они являются важным индикатором состава среды, в которой образуются. Взаимодействие между цирконом и минералами, которые он включает или в которые включён сам, могут дать ключ для понимания условий кристаллизации или ассоциаций парагенезиса.

Критерием генезиса магматических цирконов является наличие в них расплавных включений, исследование которых позволяет определить состав и эволюцию исходных расплавов. Циркон из пород трапповых формаций содержит флюидные и расплавные включения силикатного стекла. При взаимодействии с флюидом прореагировавшие области циркона обычно имеют более низкое содержание примесей, могут содержать поры микронных размеров и включения урановых, ториевых и иттриевых фаз, первоначально присутствующих в виде твёрдых растворов.

Интерпретация включений в зёрнах, в значительной степени метамиктовых и изменённых, является трудной задачей, поскольку такие включения могут быть либо реальными ксенокристаллами, либо выделившимися из расплава фазами, либо фазами, внедрёнными после образования циркона. Это имеет место в случае с зерном циркона, который содержит вторичный монацит, кристаллизованный вдоль трещины в кристалле, или с цирконом, который содержит такую распространённую фазу, как галенит, внедрённый в кристалл значительно позднее его первоначальной кристаллизации. Включения бадделеита в цирконе предположительно отражают разрушение циркона до бадделеита и кремнезёма [22].

Редкие элементы. Большое внимание уделяется изучению особенностей распределения редких элементов в кристаллической структуре циркона как индикаторов условий образования вмещающих пород. Состав циркона в отношении содержания некоторых редких элементов непостоянен и зависит как от характера материнских расплавов, так и от времени выделения минерала. Вхождение таких индикаторных элементов в кристаллическую решётку циркона возможно в результате изо- и гетеровалентного изоморфизма. Присутствие редких элементов в цирконе, связанное с явлениями изоморфизма, обусловило выделение целого ряда его разновидностей: малакон (уран-ториево-редкоземельный), циртолит (торий-уран-редкоземельный), альвит (гафниево-берилловый), наэгит (ниобий-тантал-ториевый), ямагутилит (уран-ториевый), сямалит (фосфорный) [11]. Ряд исследователей считает, что в силу особенностей положения иона циркония в структуре циркона вероятность нахождения в нём U, Th, TR, Nb, Ta, Y в виде изоморфной примеси весьма незначительна. Большая часть этих элементов находится в составе микровключений собственных минералов, изоструктурных с цирконом.

Поскольку концентрация отдельных элементов в цирконе значительно варьирует даже в выборках из образцов одной и той же породы [28], то для достоверной оценки их распределения необходимо опираться на комплекс аналитических методик. Это позволяет достоверно определить диапазон вариаций и оценить динамику распределения отдельных элементов в цирконах различного генезиса.

Широкий набор данных по P3Э, Y, P, Hf для циркона из большого диапазона коровых и мантийных пород приведён в работе [27]. Спектры распределения P3Э в цирконе из пород, имеющих родственное сходство с мантией, отличаются от таковых для цирконов из коровых пород и имеют гораздо более плоскую форму кривой распределения. Циркон гранитоидов и нефелин-сиенитовых пегматитов характеризуется высоким содержанием фосфора (n00-n000ppm), в то время как для мантийного циркона значения фосфора понижены (20–100 ppm) [20]. Содержание P3Э в цирконе являет-

ся хорошим индикатором генезиса вмещающей породы. Мантийный циркон сильно обеднён РЗЭ (до 50 ppm) и Y (до 10 ppm) по сравнению с коровыми породами, где его содержание максимально и составляет до 1000 ppm [19]. Отношение Hf/Y в мантийном цирконе максимально и составляет от 50, в то время как циркон коровых пород характеризуется значениями порядка 1–15 для гранитоидов и 0,8–4 для нефелин-сиенитовых пегматитов.

В работе [20] был исследован обширный ряд трейс-элементов в цирконе из пород различных типов, преимущественно кимберлитов, лампроитов и карбонатитов (рис. 5). В спектрах распределения РЗЭ хорошо проявлена положительная аномалия Ce, свойственная цирконам из глубинных парагенезисов, и очень слабо выражена положительная аномалия Eu. Наличие аномалии, обусловленной Ce^{4+} , рассматривается в [19] как показатель образования циркона в среде с низкой фугитивностью кислорода [18].

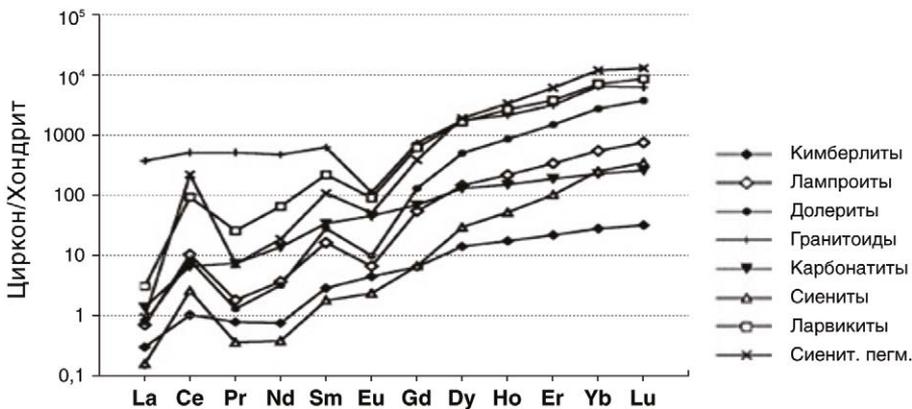


Рис. 5. Нормализованное на хондрит усреднённое распределение редкоземельных элементов в цирконе из пород различных типов (кимберлиты, лампроиты, долериты, гранитоиды, карбонатиты, сиениты, ларвикиты) [20].

Fig. 5. Chondrite-normalized averaged REE distribution in zircon from various types of rock (kimberlites, lamproites, dolerites, granitoids, carbonatites, syenites, larvikites) [20].

Геохимические спектры распределения РЗЭ в цирконе могут являться индикаторами условий образования. Спектры магматического, метаморфического и гидротермального циркона имеют свои характерные особенности [14, 15]. Магматические цирконы из пород, кристаллизация которых происходит в равновесных условиях (породы гранитоидного состава, диориты, габброиды), характеризуются незначительными вариациями РЗЭ, образуя типичные «фракционированные» спектры распределения с плавным ростом нормированных концентраций РЗЭ с увеличением атомного номера. Магматический циркон характеризуется чётко выраженной положительной Ce- и отрицательной Eu-аномалией. Спектр дифференцирован от лёгких РЗЭ к тяжёлым. Состав обеднён в отношении элементов-примесей, тяжёлых РЗЭ, особенно тех из них, которые несовместимы для циркона.

Кристаллическая структура таких цирконов препятствует вхождению элементов-примесей в количествах, превышающих возможности изоморфного замещения, что определяет сходство геохимических особенностей магматических цирконов из различных типов пород. Для цирконов щелочных пород, кристаллизующихся из высокотемпе-

ратурных флюидоносительных расплавов, установлена возможность вхождения редких элементов в структуру с отклонением от кристаллохимических закономерностей. Для них характерен более значительный разброс содержаний РЗЭ и других редких элементов, редуцированная Ce-аномалия, слабая и часто отсутствующая Eu-аномалия, иногда менее дифференцированный спектр распределения РЗЭ, а также снижение отношения $(Y/Gd)_N$, повышенное Th/U отношение и др. Примеры подобного распределения РЗЭ и редких элементов демонстрируют также цирконы, объединённые понятием «гидротермальные цирконы». К ним относятся как низкотемпературные собственно гидротермальные цирконы, так и высокотемпературные «позднемагматические» цирконы, кристаллизующиеся из остаточного флюидонасыщенного расплава [16]. Циркон из кимберлитов, ксенолитов [26, 32] и карбонатитов [29, 24] обогащён тяжёлыми РЗЭ без существенной Eu-аномалии, наблюдаются относительно пологие кривые тяжёлых РЗЭ. Цирконы из мафических пород имеют повышенные значения Sc (>80 ppm), значительно фракционированные модели РЗЭ, нормированные по хондриту, и высокие значения Th/U (>1). В цирконах из мафических вулканических пород отмечены самые низкие содержания гафния из известных (4100–5200 ppm).

Пористый циркон обогащён элементами-примесями относительно магматического и, в отличие от магматического циркона с величиной среднего отношения $(Yb/Gd)_N$, равным 23, характеризуется высоким средним значением $(Yb/Gd)_N$, равным 98. Нормальный магматический циркон характеризуется обеднением лёгких РЗЭ и средним значением $(Sm/La)_N = 456$ [28], отвечая типичному отношению $(Sm/La)_N = 60–550$ для континентальных обстановок. Среднее содержание $(Sm/La)_N$ отношения в пористом цирконе отвечает 10, отражая обогащение La. Такие отношения характерны также для гидротермального циркона [26]. Таким образом, пористый циркон характеризуется повышенными значениями U, лёгких РЗЭ, Fe, Ti, Ca, Al, Cl, anomalно высокими $(Yb/Gd)_N$ и низкими $(Sm/La)_N$ отношениями.

Спектры РЗЭ для магматического циркона океанической (рис. 6) и континентальной коры очень близки [25, 27, 28], характеризуются плавным обогащением тяжёлых РЗЭ относительно лёгких, положительной Ce- и отрицательной Eu-аномалиями. При

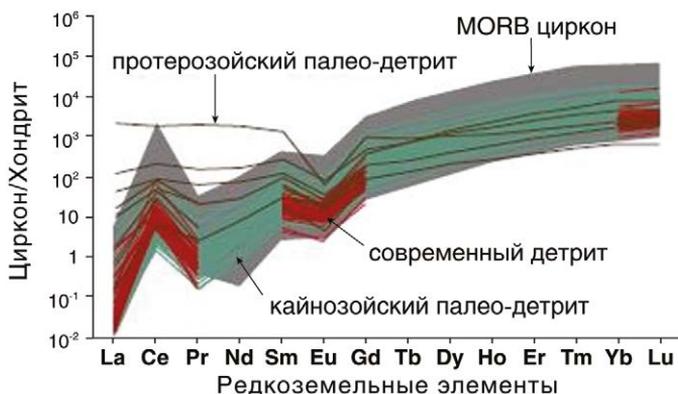


Рис. 6. Нормализованный на хондрит спектр РЗЭ для магматического циркона океанической коры и детритового циркона [33].

Fig. 6. Chondrite-normalized REE distribution for magmatic zircon of the oceanic crust and detrital zircon [33].

этом известно, что в континентальных гранитоидных цирконах спектр РЗЭ, как правило, обедняется от ранних цирконов к поздним [34], что нехарактерно для цирконов из океанических плагиогранитов.

В исследовании [23] был предложен ряд дискриминационных диаграмм, на которых вынесены поля континентальных и океанических обстановок образования цирконов. Согласно дискриминационной диаграмме (рис. 7), основанной на большом объёме аналитических данных, с большой долей вероятности удаётся разделять циркон континентального и океанического происхождения по составу U, Yb, Hf и Y.

Отношения Ce^{4+}/Ce^{3+} и Eu^{2+}/Eu^{3+} . На основании большого объёма статистических данных, приведённых в [2], очевиден характер фракционирования церия в цирконе: резко повышенные отношения, отвечающие оптимальной окисленности по кислороду, существенно сдвинуты до уровня, близкого к коровым образованиям или к верхним зонам мантийной литосферы. Напротив, минимальные отношения указывают на ничтожную долю Ce^{4+} в цирконах, что определённо свидетельствует о резко восстановительной обстановке их образования. Подобная трактовка соответствует современным модельным петрологическим схемам вертикальной зональности литосферы [2, 8].

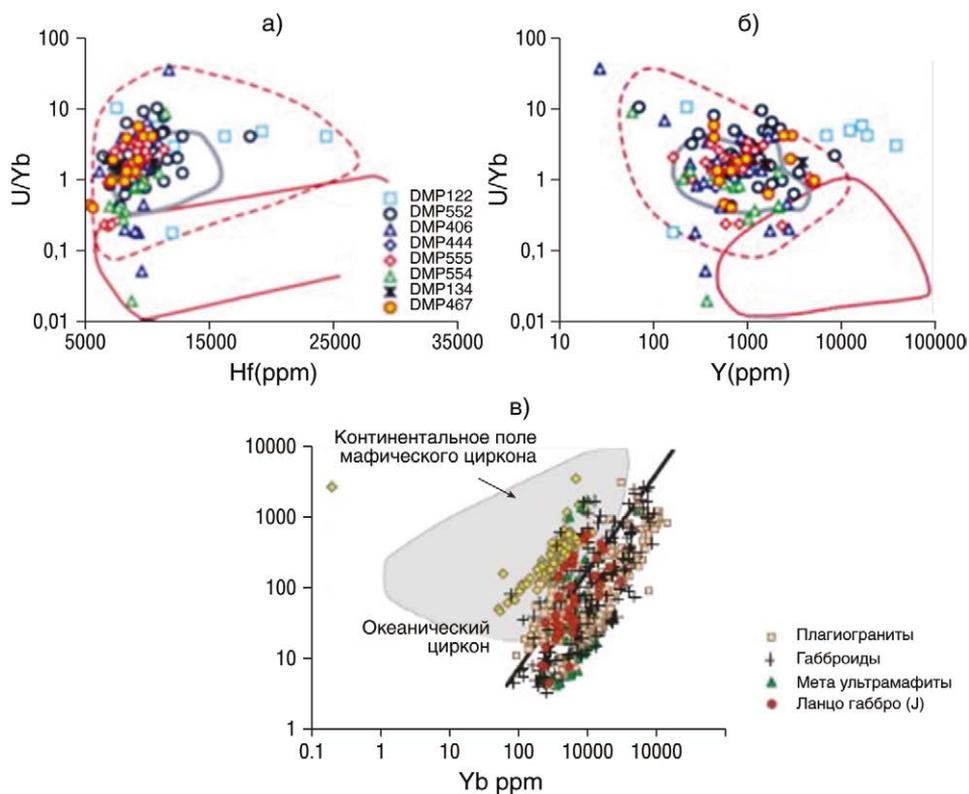


Рис. 7. Дискриминационные диаграммы циркона из океанической и континентальной коры, оранжевая сплошная линия означает поле океанического циркона, прерывистая линия – поле континентального циркона [23, 33].

Fig. 7. Discriminative diagrams of zircon from the oceanic and continental crust. Solid orange line – the field of oceanic zircon, dashed line – continental zircon [23, 33].

В этой связи представляет интерес отношение $\text{Eu}^{+2}/\text{Eu}^{+3}$ в цирконах, которое отражает степень восстановленности природной мантийной или коровой системы, что, по существу, соответствует также летучести кислорода и может использоваться для петрологических построений. В подавляющей массе мантийных пород отношения $\text{Eu}^{+2}/\text{Eu}^{+3}$ в цирконах характеризуются следующим диапазоном изменений: в кимберлитах от 7,13 до 0,15, в лампроитах от 0,96 до 0,03 и в базальтах от 1,00 до 0,07. При этом максимальные отношения регистрируются в цирконах из наиболее глубинных частей литосферы, если ориентироваться на синхронные с ними минимальные значения для $\text{Ce}^{+4}/\text{Ce}^{+3}$. Если исходить из общей петрологической схемы вертикальной зональности летучести кислорода, то минимальные значения по $\text{Eu}^{+2}/\text{Eu}^{+3}$ должны отмечаться в самых верхних частях литосферы, а максимальные внизу, где должен господствовать Eu^{+2} . Этот эффект действительно обнаружен в ряде цирконов из кимберлитов [2].

Отношение Th/U. Торий-урановое отношение является чувствительным индикатором среды кристаллизации циркона. На основании анализа литературных данных установлено, что отношение Th/U в цирконе позволяет разделять магматический и метаморфический циркон.

Магматический циркон обладает повышенными значениями Th, U и отношением Th/U по сравнению с метаморфическим. Отношение Th/U магматического циркона контролируется Th и U в магматическом расплаве и их распределением между цирконом и расплавом. Для корового вещества отношение Th/U в среднем составляет около 4,0 и, как следствие, для магматического циркона составляет $> 0,5$. Несмотря на то, что некоторые расплавы характеризуются своеобразным составом и торий-урановое отношение в таких цирконах может быть аномальным или нехарактерным (например, Th/U составляет 0,73 в цирконах из эклогитов максютовского комплекса, Th/U > 1000 в цирконах из карбонатных пород), тем не менее принято считать, что метаморфический циркон характеризуется отношением Th/U $< 0,1-0,3$, а по некоторым данным $< 0,07$ [36].

Циркон из мантийных ксенолитов имеет в целом более высокое отношение Th/U, чем циркон из коровых гранитов (рис. 8).

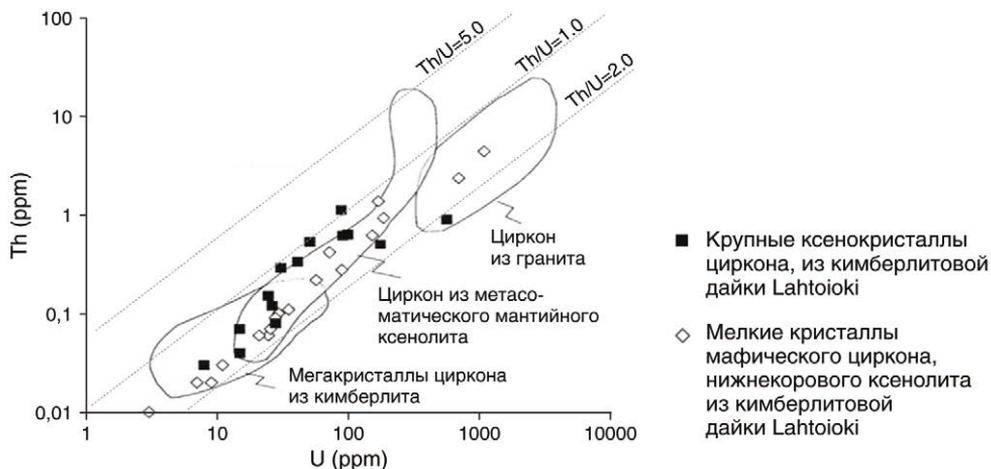


Рис. 8. Торий-урановое отношение в цирконах из кимберлитовых трубок Lahtioki, Восточная Финляндия (1,8–2,7 млрд лет) [34].

Fig. 8. The thorium-uranium ratio in zircons from the Lahtioki kimberlite pipes, Eastern Finland (1,8–2,7 Ga) [34].

Обсуждение результатов и заключение. Проведённый обзор позволил обобщить важную информацию об особенностях кристалломорфологии, внутреннего строения, включений, химического состава, распределения редкоземельных элементов в цирконе из магматических пород. Таким образом, особенности внешнего и внутреннего строения циркона, а также его геохимические и изотопно-геохимические особенности позволяют выявлять коровые или мантийные источники содержащих его пород и на этой основе проводить оценку вклада этих источников.

Для мантийного циркона преобладающим габитусом, как правило, является цирконовый, в то время как для корового циркона, как правило, преобладает гиацинтовый габитус с усложнёнными формами. Для мантийного циркона океанических пород характерна фестончатая, конволютная, пористая зональность. Для циркона, испытавшего импактные воздействия, характерна зональность «ударного» двойникования и гранулярная внутренняя структура. Для корового циркона преобладающим типом зональности является осцилляторная или секториальная. Характерными признаками «мантийного» происхождения циркона является деформация кристаллов, более плотная структура циркона как следствие высокобарических условий кристаллизации. Спектры распределения РЗЭ в цирконе из пород, имеющих родственное сходство с мантией, отличаются от таковых для цирконов из коровых пород: первые имеют гораздо более плоские спектры распределения, обеднённые лёгкими РЗЭ относительно последних. Коровый циркон часто характеризуется высоким содержанием РЗЭ (250–5000 ppm, в среднем – 1000–1280 ppm), как правило, обогащён лёгкими РЗЭ относительно мантийного циркона. Отношение Hf/Y низкое и характеризуется значениями порядка 1–15 (гранитоиды), 0,8–4,0 (нефелин-сиенитовые пегматиты). Для кимберлитов характерны низкие содержания гафния и РЗЭ. Цирконы из пород океанической литосферы характеризуются повышенными значениями Y (часто до 4000 ppm), U, лёгких РЗЭ, Fe, Ti, Ca, Al, Cl, аномально высокими $(Yb/Gd)_N$ (часто > 25) и низкими $(Sm/La)_N$ отношениями по сравнению с цирконом из коровых пород.

Благодарности и источники финансирования. Результаты исследований, представленные в статье, получены в ходе реализации научных программ по госзаданию АААА-А16-116042010088-5 «Эволюция геодинамических обстановок и глобальные природные процессы»

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. Новосибирск, 2001. 276 с.
2. Балашиов Ю.А., Скублов С.Г. Контрастность геохимии магматических и вторичных цирконов в гранитоидах фанерозоя-хадея // Мат-лы науч. сессии, посвящённой Дню российской науки. Геологический институт КНЦ РАН, Кольское отделение РМО, 8 февраля 2010 г. Апатиты: Изд-во K&M, 2010. С. 5–16.
3. Бибилова Е.В. U-Pb геохронология ранних этапов развития древних щитов. М.: Наука, 1989. 180 с.
4. Бродская Р.Л., Марина Е.Ю., Шнай Г.К., Самшита И.А. Реставрация условий и кинетики становления гранитов редкометалльных формаций по кристалломорфологии акцессорного циркона // ЗВМО. 1986. № 1, С. 50–62.
5. Доусон Дж. Кимберлиты и ксенолиты в них. М.: Мир, 1983. 300 с.
6. Ермаков В.А. Неповторяющаяся история Земли // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Т. 1. М.: ГЕОС, 2008. С. 287–293.
7. Ермаков В.А. Некоторые замечания о природе циркона и её значение для понимания геологических процессов // Бюлл. МОИП. Отд. Геологии. 2010. Т. 85, вып. 2. С. 51–63.

8. Краснобаев А.А., Ферштатер Г.Б., Беа Ф., Монтеро П. О геохимии цирконов из габбро и ассоциированных с ними плагиогранитоидов Урала // Прикладная геохимия. 2005. Т. 1, № 7. С. 116–136.
9. Кременецкий А.А., Громалова Н.А., Белоусова Е.А., Веремьева Л.И. Изотопно-геохимические особенности новообразованных кайм цирконов – критерий идентификации источников питания Ti-Zr-россыпей // Геология рудных месторождений. 2011. Т. 53, № 6. С. 516–537.
10. Кременецкий А.А., Громалова Н.А. Природа древних цирконов из пород Срединно-Атлантического хребта и поднятия Менделеева в Северном Ледовитом океане // Фундаментальные исследования. 2013. № 10, ч. 3. С. 594–600.
11. Ляхович В.В. «Цирконовый метод»: достоинства и недостатки // Вестник Воронеж. ун-та. Сер. Геология. 2000. Вып. 9. С. 38–50.
12. Петров Г.А. Корреляция ордовикско-девонских событий на Уральской и Скандинавской окраинах Балтики: геологические и палеомагнитные данные // Литосфера. 2006. № 4. С. 23–39.
13. Портнов А.М. Изотопная геохимия. Учебное пособие. М.: Российский государственный геологоразведочный университет, 2010. 33 с.
14. Симакин С.Г. Геохимия цирконов: состояние проблемы и новые возможности // Материалы V-й Межд. школы по наукам о Земле ISES. 2009.
15. Скублов С.Г., Лобач-Жученко С.Б., Гусева Н.С., Гембицкая И.М., Толмачёва Е.В. Распределение редкоземельных и редких элементов в цирконах из миаскитовых лампроитов Панозёрского комплекса Центральной Карелии // Геохимия. 2009. № 9. С. 958–971.
16. Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А., Беа Ф., Монтеро П. Геохимия циркона из магматических и метаморфических пород Урала // Литосфера. 2012. № 4. С. 13–29.
17. Хмельков А.М. Основные минералы кимберлитов и их эволюция в процессе ореолообразования (на примере Якутской алмазонасной провинции). Новосибирск: АРТА, 2008. 252 с.
18. Цымбал С.Н., Кременецкий А.А., Соболев В.Б., Цымбал Ю.С. Минералы циркония из кимберлитов Новоласпинских трубки и дайки (юго-восток Украинского щита) // Минерал. журн. 2011. Т. 33, № 1. С. 41–62.
19. Belousova E.A., Griffin W.L. and O'Reilly S.Y. Zircon crystal morphology, trace element signatures and Hf isotope composition as a tool for petrogenetic modeling: examples from Eastern Australian granitoids // J. Petrology. 2006. V. 47, № 2. P. 329–353.
20. Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S.Y., Fisher N.I. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type // Contrib. Mineral. Petrol. 2002. V. 143. P. 602–622.
21. Belousova E.A., Griffin W.L., Pearson N.J. Trace element composition and cathodoluminescence properties of southern African kimberlitic zircons // Mineral Mag. 1998. V. 62. P. 355–366.
22. Corfu F., Hancher J.M., Hoskin P.W.O., Kinny P. Atlas of zircon textures // Zircon. Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2003. V. 53. P. 469–500.
23. Grimes C., John B.E., Cheadle M.J., Mazdab F.K., Wooden J.L. Swapp S., Schwartz J.J. On the occurrence, trace element geochemistry, and crystallization history of zircon from in situ ocean lithosphere // Contrib. Mineral. Petrol. 2009. V. 158. P. 757–783.
24. Heaman L.M., LeCheminant A.N. Paragenesis and U-Pb systematics of baddeleyite (ZrO₂) // Chem Geol. 1993. V. 110. P. 95–126
25. Hinton R.W., Upton B.G.J. The chemistry of zircon: variations within and between large crystals from syenite and alkali basalt xenoliths // Geochim Cosmochim Acta. 1991. V. 55. P. 3287–3302.
26. Hoskin P.W.O., Kinny P.D., Wyborn D. Chemistry of hydrothermal zircon: Investigating timing and nature of water-rock interaction // Water-rock Interaction. Balkema, Rotterdam (The Netherlands), 1998. P. 545–548.
27. Hoskin P.W.O., Kinny P.D., Wyborn D., Chappel B.W. Identifying accessory mineral saturation during differentiation in granitoid magmas: an integrated approach // J. Petrol. 2000. V. 41. P. 1365–1396.
28. Hoskin P.W.O., Schaltegger U. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis // Reviews in Mineralogy and Geochemistry Mineral. Soc. Am. Geochem. Soc. Washington, 2003. V. 53. P. 27–62.

29. Hermann J. Allantite: thorium and light rare earth element carrier in subducted crust // *Chem. Geol.* 2002. V. 192. P. 289–306.
30. Kaczmarek M.-A., Müntener O., Rubatto D. Trace element chemistry and U-Pb dating of zircons from oceanic gabbros and their relationship with whole rock composition (Lanzo, Italian Alps) // *Contrib. Mineral Petrol.* 2008. V. 155. P. 295–312.
31. Kremenetsky A.A., Gromalova N.A. The age of basalts and gabbro-dolerite of the Mendeleev Rise (the Arctic Ocean) from data on zircon U-Pb dating // *Acta mineralogical-Petrographica, Abstract Series, 5th International Geological Conference (2014, 24–27, April, Budapest)*. V. 8. P. 68.
32. Köksal S, Gursu S, Tekin U, Göncüoğlu M.C. New data on the evolution of the Neotethyan oceanic branches in Turkey: Late Jurassic ridge spreading in the Intra-Pontide branch // *Ofioliti*. 2008. V. 33, № 2. P. 153–164.
33. Liu Y., Shangao Z., Changguigao K.Z., Dongbing W. Continental and Oceanic Crust Recycling-induced Melt Peridotite Interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb Dating, Hf Isotopes and Trace Elements in Zircons from Mantle Xenoliths // *J. of Petrology Advance Access*. 2009. V. 2. P. 20.
34. Peltonen P, Manntari M. Archean zircons from the mantle: The Jormua ophiolite revisited // *Geology*. 2001. V. 33, № 7.
35. Pupin J.P. Zircon and granite petrology // *Contrib. Mineral. and Petrol.* 1980. 73. 207–220.
36. Rubatto D., Gebauer D., Fanning M. Jurassic formation and Eocene subduction of the Zermatt-Saas-Fee ophiolites: Implications for the geodynamic evolution of the Central and Western Alps // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1998. V. 132. P. 269–287.
37. Schärer U., Corfu F., Demaiffe D. U-Pb and Lu-Hf isotopes in baddeleyite and zircon megacrysts from the Mbuji-Mayi kimberlite: Constraints on the subcontinental mantle // *Chem. Geol.* 1997. V. 143. P. 1–16.
38. Spandler C., Hermann J., Arculus R., Mavrogenes J. Geochemical heterogeneity and element mobility in deeply subducted oceanic crust: insights from high-pressure mafic rocks from New Caledonia // *Chem. Geol.* 2004. V. 206. P. 21–42.
39. Whitehouse M.J., Kamber B.S. On the overabundance of light earth elements in terrestrial zircons and its implication for Earth's earliest mantle differentiation // *Earth and Planet. Sci. Letters*. 2002. V. 204. P. 333–346.
40. Wood B.J., Walter M.J., Wade J. Accretion of the Earth and segregation on its core // *Chem. Geol.* 2006. V. 441. P. 10.
41. Yu S.C., Tung S.F., Lee J.S., Bai W.J., Yang J.S., Fang Q.S., Zhang Z.M., Kuo C.T. Mantle zircon from Tibet // *Western Pacific Earth Sci.* 2001. № 1. P. 47–57.

REFERENCES

1. Afanasiev, V.P., Zinchuk, N.N., Pokhilenko, N.P., *Morphology and morphogenesis of kimberlite indicator minerals* (Novosibirsk, 2001) (in Russian).
2. Balashov, Yu.A., Skublov, S.G., “Contrast geochemistry of igneous and secondary zircons in Phanerozoic-Hadean granitoids”, *Proc. of the scientific session dedicated to the Day of Russian Science* (Geological Institute of the KSC RAS, Kola Branch of Apatity: K&M Publishing House, 2010) (in Russian).
3. Bibikova, E.V., *U-Pb geochronology of the early stages of the development of ancient shields* (Moscow: Nauka, 1989) (in Russian).
4. Brodskaya, R.L., Marina, E.Yu., Shnay, G.K., Samshita, I.A., “Restoration of the conditions and kinetics of the formation of granites of rare metal formations according to the crystal morphology of accessory zircon”, *ZVMO* 1, 50–62 (1986) (in Russian).
5. Dawson, J., *Kimberlites and xenoliths* (Moscow: Mir, 1983) (in Russian).
6. Ermakov, V.A., “Non-repeating history of the Earth”, *General and regional problems of tectonics and geodynamics* 1 (Moscow: GEOS, 2008) (in Russian).
7. Ermakov, V.A., “Some remarks on the nature of zircon and its significance for understanding geological processes”, *Bul. islands of nature explorers. Dep. Geology* 85 (2), 51–63 (2010) (in Russian).

8. Krasnobaev, A.A., Fershtater, G.B., Bea, F., Montero, P., "On the geochemistry of zircons from gabbro and associated Ural plagiogranitoids", *Applied Geochemistry* **1**, no 7, 116–136 (2005) (in Russian).
9. Kremenetsky, A.A., Gromalova, N.A., Belousova, E.A., Veremeeva, L.I., "Isotope-geochemical features of newly formed zircon rims as a criterion for identifying source sources of Ti-Zr placers", *Geology of ore deposits* **53**, no 6, 516–537 (2011) (in Russian).
10. Kremenetsky, A.A., Gromalova, N.A., "The nature of ancient zircons from the rocks of the Mid-Atlantic Ridge and the Mendeleev Rise in the Arctic Ocean", *Fundamental Research* **10**, no 3, 594–600 (2013) (in Russian).
11. Lyakhovich, V.V., "'Zircon method': advantages and disadvantages", *Vestnik University of Voronezh. Geology* **9**, 38–50 (2000) (in Russian).
12. Petrov, G.A., "Correlation of Ordovician-Devonian events in the Ural and Scandinavian margins of the Baltic: geological and paleomagnetic data", *Lithosphere* **4**, 23–39 (2006) (in Russian).
13. Portnov, A.M., *Isotope geochemistry. Tutorial. Russian State Geological Exploration University* (Moscow, 2010) (in Russian).
14. Simakin, S.G., "Geochemistry of zircons: the state of the problem and new opportunities", *Proc. of the Vth Inter. School of Earth Sciences ISES* (2009) (in Russian).
15. Skublov, S.G., Lobach-Zhuchenko, S.B., Guseva, N.S., Gembitskaya, I.M., Tolmacheva, E.V., "Distribution of rare-earth and rare elements in zircons from miaskite lamproites of the Panozero Complex of Central Karelia", *Geochemistry* **9**, 958–971 (2009) (in Russian).
16. Fershtater, G.B., Krasnobaev, A.A., Bea, F., Montero, P., "Geochemistry of zircon from igneous and metamorphic rocks of the Urals", *Lithosphere* **4**, 3–29 (2012) (in Russian).
17. Khmelkov, A.M., *The main minerals of kimberlites and their evolution of the process halo formation (on the example of the Yakutsk diamondiferous province)* (Novosibirsk: ARTA, 2008) (in Russian).
18. Tsymbal, S.N., Kremenetsky, A.A., Sobolev, V.B., "Zirconium minerals from kimberlites of the Novolaspinsk pipes and dikes (southeast of the Ukrainian shield)", *Mineral. J.* **33**, no 1, 41–62 (2011) (in Russian).
19. Belousova, E.A., Griffin, W.L. and O'Reilly, S.Y., "Zircon crystal morphology, trace element signatures and Hf isotope composition as a tool for petrogenetic modeling: examples from Eastern Australian granitoids", *Petrology*, **47**, no 2, 329–53 (2006).
20. Belousova, E.A., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y., Fisher, N.I., "Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type", *Contrib. Mineral. Petrol.* **143**, 602–622 (2002).
21. Belousova, E.A., Griffin, W.L., Pearson, N.J., "Trace element composition and cathodoluminescence properties of southern African kimberlitic zircons", *Mineral Mag.* **62**, 355–366 (1998).
22. Corfu, F., Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O., Kinny, P., "Atlas of zircon textures", *Zircon. Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **53**, 469–500 (2003).
23. Grimes, C.B., John, B.E., Cheadle, M.J., Mazdab, F.K., Wooden, J.L. Swapp, S., Schwartz, J.J., "On the occurrence, trace element geochemistry, and crystallization history of zircon from in situ ocean lithosphere", *Contrib. Mineral. Petrol.* **158**, 757–783 (2009).
24. Heaman, L.M., LeCheminant, A.N., "Paragenesis and U-Pb systematics of baddeleyite (ZrO₂)", *Chem. Geol.* **110**, 95–126 (1993).
25. Hinton, R.W., Upton, B.G.J., "The chemistry of zircon: variations within and between large crystals from syenite and alkali basalt xenoliths", *Geochim Cosmochim Acta* **55**, 3287–302 (1991).
26. Hoskin, P.W.O., Kinny, P.D., Wyborn, D., "Chemistry of hydrothermal zircon: Investigating timing and nature of water-rock interaction", *Water-rock Interaction* (Arehart GB, Hulston JR Rotterdam, The Netherlands, 1998).
27. Hoskin, P.W.O., Kinny, P.D., Wyborn, D., Chappel, B.W., "Identifying accessory mineral saturation during differentiation in granitoid magmas: an integrated approach", *J. Petrol.* **41**, 1365–1396 (2000).

28. Hoskin, P.W.O., Schaltegger, U., “The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis”, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry Mineral. Soc. Am. Geochem. Soc.* **53** (Washington, 2003).
29. Hermann, J., “Allanite: thorium and light rare earth element carrier in subducted crust”, *Chem. Geol.* **192**, 289–306 (2002).
30. Kaczmarek, M.-A., Müntener, O., Rubatto, D., “Trace element chemistry and U-Pb dating of zircons from oceanic gabbros and their relationship with whole rock composition (Lanzo, Italian Alps)”, *Contrib Mineral Petrol.* **155**, 295–312 (2008).
31. Kremenetsky, A.A., Gromalova, N.A., “The age of basalts and gabbro-dolerite of the Mendeleev Rise (the Arctic Ocean) from data on zircon U-Pb dating”, *Acta mineralogical-Petrographica, Abstract Series, 5th Inter. Geol. Conf.* (Budapest, 24–27, April, 2014) 8, 68.
32. Köksal, S., Gursu, S., Tekin, U., Göncüoğlu, M.C., “New data on the evolution of the Neotethyan oceanic branches in Turkey: Late Jurassic ridge spreading in the Intra-Pontide branch”, *Ofioliti* **33**, no 2, 153–164 (2008).
33. Liu, Y., Shangao, Z., Changguigao, K.Z., Dongbing, W., “Continental and Oceanic Crust Recycling-induced Melt Peridotite Interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb Dating, Hf Isotopes and Trace Elements in Zircons from Mantle Xenoliths”, *J. of Petrology Advance Access* **2**, 20 (December 19, 2009).
34. Peltonen, P., Manntari, M., “Archean zircons from the mantle: The Jormua ophiolite revisited”, *Geology* **33**, no 7, 20 (2001).
35. Pupin, J.P., “Zircon and granite petrology. Contrib. Mineral”, *Petrol.* **73**, 207–220 (1980).
36. Rubatto, D., Gebauer, D., Fanning, M., “Jurassic formation and Eocene subduction of the Zermatt-Saas-Fee ophiolites: Implications for the geodynamic evolution of the Central and Western Alps”, *Contrib Mineral Petrol.* **132**, 269–287 (1998).
37. Schärer, U., Corfu, F., DemaiFFE, D., “U-Pb and Lu-Hf isotopes in baddeleyite and zircon megacrysts from the Mbuji-Mayi kimberlite: Constraints on the subcontinental mantle”, *Chem. Geol.* **143**, 1–16 (1997).
38. Spandler, C., Hermann, J., Arculus, R., Mavrogenes, J., “Geochemical heterogeneity and element mobility in deeply subducted oceanic crust: insights from high-pressure mafic rocks from New Caledonia”, *Chem. Geol.* **206**, 21–42 (2004).
39. Whitehouse, M.J., Kamber, B.S., “On the overabundance of light earth elements in terrestrial zircons and its implication for Earth’s earliest mantle differentiation”, *Earth and Planet. Sci. Letters* **204**, 333–346 (2002).
40. Wood, B.J., Walter, M.J., Wade, J., “Accretion of the Earth and segregation on its core”, *Chem. Geol.* **441**, 10 (2006).
41. Yu, S.C., Tung, S.F., Lee, J.S., Bai, W.J., Yang, J.S., Fang, Q.S., Zhang, Z.M., Kuo, C.T., “Mantle zircon from Tibet”, *Western Pacific Earth Sci.* **1**, 47–57 (2001).

ИХНОФОССИЛИИ И ПАЛЕОПОЧВЫ ПАЛЕОЦЕНА РАЗРЕЗОВ «ПРИВОЛЬСК» И «ШИХАНЫ» САРАТОВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

С.Ю. Маленкина, А.В. Иванов, И.А. Яшков,
С.В. Наугольных*

Рассматриваются результаты предварительных исследований палеоценовых разрезов «Привольск» и «Шиханы» Саратовского Поволжья. Впервые приводится полное описание геологического строения разрезов, выделены ихнокомплексы, ихнофауны и палеопочвы. В изученных разрезах наблюдается чередование песков и песчаников глауконито-кварцевых и кварцевых разной плотности (вплоть до кварцитовидных). Некоторые слои сильно биотурбированы, другие менее, изредка присутствуют тонкие (до 1 см) протяжённые прослои глин. Во многих слоях встречаются различного размера фрагменты стволов древесины в песчаной «рубашке», иногда с элементами корневой системы, а также отпечатки листьев и растительного детрита; нередко встречаются фаунистические остатки. Всего в сводном разрезе 12 слоёв или пачек от 1 до 5 м каждая, общей мощностью 25–28,5 м. Вся толща пронизана разнообразными ихнофоссилиями, хорошо выделяющимися на выветрелой поверхности. По своей морфологии они разделяются на несколько групп, характерных для определённых ихнофаун и отражающих конкретные обстановки осадконакопления.

Ключевые слова: Саратовское Поволжье, палеоценовые отложения, биогенные текстуры, ихнофоссилии, палеопочвы, FPS-профили, палеогеография.

Ссылка для цитирования: Маленкина С.Ю., Иванов А.В., Яшков И.А., Наугольных С.В. Ихнофоссилии и палеопочвы палеоцена разрезов «Привольск» и «Шиханы» Саратовского Поволжья // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 167–179. DOI: 10.29003/m3025.0514-7468.2022_44_2/167-179.

Поступила 02.02.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

PALEOCENE ICHNOFOSSILS AND PALEOSOILS FROM THE “PRIVOLSK” AND “SHIKHANY” SECTIONS OF THE SARATOV VOLGA REGION

S.Yu. Malenkina¹, Ph.D., A.V. Ivanov^{1,2,3}, Ph.D., I.A. Yashkov⁴, Ph.D., S.V. Naugolnykh⁵, Dr. Sci (Geol.)

¹ Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum);

² Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow;

³ Tambov State Technical University, Tambov;

⁴ Museum of Geology, Oil and Gas, Khanty-Mansiysk;

⁵ Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow

The article discusses the results of preliminary studies of the Paleocene sections “Privolsk” and “Shikhany” from the Saratov Volga region. A complete description of the geo-

* Маленкина Светлана Юрьевна – к.г.-м.н., н.с. Музея земледелия МГУ, maleo@mail.ru; Иванов Алексей Викторович – к.г.-м.н., с.н.с. Музея земледелия МГУ, с.н.с. Института географии РАН, Москва, доцент Тамбовского государственного технического университета, ivanovav@igras.ru; Яшков Иван Александрович – к.г.н., заместитель директора по научной работе Музея геологии, нефти и газа, Ханты-Мансийск, zamnr@muzgeo.ru; Наугольных Сергей Владимирович – д.г.-м.н., г.н.с. Геологического института РАН, naugolnykh@list.ru.

logical structure of the sections is given for the first time. Ichnoassemblages, ichnofacies and paleosols are identified. There is an alternation of sands and sandstones of glauconite-quartz, and quartz of various degrees of density (up to quartzite), mainly light dirty gray, micaceous, fine-grained, sometimes obliquely layered. Some of the layers are strongly bioturbated, others are less bioturbated, occasionally there are thin (up to 1 cm) extended interlayers of clays in the studied sections. Fragments of the wood trunks in a sandstone crust, sometimes with elements of the root system, as well as leaf imprints and plant debris, frequent remains of invertebrates are found in many layers. There are at least one well-defined paleosol profile and several undeveloped FPS profiles (fossil paleosols). In total, there are 12 layers or beds from 1 to 5 m each in the summary section, with a total thickness of 25–28.5 m. The entire section is permeated with a variety of ichnofossils that stand out on the weathered surface. According to their morphology, the ichnofossils are divided into several groups that characterize the certain ichnofacies and reflect specific sedimentation environments.

Keywords: Saratov Volga region, Paleocene deposits, biogenic textures, ichnofossils, paleosols, FPS profiles, paleogeography.

For citation: Malenkina, S.Yu., Ivanov, A.V., Yashkov, I.A., Naugolnykh, S.V., “Paleocene Ichnofossils and Paleosols from the “Privolsk” and “Shikhany” Sections of the Saratov Volga Region,” *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 167–179 (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3025.0514-7468.2022_44_2/167-179.

Введение. Исследование палеогеновых отложений Поволжья началось более двухсот пятидесяти лет назад и связано с именами В.Н. Татищева, И.И. Лепёхина, П.С. Палласа, П.М. Языкова, Р.И. Мурчисона, Г.А. Траутшольда, Е.И. Эйхвальда, Р. Пахта, Н. Барбота де Марни, И.Ф. Синцова, А.П. Павлова, А.В. Нечаева, Н.Ф. Погребова, С.Н. Никитина, А.Н. Розанова, В.Г. Хименкова, Г.Ф. Мирчинка, А.Д. Архангельского, С.А. Доброва, Е.В. Милановского, Г.Н. Каменского, Н.Т. Зонина, Е.М. Великовской, Г.П. Леонова, В.В. Буцура, А.М. Сычевой-Михайловой, Е.В. Чибриковой и многих других исследователей [4]. Несмотря на это, пока ещё явно недостаточно работ с описанием конкретных разрезов палеогеновых отложений, не решены многие проблемы стратиграфии и остаётся много неизученного в этой области. Это, в частности, следы жизнедеятельности донных роющих организмов (ДРО) в осадочных толщах (ихнофоссилии) и педогенные образования. Они не только несут неоценимую информацию об обитавших здесь организмах и их образе жизни, но и являются очень важным показателем обстановок осадконакопления и служат основанием для реконструкции древнего ландшафта. Однако эти биогенные текстуры чрезвычайно разнообразны по своей морфологии, идентификация их иногда затруднена, а интерпретация часто бывает весьма неоднозначна и основана в основном на результатах наблюдения жизнедеятельности бентосных форм фауны и флоры в современных осадках.

Палеоихнология как самостоятельная научная дисциплина, занимающая пограничное положение между палеонтологией и седиментологией, сформировалась сравнительно недавно. Концепция ихнофациального анализа неразрывно связана с именем Адольфа Зейлахера, который в середине XX в. впервые осмыслил причины изменчивости следов жизнедеятельности, предложил их классификации (таксономическую, этологическую и топономическую) и ввёл понятие ихнофации [8]. В рамках таксономической классификации следы жизнедеятельности ископаемых организмов получают латинские обозначения в качестве ихнородов и ихновидов, этологическая классификация основана на типах поведения организмов, топономическая классификация описывает общую морфологию следов жизнедеятельности, способ их сохранения и их положение относительно слоистой структуры осадка.

Понятие ихнофашии включает в себя обособленные и повторяющиеся ассоциации определённых следов жизнедеятельности, как правило, связанные с параметрами окружающей среды. После оформления концепции палеоихнологии количество публикаций, посвящённых следам жизнедеятельности, значительно возросло и продолжает увеличиваться с каждым годом, однако на русском языке существует пока лишь одно учебное пособие, так как ихнологические исследования в России всё это время проводились лишь эпизодически и не носили планомерного систематического характера [6]. В настоящее время палеоихнология со своими принципами, проблемами и методами исследований полностью сложилась как научная дисциплина, и без использования ихнофашиального анализа не обходится ни одно современное седиментологическое исследование за рубежом.

Палеопедология или палеопочвоведение также относительно молодая научная дисциплина, занимающая пограничное положение между палеонтологией и почвоведением, о важности которой в последние годы пишется и говорится довольно много, в частности, она необходима для реконструкции палеоклиматических особенностей, ландшафта и растительности эпохи, в которой данные почвы формировались [7]. Четвертичные палеопочвы являются предметом специальных исследований только в последние несколько десятков лет, и работ по ним пока ещё сравнительно мало, в особенности, в России. Уровни развития палеопочв (палеопочвенные профили) имеют определённые диагностические признаки: общее строение вертикального почвенного профиля, дифференциация его генетических горизонтов, особенности микроструктуры, гранулометрический состав почв, изменение окраски за счёт гумуса и оксидов железа, наличие плотных новообразований типа карбонатных и железистых конкреций (ризоконкреций), ризолитов (фоссилизированных корней высших растений и их отпечатков, прикорневых трубок). Наличие постпедогенно-преобразованных петрифицированных остатков корневых систем деревьев или их слепков является главным признаком, позволяющим идентифицировать ископаемые палеопочвы.

Из всего вышесказанного возникла необходимость тщательного изучения палеоценовых разрезов «Привольск» и «Шиханы» Саратовского Поволжья как наиболее перспективных с точки зрения палеоихнологии и палеопочвоведения.

Объекты и методы исследований. Изученный материал собран комплексной научно-просветительской экспедицией «Флотилия плавучих университетов» в 2015–21 гг. в ходе проведения обширных маршрутных работ из местонахождений «Привольск» и «Шиханы» и представлен в Музее естествознания Саратовского ГТУ имени Ю.А. Гагарина, Музее земледования МГУ имени М.В. Ломоносова и Музее геологии, нефти и газа города Ханты-Мансийск.

Местонахождение «Привольск» находится в окрестностях г. Вольск, Саратовская область (название первоначально дано в 1977 г. Н.М. Макулбековым [5]), «Шиханы» расположены примерно в 10 км северо-западнее (здесь обнажается нижняя часть исследованных отложений) (рис. 1). Изученные разрезы характеризуются чередованием песков и песчаников преимущественно светло-серых цветов различных оттенков глауконито-кварцевых, и кварцевых разной сцементированности (вплоть до кварцитовидных), слюдястых, мелкозернистых, в различной степени биотурбированных, участками косослоистых. Спорадически в отложениях встречаются различного размера фрагменты стволов деревьев в песчаниковой «рубашке», иногда с элементами корневой системы, растительный детрит, а также отпечатки листьев и остатки фауны. Также периодически отмечаются FPS-профили в различной степени развития, с более

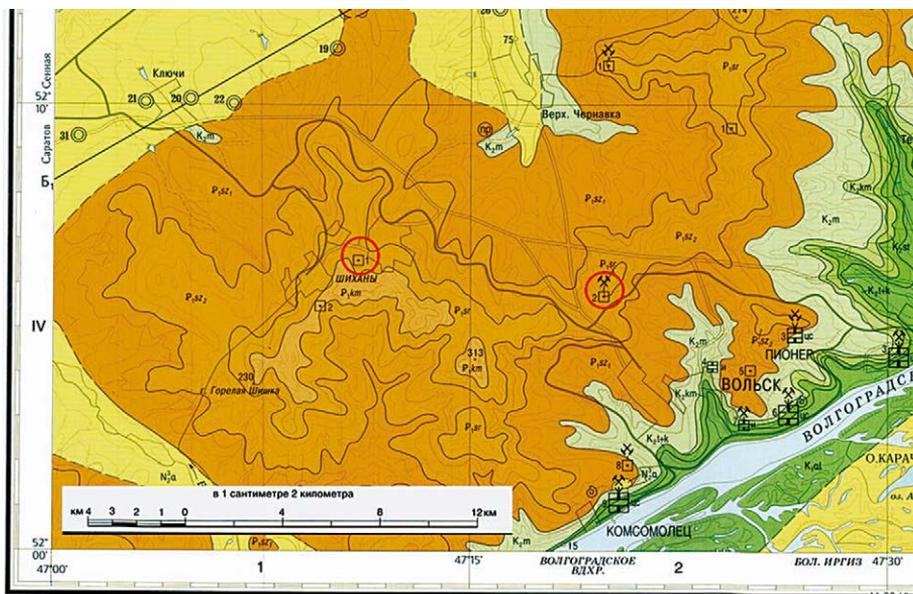


Рис. 1. Расположение разрезов «Привольск» и «Шиханы» на геологической карте.

Fig. 1. Disposition of "Privolsk" and "Shikhany" sites on the geological map.

тёмной окраской пород за счёт гумуса и оксидов железа, некоторые из них содержат педондулы (карбонатные стяжения), ризолиты, петрифицированные остатки корневой системы, иногда фрагменты древесины или растительный детрит.

Исследования разделились на несколько этапов. Первоначальные полевые наблюдения сопровождались фиксацией в виде фотографий и зарисовок основных обнажений и отбором ключевых образцов по всей толще разреза. Часть образцов была привезена в Музей землеведения МГУ (обр. МЗ МГУ № ВФ 14804, ВФ 14806 и др.). Второй этап сопровождался расчленением отложений на пачки, построением стратиграфических и литологических колонок. Последующий комплексный анализ текстур пород позволил выявить ранее никогда не изучавшиеся здесь ихнофоссилии и ископаемые палеопочвы (fossil paleosoils или paleosols), а также дал возможность наметить фации и обстановки формирования отложений.

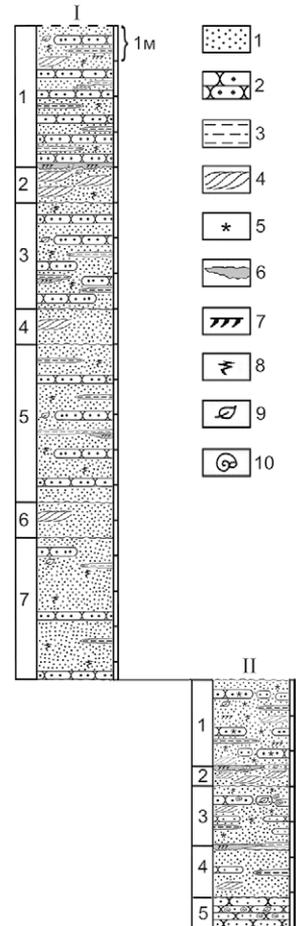
Геологическая характеристика изученных отложений. Описание разрезов дано сверху вниз. Колонки разрезов представлены на рис. 2.

«Привольск». Карьер «верхний» (рис. 3а).

1. Пачка ритмичного чередования глауконито-кварцевых и кварцевых песков и песчаников разной плотности (вплоть до кварцитовидных) и степени биотурбации. В ней присутствуют протяжённые прослои глин, наблюдаются палеопочвенные профили с изменением окраски пород (рис. 3 а). Встречаются различного размера фрагменты древесины в песчаниковой «рубашке», иногда с элементами корневой системы (рис. 4е), а также отпечатки листьев (рис. 4 з) и растительного детрита, иногда остатки беспозвоночных. Из песчаников извлечен крупный уплощенный фрагмент ствола (экспонируется в Музее естествознания СГТУ). Видимая мощность 3–5 м.

Рис. 2. Схема сопоставления разрезов «Привольск» (I) и «Шиханы» (II). Слева от литологических колонок обозначены номера пачек. Условные обозначения: 1 – пески, 2 – песчаники, 3 – глины, 4 – участки кривой слоистости, 5 – ожелезнение, 6 – палеопочвенный профиль, 7 – ризолиты, 8 – ихнофоссилии, 9 – растительные остатки, 10 – скопления фаунистических остатков.

Fig. 2. Correlation scheme of the “Privolsk” (I) and “Shikhany” (II) sections. Unit numbers are indicated to the left of the lithological columns. Legend: 1 – sands, 2 – sandstones, 3 – clays, 4 – areas of oblique bedding, 5 – ferrugination, 6 – paleosol profile, 7 – rhizoliths, 8 – ichnofossils, 9 – plant remains, 10 – accumulations of faunal remains.



а



б

Рис. 3. Общий вид разреза «Привольск».

а) Карьер «верхний», наблюдаются пачки с 1 по 4. В основании 1 прослеживается темно-цветный палеопочвенный профиль, чётко видна кривая слоистость в 2 пачке.

б) Карьер «нижний», обнажаются пачки с 3 по 7.

Fig. 3. General view of the “Privolsk” section.

а) The “upper” quarry with observation units 1–4. The dark-colored paleosol profile is traced at base 1; oblique bedding is clearly visible in unit 2.

б) The “lower” quarry with exposed units 3–7.

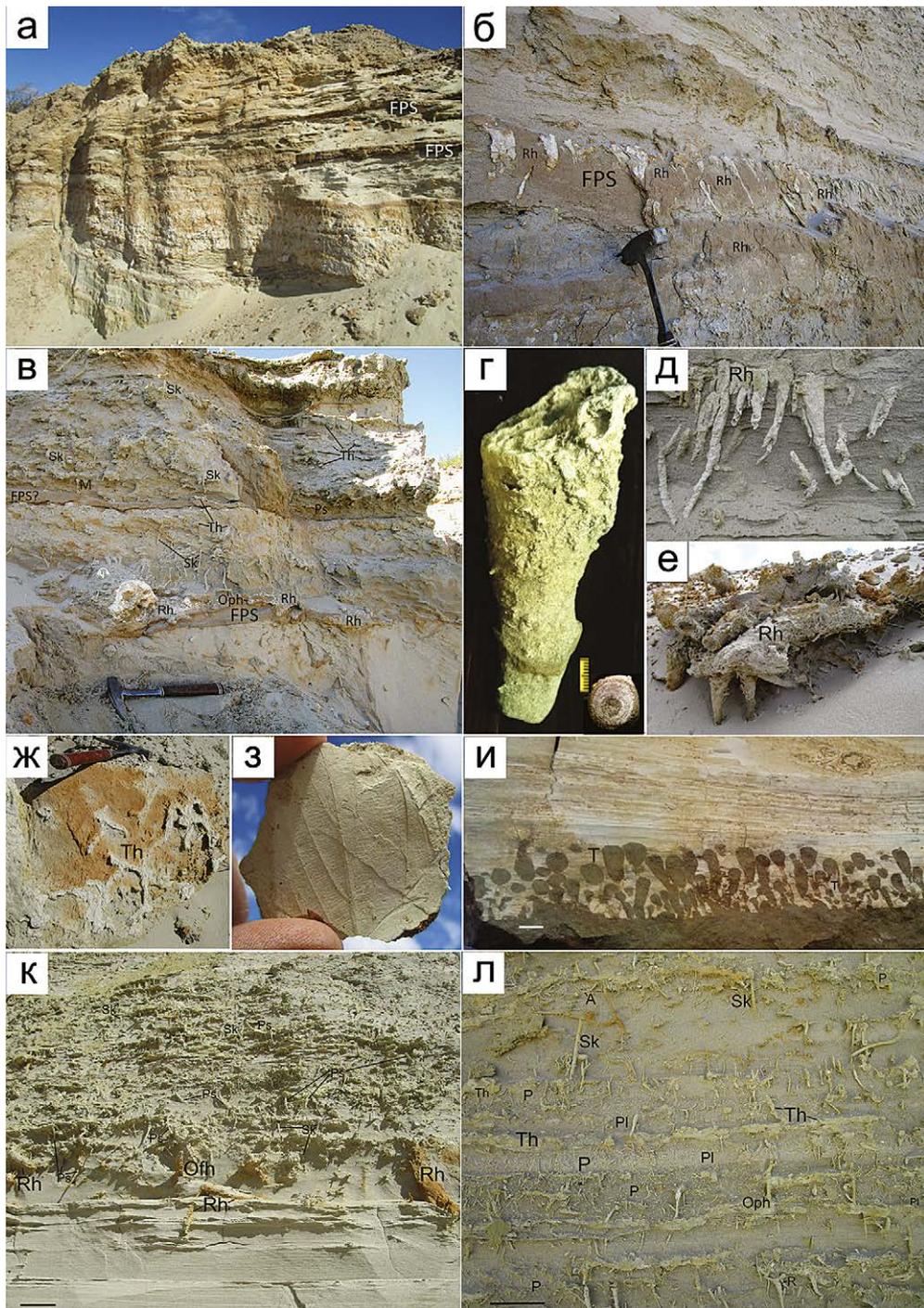


Рис. 4. Местонахождение «Привольск»: А – Третья пачка с палеопочвенными профилями, отличающимися более тёмной окраской пород; Б – Наиболее хорошо выраженный палеопочвенный профиль (FPS) пятой пачки с множеством ризолитов (Rh) белого цвета; В – Третья пачка со сколитовыми ихнокомплексами и слабо развитыми FPS-профилями. Нижний профиль лучше развит, в нём присутствуют фрагменты стволов древесины (белое) с элементами корневой системы (Rh); Г – Ризолит – прикорневая трубка с сохранившейся скульптурой и остатками боковых корней. В правом нижнем углу – её поперечное сечение. Масштабная линейка – 1 см; Д – Прикорневые трубки в стенке карьера (пятая пачка). В некоторых видны полости, оставшиеся от корней; Е – Остатки корневой системы на поверхности обнажения в первой пачке; Ж – Система ходов ДРО, относящихся к ихнороду *Thalassinoides*, на поверхности напластования; З – Отпечаток листовой пластинки растения; И – Тередолитовая ихнофация. Сверления моллюсков (*Pholadidae* и *Teredinidae*) в древесном стволе. Ходы заполнены глауконитом. Белая масштабная линия – 1 см (Обр. МЗ МГУ № ВФ 14806); К – Псилонихновая ихнофация. Доминируют субвертикальные ходы, относящиеся к ихнородам *Psilonichnus* и *Skolithos*. Изредка встречаются инкрустированные ходы *Ophiomorpha* и крупные ризолиты в основании пачки 5. Чёрная масштабная линия – 10 см; Л – Крузиановая ихнофация. Наиболее разнообразна по представленным ихнородам, присутствуют относительно мелкие *Planolites*, *Palaeophycus*, *Arenicolites*, более крупные *Skolithos*, *Rosselia* и самые крупные *Thalassinoides*. Чёрная масштабная линия – 10 см.

Латинскими буквами на фотографиях обозначены: А – *Arenicolites*, FPS – палеопочвенный профиль, М – *Monocraterion*, О – *Ophiomorpha*, Р – *Palaeophycus*, Pl – *Planolites*, Ps – *Psilonichnus*, R – *Rosselia*, Rh – ризолит, S – *Skolithos*, T – *Teredolites*, Th – *Thalassinoides*.

Fig. 4. The “Privolsk” locality. A – The third unit with paleosol profiles distinguished by rock of darker color. Б – The most distinctive paleosol profile (FPS) of the fifth unit, with multiple white rhizoliths (Rh). В – The third unit with *Skolithos* ichnoassemblage and underdeveloped FPS profiles. The lower profile is better developed; it contains fragments of wood trunks (white) with root system elements (Rh). Г – A root tube rhizolith with a preserved sculpture and remnants of the lateral roots. Its cross section is in the lower right corner. Scale bar – 1 cm. Д – Root tubes inside a quarry wall (fifth unit). Some of them show cavities remaining from the roots. Е – Remains of a root system on the surface of the first unit. Ж – A system of tunnels related to the ichnogenus bottom burrowing organisms *Thalassinoides* on the bedding surface. З – Plant leaf imprint. И – *Teredolites* ichnofacies. Molluscs borings (*Pholadidae* and *Teredinidae*) in a tree trunk. The burrows are filled with glauconite. White scale line – 1 cm (Sample MZ MGU No. VF 14806). К – *Psilonichnus* ichnofacies. Subvertical tracks related to the ichnogenus *Psilonichnus* and *Skolithos* are dominant. Occasionally, inlaid burrows of *Ophiomorpha* and large rhizoliths are found at the base of the unit 5. The black scale line equals 10 cm. Л – *Cruziana* ichnofacies. The ichnofacies are the most diverse in the presented ichnogenes, there are relatively small *Planolites*, *Palaeophycus*, *Arenicolites*, larger *Skolithos*, *Rosselia* and the largest *Thalassinoides*. The black scale line equals 10 cm.

Latin letters on the photographs indicate: A – *Arenicolites*, FPS – paleosol profile, М – *Monocraterion*, О – *Ophiomorpha*, Р – *Palaeophycus*, Pl – *Planolites*, Ps – *Psilonichnus*, R – *Rosselia*, Rh – ризолит, S – *Skolithos*, T – *Teredolites*, Th – *Thalassinoides*.

2. Пески кварцевые светло-серые, однородные, местами косослоистые, слабо биотурбированные. Отмечены куски древесины в песчаниковой «рубашке». Средняя мощность около 1 м (сильно варьирует, местами слой фактически линзовидный).

3. Пачка ритмичного чередования песков и умеренно плотных песчаников с выраженной биотурбацией и признаками палеопочвенных горизонтов (см. рис. 4 а, в, и). Найден ствол (центральные «щеповидные» фрагменты с разрушенной поверхностью), а также элементы корневой системы (экспонируется в Музее геологии, нефти и газа, Ханты-Мансийск). В песчаниках нижней части пачки также обнаружены крупные фрагменты окремненной древесины, в том числе со сверлениями моллюсков (экспонируются на 24 этаже Музея земледования МГУ имени М.В. Ломоносова – обр. МЗ МГУ № ВФ 14804, ВФ 14806 (см. рис. 4 и)). Мощность около 3 м.

4. Пески кварцевые светло-серые, однородные. Мощность около 1 м.

«Привольск». Карьер «нижний» (см. рис. 3 б).

Повторяются пачки 3–4.

5. Пачка ритмичного чередования песков светло-серых глауконито-кварцевых и более тёмных плотных алевритизированных прослоев, с ихнофоссилиями и без них (см. рис. 4 б, д, к, л). Наблюдаются несколько ископаемых палеопочвенных профилей, отличающихся от вмещающих пород более тёмной окраской, один из которых обладает более сложным строением с дифференциацией генетических горизонтов (см. рис. 4 б). Встречаются стволы с остатками корневой системы. Мощность 4–5 м.

6. Песок кварцевый светло-серый однородный. Мощность около 1 м.

7. Пачка ритмичного чередования песков светло-серых глауконито-кварцевых и более тёмных плотных алевритизированных прослоев, с ихнофоссилиями и без них. Извлечён ствол размером 0,2×1,5 м. Видимая мощность около 4 м.

По склонам возвышенности, на которой заложены карьеры, на более низких абсолютных отметках наблюдаются плотные песчаники «шиханского» облика с характерной фауной, но разрез вскрыт крайне ограничено в мелких промоинах и противопожарных бороздах.

Карьер «Шиханы» (см. рис. 2, рис. 5).

Не исключено, что пачка 1 может быть сопоставлена с низами пачки 7 в Привольском. Мощности также достаточно сильно варьируют по простиранию слоя. Более подробно послойно разрез описан в статье 2002 г. [2]. Данное описание объединяет информацию из неё и последующих наших исследований.

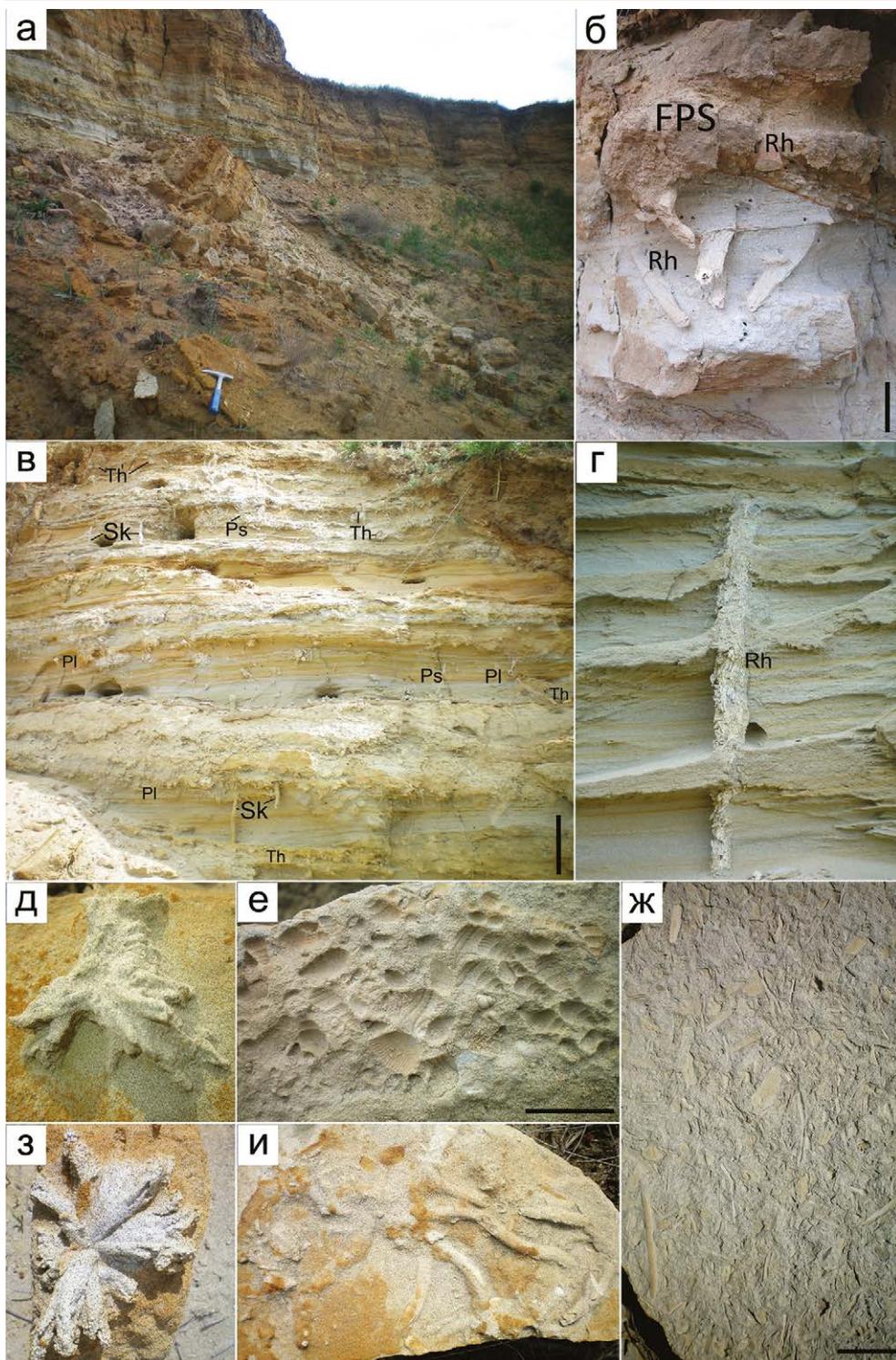
1. Пачка ритмичного чередования песков и песчаников разной плотности (мощность прослоев от 0,1 до 0,3 м). Подошва пачки нечёткая. Цвет отдельных прослоев варьирует от рыжего до бурого за счёт обогащения окислами железа. Песок глауконитово-кварцевый, слюдястый, мелкозернистый. Его прослой сильно биотурбированы. Ходы ДРО светло-серые, преимущественно вертикальные, уплотнённые, хорошо заметные на выветрелой поверхности обнажения (см. рис. 5 в). Песчаник мелкозернистый, в выветрелом состоянии буро-коричневый. В нижней части слоёв песчаника

Рис. 5. Местонахождение «Шиханы»: А – Общий вид карьера; Б – Палеопочвенный профиль (FPS) с отходящими от него вниз ризолитами (Rh) белого цвета. Чёрная масштабная линия – 5 см; В – Псилонихновая ихнофация. Преимущественно субвертикальные ходы, относящиеся к ихнородам *Psilonichnus* и *Skolithos*, наблюдаемые в стенке карьера, остальные ихнофоссилии в меньшинстве. Чёрная масштабная линия – 10 см; Г – Крупный ризолит сложного строения с множеством адвентивных/придаточных боковых корней; Д – и З – *Asterosoma* на поверхности песчаника; Е – Отпечатки двустворчатых и брюхоногих моллюсков из «второго уровня» концентрации фоссилий в песчаниках на дне карьера. Чёрная масштабная линия – 5 см; Ж – Отпечатки листьев с этого же уровня. Чёрная масштабная линия – 5 см; И – Крупные талассиноиды (*Thalassinoides*) на поверхности песчаника на дне карьера.

Латинские обозначения – см. рис. 4.

Fig. 5. The “Shikhany” locality. А – General view of the quarry. Б – Paleosol profile (FPS) with white rhizoliths (Rh) extending downward from it. The black scale line equals 5 cm. В – *Psilonichnus* ichnofacies. Predominantly subvertical tunnels belonging to the ichnogenere *Psilonichnus* and *Skolithos*, observed in the quarry wall; the remaining ichnofossils are in the minority. The black scale line equals 10 cm. Г – Large rhizolith of complex structure with many adventitious lateral roots. Д and З – *Asterosoma* in a sandstone surface. Е – Imprints of bivalves and gastropods from the “second level” of fossil concentrations in sandstones at the bottom of the quarry. The black scale line equals 5 cm. И – Large *Thalassinoides* in a sandstone surface at the bottom of the quarry.

Latin letters: see Fig. 4.



наблюдаются линзы (мощностью 5–10 см, длиной 1–5 м) более крупнозернистого тонкоплитчатого рыхлого песчаника рыжеватого-жёлтого цвета. В пачке местами видна косая слоистость. На контактах прослоев (обычно неровных), реже – внутри их, наблюдаются тонкие (как правило, менее 1 см мощности) прослои глин тёмно-серого цвета. В центральной части пачки на поверхности обнажения чётко выступает прослой песчаника, интенсивно окрашенного окислами железа. По простиранию этот прослой выклинивается и исчезает, появляются линзы глин до 0,1 м мощностью. В этой пачке отмечаются палеопочвенные профили (см. рис. 5 б). Местами наблюдаются уходящие в нижележащий слой ходы ДРО и ризолиты (органоседиментационные структуры, сформированные в палеопочвах корнями растений). Подобные образования также фрагментарно наблюдаются выше. Видимая мощность пачки около 2,5 м [2].

В юго-восточной части карьера описанная пачка вероятнее всего замещается пачкой чередования песков и песчаников с глинами, местами сильно известковистыми. Здесь чаще встречаются растительные остатки в форме отпечатков листьев (т. н. «листовая флора»). В песчаниках встречены раковины двустворчатых моллюсков (устриц, гетеродонт), отпечатки листьев и побегов растений и редкие фрагменты древесины, источенной фолладами.

2. Песок зеленовато-рыжеватый (на выветрелой поверхности обнажения – грязно-зеленоватый), кварцево-глауконитовый, слабглинистый, мелкозернистый, зонально косослоистый. К подошве постепенно переходит в подстилающий слой. Мощность около 0,5 м [2].

3. Пачка, представленная ритмично чередующимися прослоями песков и песчаников, пёстроокрашенных (от рыжих, светло-жёлтых до светло-серых оттенков), кварцево-глауконитовых, мелкозернистых. Контакты между прослоями прямые или слабо изогнутые. Песчаники в основном горизонтально слоистые, участками косослоистые. Они залегают прослоями и линзами; наиболее крупные из них (мощностью около 0,3 м) приурочены к кровле пачки. Средняя часть пачки наиболее обогащена окислами железа. В нижней присутствуют слоистые вытянутые конкреции, кремневые и карбонатные. Изредка встречаются прослои глин (как и в вышележащей пачке 1), латерально протяжённые, мощностью до 1 см. Вся пачка биотурбирована. Местами (особенно в песках) биотурбация развита очень значительно. Ходы ДРО разноориентированные и часто уплотнённые, диаметром до 2 см. Подошва пачки нечёткая. Местами наблюдаются уходящие в нижележащий слой ходы ДРО и ризолиты (вероятно, зонально сохранившиеся реликтовые фрагменты почв). Подобные образования также изредка зонально наблюдаются выше.

В прослоях песков пачки встречаются фаунистические остатки, сохранность которых не позволяет их извлекать. Остатки фауны и флоры хорошей и отличной сохранности приурочены к прослоям песчаников. В разрезе пачки наблюдается уровень скопления остатков фауны и флоры в кровле песчаника (около 0,7–1 м ниже кровли пачки) – отпечатки морских звёзд, листьев и обрывков побегов растений, двустворчатые, брюхоногие, лопатоногие и головоногие (наутилиды) моллюски. Из фаунистических остатков определены: двустворчатые моллюски *Tellina brimonti* Desh., *Tellina pavlowi* Arkh., *Tellina saratovenssis* Arkh., *Tellina* sp., *Ostrea* sp., *Lucina* sp., *Cucullaea* sp., *Cardita* sp., *Cardium* sp., *Nemocardium* sp.; брюхоногие моллюски *Acteon difficilis* Arkh., *Aporrhais* cf. *thiensi* G.Vinc., *Natica deshayesiana* Nyst., *Actaeon* sp.; лопатоногие моллюски *Dentalium* sp.; головоногие моллюски Nautiloidea.

Мощность пачки составляет около 1,5–2,5 м.

4. Песок светло-серый однородный, кварцевый, зонально косослоистый с линзовидными прослоями плитчатых песчаников. По латерали наблюдаются изменения – появление линзовидных глинизированных прослоев. Мощность 1–1,5 м.

5. Песчаники плотные в дне карьера с многочисленными ископаемыми остатками (см. рис. 5 д-и). Наблюдаются вывороченные плиты песчаника, местами сильно окремнелого, тонкоплитчатого (толщиной до 2–5 см). В нём встречены отпечатки морских звёзд, моллюсков и листьев растений (см. рис. 5 е, ж) («второй уровень» концентрации фоссилий [2]). Видимая мощность около 0,5–1 м.

Комплекс двустворчатых и брюхоногих моллюсков из обоих уровней позволяет датировать вмещающие отложения танетским ярусом верхнего палеоцена, а весь разрез может быть отнесён к нижнесаратовской подсвите [2, 3, 4].

Ниже по склону по промоинам прослеживается постепенный (около 15–20 м) переход к пачке чередования песков и плотных (до кварцитовидных) песчаников кварцевых светло-серых. Такая пачка характерна в регионе для низов саратовской свиты. Она описана нами около 0,5 км севернее карьера по расположенным в долине временным оборонительным траншеям, созданным во время военных учений последних лет на полигоне. По траншеям прослеживается переход далее вниз к подстилающим алевролитам и опокам сызранской свиты палеогена.

Предварительные результаты ихнофациальных и палеопедологических исследований.

Проведённый комплексный анализ текстур изученных пород позволил выявить различные ихнофоссилии, разделяющиеся на группы:

А. Светлые (известковистые) мелкие, хаотично разбросанные в толще, местами линзовидно концентрированные, со средними размерами 0,5×3 см, различно ориентированные, сложенные глинистым тонкозернистым песком, по-видимому, *Planolites* и *Palaeophycus*, а также более редкие *Arenicolites*, *Asterosoma*, *Rosselia* наиболее обычны для крузиановой ихнофации (см. рис. 4 л). Часто ассоциируют с *Thalassinoides* и др. Крузиановая ихнофация чаще всего развивается на плохосортированных субстратах сублиторальной зоны выше базиса штормовых волн и ниже базиса обычных волн. Гидродинамика обстановок седиментации — от умеренно активной в мелководных зонах сублиторали до спокойной в относительно глубоких зонах внешней части шельфа.

Б. Система крупных (до 3–5×15 см) субвертикальных, наклонных и субгоризонтальных разветвляющихся ходов ракообразных, слабо изогнутых, относящихся к ихнородам *Thalassinoides* (см. рис. 4 ж, 5 и) и с инкрустированной поверхностью *Ophiomorpha*, с ними же ассоциируют ихнороды *Monocraterion*, *Skolithos* (сколитовая ихнофация) (см. рис. 4 в), реже *Rosselia*, *Arenicolites*, *Asterosoma* (см. рис. 5 д, з), более характерные для крузиановой ихнофации, типичной для сублиторальной зоны. Сколитовая ихнофация связана со средой с высшим уровнем энергии волнения и течения и наиболее характерна для прибрежной обстановки. В некоторых случаях она может находиться и в морских глубинах на подводных песчаных конусах выноса. Субстратом, как правило, являются хорошо отсортированные пески, находящиеся в процессе постоянного передвижения, характеризующиеся различными видами косой, косоволнистой, волнистой слоистости, свидетельствующими об относительно высокой волновой энергии или энергии потоков (приливно-отливная полоса, предфронтальная зона пляжа, бары и т. д.). Организмы реагируют на движение песчаных волн образованием глубоких, обычно вертикально ориентированных жилищ, зачастую в той или иной мере укрепленных [6].

В. Субвертикальные, 0,3–1×3–12 см с почти гладкой поверхностью, не ветвящиеся, относящиеся к ихнородам *Psilonichnus* и *Skolithos* (норы беспозвоночных животных), иногда с ними ассоциируют следы ископаемых корней растений с карбонатными или силикатными «рубашками»; отмечаются редкие *Monocraterion* (см. рис. 4 к, 5 в). В целом характерны для псилонихновой ихнофации (*Psilonichnus* Ichnofacies), которая распространена в приливно-отливной зоне (верхняя литораль и супралитораль), на рубеже морской и неморской среды. Физическая энергия среды низкая и повышается только в случае штормовых событий. Сохранение ихнофоссилий этой ихнофации возможно также в верхней зоне пляжей с песками [6].

Г. Перпендикулярные поверхности ходы (сверления), несколько расширяющиеся внутрь в разнонаправлено ориентированных фрагментах (до 1 м в длину) древесины с оплёткой железистого песчаника. Относятся к тередолитовой ихнофации (*Teredolites* Ichnofacies) – сверления созданы почти исключительно фоладидными и терединидными моллюсками-древоточцами (*Pholadidae* и *Teredinidae*) (см. рис. 4 и).

Предварительные палеопедологические исследования выявили несколько ископаемых палеопочвенных профилей (FPS-профилей) в различной степени развития, как правило, отличающихся от вмещающих пород более темной окраской за счет гумуса и оксидов железа, вторичной педогенной карбонатизацией (педонодули), часто содержащих ризолиты, иногда петрифицированные остатки корневой системы, фрагментов стволов древесины либо растительный детрит и даже отпечатки листьев (см. рис. 4, 5). Один из профилей местонахождения «Привольск» отличается более сложным строением с дифференциацией генетических горизонтов, с большим количеством крупных субцилиндрических суживающихся к низу трубчатых ризоконкреций, спорадически встречающихся петрифицированных остатков корней и др. (см. рис. 4 б, д). Некоторые из ризолитов представляют собой наружные слепки вертикально ориентированных корней с адвентивными/придаточными боковыми корнями (см. рис. 4г, 5г). Ризолиты и другие характерные модификации текстуры почвы корнями растений очень важны для идентификации палеопочв.

Ритмичность строения разрезов, чередование глауконито-кварцевых и кварцевых песков и песчаников с редкими прослоями глин, в различной степени биотурбированных в разных слоях, а также косослоистых без признаков биотурбации, периодическое появление темноцветных FPS-профилей с различной степенью развития, с ризолитами, иногда фрагментами древесины или растительного детрита, отражает сравнительно частые смены гидродинамического режима и обстановок осадконакопления. Комплексный анализ текстур пород и ихнофациальный анализ обнаружил закономерные периодические изменения палеообстановок от осушения и крайне мелководных условий до сублиторальной зоны.

Выводы.

- Тщательное изучение палеогеновых отложений местонахождений «Привольск» и «Шиханы», образующих почти непрерывный разрез, расширяет возможности для уточнения геологического строения палеогеновых отложений и условий их образования.
- Ихнофоссилии и палеопочвы ранее здесь не были известны.
- Впервые выделены ихнокомплексы и ихнофации, которые являются не только очень важным показателем обстановок осадконакопления, но и несут неоценимую информацию о довольно плотной заселённости субстрата и условиях существования организмов.

- В изучаемых разрезах наблюдается, как минимум, один хорошо выраженный палеопочвенный профиль и ещё несколько менее развитых FPS-профилей.
- Комплексный анализ текстур пород, ихнофациальный анализ и палеопедологические исследования показали, что на исследуемой территории происходили сравнительно частые закономерные периодические смены гидродинамического режима и обстановок осадконакопления.

Благодарности и источники финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке государственных заданий Музея земледения МГУ АААА-А16-116042010089-2 «Биосферные функции экосистем, их компонентов и рациональное природопользование» и АААА-А16-116042710030-7 «Музееведение и образование музейными средствами в области наук о Земле», по теме государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119021990093-8 (FMGE-2019-0007) «Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования», по теме государственного задания Геологического института РАН, в рамках реализации государственной программы Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Культурное пространство на 2019–2025 гг. и на период до 2030 года» и плана развития Музея геологии, нефти и газа на 2022 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брехов В.В., Иванов А.В., Сельцер В.В. Геологическое прошлое Вольского края: путеводитель по экспозиции Вольского краеведческого музея. Саратов: Изд-во «Научная книга», 2005. 52 с.
2. Иванов А.В., Попов Е.В., Брехов В.В., Ермохина Л.И. Необычные морские звёзды из палеогена Саратовского Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Т. 2, вып. 1. 2002. С. 77–83.
3. Леонов Г.П. Основные вопросы региональной стратиграфии палеогеновых отложений Русской плиты. М.: Изд-во Московского ун-та, 1961. 552 с.
4. Леонов Г.П. Палеогеновая система // Геология СССР. Т. XI. Поволжье и Прикамье. М.: Недра, 1967. С. 579–603.
5. Макулбеков Н.М. Палеогеновые флоры Западного Казахстана и Нижнего Поволжья. Алма-Ата, 1977. 233 с.
6. Микулаш Р., Дронов А.В. Палеоихнология – введение в изучение ископаемых следов жизнедеятельности. Прага: Геологический институт Академии наук Чешской республики, 2006. 122 с.
7. Наугольных С.В. Пустыня Гоби приоткрывает свои секреты // Вестник РАН. 2015. Т. 85, № 12. С. 1080–1085.
8. Seilacher A. Trace Fossil Analysis. Berlin–Heidelberg–New York; Springer-Verlag, 2007. 266 p.

REFERENCES

1. Brekhov, V.V., Ivanov, A.V., Seltser, V.B., *The geological past of the Volsk region: a guide to the exposition of the Volsk Museum of Local Lore* (Saratov: Nauchnaya kniga, 2005) (in Russian).
2. Ivanov, A.V., Popov, E.V., Brekhov, V.V., Ermokhina, L.I., “Unusual starfishes from the Paleogene of the Saratov Volga region,” *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya* **2** (1), 77–83 (2002) (in Russian).
3. Leonov, G.P., *Main issues of regional stratigraphy of the Paleogene deposits of the Russian Plate* (Moscow: Izd-vo Moskovskogo un-ta, 1961) (in Russian).
4. Leonov, G.P., “Paleogene system,” in *Geology of the USSR, XI, Volga and Kama regions* (Moscow: Nedra, 1967) (in Russian).
5. Makulbekov, N.M., *Paleogene floras of Western Kazakhstan and the Lower Volga region* (Alma-Ata, 1977) (in Russian).
6. Mikulash, R., Dronov, A., *Palaeoichnology – introduction to the study of trace fossils* (Praga: Geologicheskiy institut Akademii nauk Cheshskoy respubliky, 2006) (in Russian).
7. Naugolnykh, S.V., “The Gobi Desert reveals its secrets,” *Vestnik RAN* **85**, no 12, 1080–1085 (2015) (in Russian).
8. Seilacher, A., *Trace Fossil Analysis* (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2007).

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В.Н. Башкин*

Рассмотрены современное состояние и перспективы биологизации земледелия, связанные с эффективностью использования азота (ЭИА) в сельском хозяйстве и определением возможностей фиксации исследований в области агрономии, селекции растений и биологической фиксации азота (БФА). Селекция сельскохозяйственных культур увеличит поглощение азота и использование его почвенных форм, в то время как селекция, направленная на увеличение эффективности БФА бобовыми культурами, повысит общую эффективность системы. Разработка новых N-фиксирующих симбиозов в различных, не бобовых культурах может снизить потребность в химических удобрениях в агроэкосистемах, но является гораздо более долгосрочной целью. Показано, что биологизация земледелия для обеспечения ответственного использования азота в интересах продовольственной безопасности и охраны окружающей среды требует нечего большего, чем технические решения биологических проблем. В конечном счёте, проблема исходит от общества, и решение должно включать социальное измерение.

Ключевые слова: биологизация, агрономия, биологическая азотфиксация, селекция, микробиом, эффективность использования азота, сельскохозяйственная политика.

Ссылка для цитирования: Башкин В.Н. Современные проблемы биологизации земледелия // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 180–191. DOI: 10.29003/m3026.0514-7468.2022_44_2/180-191.

Поступила 02.02.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

MODERN PROBLEMS OF BIOLOGICAL AGRICULTURE

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

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science RAS

The article discusses the current state and prospects of biologization of agriculture related to nitrogen use efficiency (NUE) in agriculture and the determination of research opportunities in the field of agronomy, plant breeding and biological nitrogen fixation (BNF). Crop breeding increases nitrogen uptake and use of its soil forms, while breeding aimed at increasing the efficiency of BNF by legumes will increase the overall efficiency of the system. Similarly, the development of new N-fixing symbioses in non-legume crops may reduce the need for chemical fertilizers in agroecosystems, but is a much longer-term goal. Consequently, the biologization of agriculture should combine the use of a number of nature-like agricultural technologies with an increase in the efficiency of applied mineral fertilizers, primarily nitrogen. It is shown that the biologization of agriculture requires something more than technical solutions of biological problems to ensure the responsible use of nitrogen in the interests of food security and environmental protection. Ultimately, the problem comes from society, and the solution must include a social dimension.

Keywords: biologization, agronomy, biological nitrogen fixation, breeding, microbiome, efficiency of nitrogen use, politics

For citation: Bashkin, V.N., “Modern problems of biological agriculture,” *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 180–191 (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3026.0514-7468.2022_44_2/180-191.

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

Введение. В настоящее время во многих развитых странах, включая и ряд регионов России, широко применяют интенсивные технологии. Их развитие связано с работами Нормана Борлауга, которого считают основоположником «зелёной революции». Благодаря комплексному использованию достижений аграрной науки и техники в практическом сельском хозяйстве во многих странах удалось за относительно короткий исторический период увеличить урожайность зерновых культур в 2,5–3 раза. Это было результатом успешной селекционной работы, многократного увеличения применения минеральных удобрений, химических средств защиты, а также мощных сельскохозяйственных машин и орудий. Это позволило улучшить обеспечение растущего населения Земли продуктами питания.

Однако для использования таких технологий необходимо огромное количество невозобновляемых природных ресурсов. Сам основатель «зелёной революции» признавал, что «она принесла временный успех в войне против голода, она дала человеку возможность перевести дух» [18, с. 3]. В связи с увеличением урожайности сельскохозяйственных культур и потреблением огромных ресурсов резко возросла нагрузка на окружающую среду. Повлияло антропогенное воздействие и на плодородие почв.

Принимая значимость отмеченных выше факторов «зелёной революции», отметим, в первую очередь, что современное сельское хозяйство немислимо без применения минеральных удобрений, которые стали уже значимым экологическим фактором, усиливающим через почвенно-грунтовые воды, растения и почвенные микроорганизмы круговорот биофильных элементов.

При этом известно, что рост применения минеральных удобрений происходил неравномерно в различных регионах мира, и, соответственно, возрастающий объём сельскохозяйственной продукции сопровождался негативными экологическими последствиями. В первую очередь экологические проблемы связаны с применением азотных удобрений, например, накоплением нитратов в питьевых водах и овощной продукции. В частности, в США и Западной Европе это наблюдалось в 50–70 гг. XX века, в СССР – в 80-е гг., а в Китае – в настоящее время [1, 7, 15, 25].

Сегодня в мировом сельском хозяйстве ежегодно используется более 120 млн т только синтетических азотных удобрений и примерно 105 млн т других питательных веществ, в частности, фосфора, калия, кальция, магния, кремния, многих микроэлементов, а также мелиорантов [25]. Однако величины использования этих элементов растениями в агроэкосистемах существенно ниже. Так, в 2010 г. общее количество азота, поступающего за счёт синтетических азотных удобрений, биологической фиксации азота (БФА) зернобобовыми культурами, атмосферных выпадений и навоза составили 174 млн т, однако только 74 млн т было обнаружено в собранной продукции [42]. Большая часть оставшегося азота теряется с сельскохозяйственных угодий в окружающую среду, где он наносит вред чувствительным экосистемам, снижает качество воздуха и способствует изменению климата, что приводит к эвтрофированию экосистем и, как следствие, ведёт к изменению биоразнообразия, в т. ч. в водных экосистемах, что сказывается на рыболовстве. Велики последствия также для здоровья человека и социальной инфраструктуры [15, 42].

Следовательно, необходимо изменить и дополнить господствующую во многих, особенно, развивающихся странах, концепцию развития сельского хозяйства на базе интенсивного применения минеральных удобрений. Необходимо всемерно развивать системы, связанные с биологизацией сельскохозяйственного производства. Считается, что биологизация – одно из наиболее перспективных направлений в мировом

земледелии. Поскольку биологизация базируется на экологических принципах, она проявляется в государствах, достигших высокого уровня интенсификации аграрной отрасли.

В странах Западной Европы и Северной Америки уже с 70-х гг. XX века большое внимание стало уделяться естественно-биологическим системам земледелия, базирующимся на дифференцированных севооборотах, использовании органических удобрений, бобовых культур и сидератов. Следует подчеркнуть, что основы такого земледелия были заложены ранее, в частности, в работах В.Р. Вильямса, считавшего возможным внедрение экологически сбалансированных систем и воспроизводство плодородия почв преимущественно естественным путём [2]. Д.Н. Прянишников также уделял этому вопросу большое внимание, считая, что наряду с развитием промышленности азотных удобрений нужно применять севообороты с бобовыми культурами [10]. В настоящее время разработана стратегия адаптивной интенсификации растениеводства, основанная на экологизации и биологизации интенсивных процессов сельского хозяйства страны [4, 5, 6]. Отмечается, что концепции интенсивного, «уравнительного земледелия» должны быть противопоставлены принципы более дифференцированного использования природных, биологических, техногенных и трудовых ресурсов в целях обеспечения устойчивого повышения урожайности, энергоэкономичности и природоохранности [11].

В ряде случаев можно говорить, что биологизация земледелия – ключ к его экологизации. Её суть заключается в том, чтобы сократить разрыв в поступлении органических и минеральных веществ в агроэкосистемы с потребностями растений, в определённой мере компенсировать естественный круговорот веществ и плодородие почв, обеспечить заданный уровень биологической активности и исключить явления почвоутомления, выпаживания, накопления токсикантов. Важно вернуть биогеохимические циклы многих биофильных элементов в состояние, близкое к естественному. При этом важнейшим приёмом является применение природоподобных биогеохимических технологий [16].

Особое внимание должно быть уделено биологизации приёмов, направленных на улучшение использования именно азотных удобрений, которые играют ключевую роль в развитии негативных экологических процессов. Прежде всего, этого можно достичь за счёт увеличения эффективности использования азота в сельском хозяйстве при сохранении или наращивании органического вещества и плодородия почвы.

Эффективность использования азота (ЭИА) – это обобщающий термин для широкого сравнения агрономических, физиологических и экологических последствий использования азота в агроэкосистемах как одного из наиболее значимых факторов биологизации земледелия. В рамках данной статьи под этим термином понимается отношение выноса азота из агроэкосистемы с товарным урожаем к его суммарному поступлению (минеральные и органические удобрения, атмосферные выпадения, биологическая и несимбиотическая азотфиксация).

Современные оценки величин ЭИА. В практике мирового земледелия величины ЭИА для основных культур составляли в среднем от 30 % до 50 % в течение 1970–2010 гг. [8, 9, 30]. При этом, тогда как величины ЭИА значительно улучшены в некоторых странах Европы и в США с 1980 по 2010 г. за счёт повышения продуктивности растений при данных дозах N (например, США) или в сочетании с уменьшением использования N (например, Европа [29]), они уменьшились (при избыточном внесении N) во многих развивающихся странах, особенно в Китае и Индии, в период с 1960 по 2014 г. в связи с увеличением использования азотных удобрений, превышаю-

щих вынос азота с урожаями. Разброс значений в настоящее время составляет от 14 % (для отдельных видов высоко удобряемых овощных культур) до 80 % для сои. Величины ЭИА для зерновых культур находятся между этими крайними значениями, при этом для трёх основных злаковых культур – пшеница, рис и кукуруза, они в среднем для мировой сельскохозяйственной практики составляли в 2010 г. 42 %, 39 % и 46 %, соответственно. Поскольку при производстве зерновых используется примерно половина всего использованного азота и, по различным оценкам, при этом значительная часть азота теряется, вызывая загрязнение окружающей среды, то увеличение величин ЭИА при выращивании зерновых культур представляет высоко приоритетную цель.

Для различных систем земледелия величины ЭИА варьируют существенно, причём для высокомеханизированных, широкомасштабных и управляемых систем они выше, чем для малых ферм, например, в Китае и Индии, где используются высокие дозы азотных удобрений, стоимость которых субсидируется государством [12]. Таким образом, имеется возможность увеличения величин ЭИА во многих сельскохозяйственных системах путём применения наилучших доступных технологий и практик выращивания культур с соответствующей поддержкой за счёт социальной, экономической и экологической политики [27].

Стратегии увеличения эффективности использования азота для биологизации земледелия. Возникает вопрос: «Как можно управлять сельскохозяйственными потоками азота для улучшения эффективности его использования?» Среди обсуждаемых в современной научной литературе соответствующих подходов для управления агрогеохимическими потоками азота с использованием перспективных направлений исследований и разработок для решения этих проблем могут быть выделены четыре широкие области: круговорот азота в почве, системная агрономия, БФА и селекция (генетика) растений, как показано на рисунке.



Рисунок. Стратегии увеличения эффективности использования азота (на основании [42]).

Figure. Strategies for increasing nitrogen use efficiency (based on [42]).

Стратегии в каждой из этих областей могут быть показаны в виде матрицы с параметрами от низкого до высокого риска и от низкого до высокого выхода (таблица).

Таблица. Риск-ориентированная матрица для решения проблем ЭИА с учётом низкого и высокого риска и низкого или высокого выхода

Table. A risk-based matrix for addressing nitrogen use efficiency (NUE), based on low and high risk, and low or high yield

Степень риска	Низкий выход	Высокий выход
Низкий риск	Постепенные улучшения текущего положения. Постепенное совершенствование моделей прогнозирования погоды и N. Экологические улучшения.	Оптимизация внесения N: источники, дозы, сроки. Размещение, оптимизация системной агрономии: севооборот, обработка почвы, разнообразие, управление отходами. Проверенные инокулянты, например, ризобии. Стимулы: фермерское образование / повышение квалификации; общественное просвещение / принятие.
Высокий риск	Новые микробные инокулянты. Ненадлежащие субсидии. Политика, поощряющая передозировку удобрений.	Геномные достижения. Селекция на основе признаков БФА в зерновых культурах. Управление микробиомом. Усовершенствованный состав удобрений.

Следует отметить, что современные представления и достижения в указанных областях научных знаний и перспективных научных разработках позволяют надеяться на повышение к 2050 г. в глобальной системе земледелия величин ЭИА и выход белка на 50 %, одновременно снижая потери N в сельскохозяйственных системах также на 50 %.

Биологическая фиксация азота (БФА) и инкорпорация бобовых культур. Биологическая фиксация азота имеет самое прямое отношение к биологизации земледелия. Хотя растения не могут использовать атмосферный N_2 напрямую, уже более столетия известно, что разнообразные бактерии и археи, известные как diaзотрофы, могут преобразовывать атмосферный N_2 в NH_3 в процессе биологической фиксации, и что полученный NH_3 может быть использован растениями прямо или косвенно для роста. Диазотрофы можно найти в самой почве, в ризосфере растений и даже в самих растениях внутри специализированных, фиксирующих N органов, называемых узелками. Скорость БФА свободноживущими diaзотрофами в почве, как правило, низка (между 1 и 20 кг N га⁻¹ год⁻¹ [5, 43]), хотя ассоциативная азотфиксация микробами в ризосфере или на поверхности растений может в значительной степени способствовать росту растения в системах с низким поступлением других источников азота (напр., [34]). Напротив, этот процесс в клубеньках является высокоэффективным и в условиях высокой урожайности может превышать 300 кг/га в год [5, 22, 36], поскольку обмен питательными веществами между растениями и их внутриклеточными бактериальными эндосимбионтами является целенаправленным [42], что позволяет избежать потерь растительного углерода и бактериального аммония в почву и связанный с ней микробиом. Однако БФА в клубеньках в основном ограничивается бобовыми и несколькими не бобовыми семействами растений [5, 40], в то время как большинство видов сельскохозяйственных культур, включая злаки, не могут получить доступ к атмосферному N_2 таким образом.

Обостряющаяся глобальная проблема азота вызвала новый интерес к БФА как частичному решению, которое может быть реализовано посредством: разработки и ис-

пользования бобовых и ризобий (их естественных симбионтов) с повышенным потенциалом БФА; разработки более эффективной ассоциативной фиксации N в не бобовых культурах, особенно в основных злаках; и, возможно, за счёт создания симбиозов клубеньков или даже растений, способных фиксировать N [31]. Следовательно, биологическая фиксация азота в зернобобовых культурах остаётся важным источником азота во многих системах земледелия, в которых он способствует повышению ЭИА, хотя относительный вклад бобовых в сельское хозяйство сократился с увеличением использования азотных удобрений. Отчасти это было связано с акцентом на производство зерновых в рамках «Зелёной революции», которая заменила традиционные зернобобовые севообороты в таких странах, как Индия, что привело к дефициту зерновых бобовых и даже импорту из Африки [37].

Таким образом, существуют огромные возможности для увеличения вклада БФА бобовых в биологизацию сельского хозяйства с помощью системной агрономии и подходов к селекции растений [31] и путём улучшения эффективности и устойчивости штаммов ризобий, используемых в качестве инокулянтов [4, 28].

Выращивание бобовых культур как на зерно, так и в качестве сидератов и разложение их биомассы в почве в целом улучшают почвенное плодородие, повышают урожайность последующих культур, а также снижают потребность в минеральных азотных удобрениях. Известно, что зерновые дают большие урожаи при выращивании после бобовых.

Бобовые также являются привлекательным вариантом для систем смешанных культур, где два вида сельскохозяйственных культур выращиваются одновременно на одном поле. Но, несмотря на преимущества этих агросистем, имеющих большую эффективность использования ресурсов, включая ЭИА, смешанные культуры всё ещё остаются на окраинах современного интенсивного сельского хозяйства [19]. Это может измениться, когда будут реализованы преимущества смешанных культур, поскольку, согласно недавним оценкам, биологизация земледелия и, как следствие, глобальное увеличение величин ЭИА при использовании таких агросистем (зерновые и бобовые) снижают потребность в минеральных азотных удобрениях примерно на 25 % [5, 42]. Однако для этих агросистем нужно решать вопросы механизации посева культур, борьбы с сорняками и сбора урожая.

Разработка приёмов увеличения БФА: микробиологические ассоциации и генная инженерия. В настоящее время наблюдается рост интереса к разработке приёмов эффективной ассоциативной фиксации N для зерновых культур, особенно кукурузы, риса и пшеницы [5, 17, 32], а также для многолетних кормовых и биоэнергетических трав [13]. Эти разработки варьируются от простого выделения, тестирования и внедрения наиболее эффективных природных diaзотрофов, связанных с растениями, целевых видов растений, основанных в первую очередь на стимулировании роста растений [26], до попыток отредактировать геномы таких бактерий, чтобы удалить генетический контроль, который предотвращает фиксацию N и высвобождение NH_3 в сельскохозяйственных почвах, содержащих потенциально высокие уровни минерального и органического N [14, 20].

Наиболее многообещающим подходом к решению данной проблемы является непосредственная фиксация N в растениях путём переноса генов, ответственных за БФА, в геномы растений и экспрессии активных ферментов нитрогеназы в соответствующем растительном компартменте [21]. Однако известна многофункциональность нитрогеназы, которая затрудняет её инжиниринг и делает вышеобозначенный процесс

весьма затруднительным, особенно координацию экспрессии многочисленных генов, участвующих в сборке уникальных металлических кофакторов, а также чрезвычайную чувствительность к кислороду и высокую потребность в энергии для активации ферментного комплекса [21]. Приведённые особенности могут объяснить, почему этот процесс никогда не был кооптирован микробами во время эволюции растений. Тем не менее, в достижении данной цели уже отмечен определённый прогресс, и такие исследования будут расширять понимание БФА. Учитывая современное состояние знаний и технологий, наибольшим препятствием для решения основных проблем сельского хозяйства посредством азотфиксации может оказаться возможность общественного понимания и признания таких технологических решений, а не способность учёных их предлагать. На данном этапе, однако, описанные технологии всё ещё остаются в категории с высоким риском и высокой прибылью (см. таблицу).

Селекция растений. Следовательно, селекция идеотипов [23], сосредоточенная на выявлении и отборе признаков, влияющих на эффективность использования азота, может стать возможностью для выявления важности процессов, а не на рассмотрении их как чёрного ящика, как это делается при отборе на основе урожайности. Эта возможность особенно привлекательна сейчас, потому что развитие геномики и дешёвого секвенирования ДНК, функциональной феноменологии и высокопроизводительного фенотипирования позволяет одновременно идентифицировать фенотипические вариации, проводить генетические картирование и идентификацию маркеров, а также понимать основные физиологические процессы [33, 44].

Заключение. Степень биологизации земледелия, рассматриваемая на примере рационального сочетания биологического и минерального азота, будет определяться развитием научных исследований в нескольких областях: агрономия, селекция растений, биологическая фиксация азота и круговорот азота в почве. Исследования и разработки с максимальной отдачей, скорее всего, будут связаны с достижениями во всех этих областях, хотя можно ожидать, что в краткосрочном плане (в течение 5–10 лет) оптимальные результаты будут достигнуты в агрономии, с применением инструментов поддержки принятия решений и более широкого использования существующих сортов бобовых; в среднесрочной перспективе (10–20 лет) за ними последуют улучшенные сорта зерновых и других культур, отобранные специально для высоких показателей ЭИА и более эффективных микробов; в долгосрочной перспективе (> 20 лет) – с помощью совершенно новых N-фиксирующих симбиозов в растениях или растений, сконструированных для фиксации N без бактериальных партнёров (см. рисунок).

Наконец, следует признать, что биологизация земледелия для обеспечения ответственного использования азота в интересах продовольственной безопасности и охраны окружающей среды требует нечто большего, чем технические решения биологических проблем. В конечном счёте, проблема исходит от общества, и решение должно включать социальное измерение. Это включает в себя смещение целей сельского хозяйства с основного акцента на производство для получения прибыли, что, конечно, имеет важное значение для обеспечения средств к существованию, к параметрам, включающим управление земельными ресурсами и окружающей средой. Именно так можно достичь устойчивости сельского хозяйства и общества. Понимание того, что движет отдельными людьми и обществами поможет разработать образовательные и другие мероприятия для устранения барьеров на пути биологизации земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкин В.Н. Агрогеохимия азота. Пушино: ОНТИ НЦБИ. 1987. 272 с.
2. Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса на службе российской науке и практике / Под ред. В.М. Косолапова, И.А. Трофимова. М.: Россельхозакадемия, 2014. 1031 с.
3. Завалин А.А., Алфёров А.А., Чернова Л.С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 2019, № 8. С. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119080143.
4. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. М.: РАН, 2019. 252 с.
5. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В 3 т. М.: Агрорус, 2008. Т. 1. 815 с.
6. Кирюшин В.И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. СПб: Квадро, 2018. 566 с.
7. Кудеяров В.Н., Башкин В.Н., Кудеярова А.Ю., Бочкарёв А.Н. Экологические проблемы минеральных удобрений. М.: Наука, 1984. 212 с.
8. Кудеяров В.Н. Агрогеохимические циклы углерода и азота в современном земледелии России // Агрохимия. 2019. № 12. С. 3–15. DOI: 10.1134/S000218811912007X.
9. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области. Белгород: Константа, 2016. 343 с.
10. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М.–Л.: АН СССР, 1945. 200 с.
11. Скорочкин Ю.П., Воронцов В.А. Биологизация земледелия: определение, принципы и направления развития // Агробизнес. Август 2021.
12. Abrol Y.P., Adhya T.K., Aneja V.P., Raghuram N., Pathak H., Kulshrestha U., et al. The Indian Nitrogen Assessment: Sources of Reactive Nitrogen, Environmental and Climate Effects, Management Options, and Policies. Elsevier. 2017.
13. Bahulikar R.A., Chaluvadi S.R., Torres-Jerez I., Mosali J., Bennetzen J., Udvardi M., et al. Nitrogen fertilization reduces nitrogen fixation activity of diverse diazotrophs in switchgrass roots // *Phytobiomes J.* 2020. 5. DOI: 10.1094/PBIOMES-09-19-0050-FI.
14. Barne, B.M., Plunkett M.H., Natarajan V., Mus F., Knutson C.M., and Peters J.W. Transcriptional analysis of an ammonium-excreting strain of *Azotobacter vinelandii* deregulated for nitrogen fixation // *Appl. Environ. Microbiol.* 2017. 83:20. DOI: 10.1128/AEM.01534-17.
15. Bashkin V.N. Modern Biogeochemistry: Environmental Risk Assessment. 2nd ed. CIP, China – Chinese translation, 2009. 268 p.
16. Bashkin V. (ed.). Biogeochemical technologies for managing pollution in polar ecosystems // *Environmental Pollution*. Vol. 26. Springer (Switzerland), 2016. 219 p.
17. Bloch S.E., Ryu M.H., Ozaydin B., and Broglie R. Harnessing atmospheric nitrogen for cereal crop production // *Curr. Opin. Biotechnol.* 2020. 62, 181–188. DOI: 10.1016/j.copbio.2019.09.024.
18. Borlaug N. The Green Revolution Revisited and the Road Ahead. 2000. Anniversary Nobel Lecture, Norwegian Nobel Institute in Oslo, Norway. September 8, 2000. Retrieved October 14, 2016.
19. Brooker R.W., Bennett A.E., Cong W.F., Daniell T.J., George T.S., Hallett P.D., et al. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology // *New Phytol.* 2015. 206, 107–117. DOI: 10.1111/nph.13132.
20. Bueno Batista M., and Dixon R. Manipulating nitrogen regulation in diazotrophic bacteria for agronomic benefit // *Biochem. Soc. Trans.* 2019. 47, 603–614. DOI: 10.1042/BST20180342.
21. Burén S., Jiang X., López-Torrejón G., Echavarrri-Erasun C., and Rubio L.M. Purification and in vitro activity of mitochondria targeted nitrogenase cofactor maturase NifB // *Front. Plant Sci.* 2017. 8:1567. DOI: 10.3389/fpls.2017.01567.
22. Cafaro La Menza N., Monzon J.P., Lindquist J.L., Arkebauer T.J., Knops J.M., Unkovich M., et al. Insufficient nitrogen supply from symbiotic fixation reduces seasonal crop growth and nitrogen

mobilization to seed in highly productive soybean crops // *Plant Cell Environ.* 2020. 43, 1958–1972. DOI: 10.1111/pce.13804.

23. Donald, C.M. The breeding of crop ideotypes // *Euphytica.* 1968. 17, 385–403. DOI: 10.1007/BF00056241.

24. Duvick, D.N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea Mays* L.). *Adv. Agron.* 86, 83–145. doi: 10.1016/S0065-2113(05)86002-X.

25. FAO. World fertilizer trends and outlook to 2022. Rome. 2019.

26. Fox, A. R., Soto, G., Valverde, C., Russo, D., Lagares Jr, A., Zorreguieta, Á., et al. Major cereal crops benefit from biological nitrogen fixation when inoculated with the nitrogen-fixing bacterium *Pseudomonas protegens* Pf-5 X940. *Environ. Microbiol.* 2016. 18, 3522–3534. DOI: 10.1111/1462-2920.13376

27. Kanter, D., Winiwarter, W., Bodirsky, B., Bouwman, L., Boyer, E., Buckle, S., et al. A framework for nitrogen futures in the shared socioeconomic pathways. *Glob. Environ. Change* 2020. 61:102029. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2019.102029.

28. Koskey G., Mburu S.W., Njeru E.M., Kimiti J.M., Ombori O., and Maingi J.M. Potential of native rhizobia in enhancing nitrogen fixation and yields of climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in contrasting environments of Eastern Kenya // *Front. Plant Sci.* 2017. 8:443. DOI: 10.3389/fpls.2017.00443.

29. Lassaletta L., Billen G., Grizzetti B., Anglade J., and Garnier J. 50-year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland // *Environ. Res. Lett.* 2014. 9:105011. DOI: 10.1088/1748-9326/9/10/105011.

30. Li Liu J., You L., Amini M., Obersteiner M., Herrero M., Zehnder A.J., et al. A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2010. 107, 8035–8040. DOI: 10.1073/pnas.0913658107.

31. Liu J., Yu X., Qin Q., Dinkins R.D., and Zhu H. The impacts of domestication and breeding on nitrogen fixation symbiosis in legumes // *Front. Genet.* 2020. 11:973. DOI: 10.3389/fgene.2020.00973.

32. Mahmud K., Makaju S., Ibrahim R., and Missaoui A. Current progress in nitrogen fixing plants and microbiome research // *Plants.* 2020. 9:97. DOI: 10.3390/plants9010097.

33. Mandal V., Sharma N., and Raghuram N. Molecular targets for improvement of crop nitrogen-use efficiency: current and emerging options // *Engineering Nitrogen Utilization in Crop Plants* / A.K. Shrawat, A. Zayed & D.A. Lightfoot (eds.). Springer, 2018. 77–93. DOI: 10.1007/978-3-319-92958-3_5.

34. Martins D. S., Reis V.M., Schultz N., Alves B.J. R., Urquiaga S., Pereira W., et al. Both the contribution of soil nitrogen and of biological N₂ fixation to sugarcane can increase with the inoculation of diazotrophic bacteria // *Plant Soil.* 2020. 35, 1–15. DOI: 10.1007/s11104-020-04621-1.

35. Meghvansi M.K., Prasad K., and Mahna S.K. Symbiotic potential, competitiveness and compatibility of indigenous Bradyrhizobium japonicum isolates to three soybean genotypes of two distinct agro-climatic regions of Rajasthan, India // *Saudi J. Biol. Sci.* 2010. 17, 303–310. DOI: 10.1016/j.sjbs.2010.06.002.

36. Peoples M.B., Brockwell J., Herridge D.F., Rochester I.J., Alves B.J.R., Urquiaga S., et al. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems // *Symbiosis.* 2009. 48, 1–17. DOI: 10.1007/BF03179980.

37. Raghuram N. Zeroing in on farm budgets or zero budget natural farming? A perspective from India // *Perspectives 37.* Nairobi: UN Environment Programme. 2020.

38. Rogers C., and Oldroyd G.E.D. Synthetic biology approaches to engineering the nitrogen symbiosis in cereals // *J. Exp. Bot.* 2014. 65, 1939–1946. DOI: 10.1093/jxb/eru098.

39. Santachiara G., Salvagiotti F., Gerde J.A., and Rotundo J.L. Does biological nitrogen fixation modify soybean nitrogen dilution curves? // *Field Crops Res.* 2018. 223, 171–178. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.04.001.

40. Santi C., Bogusz D., and Franche C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants // *Ann. Bot.* 2013. 111, 743–767. DOI: 10.1093/aob/mct048.

41. Udvardi M., and Poole P.S. Transport and metabolism in legume-rhizobia symbioses // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2013. 64, 781–805. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050312-120235.
42. Udvardi M., Below F.E., Castellano M.J., Eagle A.J., Giller K.E., Ladha J.K., Liu X., Maaz T.M., Nova-Franco B., Raghuram N., Robertson G.P., Roy S., Saha M., Schmidt S., Tegeder M., York L.M. and Peters J.W. A Research Road Map for Responsible Use of Agricultural Nitrogen. *Front // Sustain. Food Syst.* 2021. 5:660155. DOI: 10.3389/fsufs.2021.660155.
43. Vadakattu G., Paterson J. Free-living bacteria lift soil nitrogen supply // *Farm. Ahead* 2006. 169:40.
44. York L.M. Functional phenomics: An emerging field integrating high throughput phenotyping, physiology, and bioinformatics // *J. Exp. Bot.* 2019. 70, 379–386. DOI: 10.1093/jxb/ery379.
45. Zhang J., Liu Y.X., Zhang N., Hu B., Jin T., Xu H., et al. NRT1.1B is associated with root microbiota composition and nitrogen use in field-grown rice // *Nat. Biotechnol.* 2019. 37, 676–684. DOI: 10.1038/s41587-019-0104-4.

REFERENCES

1. Bashkin, V.N., *Agrogeochemistry of nitrogen* (Pushchino: ONTI NCBI, 1987) (in Russian).
2. Kosolapov, V.M., Trofimov, I.A. (eds.), *All-Russian Scientific Research Institute of Feed named after V.R. Williams in the service of Russian science and practice* (Moscow: Russian Agricultural Academy, 2014) (in Russian)
3. Zhuchenko, A.A., *Adaptive crop production (ecological and genetic foundations). Theory and practice I* (Moscow: Agrorus, 2008) (in Russian).
4. Zavalin, A.A., Alferov, A.A., Chernova, L.S., “Associative nitrogen fixation and the practice of using biological products in crops”, *Agrochimiya [Agrochemistry]* **8**, 83–96 (2019). doi: 10.1134/S0002188119080143 (in Russian).
5. Zavalin, A.A., Sokolov, O.A., Shmyreva, N.Ya., *Ecology of nitrogen fixation* (Moscow: RAN, 2019) (in Russian).
6. Kiryushin, V.I., *Ecological foundations of agricultural landscape design* (St. Petersburg: Quadro, 2018) (in Russian).
7. Kuderyarov, V.N., Bashkin, V.N., Kuderyarova, A.Yu., Bochkarev, A.N., *Ecological problems of mineral fertilizers* (Moscow: Nauka, 1984) (in Russian).
8. Kuderyarov, V.N., “Agrogeochemical cycles of carbon and nitrogen in modern agriculture of Russia”, *Agrochimiya [Agrochemistry]* **12**, 3–15 (2019). doi: 10.1134/S000218811912007X (in Russian).
9. Lukin, S.V., *Agroecological condition and productivity of soils of the Belgorod region* (Belgorod: Constant, 2016) (in Russian).
10. Pryanishnikov, D.N., *Nitrogen in plant life and in agriculture of the USSR* (Moscow – Leningrad: USSR Academy of Sciences, 1945) (in Russian).
11. Skorochkin, Yu.P., Vorontsov, V.A., “Biologization of agriculture: definition, principles and directions of development”, *Agribusiness* (August, 2021) (in Russian).
12. Abrol, Y.P., Adhya, T.K., Aneja, V.P., Raghuram, N., Pathak, H., Kulshrestha, U., et al., *The Indian Nitrogen Assessment: Sources of Reactive Nitrogen, Environmental and Climate Effects, Management Options, and Policies* (Elsevier, 2017).
13. Bahulikar, R.A., Chaluvadi, S.R., Torres-Jerez, I., Mosali, J., Bennetzen, J.L., Udvardi, M., et al., “Nitrogen fertilization reduces nitrogen fixation activity of diverse diazotrophs in switchgrass roots”, *Phytobiomes J.* **5** (2020). doi: 10.1094/PBIOMES-09-19-0050-FI.
14. Barney, B.M., Plunkett, M.H., Natarajan, V., Mus, F., Knutson, C.M., and Peters, J.W., “Transcriptional analysis of an ammonium-excreting strain of *Azotobacter vinelandii* deregulated for nitrogen fixation”, *Appl. Environ. Microbiol.* **83**:20 (2017). doi: 10.1128/AEM.01534-17.
15. Bashkin, V.N., *Modern Biogeochemistry: Environmental Risk Assessment* (CIP, China – Chinese translation, 2009, 2nd Ed.).
16. Bashkin V. (ed.), *Biogeochemical technologies for managing pollution in polar ecosystems. Environmental Pollution* **26** (Springer: Switzerland, 2016).

17. Bloch, S.E., Ryu, M.H., Ozaydin, B., and Broglie, R., “Harnessing atmospheric nitrogen for cereal crop production”, *Curr. Opin. Biotechnol.* **62**, 181–188 (2020). doi: 10.1016/j.copbio.2019.09.024.
18. Borlaug, N., *The Green Revolution Revisited and the Road Ahead* (Anniversary Nobel Lecture, Norwegian Nobel Institute in Oslo, Norway, September 8, 2000. Retrieved October 14, 2016).
19. Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W.F., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, P.D., et al., “Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology”, *New Phytol.* **206**, 107–117 (2015). doi: 10.1111/nph.13132.
20. Bueno Batista, M., and Dixon, R., Manipulating nitrogen regulation in diazotrophic bacteria for agronomic benefit, *Biochem. Soc. Trans* **47**, 603–614 (2019). doi: 10.1042/BST20180342.
21. Burén, S., Jiang, X., López-Torrejón, G., Echavarrri-Erasun, C., and Rubio, L.M., “Purification and in vitro activity of mitochondria targeted nitrogenase cofactor maturase NifB”, *Front. Plant Sci.* **8**:1567(2017). doi: 10.3389/fpls.2017.01567.
22. Cafaro La Menza, N., Monzon, J.P., Lindquist, J.L., Arkebauer, T.J., Knops, J.M., Unkovich, M., et al., “Insufficient nitrogen supply from symbiotic fixation reduces seasonal crop growth and nitrogen mobilization to seed in highly productive soybean crops”, *Plant Cell Environ* **43**, 1958–1972 (2020). doi: 10.1111/pce.13804.
23. Donald, C.M., “The breeding of crop ideotypes”, *Euphytica* **17**, 385–403 (1968). doi: 10.1007/BF00056241.
24. Duvick, D.N., “The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea Mays* L.)”, *Adv. Agron* **86**, 83–145. doi: 10.1016/S0065-2113(05)86002-X.
25. *World fertilizer trends and outlook to 2022* (Rome: FAO, 2019).
26. Fox, A.R., Soto, G., Valverde, C., Russo, D., Lagares Jr, A., Zorreguieta, Á., et al., “Major cereal crops benefit from biological nitrogen fixation when inoculated with the nitrogen-fixing bacterium *Pseudomonas protegens* Pf-5 X940”, *Environ. Microbiol.* **18**, 3522–3534 (2016). doi: 10.1111/1462-2920.13376.
27. Kanter, D., Winiwarter, W., Bodirsky, B., Bouwman, L., Boyer, E., Buckle, S., et al., “A framework for nitrogen futures in the shared socioeconomic pathways”, *Glob. Environ. Change* **61**:102029 (2020). doi: 10.1016/j.gloenvcha.2019.102029.
28. Koskey, G., Mburu, S.W., Njeru, E.M., Kimiti, J.M., Ombori, O., and Maingi, J.M., “Potential of native rhizobia in enhancing nitrogen fixation and yields of climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in contrasting environments of Eastern Kenya”, *Front. Plant Sci.* **8**:443 (2017). doi: 10.3389/fpls.2017.00443.
29. Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J., and Garnier, J., “50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland”, *Environ. Res. Lett.* **9**:105011 (2014). doi: 10.1088/1748-9326/9/10/105011.
30. Li Liu, J., You, L., Amini, M., Obersteiner, M., Herrero, M., Zehnder, A.J., et al., “A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland”, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **107**, 8035–8040 (2010). doi: 10.1073/pnas.0913658107.
31. Liu, J., Yu, X., Qin, Q., Dinkins, R.D., and Zhu, H., “The impacts of domestication and breeding on nitrogen fixation symbiosis in legumes”, *Front. Genet.*, **11**:973 (2020). doi: 10.3389/fgene.2020.00973.
32. Mahmud, K., Makaju, S., Ibrahim, R., and Missaoui, A., “Current progress in nitrogen fixing plants and microbiome research”, *Plants* **9**:97 (2020). doi: 10.3390/plants9010097.
33. Mandal, V., Sharma, N., and Raghuram, N. “Molecular targets for improvement of crop nitrogen-use efficiency: current and emerging options,” *Engineering Nitrogen Utilization in Crop Plants* (Springer, 2018), 77–93. doi: 10.1007/978-3-319-92958-3_5.
34. Martins, D.S., Reis, V.M., Schultz, N., Alves, B.J. R., Urquiaga, S., Pereira, W., et al., “Both the contribution of soil nitrogen and of biological N₂ fixation to sugarcane can increase with the inoculation of diazotrophic bacteria”, *Plant Soil* **35**, 1–15 (2020). doi: 10.1007/s11104-020-04621-1.
35. Meghvansi, M.K., Prasad, K., and Mahna, S.K., “Symbiotic potential, competitiveness and compatibility of indigenous *Bradyrhizobium japonicum* isolates to three soybean genotypes of two dis-

tinct agro-climatic regions of Rajasthan, India”, *Saudi J. Biol. Sci.* **17**, 303–310 (2010). doi: 10.1016/j.sjbs.2010.06.002.

36. Peoples, M.B., Brockwell, J., Herridge, D.F., Rochester, I.J., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., et al., “The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems”, *Symbiosis* **48**, 1–17 (2009). doi: 10.1007/BF03179980.

37. Raghuram, N. “Zeroing in on farm budgets or zero budget natural farming? A perspective from India,” in *Perspectives* **37** (Nairobi: UN Environment Programme, 2020).

38. Rogers, C., and Oldroyd, G.E.D., “Synthetic biology approaches to engineering the nitrogen symbiosis in cereals”, *J. Exp. Bot.* **65**, 1939–1946 (2014). doi: 10.1093/jxb/eru098.

39. Santachiara, G., Salvagiotti, F., Gerde, J.A., and Rotundo, J.L., “Does biological nitrogen fixation modify soybean nitrogen dilution curves?” *Field Crops Res.* **223**, 171–178 (2018). doi: 10.1016/j.fcr.2018.04.001.

40. Santi, C., Bogusz, D., and Franche, C., “Biological nitrogen fixation in non-legume plants”, *Ann. Bot.* **111**, 743–767 (2013). doi: 10.1093/aob/mct048.

41. Udvardi, M., and Poole, P.S., “Transport and metabolism in legume-rhizobia symbioses”, *Annu. Rev. Plant Biol.* **64**, 781–805 (2013). doi: 10.1146/annurev-arplant-050312-120235.

42. Udvardi, M., Below, F.E., Castellano, M.J., Eagle, A.J., Giller, K.E., Ladha, J.K., Liu, X., Maaz, T.M., Nova-Franco, B., Raghuram, N., Robertson, G.P., Roy, S., Saha, M., Schmidt, S., Tegeder, M., York, L.M., and Peters, J.W., “A Research Road Map for Responsible Use of Agricultural Nitrogen”, *Front. Sustain. Food Syst.* **5**:660155 (2021). doi: 10.3389/fsufs.2021.660155.

43. Vadakattu, G., and Paterson, J., “Free-living bacteria lift soil nitrogen supply”, *Farm. Ahead* **169**:40 (2006).

44. York, L.M., “Functional phenomics: An emerging field integrating high throughput phenotyping, physiology, and bioinformatics”, *J. Exp. Bot.* **70**, 379–386 (2019). doi: 10.1093/jxb/ery379.

45. Zhang, J., Liu, Y.X., Zhang, N., Hu, B., Jin, T., Xu, H., et al., “NRT1.1B is associated with root microbiota composition and nitrogen use in field-grown rice”, *Nat. Biotechnol.* **37**, 676–684 (2019). doi: 10.1038/s41587-019-0104-4.

ЗЕМЛЯ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева*

Разрабатывается агроландшафтно-экологическое районирование Дальневосточного природно-экономического района с целью информационного обеспечения регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированного сельского хозяйства для рационального природопользования. Выделено 162 единицы районирования, в т. ч. 9 крупных (зоны), 32 средних (провинции) и 122 мелких (равнинные и горные округа). Разработана база данных по земельным угодьям, где дана характеристика всех выделенных единиц агроландшафтно-экологического районирования. Сельскохозяйственные угодья расположены преимущественно на равнинных территориях в южной части Дальнего Востока и занимают 8014,1 тыс. га, или 1,3 % общей площади. На сельскохозяйственных землях развиты негативные процессы: кислые почвы, переувлажненность, заболоченность, подверженность водной и ветровой эрозии.

Ключевые слова: агроландшафтно-экологическое районирование, база данных, земельные угодья, рациональное природопользование, кормопроизводство.

Ссылка для цитирования: Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Земля и сельское хозяйство Дальнего Востока // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 192–201. DOI: 10.29003/m3027.0514-7468.2022_44_2/192-201.

Поступила 25.04.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

LAND AND AGRICULTURE OF THE FAR EAST

I.A. Trofimov^{1,2}, Dr. Sci (Geogr.), L.S. Trofimova¹, PhD, E.P. Yakovleva¹

¹ Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology;

² Derzhavin Tambov State University (Institute of Natural Sciences)

Agro-landscape and ecological zoning of the Far Eastern Natural and Economic Region is being developed in order to provide information for regional, landscape and ecologically differentiated agriculture for rational nature management. 162 zoning units were allocated, including 9 large units (the Arctic, Arctic Tundra, Tundra, North Taiga, Middle Taiga, Sparse forests and woodlands of Kamchatka, Far Eastern taiga forest, Far Eastern zone of broad-leaved forests and Mountainous territories), 32 medium (19 plain and 13 mountain provinces) and 122 small units (60 plain and 62 mountain districts). A database of land resources has been developed. It includes the following indicators: the distribution of land by administrative and agro-landscape-ecological division of the territory, the structure of land, assessment of the condition of land. It describes all the selected units of agro-landscape and ecological zoning by land. Agricultural lands are located mainly on flat territories in the southern part of the Far East and occupy 8,014.1 thousand hectares, or 1.3% of the total area. 0.5% is occupied by arable land, 0.4% each falls on hayfields and pastures. Significant negative processes affect agricultural lands as follows: acidic soils (66%), waterlogging (22%), swampiness (23%), susceptibility to water and wind erosion (11%).

* Трофимов Илья Александрович – д.г.н., зав. лабораторией геоботаники и агроэкологии, ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина (Институт естествознания), viktrofi@mail.ru; Трофимова Людмила Сергеевна – к.с.-х.н., в.н.с. лаборатории геоботаники и агроэкологии; Яковлева Елена Петровна – с.н.с. лаборатории геоботаники и агроэкологии, ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, viktrofi@mail.ru.

Keywords: *agro-landscape, ecological zoning, database, land, rational nature management, feed production.*

For citation: Trofimov, I.A., Trofimova, L.S., Yakovleva, E.P., "Land and Agriculture of the Far East," *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 192–201 (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3027.0514-7468.2022_44_2/192-201.

Введение. Дальний Восток – самый крупный промышленный регион, расположенный на востоке России. Дальневосточный природно-экономический район занимает 36 % всей площади Российской Федерации. Протяжённость макрорегиона от Чукотки на юго-запад до границ Кореи и Японии составляет 4500 км. Он захватывает арктическую зону и дальневосточную зону широколиственных лесов. С севера на юг климат и природа изменяются значительно.

Дальний Восток является в значительной степени северной территорией, для большей части которой характерны критические для растениеводства и земледелия природно-климатические условия, слабая освоенность, малая населённость. Рельеф Дальнего Востока имеет сильно пересечённый характер и представлен преимущественно горными формами. Выделяются несколько водораздельных хребтов. Есть мощные горные системы, которые обычно не превышают 2500 м.

Главные отрасли специализации Дальнего Востока – добыча и переработка цветных металлов, добыча алмазов, рыбная, лесная, целлюлозно-бумажная промышленность, судостроение, судоремонт.

С другой стороны, на Дальнем Востоке с его большим разнообразием природно-климатических и экономических факторов создалась напряжённая ситуация с обеспечением населения продовольствием. В макрорегионе не обеспечивается продовольственная безопасность, что создаёт угрозу национальной безопасности. Уровень сельскохозяйственной освоенности дальневосточных земель невысокий [1, 12, 13].

В связи с этим актуальной научной и практической проблемой Дальнего Востока являются региональная, ландшафтная и экологическая дифференциация его природных земельных и климатических ресурсов с целью создания высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, адаптированного к условиям каждой конкретной территории.

Объекты и методы исследований. Ведётся разработка агроландшафтно-экологического районирования Дальневосточного природно-экономического района с целью информационного обеспечения регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированного сельского хозяйства для рационального природопользования [5].

В предыдущие годы разработано агроландшафтно-экологическое районирование по Северному, Северо-Западному, Волго-Вятскому, Центральному, Центрально-Черноземному, Поволжскому, Северо-Кавказскому, Уральскому, Западно-Сибирскому и Восточно-Сибирскому природно-экономическим районам России.

Районирование выполнено на основе разработанных нами методологических основ агроландшафтно-экологического изучения и оценки сельскохозяйственных земель. В качестве контурной основы агроландшафтно-экологического районирования использованы материалы почвенно-экологического районирования Российской Федерации (факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова). Оно представляет собой разделение территории на регионы, однотипные по структуре почвенного покрова, сочетанию факторов почвообразования и возможностям хозяйственного использования почв, соответствующие современному функционированию почвенного покрова и наиболее полно отвечающие запросам сельскохозяйственного производ-

ства. В основу почвенно-экологического районирования положен биоклиматический принцип [4, 9, 14].

Методологические основы агроландшафтно-экологического районирования опираются на Концепцию сохранения и воспроизводства используемых в сельскохозяйственном производстве земельных и других природных ресурсов, плодородия почв, продуктивного долголетия агроэкосистем и агроландшафтов (Всероссийского НИИ кормов имени В.Р. Вильямса), на Концепцию экологического каркаса агроландшафтов и эколого-хозяйственного баланса (географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и Института географии РАН) [6, 8], а также природно-сельскохозяйственное, ландшафтно-экологическое и почвенно-экологическое районирование территории, эколого-географические, геоботанические карты, данные государственного земельного учёта, фондовые, наземные и дистанционные данные [7, 10, 11, 15].

Результаты и обсуждение. Разработана база данных по земельным угодьям к карте агроландшафтно-экологического районирования Дальневосточного природно-экономического района России (Дальнего Востока) для выявления пространственного распределения ландшафтных, биологических, экологических и экономических закономерностей, адресной экстраполяции сортов сельскохозяйственных культур, адаптивных технологий создания и использования природных кормовых угодий, рационального природопользования, устойчивости агроландшафтов и охраны окружающей среды.

К Дальневосточному природно-экономическому району, занимающему 616 932,9 тыс. га, относятся Республика Саха (Якутия), 3 края (Камчатский, Приморский, Хабаровский), 3 области (Амурская, Магаданская, Сахалинская), Еврейская автономная область и Чукотский автономный округ.

В результате агроландшафтно-экологического районирования на территории Дальнего Востока выделено 162 единицы районирования, в том числе 9 *крупных* (зоны: арктическая, арктотундровая, тундровая, северотаёжная, среднетаёжная, разреженных лесов и редколесий Камчатки, дальневосточная таёжно-лесная, дальневосточная зона широколиственных лесов и горные территории), 32 *средних* (19 равнинных и 13 горных провинций) и 122 *мелких* (60 равнинных и 62 горных округа).

База данных по земельным угодьям включает следующие показатели: распределение земель по административному и агроландшафтно-экологическому делению территории, структура земельных угодий, оценка состояния земельных угодий. В ней дана характеристика всех выделенных единиц агроландшафтно-экологического районирования по земельным угодьям.

В структуре земельных угодий Дальнего Востока преобладают леса и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, на их долю приходится 56 % площади района. Болота занимают 7 %, под водой находится 3 %, менее 0,2 % в сумме занимают земли застройки, под дорогами и нарушенные, 32 % приходится на прочие земли (по данным на 01.01.2020). Сельскохозяйственные угодья занимают 1,3 % площади Дальневосточного природно-экономического района, в т. ч. 0,5 % занимает пашня, по 0,4 % приходится на сенокосы и пастбища [2]. Наличие земель и распределение их по угодьям в субъектах федерации Дальнего Востока существенно различается (табл. 1).

Наибольшую площадь среди равнинных территорий Дальнего Востока занимают среднетаёжная, северотаёжная и тундровая зоны, на долю которых приходится 73 % площади равнинных зон, наименьшую (0,1 %) – арктическая зона (рис. 1).

Таблица 1. Наличие земель и распределение их по угольям в субъектах РФ Дальневосточного природно-экономического района, на 01.01.2020, тыс. га
Table 1. Availability of lands and their distribution among the federal subjects of the Far Eastern Natural and Economic Region, as of January 1, 2020, thousand hectares

Субъекты Российской Федерации	Общая площадь	Сельскохозяйственные уголья						Лесные насаждения, не входящие в лесной фонд	Под водой	Болога	Другие земли
		всего	в том числе				Лесные земли				
			пашня	залежь	многолетние насаждения	сенокосы					
Республика Саха (Якутия)	308352,3	1640,2	105,3	19,0	1,0	719,5	795,4	164861,9	13087,5	19783,6	107141,4
Камчатский край	46427,5	475,6	64,3	1,0	5,3	97,3	307,7	26810,0	844,5	2523,3	15468,3
Приморский край	16467,3	1649,4	755,1	60,8	26,0	361,9	445,6	13019,3	424,6	466,9	499,8
Хабаровский край	78763,3	665,6	98,6	24,5	16,9	402,0	123,6	59571,0	1476,3	5606,0	11212,6
Амурская область	36190,8	2733,5	1595,7	225,4	11,9	418,0	482,5	26136,8	1151,0	4794,0	1107,1
Магаданская область	46246,4	121,5	23,8	3,5	0,1	51,5	42,6	28467,1	477,3	4815,4	12024,3
Сахалинская область	8710,1	182,4	51,2	0	7,6	63,6	60,0	6607,9	233,1	642,0	697,4
Еврейская авт. обл.	3627,1	537,3	94,7	70,2	3,1	119,2	250,1	1783,2	139,2	914,5	217,6
Чукотский авт. округ	72148,1	8,6	0,1	0	0	8,2	0,3	13015,1	35,3	2833,0	49970,4
Итого Дальний Восток	616932,9	8014,1	2788,8	404,4	71,9	2241,2	2507,8	340272,3	20172,3	42378,7	198338,9

* В категорию «Другие земли» входят земли застройки, под дорогами, нарушенные и прочие земли.

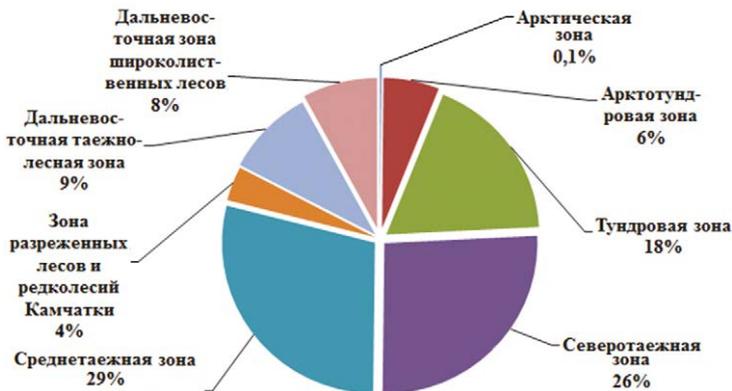


Рис. 1. Соотношение равнинных зон Дальневосточного природно-экономического района, % от площади равнинных территорий.

Fig. 1. Ratio of the plain zones of the Far Eastern natural and economic region, % of the area of the plain territories.

Дальневосточная таёжно-лесная зона и Дальневосточная зона широколиственных лесов занимают 17 %.

Сельскохозяйственные угодья расположены преимущественно на равнинных территориях в южной части Дальнего Востока и занимают 8014,1 тыс. га, или 1,3 % общей площади макрорегиона.

Так, на юге Дальнего Востока в дальневосточной зоне широколиственных лесов доля сельскохозяйственных угодий возрастает до 20 %. В среднетаёжной, дальневосточной таёжно-лесной и зоне разреженных лесов и редколесий Камчатки на их долю приходится не более 2 % площади зоны. В северной части Дальнего Востока сельскохозяйственные угодья отсутствуют (рис. 2).

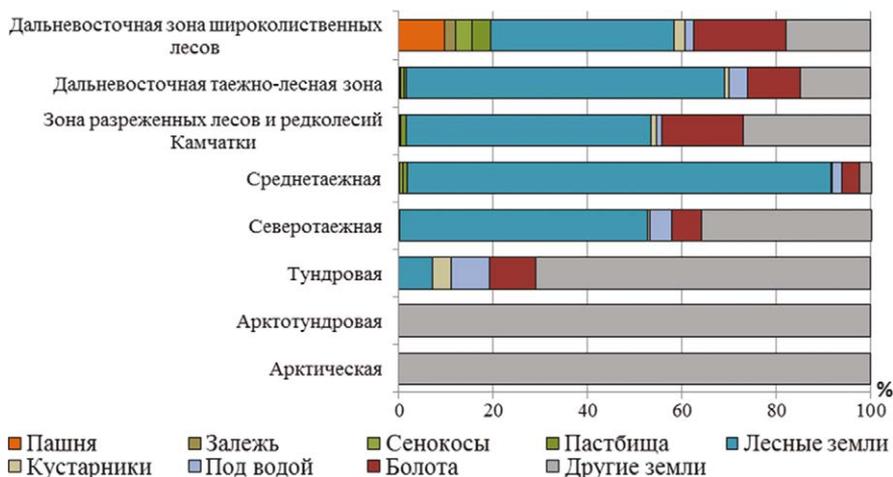


Рис. 2. Структура земельных угодий по равнинным природно-сельскохозяйственным зонам Дальневосточного природно-экономического района.

Fig. 2. The structure of land in the lowland natural and agricultural zones of the Far Eastern Natural and Economic region.

На Дальнем Востоке преобладают горные территории. В большинстве горных провинций сельскохозяйственные угодья занимают незначительные площади (менее 1 %). В Камчатской горной провинции на их долю приходится 1,5 %, в Южно-Сихотэалинской горной провинции – около 5 % (рис. 3).

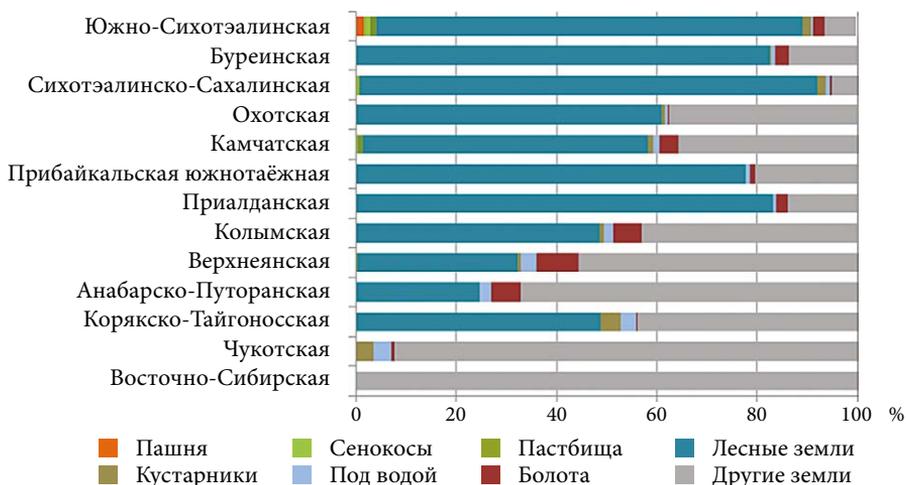


Рис. 3. Структура земельных угодий в горных провинциях Дальневосточного природно-экономического района.

Fig. 3. The structure of land in the mountainous provinces of the Far Eastern Natural and Economic Region.

Установлено, что большая часть территории Дальнего Востока характеризуется наличием ряда неустраняемых природных факторов, негативных процессов и является рискованной для развития растениеводства и земледелия.

Анализ состояния земель Дальнего Востока даёт представление о значительном развитии на сельскохозяйственных угодьях негативных процессов. Наибольшее из них значение имеет наличие больших площадей кислых почв (66 %), переувлажнённость (22 %) и заболоченность (23 %), подверженность водной и ветровой эрозии (11 %) (табл. 2).

Установлено, что площадь оленьих пастбищ Дальнего Востока в 23 раза больше площади сельскохозяйственных угодий и составляет 184,2 млн га, или 30 % общей площади макрорегиона.

Из них около 44 % расположено в Республике Саха (Якутия), 23 % – в Чукотском а. о., примерно по 10 % – в Камчатском и Хабаровском краях и в Магаданской области (табл. 3).

Олени пастбища занимают от 4 % в среднетаёжной зоне до 61 % в тундровой зоне и расположены на равнинных территориях во всех природных зонах за исключением арктической и дальневосточной зоны широколиственных лесов.

В горных провинциях олени пастбища занимают от 12 до 70 % площади провинции и расположены на землях различного назначения, в т. ч. сельскохозяйственного, лесного фонда, особо охраняемых природных территорий и на землях запаса. Отсутствуют они только в Сихотэалинско-Сахалинской и Южно-Сихотэалинской горных провинциях.

Таблица 2. Структура сельскохозяйственных угодий Дальневосточного природно-экономического района, % от площади

Table 2. State of agricultural lands of the Far Eastern Natural and Economic region, % of the area

Вид угодий	Эрозионоопасные	Дефляционоопасные	Подверженные совместно водной и ветровой эрозии	Кислые	Переувлажненные	Заболоченные	Каменные	Засоленные
Сельскохозяйственные угодья, в т. ч.:	11	1	11	66	22	23	10	3
пашня	14	2	14	91	19	8	10	1
сенокосы	5	0	3	40	30	59	1	7
пастбища	11	1	10	36	26	32	4	1

Таблица 3. Площади оленьих пастбищ в субъектах РФ Дальневосточного природно-экономического района

Table 3. Areas of deer pasture in the federal subjects of the Far Eastern Natural and Economic region

Субъекты Российской Федерации	Общая площадь	Оленьи пастбища		
		тыс. га	% от площади субъекта федерации	% от общей площади оленьих пастбищ
Республика Саха (Якутия)	308352,3	80437,1	26,1	43,6
Камчатский край	46427,5	19649,6	4,2	10,7
Приморский край	16467,3	–	–	–
Хабаровский край	78763,3	17044,6	21,6	9,2
Амурская обл.	36190,8	5127,1	14,2	2,8
Магаданская обл.	46246,4	18572,6	40,2	10,1
Сахалинская обл.	8710,1	707,1	8,1	0,4
Еврейская авт. обл.	3627,1	–	–	–
Чукотский а.о.	72148,1	42670,8	59,1	23,2
Итого	616932,9	184 208,9	29,8	100

В сельскохозяйственном производстве Дальнего Востока действует ряд удорожающих факторов, вызванных климатическими, почвенными особенностями и удалённостью от основных центров обеспечения производственными ресурсами. Преобладающая часть площади макрорегиона (83 %) находится в зоне многолетней и вечной мерзлоты, где выращивание зерновых и большинства видов овощных культур в открытом грунте невозможно или резко ограничено [1, 5, 15].

Более 80 % территории Дальнего Востока относятся к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям с экстремальными или крайне экстремальными природно-климатическими условиями для сельхозпроизводства (преобладание отрица-

тельных среднегодовых температур, вечная мерзлота, переувлажнение значительной части сельскохозяйственных земель, гористый рельеф). Возможности использования огромных территорий Дальнего Востока для сельскохозяйственной отрасли экономики, наиболее требовательной к климатическим условиям, лимитируются на большей его части низким уровнем теплообеспеченности.

Холодный, резко континентальный климат, вечная мерзлота, возврат холодов, засухи или переувлажнение делают коротким вегетационный период сельскохозяйственных растений. Большой ущерб урожаю наносят сильный ветер (15 м/с), пыльные бури и суховеи. Следствием этого являются неурожайные годы и рискованность земледелия и растениеводства.

Сильная расчленённость рельефа, значительная эрозионная и дефляционная опасность земель приводят к развитию процессов водной эрозии на Дальнем Востоке. Эрозионные процессы усиливаются в результате сельскохозяйственной деятельности.

В целом сельское хозяйство большей части территории Дальнего Востока развивается в сложных природных условиях. Почвы здесь характеризуются низким естественным плодородием в сравнении, например, с европейскими регионами России. К тому же южные регионы, фактически основные сельскохозяйственные территории Дальнего Востока, часто подвержены или засухам, как правило, в первой половине вегетационного периода, или переувлажнению в период муссонных дождей во время уборки урожая.

В то же время на Дальнем Востоке находятся богатейшие воспроизводимые природные почвенные и растительные ресурсы, в т. ч. кормовые. Следовательно, имеются резервы для развития кормовой базы и животноводства.

Установленные закономерности являются необходимой информационной основой для создания устойчивого сельского хозяйства, рационального природопользования и защиты окружающей среды в регионе.

Заключение. По данным агроландшафтно-экологического районирования Дальнего Востока разработана база данных по земельным угодьям, дана характеристика пространственного распределения биологических и экологических закономерностей агроэкосистем для создания устойчивого сельского хозяйства, рационального природопользования и защиты окружающей среды в регионе.

Для большей части территории Дальневосточного природно-экономического района характерно наличие ряда неустраиваемых природных факторов, негативных процессов, что является риском для развития растениеводства и земледелия.

Рискованность земледелия и растениеводства и неурожайные годы определяется природно-климатическими условиями региона, коротким вегетационным периодом сельскохозяйственных растений и развитием эрозионных процессов, которые усиливаются в результате сельскохозяйственной деятельности. С другой стороны, богатейшие воспроизводимые природные почвенные и растительные ресурсы провинции, в т. ч. кормовые, являются перспективными для устойчивого развития животноводства.

Установлено, что площадь оленьих пастбищ Дальнего Востока в 23 раза больше площади сельскохозяйственных угодий.

Благодарности и источники финансирования. Статья подготовлена в рамках темы FGGW-2022-0005 государственного задания № 075-01191-22-00 ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»

ЛИТЕРАТУРА

1. Асеева Т.А., Киселёв Е.П., Сухомиров Г.И. Сельское хозяйство Дальнего Востока: условия, проблемы и потенциал развития / Под ред. Н.Е. Антоновой; Институт экономических исследований ДВО РАН, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства ХФИЦ ДВО РАН. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2020. 162 с.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году. М.: Росреестр, 2021. 197 с.
3. Жариков Е.П. Сельское хозяйство – локомотив экономики // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2016. № 3. С. 88–102.
4. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации / Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Шчипихина Л.С. Масштаб 1:2 500 000 / Москва, 2013. 16 л.
5. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России. М.: РАН, 2018. 132 с.
6. Кочуров Б.И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). М.: ИГ РАН, 1997. 132 с.
7. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ, 2011. 632 с.
8. Николаев В.А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. С. 4–57.
9. Почвенно-экологическое районирование РФ / Единый государственный реестр почвенных ресурсов России (<http://egrpr.soil.msu.ru/egrpr.php?show=REG>).
10. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А.Н. Каштанова. М.: Колос, 1983. 336 с.
11. Природные кормовые угодья Российской Федерации и сопредельных государств. Карта. 1:4 000 000. М.: ФСГК, 2001. 4 л.
12. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Стат. сб. М.: Росстат, 2018.
13. Романов М.Т., Степанько А.А. Динамика территориальных структур сельского хозяйства Дальнего Востока России // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 1 (45). С. 133–143.
14. Урусевская И.С., Алябина И.О., Шоба С.А. Почвенно-географическое районирование как научное направление и основа рационального землепользования // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1020–1035.
15. Эколого-географическая карта Российской Федерации. 1:4 000 000. М.: ФСГК, 1996. 4 л.

REFERENCES

1. Aseeva, T.A., Kiselev, E.P., Sukhomirov, G.I. *Agriculture of the Far East: conditions, problems and development potential* (Khabarovsk: IEI DVO RAN, 2020) (in Russian).
2. *State (National) report on the status and use of lands in the Russian Federation in the year 2020* (Moscow: Rosreestr, 2021) (in Russian).
3. Zharikov, E.P., “Agriculture is the locomotive of the economy”, *Aziatsko-Tikhookeanskii region: ekonomika, politika, pravo* [Asia-Pacific region: economics, politics, law] 3, 88–102 (2016) (in Russian).
4. Urusevskaya, I.S., Alyabina, I.O., Vinyukova, V.P., Vostokova, L.B., Dorofeeva, E.I., Shoba, S.A., Shchipikhina, L.S., *Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation, Scale 1:250 000* (Moscow, 2013) (in Russian).

5. Kosolapov, V.M., Trofimov, I.A., Trofimova, L.S., Yakovleva, E.P., *Rational nature management and fodder production in Russian agriculture* (Moscow: RAS, 2018) (in Russian).
6. Kochurov, B.I., *Geography of environmental situations* (ecological diagnostics of territories) (Moscow: IG RAS, 1997) (in Russian).
7. Shoba, S.A., et al. (eds.), *National Soil Atlas of Russian Federation* (Moscow: Astrel, 2011) (in Russian).
8. Nikolaev, V.A., “Fundamentals of the doctrine of agrolandscapes”, in *Agrolandscape research. Methodology, technique, regional problems* (Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta, 1992), 4–57 (in Russian).
9. *Soil-ecological zoning of the Russian Federation / Unified State Register of Soil Resources of Russia* (<http://egrpr.soil.msu.ru/egrpr.php?show=REG>) (in Russian).
10. Kashtanov, A.N. (ed.), *Natural-agricultural zoning and the use of the land fund of the USSR* (Moscow: Kolos, 1983) (in Russian).
11. *Natural fodder lands of the Russian Federation and neighboring states. Map, 1:4 000 000* (Moscow: FSGC, 2001) (in Russian).
12. *Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2018: Stat. comp.* (Moscow: Rosstat, 2018) (in Russian).
13. Romanov, M.T., Stepanko, A.A., “Dynamics of territorial structures of agriculture in the Far East of Russia”, *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik* [Far Eastern Agrarian Bulletin] **1** (45), 133–143 (2018) (in Russian).
14. Urusevskaya, I.S., Alyabina, I.O., Shoba, S.A., “Soil-geographical zoning as a scientific direction and the basis of rational land use”, *Pochvovedeniye* [Soil Science] **9**, 1020–1035 (2015) (in Russian).
15. *Ecological and geographical map of the Russian Federation. 1:4 000 000* (Moscow: FSGC, 1996) (in Russian).

УДК 314

DOI 10.29003/m3028.0514-7468.2022_44_2/202-212

ДИНАМИКА НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ, МЕХАНИЗМЫ, ВЫЗОВЫ, ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ

В.В. Снакин*

Представлена попытка в первом приближении сопоставить природные закономерности динамики численности популяций биологических видов с динамикой народонаселения планеты. Рассмотрены социальные факторы и механизмы воспроизводства народонаселения различных регионов. Обсуждаются возможности регулирования численности народонаселения и эффективность демографической политики. Подчёркивается, что развитие в ходе эволюции живого механизмы адаптации к меняющимся условиям окружающей среды проявляются в общемировой тенденции снижения рождаемости в силу приближающейся критической плотности населения и ограниченности ресурсов биосферы.

Ключевые слова: динамика численности биологических видов, динамика народонаселения, стратегия размножения, демографический переход, депопуляция, старение населения, миграция населения, демографическая политика

Ссылка для цитирования: Снакин В.В. Динамика народонаселения: закономерности, механизмы, вызовы, возможности регулирования // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 202–212. DOI: 10.29003/m3028.0514-7468.2022_44_2/202-212.

Поступила 25.04.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

POPULATION DYNAMICS: PATTERNS, MECHANISMS, CHALLENGES, REGULATION OPPORTUNITIES

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

*Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum),
Institute of Fundamental Problems of Biology RAS*

The article presents an attempt to compare, in a first approximation, the natural patterns of the dynamics of the number of populations of biological species with the dynamics of the human population. Social factors and mechanisms of population reproduction in various regions are considered. The possibilities of population regulation and the effectiveness of state demographic policies are discussed. The study emphasizes the mechanisms of self-defense developed in the course of evolution and manifest in the global trend of declining fertility, due to the approach of critical population density, and in view of limited biospheric resources.

Keywords: dynamics of the human population, animal population dynamics, reproduction strategy, demographic transition, depopulation, population aging, population migration, demographic policy.

For citation: Snakin, V.V., "Population Dynamics: Patterns, Mechanisms, Challenges, Regulation Opportunities", *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, 44 (2), 202–212 (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3028.0514-7468.2022_44_2/202-212.

Введение. Важным фактором формирования стратегии развития региона является анализ динамики его народонаселения и формирование демографической поли-

* Снакин Валерий Викторович – д.б.н., проф., Музей землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Институт фундаментальных проблем биологии РАН, snakin@mail.ru.

тики, целью которой является регулирование процессов воспроизводства населения в желательном для региона направлении. Для формирования научно обоснованной эффективной демографической политики важно понять механизмы природной динамики численности биологических видов и, в частности, человеческой популяции. В изучении демографической ситуации в мире и в отдельно взятых регионах отмечаются существенные достижения, хотя сущность многих демографических процессов, как правило имеющих глубокую природную составляющую, во многом остаётся неясной, а, главное, не понимаемой широкими слоями населения. В данной работе предпринята попытка проанализировать имеющиеся данные о закономерностях динамики численности природных популяций и их приложения к динамике народонаселения.

Закономерности динамики популяций биологических видов. В общем виде можно утверждать, что целью развития любого биологического вида является более эффективное использование природных ресурсов и преобразование окружающей среды в благоприятном для вида направлении. При этом рост численности вида обусловлен наличием ресурсной базы и условиями выживания. В силу нестабильности постоянно меняющихся факторов среды для всех видов характерны т.н. *популяционные волны* (по Н.Н. Тимофееву-Ресовскому), или *волны жизни* (по С.С. Четверикову), имеющие определённое эволюционное значение, поскольку при резком сокращении численности и дальнейшем её восстановлении изменяются частоты генов, а значит и генофонд. При резких изменениях условий жизни некоторые виды испытывают т. н. *эффект бутылочного горлышка* – одну из форм популяционных волн, когда вследствие резкого уменьшения численности популяции происходит сокращение генофонда с последующим восстановлением.

На разных этапах эволюции вида его *стратегия размножения* изменяется. При этом различают *r-стратегию* – высокую способность к репродукции при отсутствии заботы о потомстве, и *K-стратегию* – низкую скорость репродукции при высокой степени заботы о потомстве. Концепция r- и K-отбора – схема смены стратегии на примере островных популяций – была предложена американскими зоологами Робертом Мак-Артуром и Э. Уилсоном [8]. K-отбор благоприятствует более эффективному использованию ресурсов, например пищевых, и характерен для развитых сообществ; r-отбор благоприятствует более высоким темпам роста популяции и высокой продуктивности; это ведущая форма при освоении новых территорий, у пионерных сообществ, при ухудшении условий окружающей среды. Между этими видами отбора имеется фундаментальное отличие. На самых ранних стадиях заселения территории доминирует r-отбор; большинство видов, занимающих стабильные биотопы, при достижении ими максимальных размеров популяции имеют тенденцию к снижению r-отбора. Одновременно существует тенденция к росту K-отбора благодаря более тонкой адаптации к локальным условиям, а также *ускорению передачи наследственной информации не столько на генетическом уровне, сколько на социальном* в силу большей длительности воспитания потомства. Относительное количество видов с r- и K-отбором будет определяться стабильностью локальной среды обитания. В периоды с неблагоприятными условиями преимущество вновь получает r-отбор.

Ещё одним важным фактором динамики численности популяции является её плотность. Замечательные опыты американского этолога и психолога Дж. Кэлхуна [7], называемые часто «мышинным раем», показали, что при полном обеспечении пищей и безопасных санитарно-гигиенических условиях высокая скученность мышинных и крысиных популяций приводила к т. н. «поведенческой клоаке» (*Behavioral sink* – агрессивность

в отношении самок друг к другу и потомству, пансексуальность, гомосексуальность и асексуальность у самцов и т. п.), что при изначальном росте популяции вело к снижению численности, а в итоге к гибели популяции. Кэлхун описал распад популяции как «смерть в квадрате» («первую смерть», смерть духа, мыши переживали ещё при жизни) и считал, что не существует логических причин, по которым наблюдаемые в его экспериментах социальные эффекты не могут произойти в человеческом обществе.

Закономерности численности человеческой популяции. На первых стадиях развития динамика популяции человека определялась теми же закономерностями, что и у других биологических видов, прежде всего у животных.

Однако человек смог пойти дальше других представителей животного мира в стремлении к независимости от природных условий и существенно расширил свою пищевую базу в эпоху позднейшего каменного века (неолита, ок. 10 тыс. лет назад), когда перешёл от присваивающего хозяйства (собирательство, охота, рыболовство) к новым формам получения продуктов путём их производства (скотоводство, земледелие – к так называемой производящей экономике). Эффект от этой неолитической революции был многократно превзойдён во времена научно-технической революции XX века – периода качественного преобразования производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор развития общества. Таким образом, человек практически освободился от фактора обеспеченности пищевыми и иными ресурсами как регулятора численности народонаселения (хотя ещё во многих регионах фактор недоедания имеет место, но это уже в силу, как правило, не экономических возможностей, а социально-политических причин).

Исторически проблема динамики народонаселения обострилась вместе с появлением государств, существование которых было напрямую связано с благополучием и ростом населения. При этом дискуссии по проблемам демографической политики государств ведутся с древних времён. Так, древнегреческий философ Платон (~428–347 до н. э.) утверждал, что рост населения государства не всегда позитивен, так как он заставляет людей мигрировать. Согласно теории английского священника, демографа и экономиста Томаса Р. Мальтуса (Thomas Robert Malthus, 1766–1834) неконтролируемый рост народонаселения может приводить к снижению благосостояния и массовому голоду.

При неуклонном росте численности человеческой популяции на Земле с древних веков до нашего времени динамика народонаселения различных регионов была самой разнообразной. Огромную роль в регуляции численности регионов играли нехватка продуктов (голод, недоедание), эпидемии, войны, геноцид населения со стороны соседних или собственных государств, природные катаклизмы. Большинство из указанных факторов в силу развития человеческой цивилизации в настоящее время перестали играть решающую роль.

Согласно расчётам С.П. Капицы [2], до XXI века скорость роста народонаселения была обратно пропорциональна квадрату численности населения; причём эту закономерность нельзя применять к масштабам отдельных стран, что косвенно является свидетельством *единства населения Земли* как системы.

Начиная с XX века закономерности динамики народонаселения стали принципиально меняться. Стремительный рост народонаселения с ускорением (*демографический взрыв*: за XX век численность человечества возросла почти в 4 раза: с 1,65 до 6,06 млрд) сменился т. н. *демографическим переходом*, когда скорость прироста численности населения стала неуклонно снижаться. Первыми демографический переход во второй половине XX века пережили развитые государства (Швеция, Германия, Россия

и др.), уровень населения которых к настоящему времени в значительной мере поддерживается за счёт миграции из других стран.

Развивающиеся государства показывают такую же тенденцию. Считается, что в среднем демографический переход для всего народонаселения приурочен к границе XX–XXI века. Причиной такого перехода можно считать отмеченную выше у животных закономерность в смене стратегий размножения видов, когда и в человеческом обществе высокую способность к репродукции при невысокой степени заботы о потомстве (r-стратегию) заменила K-стратегия – низкая скорость репродукции при принципиально возросшей степени заботы о потомстве. Существенно вырос период обучения профессии у молодёжи, а современные, как правило, малодетные родители проявляют заботу о потомках часто до солидного возраста последних.

С одной стороны, демографический переход ведёт к стабилизации и в последующем может даже привести к уменьшению численности народонаселения Земли, таким образом как бы способствуя снижению давления человека на биосферу, уменьшению экологической напряжённости.

С другой стороны, неравномерный рост населения в разных странах ведёт к ряду негативных последствий: нехватке рабочих рук, изменению соотношения населения разных стран, росту миграции, национальным, расовым и религиозным конфликтам, «старению населения» и др.

При сохранении в дальнейшем сокращения прироста населения речь может идти о *депопуляции* во многих ведущих странах мира. Высокий уровень депопуляции отмечается в России и в целом ряде других государств: в Литве, Латвии, Эстонии, Украине, Белоруссии, Польше, Венгрии, Болгарии и мн. др. Предположительно, к 2300 г. на Земле будет столько же людей, сколько было в середине XX века – 2,5 млрд человек.

В качестве одной из важных особенностей ситуации с современным народонаселением отмечают т. н. *демографическое старение населения*. Под этим термином понимают процесс увеличения доли пожилых людей в общей численности населения в результате роста продолжительности жизни и изменений в характере и соотношении рождаемости и смертности населения, а также эмиграции молодёжи. По оценкам ООН, население мира в возрасте 60 лет и старше насчитывало в 2000 г. 600 млн человек, что почти втрое превышало численность этой возрастной группы в 1950 г. (205 млн); в 2009 г. она превысила 737 млн, а к 2050 г. составит более 2 млрд человек. Если в 2009 г. удельный вес населения старше 60 лет в среднем по миру составлял 10,8 % (минимальный в Катаре и ОАЭ – 1,9 %, а максимальный в Японии – 29,7 %), то по прогнозам в 2050 г. составит 22 %. Первыми ощутили старение населения развитые страны; к настоящему времени этот процесс охватил весь мир и оценивается как серьёзная экономическая проблема. Но в то же время этот процесс имеет и положительные стороны: рост продолжительности жизни стабилизирует численность населения в условиях снижения рождаемости; фактически увеличивается доля работоспособного населения, поскольку этот рост происходит за счёт улучшения здоровья.

Ещё одним важным демографическим аспектом является *миграция населения* – перемещение населения из одного региона в другой. Причины могут быть социальными, политическими, экологическими (например, вследствие изменения климата, засухи), этнокультурными и т. п. С одной стороны, миграция населения может возмещать естественную убыль населения страны (депопуляцию), с другой, – создаёт проблемы как для стран, переживающих массовый выезд, так и для тех мест, куда они направляются («утечка мозгов», проблемы ассимиляции с местным населением, изменение

демографической структуры и др.). Миграция населения характеризуется неравномерностью (т. н. закон неравномерности эволюции) и является яркой иллюстрацией *давления жизни*. Современные процессы *глобализации* облегчают и ускоряют миграцию населения, как впрочем и миграцию других биологических видов, особенно животных. Характерным современным примером в этом отношении является бегство населения с территории Украины вследствие многолетнего притеснения русскоязычных и военного конфликта (по некоторым оценкам, до четверти всех граждан страны).

Ещё одним аспектом миграции населения является переток высококвалифицированных специалистов в поисках лучшего приложения своих способностей. Так, Россия последнюю сотню лет являлась поставщиком образованных кадров для стран Запада. Продолжается этот процесс и сейчас. При этом остродефицитные для страны специалисты в области IT-технологий предпочитают находить работу за рубежом. А от развития и внедрения технологий искусственного интеллекта зависит так важное в условиях дефицита населения высвобождение рабочих рук. И это только один пример. Необходимо предпринять комплекс мер для того, чтобы работа в родной стране становилась более привлекательной. И это касается не только уровня зарплаты, но в целом ситуации с комфортными условиями жизни, как материальными, так и духовными, от качества жизни.

Социальные факторы в динамике народонаселения. Из всех представителей животного мира человек – самый социальный вид. Поэтому основной процесс в динамике народонаселения – деторождение – не столько биологическое, сколько социальное явление.

Материальные факторы при всей их важности оказываются не решающими при принятии решения о рождении ребёнка. Напротив, наши расчёты взаимосвязи рождаемости с различными факторами [4] показали, прежде всего, достоверную отрицательную связь с материальным положением (коэффициент корреляции с ВВП на душу населения – $-0,70$). Действительно, отмечаемая в развитых странах депопуляция происходит на фоне растущего благосостояния населения.

При этом решение о деторождении в значительной степени принимается на *подсознательном уровне*. Так, отношения рождаемости и степени удовлетворения сексуальной жизнью показывают явное наличие положительной связи (коэффициент корреляции – $+0,59$) [4, 5, с. 370]. В полном соответствии с изречением замечательного писателя М. Булгакова («разруха не в клозетах, а в головах»), решение о деторождении, прежде всего, принимается «головой». Но это решение может быть на уровне инстинкта, подсознания (некий природный элемент), а может быть на основании приобретённого опыта, прогноза изменения качества жизни, знаний, убеждений¹, в т. ч. религиозных.

Подсознательный аспект обусловлен природными (генетическими, физиологическими) свойствами организма. В какой-то мере этот аспект сродни реакции некоторых грызунов, у беременных самок которых при нехватке питания происходит внутриутробное рассасывание плода. Как и в случае описанных выше опытов Д. Кэлхуна с животными, скученность населения в больших городах порождает отклонения в психосоциальном, включая половое, поведении. При этом также развиваются, а порой даже рекламируются разные формы девиантного поведения: асексуальность, пансексуальность, гомосексуальность. Растёт популярность метросексуальности, борьбы за равноправие полов и т. п. Все эти формы поведения отрицательно сказываются на показателе рождаемости.

¹ В данном случае не рассматривается ситуация, связанная с отклонениями в здоровье.

Создаётся также впечатление, что негативные явления (скупенность населения, загрязнение природы и т. п.), а порой просто негативная трактовка явлений окружающей жизни типа чрезмерного экологического алармизма о скором «конце света», исподволь воздействуют на психику людей и отрицательно влияют на решение о рождении ребёнка.

Особо следует выделить явление, известное как *чайлдфри* (от англ. *childfree* – свободный от детей), под которым понимают субкультуру и идеологию, характеризующуюся осознанным нежеланием иметь детей (в отличие от людей, не имеющих возможности иметь детей по медицинским или иным показателям) в пользу личной свободы. При этом утверждается, что отсутствие детей есть привилегия развитого социума. Этот термин возник в 1970-е гг. в США, где в настоящее время насчитывается более 40 организаций, объединяющих сторонников движения. В социальных сетях России также имеются открытые и закрытые группы, исповедующие чайлдфри в противовес людям с традиционными взглядами на семью. Проявляемый в условиях высокого уровня материального обеспечения феномен чайлдфри в эволюционном аспекте является одним из возможных способов снижения рождаемости.

В противовес чайлдфри позитивное влияние на рождаемость, несмотря на некоторую дискуссионность, приобретает развитие репродуктивных технологий (искусственного оплодотворения и т. п.), благодаря которым люди получают возможность иметь детей в ранее невозможных ситуациях.

Заметим ещё раз, что падение рождаемости связано не только с экономическим прогрессом, но с ростом образования и с *борьбой за гендерное равенство*. Активизировавшийся в последнее столетие феминизм связан не только с феминизацией, но и маскулинизацией, то есть изменением некоторых функций мужских и женских особей, своего рода сближением мужского и женского начал. Ряд исследователей [9] отмечает благодаря этому снижение уровня жестокости в человеческом обществе, обусловленное также усилениями власти и закона в этом направлении и снижением степени конкуренции в обществе.

Следует отметить тонкую грань и порой противоположное воздействие на репродуктивность между осознанной и подсознательной психикой. Так, сознание опасности во время войн ведёт, как известно, к повышению рождаемости (и именно мальчиков), а неуверенность в завтрашнем дне в мирное время, наоборот, ведёт к откладыванию деторождения.

Динамика народонаселения в различных регионах мира. Если говорить о динамике народонаселения в мире, то по имеющимся прогнозам ситуация с депопуляцией ожидает весь мир (рис. 1). По оценкам ООН, в целом по миру суммарная рождаемость снизилась примерно с 5 детей на женщину в середине прошлого века до 2,4 в 2020 г. По прогнозным оценкам, суммарная рождаемость продолжит снижаться, но до начала 2060-х гг. будет превышать условный уровень простого замещения поколений – 2,1.

Национальные традиции и демографическая политика (там, где она есть) в *разных регионах мира* существенно различаются. Как правило, в развитых странах политика направлена на стимулирование рождаемости. Однако анализ имеющихся прогнозов изменения численности населения в разных странах (рис. 2) показывает принципиально различную картину. Большая часть стран (из приведенных на рисунке – Россия, Китай, Индия, Польша, Германия) находится в стадии перехода к депопуляции, в то время как для большей части развивающихся стран (на рисунке – Нигерия, Центральная Азия), а также для США и Великобритании прогнозируется устойчивый рост численности насе-

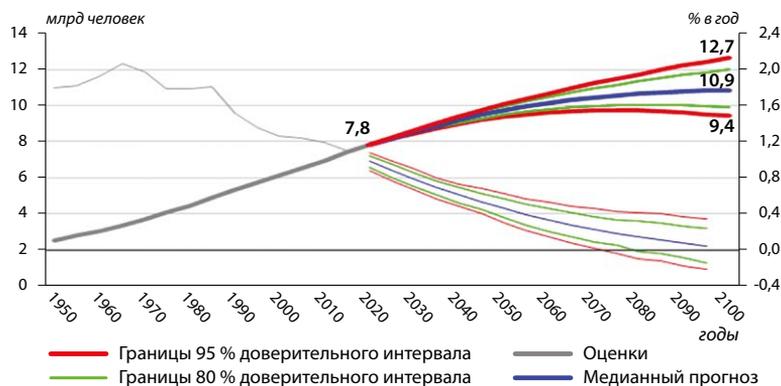


Рис. 1. Численность населения мира (миллиарды человек на середину года) и среднегодовые темпы прироста (% в год по пятилетиям) по оценкам и вероятностным прогнозам ООН 2019 г., 1950–2100 гг. [6].

Fig. 1. World population (billions at midyear) and average annual growth rate (% per year by quinquennium) by UN 2019 estimates and probabilistic projections, 1950–2100 [6].

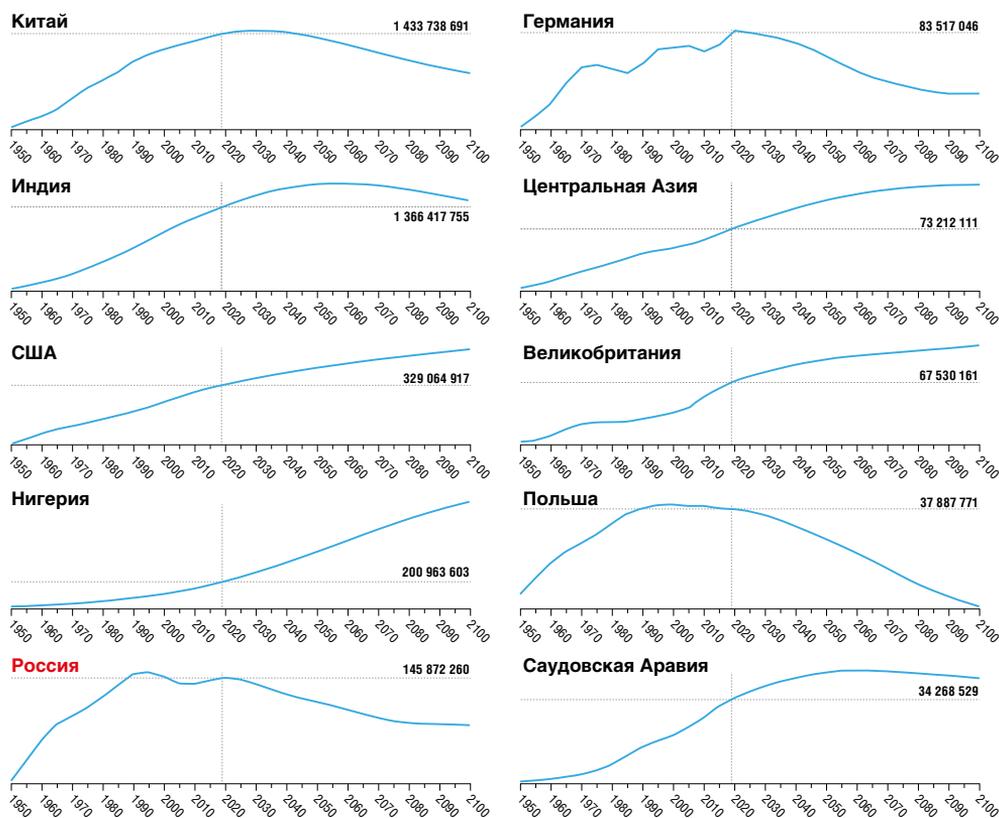


Рис. 2. Динамика до 2019 г. и прогноз численности населения для различных регионов мира (по [10]).

Fig. 2. Dynamics up to 2019 and population forecast in various regions of the world (based on [10]).

ления. В чём причина такого различия? Очевидно, что ситуация в развивающихся странах (особенно в Африке) описывается пока закономерностями расточительной r-стратегии, характерной для начальных этапов эволюции, в условиях низкого уровня жизни. Но в чём причина феномена Великобритании и США? По всей вероятности, вследствие национальной традиции уважения семейных ценностей, большей уверенности в завтрашнем дне и значительной миграции населения из других регионов мира благодаря привлекательности высокого уровня жизни и стабильности.

Сложившаяся к настоящему времени в России драматическая ситуация с соотношением рождаемости и смертности (т. н. «демографический крест») даёт основание говорить о депопуляции в отношении народонаселения страны: если во время переписи населения 2002 г. насчитывалось 145,2 млн жителей, то на 01.01.2005 – 142,8 млн. Согласно предварительным данным переписи населения, по состоянию на 1 октября 2021 г. учтено 147,2 млн человек, постоянно проживающих в России, что на 2,05 млн человек больше в сравнении с переписью 2010 г. за счёт миграционного прироста и присоединения Крыма. Примерно к 2050 г. численности молодёжи и старшего поколения сравняются. В значительной мере это объясняется резким снижением рождаемости, а также последствиями Второй мировой войны (т. н. «второе эхо» войны) и репрессиями социалистического периода, без которых численность населения России в 2002 г. составила бы 258 млн человек [1]. Убыль населения России в некоторой степени возмещается миграционным приростом, составившим за 1992–2008 гг. 6 млн человек (47 % естественной убыли)².

Ситуация в России существенно отличается, например, от динамики народонаселения США, не имевших больших потерь населения за последнее столетие, испытывавших большой приток мигрантов со всего мира и в своё время активно рекламировавших успех в жизни многодетных семей.

Анализ ситуации в *различных регионах России* с точки зрения воспроизводства населения показывает, что выше уровня простого воспроизводства (2,1 рождений на одну женщину) рождаемость наблюдается только в небольших по численности населения муниципалитетах (преимущественно слабо урбанизированные периферийные территории) (рис. 3).

Только 10,6 % населения России проживает в муниципалитетах, где оценка коэффициента суммарной рождаемости выше уровня простого воспроизводства. Почти 2/3 населения проживает на территориях, где коэффициент суммарной рождаемости ниже среднего для России (1,58 рождений на одну женщину). Если на уровне регионов максимальное значение находится на уровне 2,7 рождений на одну женщину (Тува), то на муниципальном уровне обнаруживаются гораздо более полярные значения, сравнимые с некоторыми странами Африки южнее Сахары [3].

Возможности регулирования воспроизводства народонаселения. Демографическая политика, или политика в области народонаселения представляет собой целенаправленную деятельность государственных органов и иных социальных институтов в сфере регулирования процессов воспроизводства населения в желательном для себя направлении – достижении демографического оптимума.

Среди демографических мер государственной политики в области народонаселения различаются как меры стимулирования рождаемости, так и, напротив, репрессив-

² Следует заметить, что в Российскую Федерацию мигрирует преимущественно из стран ближнего зарубежья русскоязычное население (по сути, это реэмиграция), отличающееся низким коэффициентом воспроизводства. Последнее обстоятельство отличает миграцию в РФ от миграции, например, в США, Великобританию и ряд других стран.



Рис. 3. Оценка коэффициента суммарной рождаемости для групп муниципалитетов РФ по населению, рождений на 1 женщину в возрасте 15–49 лет, 2018 [3].

Fig. 3. Estimation of the total fertility rate for groups of municipalities of the Russian Federation ranked by population, births per woman aged 15–49, 2018 [3].

ные, ограничивающие рождаемость³, как было в Китае в 1979–2015 гг. в период реализации политики «одна семья – один ребёнок».

Среди направлений стимулирования рождаемости выделяют: государственную помощь семьям с детьми, создание оптимальных условий для совмещения профессиональной деятельности с выполнением семейных обязанностей, улучшение качества жизни, регулирование миграции населения и др.

История демографической политики свидетельствует, что она была слабым инструментом и не влияла решающим образом на воспроизводство населения. Создаётся впечатление, что естественные эволюционные процессы, регулирующие рождаемость, эмоциональный, психологический настрой населения являются более действенными факторами в динамике населения Земли. Вклад усилий правительств отдельных стран по регулированию численности населения (стимулирование рождаемости или, напротив, мероприятия по её сокращению) оценивается всего лишь 8–15% в общем процессе изменения численности людей. При этом ряд мер (таких как запрет абортов или т. н. «материнский капитал») не меняют ситуацию кардинально, а лишь несколько изменяют динамику народонаселения, делают её неравномерной (ускоряют или откладывают рождение ребёнка).

Так, результаты упомянутой выше политики правительства Китая по ограничению рождаемости оцениваются неоднозначно. Динамика роста населения Китая и России имеет односторонний характер (см. рис. 2), хотя в России проводились меры по стимулированию рождаемости.

В 2015 г. в Китае было официально объявлено, что политика «одна семья – один ребёнок» будет отменена в будущем и количество допустимых для любых семей детей будет увеличено до 2; соответствующие поправки в Закон о населении и планировании семьи вступили в силу с 01.01.2016. В качестве результата этого решения ожидалось появление до 3 млн детей дополнительно каждый год. Однако практика показала обратное: в 2014 г. в Китае родилось около 17 млн детей; показатель рождаемости за 2021 г. составляет лишь около 18 млн новорождённых, а в 2019 г. зафиксирована самая низкая рождаемость за всю историю страны – менее 15 млн детей.

³ Здесь не рассматривается преступная политика государственного геноцида к собственному населению или населению соседних регионов, как было в Камбодже, в Уганде и ряде других стран. В силу этого в отдельных регионах возможны существенные колебания численности населения, обусловленные деятельностью правительств: репрессии сталинского режима в СССР – ок. 0,8 млн расстрелянных и более 4 млн репрессированных; массовое убийство в Руанде племени тутси в 1994 г. по приказу правительства хуту – от 0,5 до 1 млн убитых; геноцид режима «красных кхмеров» в Камбодже – от 1,7 до 3,0 млн погибших и др.

Заключение. Анализ динамики народонаселения на земном шаре показывает сходство во многих чертах с динамикой численности популяций биологических видов, прежде всего животных. При этом более развитая социальность и всюдность человечества накладывают особенности на эту динамику, что сильнее всего отражается в региональном аспекте. Становится всё более очевидным, что развитые в ходе эволюции живого механизмы самозащиты проявляются в общемировой тенденции снижения рождаемости в силу приближающейся критической плотности населения и ограниченности ресурсов биосферы.

Важнейшим практическим вопросом рассматриваемой проблемы представляется вопрос о направлении и эффективности демографической политики в конкретных регионах и в мире в целом. В какой степени возможно антропогенное регулирование? Можно ли считать особенности мирового устройства такой регуляцией? Что показывает опыт мононациональности Польши, опыт полинациональности США, опыт китаизации Китая (единство языка, несмотря на языковые и иные различия)? При этом наличие различных моделей государственного (национального) развития – это как раз способ выработать лучший путь для будущего наиболее эффективного обустройства человечества.

При всей сложности и разнозначности для разных регионов направлений успешной (в смысле поддержания оптимальной численности населения) демографической политики, можно говорить о некоторых общих направлениях такой политики с учётом региональных особенностей населения.

Важно *поддерживать позитивный психологический настрой населения*, вселяя уверенность в завтрашнем дне. О проблемах в этой области говорит один из самых высоких в мире показателей самоубийств среди мужского населения нашей страны. Последнее обстоятельство – явное свидетельство важности психологического фактора в демографической проблематике, поскольку удовлетворение условиями и внешними (общественными), и внутренними (семейными, личностными) – существеннейший фактор продолжения и жизни, и рода! Мировой опыт показывает эффективность внедрения в сознание граждан положительного образа большой крепкой семьи.

Необходимо *повышать экологическую грамотность населения*, лишённую необоснованного алармизма, на основе позитивного отношении к окружающей среде и современных научных знаний. Важно избегать пропаганды фейков о скором конце света, гибели человеческой цивилизации вследствие чрезвычайной нагрузки на окружающую среду, что вызывает состояние неуверенности в завтрашнем дне.

Необходимо развеивать «пророчества» о гибели наций, особенно европейских, включая Россию, на основе жонглирования коэффициентом размножения. Естественный процесс снижения рождаемости есть проявление природного (естественного) механизма регулирования нагрузки на биосферу.

Важным является *развитие медицины* для обеспечения здоровья населения, включая развитие репродуктивной медицины. События, связанные с пандемией ковид-19, показали, что несмотря на имеющиеся успехи в профилактике (практически разработана первая вакцина в мире) и лечении этого заболевания, доля смертности заболевших в России оказалась выше, чем во многих других странах.

Привлечение трудовых мигрантов на территории с недостаточной плотностью населения. Несмотря на некоторые неудобные моменты для коренного населения (разница в уровне культуры, религии, поведенческие проблемы), это в целом положительное явление как для экономики, так и для будущего страны, как показывает опыт России и США. Мононациональные регионы в этом смысле менее перспективны.

Необходимо стремиться к стабильному развитию человеческого потенциала и экономики, повышению качества жизни населения и качества населения, прежде всего его профессионального уровня. В этом смысле должны использоваться все возможные меры поощрения развития этого человеческого потенциала, даже при относительно невысокой их эффективности (материнский капитал, отпуск по уходу за детьми, пособия на воспитание детей, образовательные кредиты и т. п.).

Демографическая политика государства и его регионов должна выражаться в утверждении веры граждан в справедливость целей развития страны, уверенности в максимальности усилий правительства в достижение благополучия семьи и каждого отдельного гражданина, в уверенности благополучия завтрашнего дня, поскольку именно психологический фактор является основным при планировании семьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демоскоп Weekly: Еженедельник Ин-та демографии НИУ «Высшая школа экономики» / Под ред. А.Г. Вишневого. 2011–2012 (<http://demoscope.ru/weekly/>).
2. Капица С.П. Общая теория роста человечества: Сколько людей жило, живёт и будет жить на Земле. М.: Наука, 1999. 190 с.
3. Петросян А. Рождаемость в муниципальных образованиях регионов России в 2011–2019 гг. // Демографическое обозрение. Электр. научн. журнал. Т. 8, № 3. 2021. DOI: <https://doi.org/10.17323/demreview.v8i3.13266>.
4. Снакин В.В. Глобальные экологические процессы: реальности и теория // Глобалистика как область научных исследований и сфера преподавания. М.: ФГП МГУ, 2008. С. 242–264.
5. Снакин В.В. Экология, глобальные природные процессы и эволюция биосферы: Энциклопедический словарь. М.: МГУ, 2020. 528 с.
6. Щербакова Е. Рост населения и устойчивое развитие // Демоскоп Weekly. № 935–936. 2022.
7. Calhoun J. Death Squared: The Explosive Growth and Demise of a Mouse Population // Proc. roy. Soc. Med. 1973. V. 66 (2). P. 80–88.
8. MacArthur R., Wilson E.O. The theory of island biogeography. Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press, 1967. 203 p.
9. Pinker S. The Better Angels of Our Nature: Why Violence has Declined. New York: Viking, 2011.
10. Population Pyramids of the World from 1950 to 2100 (<https://www.populationpyrami.net/>).

REFERENCES

1. Vishnevsky, A.G. (ed), *Demoscope Weekly: Weekly of the Institute of Demography, Higher School of Economics* (2011–2012) (<http://demoscope.ru/weekly/>) (in Russian).
2. Kapitsa, S.P., *General theory of human growth: How many people lived, lives and will live on Earth* (Moscow: Nauka, 1999) (in Russian).
3. Petrosyan, A., “Birth rate in municipalities of Russian regions in 2011–2019”, *Demographic review. electr. scientific magazine* **8**, no 3 (2021). <https://doi.org/10.17323/demreview.v8i3.13266> (in Russian).
4. Snakin, V.V., “Global Ecological Processes: Realities and Theory”, *Globalistics as an area of the scientific research and teaching* (Moscow: FGP MGU, 2008) (in Russian).
5. Snakin, V.V., *Ecology, global natural processes and evolution of the biosphere: Encyclopedic Dictionary* (Moscow: MGU, 2020) (in Russian).
6. Shcherbakova, E., “Population growth and sustainable development”, *Demoscope Weekly* **935–36** (2022) (in Russian).
7. Calhoun, J., “Death Squared: The Explosive Growth and Demise of a Mouse Population”, *Proc. roy. soc. Med.* **66**, no 2, 80–88 (1973).
8. MacArthur, R., Wilson, E.O., *The theory of island biogeography* (Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press, 1967).
9. Pinker, S., *The Better Angels of Our Nature: Why Violence has Declined* (New York: Viking, 2011).
10. *Population Pyramids of the World from 1950 to 2100* (<https://www.populationpyrami.net/>).

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МУЗЕОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

УДК 75.047+908

DOI 10.29003/m3029.0514-7468.2022_44_2/213-227

ХУДОЖНИК ДАНИИЛ ЧЕРКЕС: ОТ ЮЖНЫХ МОРЕЙ ДО ПОЛЯРНОГО КРАЯ

Ю.И. Максимов, А.Б. Мамбетова*

В статье исследуется жизненный путь художника Даниила Яковлевича Черкеса (1899–1971), окончившего ВХУТЕМАС в 1923 г. Он работал художником-декоратором и монтировщиком сцены в Первом театре РСФСР под руководством В.Э. Мейерхольда, участвовал в создании первых советских мультфильмов для детей, создавал графические работы – портреты, зарисовки, а к середине 1930-х гг. серьёзно занялся станковой живописью. Во время войны он работал в «Окнах ТАСС». Художник мастерски отображал увиденное в путешествиях: южные и северные моря, архитектуру, величие дикой природы. В статье даны описания шести картин Д.Я. Черкеса на тему Крайнего Севера из собрания Музея земледования МГУ. Для создания этих картин художник в 1952–1954 гг. ездил в творческие командировки по заданию МГУ. В последующие годы Д.Я. Черкес продолжал поездки в Арктику, писал пейзажи Заполярья, а в 1965 г. опубликовал иллюстрированный путевой альбом «Экзотика обыденного. От Керчи до Геническа», написанный по впечатлениям от многочисленных посещений Крыма начиная с 1950 г.

Ключевые слова: Д.Я. Черкес, художник, живопись, Крайний Север, Крым, Кольский полуостров, Мурманск, Ленинград, Москва, Керчь.

Ссылка для цитирования: Максимов Ю.И., Мамбетова А.Б. Художник Даниил Черкес: от южных морей до полярного края // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 213–227. DOI: 10.29003/m3029.0514-7468.2022_44_2/213-227.

Поступила 05.04.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

SOVIET ARTIST DANIIL CHERKES: FROM THE SOUTHERN SEAS TO THE POLAR REGION

Yu.I. Maksimov¹, PhD, A.B. Mambetova²

¹Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum),

²Center for Additional Education in Dobroe village (Lipetsk Region)

* Максимов Юрий Игоревич – к.э.н., с.н.с. Музея земледования МГУ, deforestation75@mail.ru; Мамбетова Альфия Бекбулатовна – художник-педагог Центра дополнительного образования, с. Доброе, Липецкая область, agulata@mail.ru.

*The article explores the life of the Soviet artist Daniil Yakovlevich Cherkes (1899–1971). After graduating from the Vkhutemas (Higher Artistic and Technical Workshops) in 1923, he worked as a set painter and stage artist at the First Theater of the Russian Soviet Federative Socialist Republic under the direction of Vsevolod Meyerhold, taking part also in the creation of the first Soviet animated films, and working with graphic media. In the mid-1930s Cherkes started to improve his skills in easel painting. During the World War II, he made agitation posters for the Soviet news agency TASS. Daniil Cherkes traveled a lot and created many accomplished works of art inspired by northern and southern seas, urban architecture, and the grandeur of wild nature. The article discusses six of his Far North landscape paintings in the collection of the Earth Science Museum at Moscow State University. Cherkes created these paintings in 1952–1954 while taking part in trips organized by Moscow State University. He continued his trips to the Arctic and painted its landscapes in the years that followed. The illustrated travel album *The Exotic in the Ordinary: From Kerch to Heniches, published in 1965, was inspired by the painter's numerous journeys to Crimea after 1950.**

Keywords: D.Y. Cherkes, painter, artist, painting, the Far North, Crimea, the Kola Peninsula, Murmansk, Leningrad, Moscow, Kerch.

For citation: Maksimov, Yu. I., Mambetova, A. B., “Soviet Artist Daniil Cherkes: From the Southern Seas to the Polar Region,” *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 213–227 (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3029.0514-7468.2022_44_2/213-227.

Введение. В работе над экспозицией Музея землеведения МГУ в 1950-е гг. принимали участие не только учёные (более 700), но и свыше 200 художников под руководством Академии Художеств и Художественного фонда СССР. Была создана уникальная галерея ландшафтной живописи. В путеводителе «Музей землеведения МГУ», изданном в 1980 г., было подсчитано: «Над стендами расположено 256 природоведческих картин..., выполненных преимущественно с натуры» [11, с. 6]. Многие художники по заданию Музея выезжали в различные районы СССР. Сегодня список произведений живописи Музея насчитывает 267 работ [5].

Заметное место среди них занимают картины художника Даниила Яковлевича Черкеса (1899–1971). Все шесть его работ, представленных в коллекции ландшафтной живописи, посвящены Арктике и выполнены в строгом соответствии с музейными требованиями: объективно, масштабно отражают природные особенности местности, где написана картина. Каждая из них представляет не только художественный интерес, но и научный. Здесь можно увидеть и разнообразие природных условий, и масштабы хозяйственного освоения Заполярья в середине XX в. Цель статьи – привлечь внимание к удивительной судьбе Д.Я. Черкеса – прекрасного художника и замечательного человека.

При жизни Д.Я. Черкеса выпускались альбомы репродукций его картин [4], иллюстрированные путевые дневники [16], каталоги выставок, в которых он участвовал [2]. Но после его смерти в 1971 г. таких публикаций долго не было. Даже в третьем издании Большой Советской Энциклопедии не нашлось места для статьи, посвящённой Д.Я. Черкесу¹. Правда, его имя было упомянуто в энциклопедии «Маринисты» (2001) [7]. Дата рождения художника в книге указана, а дата смерти (09.06.1971) – нет. Да и биографическая справка дана в одном маленьком абзаце из семи строк. Лишь в 2021 г. был издан альбом «Ландшафтная живопись в Музее землеведения МГУ», где были опубликованы краткая биография и шесть репродукций картин Д.Я. Черкеса [5].

Имя художника в наше время мало знакомо любителям живописи, однако вклад его в отечественное искусство достаточно весом. Круг интересов Даниила Яковлевича был

¹ Том 29. Чаган – Экс-Ле-Бен. 1978 г.

настолько широк и разнообразен, что даже одной страницы его творческой биографии хватило бы на большую художественную жизнь. Он не боялся браться за новые жанры, осваивать разные профессии. Графика, театральные декорации, книжная иллюстрация, плакаты, мультипликация, станковая живопись – в каждой специальности он проявлял талант и трудолюбие. Задача данной статьи – составить список мультипликационных фильмов, в создании которых принимал участие Д.Я. Черкес, сделать научно-художественные описания его полотен из коллекции Музея землеведения, выявить и классифицировать основные направления творчества художника.

Детские годы и годы учёбы. Даниил Яковлевич Черкес родился в Москве 31 августа 1899 г. в семье известного юриста, предпринимателя, художника, коллекционера и знатока живописи Якова Исааковича Черкеса, друга художника И.С. Остроухова. Даниил рос и воспитывался в творческой атмосфере. Его первыми учителями, помимо непосредственных наставников, становились полотна великих мастеров, а особый трепет к творчеству А.А. Иванова Д.Я. Черкес пронёс через всю жизнь.

Вдумчивое, кропотливое изучение всего нового, а также любознательность и стремление к самосовершенствованию станут отличительными чертами этого целеустремлённого человека. Какие бы задачи он перед собой ни ставил – всегда добивался успеха, всё ему было интересно. Море, о котором Даниил мечтал с детства, вдохнуло в него желание совершать открытия в путешествиях, творить, общаться с людьми, смело браться за всё незнакомое.

В 1918 г. Даниил, оставив учёбу на кораблестроительном отделении Петроградского политехнического института, поступает в СГХМ – Свободные государственные художественные мастерские, с 1920 г. известные как ВХУТЕМАС – Высшие художественно-технические мастерские. Там он осваивает основы изобразительной грамоты под руководством С.В. Малютина, общается с П.Д. Коринным и В.Н. Яковлевым, изучает произведения Рембрандта. В 1919 г. Д.Я. Черкес уходит добровольцем в Красную Армию, а после демобилизации работает художником-декоратором и монтировщиком сцены в Первом театре РСФСР под руководством В.Э. Мейерхольда. Однако, как вспоминал театральный художник В.В. Дмитриев, работавший у Мейерхольда, «сам театр и весь состав театра не был приспособлен для мейерхольдовских постановок» [15, с. 499]. Не имел опыта подобной работы и Д.Я. Черкес. В 1922 г. он возвращается во ВХУТЕМАС, в мастерскую П.П. Кончаловского, где изучает реалистическое направление, несмотря на модные течения в искусстве тех неспокойных лет.

Работа в кино. В 1923 г. Д.Я. Черкес закончил учёбу и начал работать в издательствах «Музгиз» и «Молодая гвардия», совершенствуясь в создании плакатов, иллюстраций, быстрых графических зарисовок. С 1925 г. он – художник-постановщик и режиссёр анимационного кино на киностудии «Межрабпом-Русь» (ныне Центральная киностудия детских и юношеских фильмов имени М. Горького). Здесь Даниил Яковлевич с соратниками создаёт первые в СССР мультипликационные фильмы для детей (табл.). Несомненно, советских пионеров анимации, которые поначалу делали в основном небольшие агитационные «ожившие» плакаты, вдохновлял колоссальный опыт Голливуда, где мультфильмы создавались большими командами специалистов, в хорошо оборудованных студиях, при щедром финансировании. И всё-таки у советской мультипликации было своё «лицо», неповторимый авторский стиль.

Рисованный фильм Д.Я. Черкеса «Каток» по сей день остаётся уникальным образцом жанра, по которому учатся, как в анимации создавать максимум выразительности при минимуме средств. Простой чёрно-белый линейный мультфильм сделан настоль-

Таблица. Мультипликационные фильмы с участием Д.Я. Черкеса
(составлено авторами по данным С.С. Гинзбурга [1])

Table. Animated films with the participation of D.Y. Cherkes (based on S.S. Ginzburg [1])

Год	Название фильма	Киностудия	Тип фильма	Частей	Метров	Участие Д.Я. Черкеса
1927	«Каток»	Межрабпом-Руть	Графический мультфильм	1	181	Художник (в соавторстве с И. Ивановым-Вано)
1927	«Сенька-африканец» («Крокодил Крокодилович»)	Межрабпом-Руть	Графический мультфильм и натурный фильм	2	700	Сценарист (в соавторстве с Я. Уриновым), режиссёр-художник в соавторстве с И. Ивановым-Вано и Ю. Меркуловым
1929	«Агитка Первого мая»	Межрабпом-фильм	Графический мультфильм	1	200	Режиссёр-художник (в соавторстве с А. Барщом)
1929	«Книжная полка»	Межрабпом-фильм	Графический мультфильм	1	250	Режиссёр
1929	«Похождения Мюнхгаузена»	Межрабпом-фильм	Графический мультфильм	2	600	Сценарист, режиссёр, художник-мультипликатор (в соавторстве с И. Ивановым-Вано, В. Сутеевым, В. Валериановой)
1929	«Капкан» (в составе Сборной экспериментальной программы короткометражных фильмов)	Госвоеникино	Графический мультфильм	Режиссёр и художник-мультипликатор (в соавторстве с А. Ивановым, Н. Жилинским, Н. Воиновым)
1933	«Органчик»	Московская фабрика «Союз-фильм»	Графический мультфильм	2	620	Художник (в соавторстве с Г. Ечеистовым и Н. Ходатаевым)
1934	«Гляди в оба»	Москино-комбинат	Графический мультфильм	1	350	Режиссёр

ко легко, остроумно и цельно, что даже сейчас, в эпоху цифровых технологий, смотрится интересно и свежо.

Настоящий технологический прорыв своего времени – фильм «Сенька-африканец», созданный по мотивам сказки Корнея Чуковского «Крокодил»: весёлые приключения пионера Сеньки, который засыпает, зачитавшись книжкой об Африке, и во сне отправляется на жаркий континент, чтобы спасти крокодила. Там мальчик находит новых друзей – фламинго, слона, обезьяну, чудом спасается от людоеда и... просыпается дома, в московской квартире. «Успех этой картины был связан с сочетанием разных техник: рисованные фрагменты чередовались с кадрами кинохроники (снятыми в зоопарке и на улице) или встраивались в игровые сцены, разворачивающиеся в настоящих декорациях, активно использовались различные спецэффекты и т. д.» [14, с. 343] – пишет Валери Познер.

Даниил Черкес и его соратники – Ю. Меркулов, В. Сутеев, Н. и О. Ходатаевы, И. Иванов-Вано – первооткрыватели отечественной анимации. С них начиналась история нашего кино: придумывались сюжеты и методики, изобретались технические приспособления. Их фильмы задали направление всей советской мультипликации. В качестве художника-постановщика Д.Я. Черкес в 1930 г. принял участие в создании документального фильма «Всесоюзная кочегарка» об условиях труда и быта шахтёров Донбасса до и после революции.

Годы войны. Даниил Яковлевич открывает для себя разнообразие жанров, выполняя и быстрые зарисовки, и большие живописные полотна. К середине тридцатых годов Д.Я. Черкес серьезно занимается станковой живописью, а также осваивает полный арсенал художественных материалов: акварель, масло, темпера, уголь, пастель.

В качестве графика Д.Я. Черкес ярко проявил себя в годы Великой Отечественной войны, когда работал в московской редакции «Окон ТАСС» – объединения, продолжавшего традиции «Окон РОСТА». Авторский коллектив редакции состоял из бригад художников, поэтов, писателей, которые с 27.06.1941 в кратчайшие сроки откликались на фронтовые события агитационными плакатами, открытками, листовками, работая без выходных и перерывов. Вся печатная продукция выполнялась вручную, с помощью многослойного наложения краски через трафареты – дело сложное и кропотливое. Требовалось действовать оперативно: многие плакаты создавались буквально за несколько часов – сразу после получения сводки с фронта. Художники трудились семьями: в частности, «Д.Я. Черкес резал трафареты, жена В.И. Чапиго – печатала плакаты» [9, с. 11]. Призывы к беспощадной борьбе с фашистскими захватчиками и к трудовым подвигам в тылу поддерживали боевой дух советских людей, а едкие, остроумные карикатуры на Гитлера и его приспешников настолько «попадали в цель», что нацисты объявили художников своими врагами и заочно приговорили их к смертной казни. В библиографическом указателе «Окон ТАСС» можно найти выходные данные плаката «В Новом году – к новым победам!» (№ 330, 2–3.1.1942), автором которого является Д.Я. Черкес [10, с. 198].

Помимо работы в «Окнах ТАСС», в годы войны художник писал картины на военную тему: «Здесь были немцы», «Русский лес», «Красная площадь. Декабрь. 1941». На картине «На фронт. Зима 1941» запечатлён знаменитый парад советских войск, проведённый 07.11.1941 на Красной площади в Москве. Военным работам Д.Я. Черкеса присущи человечность, искренний, эмоциональный взгляд на происходящее в стране.

Романтика моря. В юности Даниил Черкес хотел стать моряком – даже поступил учиться на кораблестроителя. Свою мечту он воплотил в морских пейзажах – поэтичных, светлых. Художник ходил в походы, общался с людьми, изучал, как устроен рыболовецкий промысел. Море стало неотъемлемой частью его жизни. Картины Черкеса-мариниста – не отстранённый взгляд туриста: каждая композиция – это увлекательный сюжет с участием людей, судьба которых связана с морем. Даниил Яковлевич отправлялся в путешествия к берегам Балтийского, Баренцева, Белого, Чёрного, Азовского морей и повсюду находил свою, особенную красоту, глядя на окружающий мир восхищёнными глазами; его творчество каждый раз обретало новые грани.

Художник создал яркие произведения на арктическую тему: «Летняя ночь. Мурманский порт» (1957), «Большой трал» (1956), «Дымы Мурмана» (1958), «Белая ночь. Мурманск» (1956). Также в этот период был написан триптих «На Севере»: 1) «В Баренцевом море»; 2) «Полярное лето»; 3) «В беломорском колхозе». На этих картинах мы видим суровые северные края, где живут и трудятся люди, чей сильный, мужественный характер созвучен с морскими волнами. Море здесь совершенно иное, чем на солнечных южных пейзажах, – серое, свинцовое. Однако повсюду кипит жизнь, по бурным холодным водам ходят корабли и баркасы. Для местных жителей – рыбаков, моряков – это повседневность. Кроме того, Д.Я. Черкес создавал композиции военно-морской тематики, за что в 1958 г. получил благодарность от Главкомандующего Военно-Морским Флотом адмирала С.Г. Горшкова.

От Керчи до Геническа. Крым в жизни Даниила Яковлевича Черкеса был значимым местом, исторической родиной: отец художника, Яков Исаакович Черкес, был

родом из караимской купеческой семьи Армянска. Крымские пейзажи и зарисовки, сделанные в Керчи и Геническе, наполнены яркими впечатлениями. Д.Я. Черкес вспоминает: «Керченские дворики. Никакая фантазия не придумает такую неожиданность поворотов одного здания к другому, такое обилие балконов, балкончиков, крыш, лестниц, окон, проёмов, людских фигур среди этого невероятного архитектурного ансамбля, когда третий этаж дома, стоящего в нижнем дворике, становится первым этажом верхнего» [16, с. 10].

Литературный талант Д.Я. Черкеса столь же ярок и самобытен, как и художественный. Книга «Экзотика обыденного – от Керчи до Генически» (1965), созданная по впечатлениям от многочисленных посещений Крыма начиная с 1950 г., написана удивительно эмоционально и живо. Литературные строки не менее красочны, чем зарисовки и картины: «Мне приходилось жить в крымской степи, наблюдать её зелёную весной, желтеющую летом. А осенью, когда снят урожай, когда кукуруза и подсолнух, вырастающие здесь много выше человеческого роста, не заслоняют уходящие в дымку дали, особенно хорошо виден общий жёлто-бурый цвет этих просторов, прерывающийся массивами свежеспаханной земли: тёмно-коричневыми вблизи» [16, с. 5].

В книге Даниил Яковлевич не только делится впечатлениями художника, но и выступает как гражданин. Он поднимает проблемы послевоенной разрухи, утраты памятников архитектуры (например, наминавшего маленький Парфенон керченского музея, разрушенного войной, на месте которого построили ресторан), ветхости послевоенных жилых и прочих зданий, появления так называемых «нахаловок» в Керчи. Художник высказывает сожаление, что в архитектуре города не используют местный камень – керченский известняк, который, как видно по старым сохранившимся домам, долговечен в строительстве и красиво смотрится в отделке, а вместо этого всюду сооружают глинобитные украинские мазанки, а стены белят, независимо от материала.

Д.Я. Черкес ни на миг не растает с карандашом, выполняя ко всем композициям многочисленные эскизы. Его графические зарисовки – очень ёмкие, лаконичные – выполнены настолько точно, что их можно рассматривать как отдельные произведения искусства. С помощью линий и локальных пятен художник мастерски передаёт перспективу, ощущение огромного воздушного пространства. Д.Я. Черкес много и увлечённо работает с натуры, поэтому его творчеству присущи свежесть, непосредственность, авторский стиль. Наряду с лирическими зарисовками «Берег в слободке», «Лов кефали», «Солнечная дорога», «Молодость» есть и работы, названия которых говорят сами за себя: «Послевоенное жильё», «Жить же надо», «Нахаловка». Очень выразительна цветная зарисовка «Слива, пережившая войну»: перед нами старое изогнутое дерево с высохшей веткой, однако листья ещё есть, а значит, есть и жизнь.

Пейзажи для коллекции Музея земледедения МГУ им. М.В. Ломоносова. Картины Даниила Черкеса экспонировались на различных выставках, он получал заказы на изготовление панно, масштабных полотен. В коллекции ландшафтной живописи Музея земледедения МГУ им. М.В. Ломоносова находятся шесть работ Даниила Черкеса на тему Арктики. В творческих командировках 1952–1954 гг. по заказу МГУ Даниил Яковлевич создал серию северных пейзажей, которые не только представляли собой образцовые произведения станковой живописи, но и отвечали главному требованию музея – служить научно-художественным средством передачи географической информации. Пейзажи Д.Я. Черкеса – строго реалистичные, выразительные – достоверно отражают климатические условия, рельеф, растительный и животный мир Заполярья.

Три картины Даниила Черкеса экспонируются в зале № 18 «Тундра, лесотундра, леса», экспозиция которого посвящена северным природным зонам нашей страны. Две картины сильно вытянуты по горизонтали (рис. 1, рис. 3) – такой формат был задан специально, чтобы полотно вписывалось во фризковый пояс над стендами, отведённый для ландшафтной живописи. «Эти габариты подчинялись только архитектурным пропорциям и «ритмам» интерьеров и были прямо связаны с шириной нижестоящих стендов» [3, с. 201] – вспоминал в 1970 г. один из основателей Музея, географ Ю.К. Ефремов.

В путеводителе по Музею землеведения, выпущенном в 2010 г., отмечено, что «сочетание графической, натурной экспозиции и ландшафтной живописи во фризковом поясе создаёт эффект присутствия в реальной природной обстановке и помогает полнее и глубже ощутить своеобразие природы севера – её лёгкую ранимость, предполагающую строгое соблюдение требований разумного освоения природных богатств тундровой и лесных зон» [12, с. 63–64]. Именно тундра и лесотундра – самые суровые в климатическом отношении и одновременно самые уязвимые перед антропогенным воздействием природные зоны – представлены на картинах Д.Я. Черкеса.

На картине «В тундре летом» (рис. 1) мы видим бескрайний простор тундры, над которой распростёрлось огромное небо с бегущими облаками. Художник написал их в многослойной манере, словно передавая быстрое движение. Выстроенное по диагонали, оно создаёт удивительную динамику: появляясь вдаль, за горизонтом, кучевые облака надвигаются на зрителя и темнеют, превращаясь в слоисто-дождевые. Сложный колорит картины передаёт глубину пространства: дальний план – холодный, в туманной дымке, ближний – многоцветный. Художник показывает, что даже в однообразном с виду краю кипит жизнь, и природа здесь прекрасна и величественна. Тень по нижнему краю картины контрастирует с зелёной долиной, освещённой солнцем. В этих местах почва оттаивает только во второй половине мая, и недолгое лето спешит подарить земле тепло и расцвет. У небольших озёр собираются дикие гуси, а пара белых лебедей в небе придаёт картине светлое, воздушное настроение.



Рис. 1. «В тундре летом». 1955. 110×370. Холст, масло. Музей землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова. 25-й этаж. Зал № 18. ОФ 672.

Fig. 1. “Tundra in the Summer”, 1955. 110×370 cm. Oil on canvas. Earth Science Museum, Moscow State University, 25th floor, room 18. Main collection, 672.

На картине «Лесотундра осенью» (рис. 2) мы видим осенний пейзаж: сумрачный серый день в промозглой лесотундре. Закончилось короткое северное лето, и холодный ветер уже нагоняет сырость и мглу. Солнца так мало, что оно еле пробивается над серой далью. Тяжёлое свинцовое небо нависает над ровным горизонтом бескрайних



Рис. 2. «Лесотундра осенью». 1954. 90×100. Холст, масло. Музей земледелия МГУ им. М.В. Ломоносова. 25-й этаж. Зал № 18. ОФ 677.

Fig. 2. “Forest Tundra in Autumn”, 1954. 90×100 cm. Oil on canvas. Earth Science Museum, Moscow State University, 25th floor, room 18. Main collection, 677.

просторов. Скучная растительность поблекла, и лишь хвойные деревья ярко зеленеют на общем фоне. Картина не только несёт художественную выразительность, но и даёт представление о растительном мире, природных условиях и климате лесотундры.

На картине «Совхоз "Индустрия" Мурманской области» (рис. 3) изображён совхоз, который раскинулся посреди зелёной долины у подножия заснеженных Хибинских гор. Слева – стройные ряды парников и теплиц, где кипит работа: женщины ухаживают за молодой рассадой; на въезде стоит грузовик, приехавший забирать готовую продукцию – только что собранные помидоры. От теплиц тянутся полосы светлых дорог, одна из которых ведёт к домам жителей совхоза. Пейзаж отражает большой масштаб сельскохозяйственного производства, но всё-таки основное внимание художник уделяет красоте природы, её ярким краскам – здесь, в отличие от картины «Лесотундра осенью», цветовая гамма дышит светом, радостью, обновлением: сочная зелень травы с вкраплениями белых пятен валунов, желтый мостик, перекинутый через быстрый ручей, и сиреневые скалистые горы, освещённые солнцем.

История создания совхоза «Индустрия» неразрывно связана с освоением природно-ресурсного потенциала Кольского полуострова. Важную роль в этом сыграла Мурманская железная дорога, построенная в 1916 г. В мае 1920 г. созданная для её обследования специальная комиссия в составе академиков А.П. Карпинского и А.Е. Ферсмана,



Рис. 3. «Совхоз “Индустрия” Мурманской области». 110×295. Холст, масло. Музей земледения МГУ им. М.В. Ломоносова. 25-й этаж. Зал № 18. ОФ 671.

Fig. 3. “The Soviet farm ‘Industry’ in Murmansk oblast,” 110×295 cm. Oil on canvas. The Earth Science Museum at Moscow State University, 25th floor, room 18. Main collection, 671.

а также геолога А.П. Герасимова, вышла из поезда на станции Имандра и отправилась на небольшую прогулку по склону Хибин, где «Ферсман обнаруживает образцы нефелиновых сиенитов с незнакомыми минералами» [13, с. 122]. Последующие экспедиции под руководством А.Е. Ферсмана в 1920-е гг. открывают огромные запасы апатита, а также сопутствующих ему нефелина и титановых руд.

Возникают новые поселения, формирующие Хибинский промышленный узел: в 1926 г. основан посёлок Апатиты (ныне город Апатиты), в 1929 г. начинается строительство посёлка Хибиногорск (ныне город Кировск). Строятся железнодорожная линия от разъезда Белый (ныне станция Апатиты) Мурманской железной дороги к будущим рудникам и к Хибиногорску, обогатительная фабрика. Потребовалась и продовольственная база. По указанию С.М. Кирова (в то время Первого секретаря Ленинградского обкома ВКП(б); территория нынешней Мурманской области тогда относилась к Ленинградской), 23 октября 1930 г. был основан совхоз «Индустрия».

В вышедшей в 1955 г. книге [8] И.С. Марков вспоминал, что, несмотря на сложные экологические условия (сочетание короткого вегетационного периода и полярного дня), в совхозе уже на восьмой год смогли добиться высоких урожаев картофеля, овощей и кормовых культур. Впрочем, преобладающей отраслью в «Индустрии» являлось животноводство, особенно молочное скотоводство. Также развивались свиноводство, птицеводство, пчеловодство, причём основным назначением пчёл было не производство мёда, а опыление огурцов в теплицах и парниках. В наши дни агроферма «Индустрия» является старейшим сельскохозяйственным предприятием на Кольском полуострове.

Про картину «Зверсовхоз», хранящуюся в запасниках Музея земледения, авторы уже писали в 2021 г. [6, с. 139], однако теперь полиграфические возможности журнала позволяют дать изображение в цвете (рис. 4). Полотно окутано голубоватой дымкой холодных северных далей – небо затянуто серыми плотными тучами, однако у самого горизонта виднеется полоска солнечного света. Именно это тёплое пятно, на фоне которого чётко выделяется рельеф свинцово-синих заснеженных скал, придаёт картине светлое настроение. Деревянные постройки совхоза уходят вдаль, создавая перспективу, выстроенную ровной линией по диагонали. Цветовая гамма серо-зелёная, спокойная, светлая, словно мы видим панораму сквозь дымку. На переднем плане картины – осенний пейзаж. На высоком травянистом берегу лежат серые валуны. Краски спокойные, тёплые: в траве зелень смешивается с золотистой охрой, маленькие де-

ревца с тонкими стволами светятся жёлтыми пятнами листвы. А внизу бурлит, шумит горная река, бьётся об острые камни. И хотя картина рассказывает о мирной жизни и написана в спокойной, мягкой гамме, имеются и яркие контрасты: тёплый осенний пейзаж – белёсые буруны быстрой воды; синие ледяные горы – полоска света из-за туч; строгие, ровные ряды деревянных построек – дикая северная природа.



Рис. 4. «Зверсовхоз». 110×90. Холст, масло. Музей земледелия МГУ им. М.В. Ломоносова. 25-й этаж. ВФ 8540.

Fig. 4. “A Wildlife Farm,” 110×90 cm. Oil on canvas. Earth Science Museum, Moscow State University, 25th floor. Auxiliary collection (VF) 8540.

Во фризовой части зала № 17 «Природная зональность и её компоненты» представлена работа Д.Я. Черкеса «Северные олени на летнем пастбище» (рис. 5). Живописец даёт зрителю возможность посмотреть на картину летнего выпаса будто бы сверху, с возвышенности. Мы видим панораму удивительного быта местных народов: посреди зелёного простора виднеются серые чумы, жители заняты повседневными делами – смотрят за стадом, готовят пищу на костре. Солнечное, словно перекочевавшее из сказки, разноцветное небо отражается в небольшом озере, создавая ощущение тепла и уюта. Белый дым костра в центре композиции – символ домашнего очага – подчёркивает присутствие человека-хозяина. Многочисленное стадо оленей – часть его неспешной жизни на лоне северной природы. Художник передаёт глубину пространства

с помощью линейной и воздушной перспективы. На переднем плане животные, люди и окружающий пейзаж прописаны лёгкими, быстрыми и при этом точными мазками; на заднем плане стадо оленей показано более обобщённо, а еще дальше, ближе к горизонту, оно передано схематично, единым пятном. Палитра художника разнообразна и контрастна: ближний план выполнен в тёплых тонах, дальний обозначен неровной грядой синих гор.

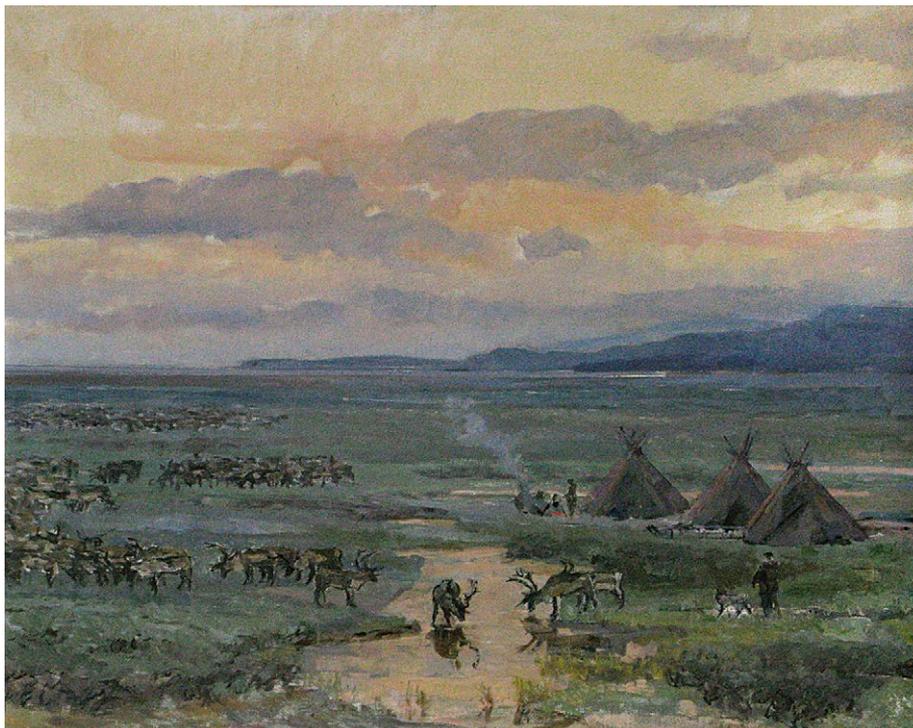


Рис. 5. «Северные олени на летнем пастбище». 80×90. Холст, масло. Музей землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова. 25-й этаж. Зал № 17. ВФ 8538.

Fig. 5. “Reindeer on the Summer Pasture,” 80×90 cm. Oil on canvas. Earth Science Museum, Moscow State University, 25th floor. Auxiliary collection (VF) 8538.

Небольшой этюд с натуры «Электрификация Севера» (рис. 6), хранящийся в запасниках Музея землеведения, вместил в себя целую историю. Бурное развитие промышленности Кольского полуострова требовало значительных энергетических ресурсов. Всюду строились электростанции, ТЭЦ, требовались новые источники электроэнергии. На переднем плане картины – безмятежная природа: река неспешно несёт свои воды мимо зелёных берегов; тёмное пятно на зеркале воды – старая почерневшая лодка. Сквозь сизые пушистые облака пробивается солнце, озаряя небо розоватым сиянием. Вдоль берега возведены опоры будущей линии электропередач, которые символично отражаются в реке вместе с деревьями. Опоры написаны лёгкими, схематичными штрихами, подчёркивая дух обновления, грядущего технического прогресса. И хотя пейзаж написан в размашистой, экспрессивной манере, композиция выстроена настолько гармонично, что картина смотрится цельной, ёмкой.



Рис. 6. «Электрификация Севера». 16×24. Холст, масло. Музей землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова. 29-й этаж. ВФ 8610.

Fig. 6. “Electrification of the North,” 16×24 cm. Oil on canvas. Earth Science Museum, Moscow State University, 29th floor. Auxiliary collection (VF) 8610.

После выполнения заказа Музея землеведения МГУ художник продолжал поездки в Арктику, писал пейзажи Заполярья, Баренцева моря.

Образы Ленинграда. В 1958 г. Даниил Яковлевич месяц провёл в Ленинграде и посвятил этому прекрасному городу серию светлых, поэтичных работ. В каждой из них – и в быстрых карандашных набросках, и в больших многофигурных композициях – передано мечтательное, восхищённое настроение.

Всё узнаваемо: мосты, дворцы, набережные, и в то же время виден авторский неповторимый стиль Д.Я. Черкеса. Работы «На Петроградской стороне», «Смольный монастырь», «Канал Грибоедова» наполнены лирикой гармоничного сочетания природы и архитектуры. Пейзаж «Дом Блока», по признанию самого художника, перекликается со знаменитым стихотворением поэта «Ночь, улица, фонарь, аптека».

Работу над ленинградскими пейзажами и зарисовками Д.Я. Черкес продолжил и в последующие годы. В 1961 г. он завершил полотно «Ветер Октября» [4, с. 24–25]. Фон картины – свинцово-серый, холодный. Всё занесено снегом. Ростральная колонна и шпиль Петропавловской крепости застыли на ледяном осеннем ветру. Фигуры матросов и солдат под красными знамёнами написаны в тёмных, приглушённых тонах. Острые штыки ружей пронзают небо. И ровно по центру картины, словно вырванная из другой, мирной жизни, – бледная темноглазая женщина в зелёном пальтишке и рыжем платке. На руках у неё младенец, завернутый в клетчатое одеяло. Этот контраст – воинственная толпа вооружённых революционеров и молодая мама с маленьким ребёнком – вызывает тревожные чувства. Женщина словно попала в людской водоворот: что ждёт её в буре лихого времени? Мать, повернутая к зрителю вполоборота, будто прикрывает дитя от невзгод, однако всеобщее движение, словно ветер, несёт её вперёд

вместе с остальными. Даниил Черкес не раз обращался в своём творчестве к историческим событиям. Над картиной «Ветер Октября» он начал работать ещё в поездке в Ленинград в 1958 г. Величественная архитектура не только служит фоном, но и усиливает впечатление: каменная колонна, словно грозный исполин, возвышается над происходящим, являясь немым свидетелем революционных событий.

Последняя выставка. До последних дней Д.Я. Черкес сохранял ясный, пытливый ум. Он виртуозно владел различными техниками живописи и графики: масло, акварель, карандаш, тушь, уголь. «Любовь к морю не только не иссякла в его душе, но, напротив, стала более глубокой и мудрой» [2, с. 7] – пишет С.Г. Капланова в предисловии к каталогу выставки, которая открылась 18 сентября 1970 г. в Москве, в выставочном зале Союза Художников СССР на улице Горького (рис. 7).



Рис. 7. Приглашение на выставку произведений Д.Я. Черкеса в Москве 18.09.1970 и его фотопортрет с автографом.

Fig. 7. Invitation to a D.Y. Cherkes exhibition in Moscow (September, 18, 1970) and his auto-graphed photo.

Это была последняя прижизненная выставка Даниила Яковлевича. Обычно на больших авторских экспозициях показывают работы разных периодов, словно обобщая творческий путь. Но на данной выставке были представлены живописные картины лишь 1957–1968 гг. И, хотя диапазон создания графических работ был несколько шире – 1941–1969 гг., – всего три из них относились к периоду до 1958 г.

С.Г. Капланова отмечает: «В живописи семидесятилетнего художника появляется новая сила, энергия, новое содержание. <...> То, что, например, в 1959 г. казалось самым лучшим в его искусстве, теперь не выдерживало соседства с более поздними произведениями» [2, с. 5]. Друзья посоветовали Д.Я. Черкесу показать на выставке преимущественно работы последних лет. Его творчество было представлено в широком диапазоне жанров и сюжетов – портреты, пейзажи, натюрморты. Кроме того, зрители ознакомились с обширной географией путешествий художника – от Самарканда и Крыма до Ленинграда и Москвы. На выставке можно было увидеть и большие живописные композиции, и лёгкие зарисовки – мастерски выполненные произведения, в каждом из которых – огромный, прекрасный мир.

Заключение. Творчество Даниила Яковлевича Черкеса – это пример служения искусству, постоянного поиска, стремления совершать открытия. Серия его пейзажей в коллекции Музея землеведения – образец настоящего профессионализма, когда худож-

нику важно не только показать красоту изображаемого объекта, но и соблюсти строгие требования научной экспозиции: отразить географические особенности местности, достоверно передать сюжет. В то же время Даниила Яковлевича отличала высокая требовательность к себе, ему были несвойственны самолюбование и самоуспокоенность.

Искусный график и живописец, Д.Я. Черкес оставил после себя богатое творческое наследие. Он стоял у истоков советской мультипликации, преподавал, а также обладал наблюдательностью журналиста, что видно по его записям, заметкам, книге. Художественные образы Д.Я. Черкеса яркие, запоминающиеся. Он умело передавал строгую красоту севера и раздолье жаркого юга, изысканность городов и величие дикой природы, изучал жизнь, общался с людьми разных судеб и профессий. Все произведения Д.Я. Черкеса объединяет общая черта – искренность и доброта. Художник приглашает нас, зрителей, также полюбить этот удивительный и разнообразный мир.

Главная особенность художественного стиля Даниила Черкеса – это лёгкость и лаконизм. Талант позволяет ему всего лишь несколькими штрихами, мазками или линиями передать объём, перспективу, воздух. Впрочем, за внешней лёгкостью скрывается наблюдательность и неустанная практика.

Яркая, насыщенная жизнь Даниила Черкеса, наполненная путешествиями, впечатлениями, увлечениями, каждый раз раскрывала многогранный талант художника с новой стороны. В любых обстоятельствах, в том числе и трагических, он был открыт всему новому, незнакомому и сохранял живое восприятие мира. Во всех жанрах Д.Я. Черкес искал новые средства выразительности, свежие творческие решения.

Его опыт и по сей день вдохновляет художников на создание новых тенденций, побуждает осваивать различные жанры и приёмы, не останавливаясь на достигнутом. «Ездить. Смотреть. Видеть. Пытаться уложить пережитое, увиденное в ясные зримые верные образы. Такой представляется мне задача художника» [16, с. 54] – пишет Даниил Яковлевич в своей книге «Экзотика обыденного – от Керчи до Генческа».

Благодарности и источники финансирования. Авторы выражают благодарность орнитологу Д.А. Борискину, художникам Л.Ю. Галушкиной и А.В. Сочивко, переводчице А.Г. Шмелёвой за помощь в подготовке статьи и замечания. Работа выполнена в рамках государственного задания Музея землеведения МГУ АААА-А16-116042710030-7 «Музееведение и образование музейными средствами в области наук о Земле».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург С.С. Рисованный и кукольный фильм: Очерки развития советской мультипликационной кинематографии. М.: Искусство, 1957. 286 с.
2. Даниил Яковлевич Черкес: каталог выставки / Авт. вступ. ст. С. Капанова. М.: Советский художник, 1970. 28 с.: ил.
3. Ефремов Ю.К. Ландшафтная живопись в Музее землеведения // Жизнь Земли. 1970. Т. 6. С. 199–208.
4. Капанова С.Г. Даниил Яковлевич Черкес. М.: Советский художник, 1962. 91 с.
5. Ландшафтная живопись в Музее землеведения МГУ. Каталог / Под ред. А.В. Смурова и В.В. Снакина. М.: МАКС Пресс, 2021. 172 с.
6. Максимов Ю.И., Мамбетова А.Б. Крайний Север в творчестве художника Даниила Черкеса // Наука в вузовском музее: Мат. ежегодной Всероссийской научн. конф. М.: МАКС-Пресс, 2021. С. 137–139.
7. Маринисты: Энциклопедия живописи / Авт.-сост. Г.В. Дятлева, Е.Н. Биркина. М.: ОЛМА-Пресс, 2001. 350 с.
8. Марков И.С. Ордена Трудового Красного Знамени заполярный совхоз «Индустрия». М.: Сельхозгиз, 1955. 230 с.
9. Масленников В.А. Окна ТАСС. 1941–1945. М.: Контакт-Культура, 2007. 128 с.

10. Морозов А.С. Советский политический плакат. Агит-окна. Окна ТАСС. 1941–1945: библиографический указатель. М.: Контакт-культура, 2013. 479 с.
11. Музей земледения МГУ: Путеводитель. М.: Изд-во Московского ун-та, 1980. 144 с.
12. Музей земледения: Путеводитель. М.: МЗ МГУ, 2010. 100 с.
13. Перельман А.И. Александр Евгеньевич Ферсман. М.: Наука, 1968. 296 с.
14. Познер В. Дисней в стране советов, 1930-е гг. // Детские чтения. 2019. Т. 16. № 2. С. 341–387.
15. Фельдман О.М., Галанина Ю. Сообщение В.В. Дмитриева о постановке «Зори» в Театре РСФСР Первом в 1920 году // Вопросы театра. 2018. № 1–2. С. 496–527.
16. Черкес Д.Я. Экзотика обыденного. От Керчи до Геническа: путевой альбом художника. М., 1965. 59 с.

REFERENCES

1. Ginzburg, S.S., *Hand-drawn and puppet film: Essays on the Development of Soviet Animated Cinematography* (Moscow: Iskusstvo, 1957) (in Russian).
2. Kaplanova, S. (Introduction), *Daniil Yakovlevich Cherkes: exhibition catalogue* (Moscow: Sovetskij hudozhnik, 1970) (in Russian).
3. Efremov, Yu.K., "Landscape painting in the Earth Science Museum", *Zhizn Zemli [Life of the Earth]* 6, 199–208 (1970) (in Russian).
4. Kaplanova, S.G., *Daniil Yakovlevich Cherkes* (Moscow: Sovetskij hudozhnik, 1962) (in Russian).
5. Smurov, A.V. and Snakin, V.V. (eds.), *Landscape painting in the MSU Earth Science Museum*. (Moscow: MAKS Press, 2021) (in Russian).
6. Maksimov, Yu.I., Mambetova, A.B., "The Far North in the work of the artist Daniil Cherkes", *Science in the University Museum. Materials of the Annual All-Russian Scientific Conference: Moscow, November 23–25, 2021* (Moscow: MAKS Press, 2021) (in Russian).
7. Dyatleva, G.V., Birкина, E.N. (comp.), *Marinists: Encyclopedia of Painting* (Moscow: OLMA-Press, 2001) (in Russian).
8. Markov, I.S., *Polar state farm "Industry" of the Order of the Red Banner of Labor* (Moscow: Sel'hozizdat, 1955) (in Russian).
9. Maslennikov, V.A., *Windows of TASS. 1941–1945* (Moscow: Kontakt-kul'tura, 2007) (in Russian).
10. Morozov, A.S., *Soviet political poster. Agit windows. Windows of TASS. 1941–1945: bibliographic index* (Moscow: Kontakt-kul'tura, 2013) (in Russian).
11. *MSU Earth Science Museum: Travel guide* (Moscow: Moscow University Publishing House, 1980) (in Russian).
12. *Earth Science Museum: Travel guide* (Moscow, 2010) (in Russian).
13. Perel'man, A.I., *Aleksandr Evgen'evich Fersman* (Moscow: Nauka, 1968) (in Russian).
14. Pozner, V., "Disney in the land of Soviets, 1930's", *Detskie chteniya [Children's Readings]* 16, no 2, 341–387 (2019) (in Russian).
15. Fel'dman, O.M., Galanina, Yu., "V.V. Dmitriev's message about the production of "Dawn" at the First Theater of the RSFSR in 1920", *Voprosy teatra [Theater issues]* 1–2, 496–527 (2018) (in Russian).
16. Cherkes, D.Ya., *The exotics of the ordinary. From Kerch to Genichesk: the artist's travel album*. (Moscow, 1965) (in Russian).

ПАМИРСКИЕ ЭКСПЕДИЦИИ М.Е. ИОНОВА 1891–1895 гг.

К.А. Скрипко¹, Л.Д. Семёнова, Е.П. Дубинин, В.В. Снакин*

В последней четверти XIX века русское правительство активизировало свою деятельность в Средней Азии, организовав ряд исследовательских экспедиций по изучению Тянь-Шаня и Памира. В частности, в связи с активизацией деятельности англичан в этом регионе в конце XIX в. несколько военно-топографических экспедиций было направлено на Памир в 1891–94 гг. Помимо геодезической разведки впервые была проведена фотосъёмка ландшафтов Памира. В статье рассмотрены события одного из эпизодов второго Памирского похода под командованием полковника Михаила Ефремовича Ионова в 1892 г., цель которого была произвести рекогносцировку и восстановить права России на Памире. Во время экспедиции Ионовым было организовано Управление туземным населением Памира. Военные исследователи Центральной Азии были членами Русского географического общества и входили в Корпус Военных топографов. В Памирских походах задача этого отделения сводилась к геодезической разведке и разработке путей для перемещения войск, а также к установлению гарнизонов в приграничных пунктах. В публикации представлена серия фотографий, сделанных художником и фотографом, участником этого похода С.П. Юдиным, хранящихся в настоящее время в архиве Музея землеведения МГУ.

Ключевые слова: географические открытия, М.Е. Ионов, Русское географическое общество, Памирские походы.

Ссылка для цитирования: Скрипко К.А., Семёнова Л.Д., Дубинин Е.П., Снакин В.В. Памирские экспедиции М.Е. Ионова 1891–1895 гг. // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 228–238. DOI: 10.29003/m3030.0514-7468.2022_44_2/228-238.

Поступила 14.04.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

THE PAMIR EXPEDITIONS OF MIKHAIL IONOV (1891–1895)

K.A. Scripko¹, L.D. Semenova¹, E.P. Dubinin¹, V.V. Snakin^{1,2}

¹Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum), Moscow

²Institute of Basic Biological Problems of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region

In the last quarter of the 19th century, the Russian government stepped up its activities in Central Asia, organizing a number of research expeditions to explore the Tien Shan and the Pamir Mountains. In connection with the increased activity of the British in this region in the late 1880s – early 1890s, several military topographic expeditions were sent to the Pamirs in 1891–1894. In addition to geodetic reconnaissance, photography of the Pamir landscapes was carried out for the first time. The article considers the second, 1892, Pamir campaign under the command of Colonel Mikhail Efremovich Ionov, aimed at conducting reconnaissance and restoring Russia's rights in the Pamirs. During the expedition, Ionov organized an administration of the native population of the Pamirs. Russian military researchers of Central Asia were members of the Geographical Society and were part of the Corps of Military Topographers. In the Pamir campaigns, the task of this department was reduced to geodetic reconnaissance and the development of routes for the movement of troops and the establishment of garrisons at border points. The basis of the publication is a series of photographs taken by S. P. Yudin, an artist, photographer

* Скрипко Константин Андреевич – н.с.; Семёнова Лариса Дмитриевна – инженер, Музей землеведения МГУ, semenlarisa.mse@mail.ru; Дубинин Евгений Павлович – д.г.-м.н., зав. сектором, Музей землеведения МГУ, edubinin08@rumbler.ru; Снакин Валерий Викторович – д.б.н., проф., Музей землеведения МГУ, Институт фундаментальных проблем биологии РАН, snakin@mail.ru.

and participant in this campaign. His photographs are currently stored in the archives of the Museum of Geography of Moscow State University.

Keywords: *geographical discoveries, M. E. Ionov, Russian Geographical Society, Pamir campaigns.*

For citation: Scripko, K.A., Semenova, L.D., Dubinin, E.P., Snakin, V.V., "The Pamir Expeditions of Mikhail Ionov (1891–1895)," *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 228–238 (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3030.0514-7468.2022_44_2/228-238.

Введение. В фотоархиве Музея земледования МГУ имеется 3649 единиц хранения географического и этнографического содержания, собранных в конце XIX – начале XX века Д.Н. Анучиным, в т. ч. в ходе проведения в 1892 г. в Москве XI Международного конгресса по доисторической археологии и антропологии [11]. В этом архиве хранится серия фотографий художника и фотографа Сергея Петровича Юдина (1858–1923(1933?)), запечатлевших события второго Памирского похода под командованием полковника Михаила Ефремовича Ионова в 1892 г.

Подписи на фотографиях содержат географические названия, на одной из них – дату, на некоторых есть подпись фотографа – «С. Юдинъ».

В публикациях, освещающих военные и исторические события на Памиро-Алае в конце XIX века, отмечалось, что художник С.П. Юдин во время военно-топографических экспедиций на Памир в 1891–94 гг. был прикомандирован к отряду полковника М.Е. Ионова в качестве художника для проведения фотографических съёмок и наброска эскизов. Публикации, факты из биографии, подписи под фотографиями и картинами С.П. Юдина позволили считать, что на фотографиях из архива Музея земледования запечатлены события одного из эпизодов памирских походов 1892 г. [1–3, 8].

События тех лет с лёгкой руки одного из непосредственных участников, капитана Артура Конолли, вошли в историю под названием «Большая Игра» (The Great Game). Британия опасалась усиления Российской империи, её возможного выхода к Индийскому океану через Иран (Персию) и Афганистан и военного похода русской армии в Британскую Индию. Российская же империя объясняла своё движение на юг, на территории, что тогда именовались Туркестаном, желанием открыть местные рынки для русских товаров и получить доступ к местному сырью [5].

До конца 70-х гг. XIX века инициатива в деле географических исследований Памира принадлежала англичанам. Первым англичанином, исследовавшим Памир, был лейтенант Королевского военно-морского флота Джон Вуд. В 1838 г. он открыл озеро Зоркуль (Виктория), которое является истоком р. Пяндж. Для наблюдения за действиями России в Средней Азии колониальное правительство Индии организовало хорошо налаженную систему непрерывного сбора информации путём разведки и географических исследований в Афганистане, Памире и Восточном Туркестане – как силами офицеров, работавших тайно, как разведчики, так и с использованием местных топографов и шпионов, пундитов (пундит – учитель). Пундиты вербовались из числа местного населения и получали специальную подготовку в Управлении Большой Тригонометрической Съёмки Индии – английской Военной Топографо-геодезической Службы Королевского Географического общества [12].

Русско-британские отношения в центральноазиатском вопросе были урегулированы в 1873 г. договором Горчакова – Гранвилла о разграничении сфер влияния между российскими и британскими владениями. По этому договору Памир считался сферой влияния Российской империи и река Пяндж становилась разграничительной линией между

империями. Однако до начала 90-х гг. XIX в. Россия не проявляла большого интереса к этому труднодоступному району в центре Азии, тогда как Китай, Британия и её протекторат – Афганистан пытались укрепиться там. После раздела сфер влияния основные усилия русских сводились к пресечению настойчивого стремления англичан создать здесь, в нарушение вышеназванного договора, «санитарный кордон» между Россией и Британской Индией, разделив Памир между Афганистаном и Китаем. Перед русскими возникла острая необходимость размежевать свои территории с Китаем и Афганистаном [1].

После покорения Коканда в 1876 г. в Алайскую степь вошёл отряд военно-научной экспедиции под командованием М.Д. Скобелева. С ним были географы и натуралисты, которые исследовали Северный Памир, перевал Кызыл-Арт, пути к озеру Кара-Куль, перевалы Ак-Бойтал, реки Чон-Су и Ак-Байтал. Подполковник корпуса военных топографов М.Н. Лебедев составил тогда первую подробную и точную карту района. На карту было нанесено 25 тыс. кв. верст территории. В 1880–89 гг. Великобритания, обеспокоенная активизацией русских исследователей, организовала ряд экспедиций на Памир. В конце 80-х – начале 90-х гг. участились поездки британских офицеров из Индии в восточный и центральный Памир с целью проведения разведки. В 1883 г. войска афганского эмира заняли западные памирские бекства – Рошан и Шугнан. В восточные районы Памира, где обитали преимущественно киргизы, считавшие себя подданными «Белого царя», т. е. императора Российской империи, в 1884 г. вторглись военные отряды Цинской империи. Китайские посты пять лет спустя стояли уже в самом центре нагорья и Восточный Памир был оккупирован Китаем [12].

Памирские походы 1891–95 гг. Весной 1891 г. генерал-губернатор Туркестанского края Российской империи А.Б. Вревский отдал приказ командиру 2-го Туркестанского линейного батальона полковнику М.Е. Ионову произвести рекогносцировку и восстановить права России на Памире. Свой маршрут и пограничную линию на Памире полковник Ионов обозначал надписями на камнях: «полковник Ионов. 1891». Одновременно долиной реки Шахдары шёл капитан А.Г. Скерский, а вдоль течения Гунта продвигался подполковник Н.Н. Юденич. Обойдя восточную часть южной окраины Памира, отряд Ионова перевалил через Гиндукуш и спустился в английские владения Индии, пройдя около ста верст, повернул на север и вновь вышел на южную границу. Встреченные китайские пикеты и британские разведчики были выдворены из пределов Российской империи. После этой разведки из состава войск Туркестанского военного округа ежегодно отправлялся небольшой отряд войск для несения сторожевой службы на самой дальней черте в Алайских горах [5, 7].

К более активным действиям русские власти перешли 1892 г. В Петербурге было созвано Особое совещание по Памирскому вопросу, на котором было принято решение об отправке на Памир нового русского отряда, начальником которого был вновь назначен полковник М.Е. Ионов. Ему было поручено сформировать пограничный отряд и, установив серию постов, окончательно закрепить за Россией Памир. В его распоряжении было 53 офицера и 902 нижних чина. В состав отрядов входили четыре пехотные роты добровольцев, три сотни казаков из 6-го Оренбургского полка, двухорудийный взвод Туркестанской конно-горной батареи и команда сапёров. В июне 1892 г. отряды полковника Ионова и капитана Скерского начали боевым маршем движение из города Новый Маргилан во второй Памирский поход (рис. 1–3). Отряд Ионова двигался по старинному караванному тракту через Гульчу и перевал Талдык. Отряд капитана Скерского шёл в Алайскую долину через перевал Тенгиз-бай¹. На вос-

¹ Здесь и далее сохранена орфография топонимов, использованная создателями фотоархива.

точном Памире произошло вооруженное столкновение между русскими и афганскими войсками и бой с китайским отрядом. Китайцы перед русским отрядом отступили, а попытавшийся оказать сопротивление афганский пост у озера Яшилкуль был разгромлен. В обоих случаях победу одержали русские отряды [4, 5, 13].

Поход 1892 г. подробно и красочно описан одним из его участников – фотографом и писателем подпоручиком Б.Л. Тагеевым: «...Дорог не было, движение было крайне сложным, вследствие большого падежа вьючных животных была утрачена значительная часть боеприпасов и продовольствия. Однако, несмотря на все сложности, цели похода были достигнуты: отряд капитана А.Г. Скерского дошел до крайнего предела Памира – урочища Ак-таш, откуда выдворил обосновавшийся там китайский пикет. Таким образом, была установлена русская граница по Восточному Памиру. Она доходила до Сарыкольского хребта, т. е. до пределов бывших Кокандских владений» [13].



Рис. 1. Молебен перед выходом отряда из Нового Маргелана 2-го июня 1892 г.

Fig. 1. "Prayer before the start of expedition from Novyi Margelan, June 2, 1892."

12 июля 1892 г. произошло сражение, определившее судьбу Памира на следующее столетие. Афганский отряд отступил к долине реки Гунт, оставив на поле боя много убитых, английские советники ретировались вместе с афганцами. Пленные, взятые русскими войсками, были отпущены ввиду невозможности их содержать. Коренные народы Памира к русским, в отличие от англичан, относились весьма благосклонно. Нашим гражданским и военным исследователям не было нужды маскироваться или прибегать к услугам пундитов. Более того, русские офицеры путешествовали по Памиру открыто в военной форме в сопровождении одного – двух десятков казаков. Во время экспедиции Ионовым было организовано Управление туземным населением Памира, его заведующим был назначен подполковник Б.Л. Громбчевский [10, 12].

Русские военные исследователи Центральной Азии были членами Русского Географического общества и входили в Корпус Военных топографов. В памирских по-



Рис. 2. Артиллерия в Кош-карчи, близ Маргелана.
Fig. 2. "Artillery in Kosh-karchi, near Margelan."



Рис. 3. Подъём артиллерии на перевал Кызыл-арт на Памире. Примечание: Перевал Кызыл-арт высотой 4280 м – ворота Памира со стороны Алайской долины.
Fig. 3. "Moving the artillery towards the Kyzyl-art pass in the Pamirs." (The Kyzyl-art pass, 4,280 m high, is the gate of the Pamirs on the Alay Valley side of the range).

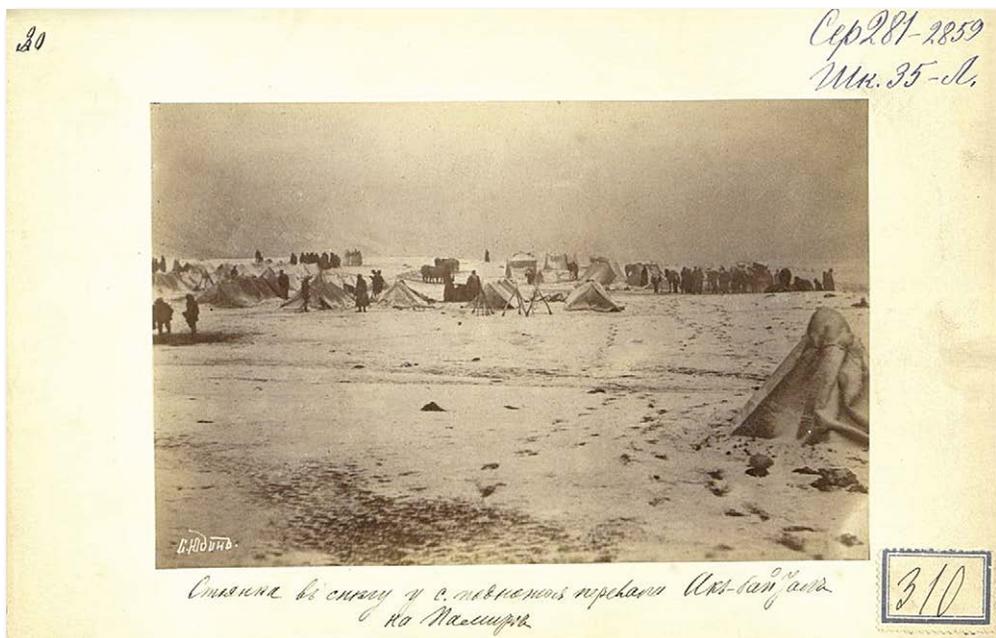


Рис. 5. Стоянка в снегу у с. подножья перевала Ак-байтал на Памире. Примечание: Перевал Ак-байтал на Памире – 4566 м.

Fig. 5. “Camp in the snow at the northern foot of the Ak-baital pass in the Pamirs” (Ak-Baital Pass in the Pamirs is located at the altitude of 4,566 m.).

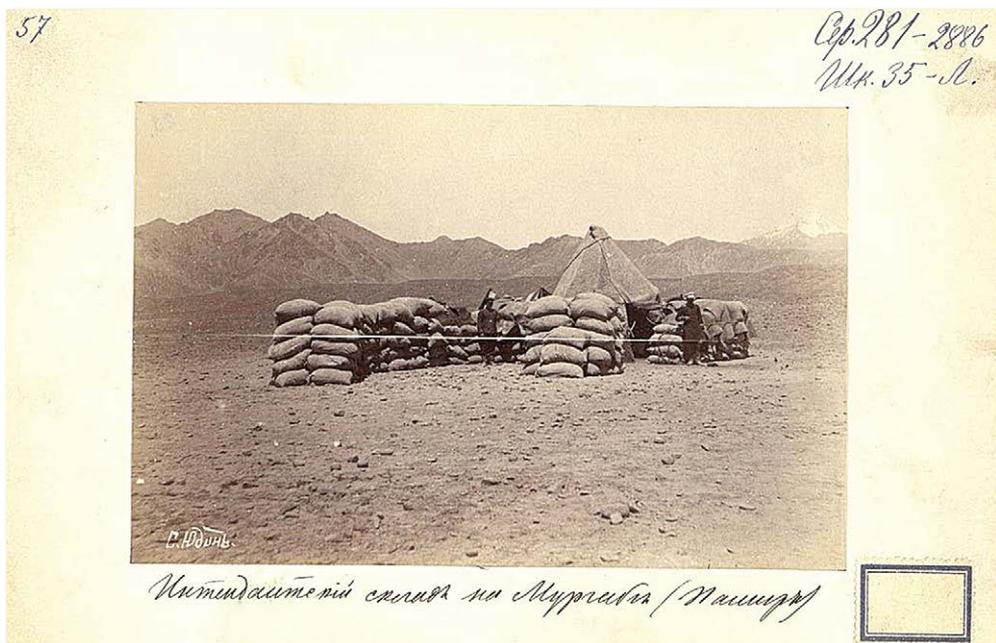


Рис. 6. Интендантский склад на Мургабе (Памир).
Fig. 6. “Quartermaster warehouse in Murgab (Pamir)”.



Рис. 7. Казачий лазарет на Мургабе (Памир).
Fig. 7. "Cossack infirmary on Murgab (Pamir)".



Рис. 8. Гурко, М.Е. Ионов, топограф, поручик К.А. Бржезицкий, полковник А.В. Верещагин, Шереметьев и дети М.Е. ИONOва Владимир и Александр на Мургабе (Памир).
Fig. 8. Gurko, M.E. Ionov, topographer K.A. Brzhezitsky, Colonel A.V. Vereshchagin, Sheremetiev and M.E. Ionov's children Vladimir and Alexander on the Murgab (Pamir).

жанский (Памирский) пост, ставшее вплоть до 1895 г. штабом Памирского отряда и главной русской военной базой на Памире (рис. 6, 7). Начальником Памирского поста в 1896–97 гг. был генерал-майор М.Е. Ионов (рис. 8).

В ходе двухлетних переговоров между Россией и Великобританией было закреплено, что река Пяндж окончательно объявлялась границей между Афганистаном и Россией. Для разграничения рубежей между империями летом 1895 г. были созданы Пограничные комиссии. Со стороны Англии комиссию возглавлял генерал-майор М.Дж. Герард, с российской стороны – полномочный комиссар, военный губернатор Ферганской области Туркестанского края генерал-лейтенант П. Швейковский. Топографическим отрядом руководил Н.А. Бендерский. Все необходимые работы, связанные с картографированием и демаркацией границы от озера Виктория до китайской границы, при наблюдении двух афганских офицеров были проведены с 22 июля по 12 сентября 1895 г.

Заключение. В 1895 г. в Лондоне было завершено разграничение сфер влияния между Российской и Британской империями на Памире. Часть Памира отошла к Афганистану, часть – к Российской империи, а часть – к Бухарскому эмирату, подконтрольному России. Сферы влияния России и Великобритании разделил Ваханский коридор, отданный Афганистану. Таким образом завершился этот далеко не последний эпизод «Большой игры» для двух великих держав.

С этого момента на смену первопроходцам и авантюристам на Памир пришли регулярные пограничные войска. В 1897 г. в Хороге был расквартирован пограничный отряд, созданный на базе русских войск, находившихся на Памире. Вследствие геополитической важности этого района и его стратегического значения для Российской империи, пограничный отряд состоял не из чинов Отдельного корпуса пограничной стражи, а из солдат, унтер-офицеров и офицеров регулярной русской армии, непосредственно подчинявшихся Главному штабу российской армии [1]. В последующие годы главную работу по исследованию Западного Памира, организации топографической съёмки местности, проведению рекогносцировки, возведению дорог, изучению этнографии населяющих народов провели первые начальники памирских погранотрядов. Одной из важнейших задач, вменённых в обязанности офицеров памирского погранотряда, было всестороннее и прежде всего военно-географическое изучение территории соседнего Афганистана и севера британской Индии.

В 1896 г. была отчеканена медаль для ношения на Георгиевско-Владимирской ленте, с лицевой стороны которой были изображены вензеля Николая I, Александра II, Александра III и Николая II, а на обратной стороне была надпись: «За походы в Средней Азии 1853–1895 гг.». Ею были награждены фактически все воины памирских отрядов.

Научно-популярные статьи, очерки и воспоминания о Памирских экспедициях 1891–94 гг. офицеров пограничной стражи Б.Л. Тагеева [12], А.Е. Скерского, А.Е. Снегарева, В.Н. Зайцева, А.Г. Серебренникова и других публиковались в дореволюционных журналах «Всемирная иллюстрация», «Вокруг света», «Разведчик». В них даны великолепные иллюстрации воинских переходов и переправ, биваков и походной жизни в горах Памиро-Алая [4, 6, 7, 9, 10, 14].

В состав памирских отрядов входили прославленные путешественники – основатель Памирского тракта подполковник Б.Л. Громбчевский и составитель карт Памира Н.А. Бендерский, удостоенные наградами Русского географического общества. На кар-

те Памира в обозначении вершин, ледников и перевалов появились новые названия – фамилии благоустроителей Туркестанского края – губернаторов, военачальников, казачьих атаманов и начальников погранзастав. Среди них перевал Ионова в Заалайском хребте (4800 м), пик Топографский – в признание заслуг русских военных геодезистов в изучении и разграничении Памира [2].

После распада СССР в начале 90-х гг. XX в. российские пограничники ушли с территории Памира, лежащей в пределах Горно-Бадахшанской автономной области Республики Таджикистан и провинции Бадахшан соседнего Афганистана. Передачу российских погранзастав таджикским пограничникам в 2004 г. можно считать завершающим ходом «Большой игры». Вопрос разграничения с Китаем был окончательно завершён только в 2004 г. в рамках ШОС (Шанхайской организации сотрудничества).

Благодарности и источники финансирования. Авторы благодарят А.Н. Филаретову за помощь в оформлении рукописи и подготовке её к печати. Исследование выполнено в рамках темы госзадания АААА-А16-116042710030-7 «Музееведение и образование музейными средствами в области наук о Земле и жизни» Музея землеведения МГУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев А.К.* Россия на «крыше мира»: памирский отряд в политической и культурной жизни Бадахшана. К 115-летию похода генерала М.Е. Ионова в Западный Памир (1894 г.) // Вестник С.-Петербургского ун-та. Сер. 13. Вып. 3. 2009. С. 76–89.
2. *Бокиев О.Б.* Завоевание и присоединение Северного Таджикистана, Памира и Горного Бадахшана к России. Душанбе: Ирфон, 1994. 268 с.
3. Герои Памирских походов. 1895. Архив ИВР РАН (https://runivers.ru/gal/gallery-all.php?SECTION_ID=7085&ELEMENT_ID=608303).
4. *Кареева Н.Д.* Мой прадед дал России «крышу мира» // Родина. 2015. № 5. С. 84–85.
5. *Летов В.* «Большая игра» на Памире. Как русские офицеры отбирали «крышу мира» у Британии // ЦентрАзия. 2006 (<https://web.archive.org/web/20180811230445/http://www.centrasia.ru/newsA.php?st=1139954760>).
6. *Лужецкая Н.Л.* Отчёт начальника Памирского отряда капитана В.Н. Зайцева (1893–1894) в Архиве востоковедов ИВР РАН // Письменные памятники Востока. СПб: Институт восточных рукописей РАН, 2008. № 1 (8). С. 154–164 (http://www.orientalstudies.ru/rus/images/pdf/PPV_2008_18_11_luzhetskaya.pdf).
7. *Поливанов М.Д.* «Памирские походы» // Военная энциклопедия. Т. 17. СПб: Типография товарищества И.Д. Сытина, 1914. С. 271–273.
8. *Проскурин В.* Генерал Ионов на Крыше Мира (К 170-летию со дня рождения М.Е. Ионова, атамана Семиреченского казачьего войска) // Союз казаков России. 2016 (<http://www.allcossacks.ru/index.php/component/content/article/49-2010-06-03-19-17-04/1297-2016-09-09-17-21>).
9. *Серебренников А.Г.* Очерк Памира. СПб: Тип. Глав. Управления Уделов, 1900. 49 с.
10. *Скерский А.Г.* Краткий очерк Памира // Сб. географических, топографических и статистических материалов по Азии. Вып. L. СПб, 1892.
11. *Смурова Т.Г., Джобадзе Т.Ф., Снакин В.В.* История России по материалам фотоархива Музея землеведения МГУ: порт Александровский // Жизнь Земли. 2016. Т. 38, № 1. С. 92–102.
12. *Тагеев Б.Л.* Памирские походы 1892–1895 гг. Десятилетие присоединения Памира к России. Варшава, 1902. 162 с.
13. *Тагеев Б.Л.* Русские над Индией. Очерки и рассказы их боевой жизни на Памире. СПб, 1900. 254 с.

14. Чибров И.В. Памирские походы (1891–1894 гг.) в воспоминаниях их участников // Изв. Саратовского ун-та. Новая серия. Серия История. Международные отношения. Т. 15. Вып. 4. 2015. С. 7–39.

REFERENCES

1. Alekseev, A.K., “Russia on the “roof of the world”: the Pamir detachment in the political and cultural life of Badakhshan. To the 115th anniversary of General M.E. Ionov’s campaign in the Western Pamirs (1894)”, *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta* **13**, no 3 (2009), 76–89 (in Russian).
2. Bokiev, O.B., *Conquest and annexation of Northern Tajikistan, Pamir and Gorny Badakhshan to Russia* (Dushanbe: Irfon, 1994) (in Russian).
3. *Heroes of the Pamir campaigns* (1895 Archive IVR RAS) (https://runivers.ru/gal/gallery-all.php?SECTION_ID=7085&ELEMENT_ID=608303) (in Russian).
4. Kareeva, N.D., “My great-grandfather gave Russia the ‘roof of the world’”, *Rodina* **5** (2015), 84–85 (in Russian).
5. Letov, V., *The “Big Game” in the Pamirs. How Russian officers took the “roof of the world” from Britain* (<https://web.archive.org/web/20180811230445/http://www.centrasia.ru/newsA.php?st=1139954760>) (in Russian).
6. Luzheckaya, N.L., “Report of the head of the Pamir detachment, Captain V.N. Zaitsev (1893–1894) in the Archive of Orientalists IVR RAN”, *Pis’mennye pamyatniki Vostoka* (SPb Institut vostochnyh rukopisej RAN) **1** (8) (2008), 154–164 (http://www.orientalstudies.ru/rus/images/pdf/PPV_2008_18_11_luzhetskaya.pdf) (in Russian).
7. Polivanov, M.D., “Pamir hikes”, *Military Encyclopedia* **17**, 271–273 (Sankt-Peterburg: Tipografiya tovarishchestva I.D. Sytina, 1914) (in Russian).
8. Proskurin V., “General Ionov on the Roof of the World (To the 170th anniversary of the birth of M.E. Ionov, ataman of the Semirechensk Cossack army)”, *Soyuz kazakov Rossii* (2016) (<http://www.allcossacks.ru/index.php/component/content/article/49-2010-06-03-19-17-04/1297-2016-09-09-09-17-21>) (in Russian).
9. Serebrennikov, A.G., *An essay of the Pamirs* (Sankt-Peterburg: Tip. Glav. Upravleniya Udelov, 1900) (in Russian).
10. Skerskij, A.G., “A brief outline of the Pamirs”, *Sbornik geograficheskikh, topograficheskikh i statisticheskikh materialov po Azii* **L**. (Sankt-Peterburg, 1892) (in Russian).
11. Smurova, T.G., Jobadze, T.F., Snakin, V.V., “History of Russia based on the materials of the photo archive of the Earth Science Museum of Moscow State University: the Port of Alexandrovsky”, *Zhizn Zemli* **38**, no 1, 92–102 (2016) (in Russian).
12. Tageev, B.L., *Pamir hikes 1892–1895. The decade of the Pamir’s annexation to Russia* (Warsaw, 1902) (in Russian).
13. Tageev, B.L., *Russians over India. Essays and stories of their combat life in the Pamirs* (Sankt-Peterburg, 1900) (in Russian).
14. Chibrov, I.V., “Pamir campaigns (1891–1894) in the memoirs of their participants”, *Izvestiya Saratovskogo univesitetata. Novaya seriya. Seriya Istoriya. Mezhdunarodnye otnosheniya* **15**, no 4, 37–39 (2015) (in Russian).

ВЕСТИ ИЗ МУЗЕЕВ

УДК 524.3; 524.4; 524.58

DOI 10.29003/m3031.0514-7468.2022_44_2/239-244

СТЕНД «ИОНОСФЕРА» В ЭКСПОЗИЦИИ «ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ»

М.А. Винник, О.П. Иванов, А.А. Коснырева, В.М. Чаругин*

На стенде экспозиции Музея землеведения МГУ «Земля во Вселенной» демонстрируется специфика структуры и особенности динамики сложной системы ионосферы Земли. Рассмотрены процессы, протекающие в ионосфере.

***Ключевые слова:** ионосфера, ионизация, радиосвязь, полярные сияния, авроральная радиация, авроральный овал.*

***Ссылка для цитирования:** Винник М.А., Иванов О.П., Коснырева А.А., Чаругин В.М. Стенд «Ионосфера» в экспозиции «Земля во Вселенной» // Жизнь Земли. Т. 44, № 2. С. 239–244. DOI:.*

Поступила 05.03.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

«THE IONOSPHERE»: A POSTER AT THE EXHIBITION «EARTH WITHIN THE UNIVERSE»

*M.A. Vinnik¹, Dr. Sci (Pedagogic), O.P. Ivanov¹, PhD, A.A. Kosnyreva¹,
V.M. Charugin², Dr. Sci. (Phys. Math.)*

¹Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum);

² Moscow Pedagogical State University

“The Ionosphere”, a poster at the Earth Within the Universe exhibition of the Earth Science Museum, reveals the specifics of the structure and dynamics of the complex system of the Earth’s ionosphere. Processes occurring in the ionosphere are reflected in the poster.

***Keywords:** ionosphere, ionization, radio communication, auroras, auroral radiation.*

***For citation:** Vinnik, M.A. Ivanov, O.P., Kosnyreva, A.A., Charugin, V.M., “«The Ionosphere»: A Poster at the Exhibition «Earth Within the Universe»,” *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 239–244 (in Russ., abstract in Engl.). <https://doi.org???>*

* Винник Михаил Анатольевич – д.пед.н., в.н.с., vin_nik@mail.ru; Иванов Олег Петрович – к.г.-м.н., в.н.с., ivanovop2007@yandex.ru; Коснырева Анастасия Александровна – н.с.; Музей землеведения МГУ; Чаругин Виктор Максимович – д.ф.-м.н., проф., Московский педагогический государственный университет.

Введение. Стенд «Ионосфера» предназначен для иллюстративной демонстрации основных сведений по строению и динамике ионосферы Земли в экспозиции «Земля во Вселенной». Он состоит из ряда тематических информационных блоков: сверху расположена информация о структуре ионосферы, ниже представлен блок «Радиовлияние ионосферы», ещё ниже – блок «Особенности полярных сияний», самый нижний блок – «Мониторинг ионосферы» (рис. 1).

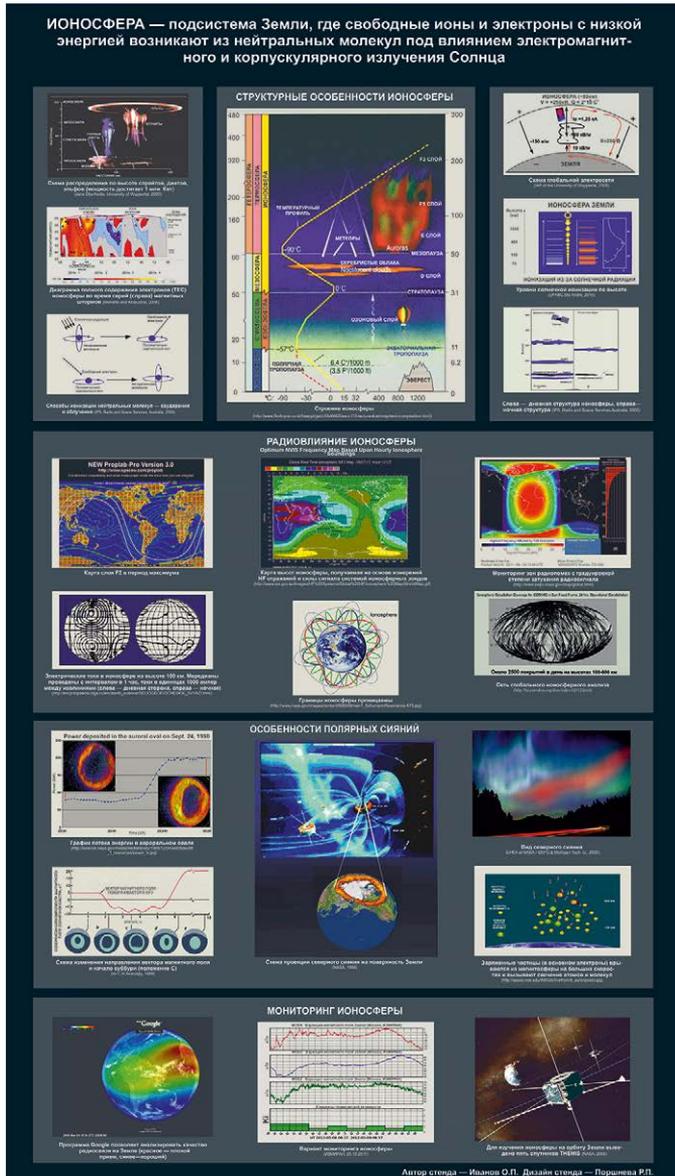


Рис. 1. Стенд «Ионосфера» в экспозиции Музея землеведения «Земля во Вселенной».

Fig. 1. “Ionosphere,” a poster at the *Earth Within the Universe* exhibition at the Earth Science Museum.

Структурные особенности ионосферы. В верхнем блоке кратко рассматриваются структура ионосферы и процесс ионизации (рис. 2).

Ионосфера – слой атмосферы на высотах от 50 до 1000 км, сильно ионизированный вследствие облучения космическими лучами. Она состоит из нескольких слоёв, различающихся температурой, степенью ионизации, а также ионным составом: мезосферы, мезопаузы и термосферы. Свойства ионосферы определяются излучением Солнца и потоками высыпавшихся частиц из магнитосферы Земли.

Различают основные слои ионосферы: слой D (высота 60–100 км), слой E (высота 100–150 км), слой F_1 (высота 180–250 км) и слой F_2 (высота 280–400 км). Область D – это область слабой ионизации. Основной вклад в её ионизацию вносит рентгеновское излучение Солнца. Слой E , в силу относительно высокой концентрации свободных носителей заряда, играет важную роль в распространении средних и коротких волн; этот слой иногда называют «слой Кеннелли – Хевисайда». Особенностью слоя F является то, что он отражает радиоволны в диапазоне коротких волн на частотах от нескольких мегагерц до 10 мегагерц, что делает возможным передачу таких радиосигналов на значительные расстояния (центральный рис.).

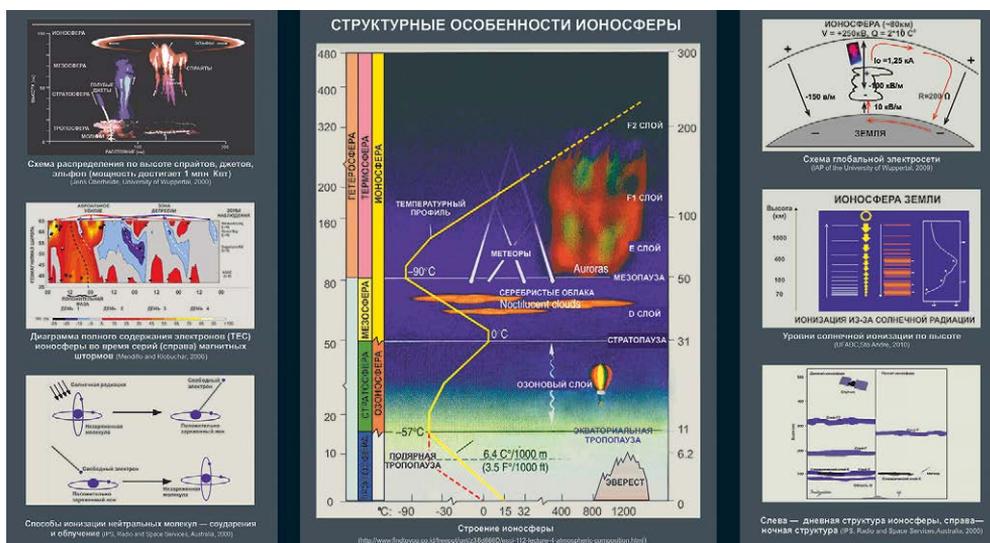


Рис. 2. Структурные особенности ионосферы.
Fig. 2. The structural features of the ionosphere.

В левом верхнем углу блока расположена схема распределения по высоте спрайтов, джетов, элфов (мощность достигает 1 млн Квт). Ниже приведена диаграмма полного содержания электронов (ТЕС) ионосферы во время серий магнитных штормов.

Солнечная радиация является причиной ионизации в ионосфере. Электроны возникают при её столкновении с незаряженными атомами и молекулами. Так как этот процесс требует солнечной радиации, возникновение электронов происходит только в солнечной части полусферы ионосферы. Когда свободный электрон связывается с заряженным ионом, обычно формируется нейтрально заряженная частица. По существу, исчезновение является процессом, противоположным возникновению. Возникновение и исчезновение – это постоянный процесс, который происходит как днём, так и ночью (нижний левый рис.).

О существовании электрического поля в атмосфере Земли известно давно, известно также то, что полярность Земли, в отсутствие грозowych облаков, всегда отрицательна, т. е. её поверхность несёт на себе довольно значительный отрицательный заряд, в то время как верхний слой атмосферы – электросфера (ионосфера) – заряжен относительно Земли положительно. Электрическое поле атмосферы всегда вертикально, т. е. направлено вдоль Z-компоненты от ионосферы к Земле – E_z . Грозвые облака и разряды молний являются единственным, по крайней мере, основным источником атмосферного электричества (правый верхний рис.).

Ниже расположена схема уровней солнечной радиации по высоте. Ещё ниже показана схематическая структура дневной и ночной ионосферы.

Радиовливание ионосферы. Ниже расположен блок «Радиовливание ионосферы» (рис. 3).

На Земле ионосфера оказывает огромное влияние на связь и навигацию. В частности, она отражает радиоволны и обеспечивает тем самым загоризонтную связь. Возмущения ионосферы могут вызывать нарушения в работе GPS и неправильное позиционирование навигатора.

На верхнем центральном рисунке представлена карта высот ионосферы, получаемая на основе измерений HF отражений с силы сигнала системой ионосферных зондов.

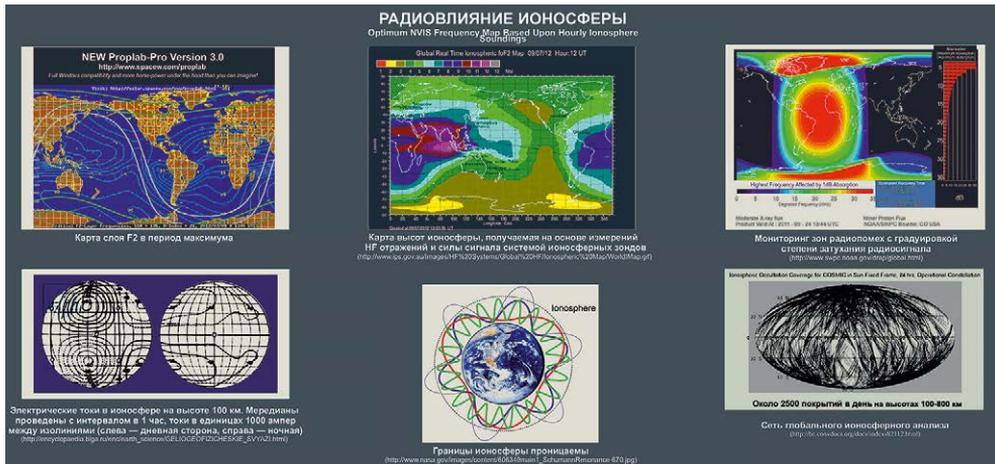


Рис. 3. Радиовливание ионосферы.
Fig. 3. Ionospheric radiation.

В верхнем левом углу блока показана карта слоя F_2 в период максимума. Ионизация слоя F_2 достигает наибольшей величины в зимнее время, причём ежедневный максимум приходится на время после полудня. Летом ионизация менее значительна, чем зимой, и ежедневный максимум для слоя перемещается к заходу Солнца.

Система ионосферных токов на высотах около 100 км связана с суточной вариацией магнитного поля Земли (Sq вариация), вызванной солнечными приливами в дневной ионосфере в эпоху минимума солнечных пятен. Земля как бы вращается под этой системой токов. Меридианы проведены с интервалом в один час. Токи выражены в единицах 1000 А на интервал между изолиниями и текут в направлении стрелок (нижний левый рис.)¹.

¹ Гелиогеофизические связи (http://encyclopaedia.bigru/enc/earth_science/GELIOGEOFIZICHESKIE_SVYAZI.html).

В верхнем правом углу блока показаны данные мониторинга зон радиопомех с градуировкой степени затухания радиосигнала.

Нужды практики распространения радиоволн заставили организовать сеть оперативной связи прогностических центров с многочисленными магнитными и ионосферными станциями, что позволяет получать информацию о текущем состоянии магнитного поля Земли и ионосферы (нижний левый рис.).

Особенности полярных сияний. В данном блоке рассматриваются процессы появления полярных сияний (рис. 4).

Полярное сияние (северное сияние) – свечение (люминесценция) верхних слоёв атмосфер планет. Полярные сияния возникают вследствие бомбардировки верхних слоёв атмосферы заряженными частицами, движущимися к Земле вдоль силовых линий геомагнитного поля из области околоземного космического пространства, называемой плазменным слоем. Эти частицы так и называют – авроральные частицы, или авроральная радиация (нижний правый рис.)².

Авроральная радиация появляется во время магнитосферных суббурь. Возникновение суббури начинается с поворота вектора межпланетного магнитного поля к югу, что усиливает поступление энергии в магнитосферу. Определяющая роль в этом отводится электрическому полю солнечного ветра, направленному с утра на вечер поперёк хвоста и авроральной магнитосферы. Конвективное поле усиливает и сдвигает к Земле дрейфовый ток в зоне квазизахвата, что меняет конфигурацию магнитосферы, вытягивая силовые линии в хвост. Магнитное поле в долях хвоста растёт за счёт переноса магнитного потока с дневной стороны, и толщина плазменного слоя в хвосте уменьшается. Подготовительная фаза суббури хорошо прослеживается по наблюдениям полярных сияний (нижний правый рис.).



Рис. 4. Особенности полярных сияний.

Fig. 4. Features of the auroras.

Проекция плазменного слоя вдоль геомагнитных силовых линий на земную атмосферу имеет форму колец, окружающих северный и южный магнитные полюса (авроральные овалы). Авроральные овалы имеют вид светящихся, несколько деформированных и смещённых на ночную сторону колец. Эти кольца меняют свои размеры в

² Полярные сияния на планетах Солнечной системы (<https://habr.com/ru/post/479162/>).

зависимости от геофизической возмущённости, существенно расширяясь при её увеличении (центральный рис.)³.

На верхнем левом рисунке демонстрируется график потока энергии в авроральном овале.

Полярные сияния разнообразны по форме, яркости, цвету, подвижности и продолжительности. Цвет сияний чаще зелёный и реже – фиолетовый и красный. Спектрографические наблюдения показали, что цвет сияния зависит от свечения атомов газа разреженной атмосферы. Зелёный и красный цвета – это свечение атомарного кислорода с разной длиной световой волны, а фиолетовый – молекулярного азота (верхний правый рис.).

Мониторинг ионосферы. Нижний блок стенда посвящён мониторингу ионосферы (рис. 5).



Рис. 5. Мониторинг ионосферы.

Fig. 5. Ionospheric monitoring.

Диагностика состояния ионосферы не только приносит традиционно известные сведения об условиях распространения радиоволн в околоземном пространстве, но и позволяет следить за состоянием и процессами перестройки внешних областей земной атмосферы по изменению их токовых систем, поскольку обширные пространства магнитосферы связаны системой вертикальных токов с ионосферой и их изменения сказываются на состоянии ионосферы. В то же время наблюдения ионосферы позволяют контролировать многие процессы в нижних непроводящих слоях (стратосферное потепление, атмосферные волны и т. п.), т. к. колебательные процессы, усиливаясь при прохождении этих слоёв атмосферы, передаются в верхние проводящие слои, где легко регистрируются радиофизическими способами. Более того, мониторинг состояния ионосферы позволяет контролировать колебания земной поверхности (землетрясения, сильные взрывы)⁴.

На центральном рисунке показан вариант мониторинга ионосферы.

На левом рисунке показаны пять спутников THEMIS, предназначенных для изучения процессов в нижней магнитосфере Земли и ионосфере планеты, включая изучение полярных сияний.

Благодарности и источники финансирования. Исследование выполнено в рамках тем госзаданий АААА-А16-116042710030-7 «Музееведение и образование музейными средствами в области наук о Земле и жизни», а также АААА-А16-116042010088-5 «Эволюция геодинамических обстановок и глобальные природные процессы».

³ Полярные сияния (<http://www.diary.ru/~felbert/p97442351.htm>).

⁴ Ионосфера и распространение радиоволн (<http://www.izmiran.ru/ionosphere/>).

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 37.0 + 621.039

DOI 10.29003/m3032.0514-7468.2022_44_2/245-256

УЧЁНЫЙ, НАСТАВНИК, ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕЯТЕЛЬ: К 95-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ГЕННАДИЯ АЛЕКСЕЕВИЧА ЯГОДИНА

Т.Г. Соколова, Л.Г. Молоканова, В.М. Лазарев, В.В. Снакин*

Статья посвящена 95-летию со дня рождения Геннадия Алексеевича Ягодина (1927–2015) – российского физико-химика и государственного деятеля, д.х.н., чл.-корр. РАН (1976), министра высшего и среднего специального образования (1985–89), председателя Государственного комитета СССР по народному образованию (1989–91), в 1973–85 гг. ректора МХТИ им. Д.И. Менделеева (ныне РХТУ), ректора Международного университета (1992–2003); директора Московского музея образования (2005–15), президента Ассоциации экологического образования Москвы, лауреата Государственной премии СССР (1985) и премии им. Д.И. Менделеева. Приобрёл широкую известность демократизацией учебного процесса в высшей школе. Труды по химии и технологии редких металлов, жидкостной экстракции их соединений, охране природы и рациональному использованию природных ресурсов, экологическому образованию.

Ключевые слова: Г.А. Ягодин, высшее образование, технология редких и рассеянных элементов, охрана природы, музеология.

Ссылка для цитирования: Соколова Т.Г., Молоканова Л.Г., Лазарев В.М., Снакин В.В. Учёный, наставник, государственный деятель: к 95-летию со дня рождения Геннадия Алексеевича Ягодин // Жизнь Земли Т. 44, № 2. С. 245–256. DOI: 10.29003/m3032.0514-7468.2022_44_2/245-256.

Поступила 28.04.2022 / Принята к публикации 11.05.2022

* Соколова Татьяна Геннадиевна – д.б.н., с.н.с. ИНМИ РАН им. С.Н. Виноградского, tatso2204@gmail.com; Молоканова Людмила Григорьевна – к.х.н., н.с. Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна, tolokan@mail.ru; Лазарев Валерий Михайлович – к.х.н., профессор кафедры общей и неорганической химии РХТУ им. Д.И. Менделеева, termolaz@yandex.ru; Снакин Валерий Викторович – д.б.н., профессор, зав. сектором Музея земледования МГУ им. М.В. Ломоносова; гл.н.с. Института фундаментальных проблем биологии РАН, snakin@mail.ru.

SCIENTIST, MENTOR, STATESMAN: ON THE 95TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF GENNADY ALEXEYEVICH YAGODIN

T.G. Sokolova¹, L.G. Molokanova², V.M. Lazarev³, V.V. Snakin^{4,5}

¹ Vinogradsky Institute of Microbiology of RAS, Moscow;

² Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow Region;

³ Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow;

⁴ Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum), Moscow;

⁵ Institute of Basic Biological Problems of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region

The article is dedicated to the 95th anniversary of the birth of Gennady Alekseevich Yagodin (June 3, 1927–January 4, 2015), a Russian physical chemist and statesman, Doctor of Chemistry, Russian Academy of Sciences Corresponding Member (since 1976), Minister of Higher and Secondary Specialized Education (1985–1989), Chairman of the USSR State Committee for Public Education (1989–1991). Provost of the Mendeleev Moscow Chemical Technology Institute (1973–1985), Provost of the International University (1992–2003), Director of the Moscow Museum of Education (2005–2015), President of the Moscow Association for Environmental Education, laureate of the USSR State Prize (1985) and the Mendeleev Prize. Yagodin became widely known for the democratization of higher education teaching, and authored a number of works on the chemistry and technology of rare metals, liquid extraction of their compounds, nature conservation, the rational use of natural resources, and environmental education.

Keywords: G.A. Yagodin, higher education, technology of rare and trace elements, nature conservation, museology

For citation: Sokolova, T.G., Molokanova, L.G., Lazarev, V.M., Snakin, V.V., “Scientist, Mentor, Statesman: On the 95th Anniversary of the Birth of Gennady Alexeyevich Yagodin,” *Zhizn Zemli [Life of the Earth]*, 2022, **44** (2), 245–256 (in Russ., abstract in Engl.). DOI: 10.29003/m3032.0514-7468.2022_44_2/245-256.

Начало. Геннадий Алексеевич Ягодин (рис. 1) родился 3 июня 1927 г. в селе Большой Вьяс Лунинского района Пензенской области в семье сельских учителей. Через

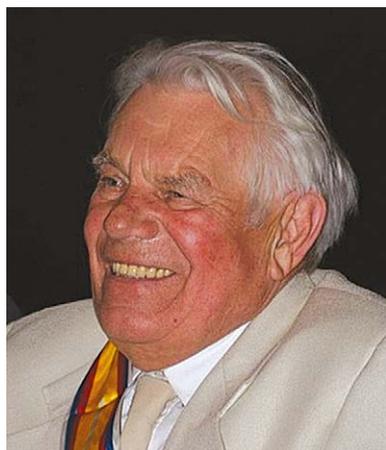


Рис. 1. Ягодин Геннадий Алексеевич (03.06.1927–04.01.2015).

Fig. 1. Gennady Alexeyevich Yagodin (June 3, 1927–January 4, 2015).

три года родился младший брат Борис. Мальчики учились сначала дома, затем в школе, где преподавали их родители. По-видимому, это была очень хорошая школа. Директором школы в то время был Фёдор Прокопьевич Яковлев. Алексей Иванович Ягодин – отец Геннадия и Бориса – преподавал в школе химию, мать – Ягодина Александра Григорьевна – математику. Поскольку они жили в селе, был бы, по сути, крестьянский. Сажали картошку, держали в доме корову, другую скотину. Алексей Иванович и Александра Григорьевна (рис. 2) для повышения квалификации заочно учились в Саранском университете, летом им приходилось надолго уезжать для прохождения очных курсов и всё хозяйство оставалось на мальчиках. Но в целом это была мальчишеская вольная жизнь, в тесном соседстве с природой – река, поле, лес, где они проводили немало времени – ловили раков в реке, любили ночевать на берегу у костра.



Рис. 2. Геннадий с родителями – Александрой Григорьевной и Алексеем Ивановичем.
Fig. 2. Young Gennady with his parents, Alexandra Grigoryevna and Alexey Ivanovich.

Одноклассники вспоминали, что в школе Геннадий учился очень хорошо. Он помогал отцу готовить школьные лабораторные занятия и демонстрации по химии и, вспоминая об этом, говорил, что отец поставил ему «химические руки». В 1944 г. Г.А. Ягодин после отличного окончания школы поступил в Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева, на «силикатный» факультет – факультет химической технологии силикатов. В 1949 г. по инициативе академика И.В. Курчатова был создан инженерный физико-химический факультет для подготовки инженерных кадров химиков-технологов для зарождавшейся в то время атомной промышленности. На факультете преподавали выдающиеся физико-химики страны, ставшие впоследствии академиками и лауреатами многочисленных государственных премий. В момент основания для обучения на факультете отбирали лучших студентов выпускного и предвыпускного курсов, в числе которых оказался и Г.А. Ягодин. Он закончил обучение в МХТИ им. Д.И. Менделеева в 1950 г. (диплом с отличием). В студенческие годы активно участвовал в общественной жизни, которая определялась комсомольской и партийной организациями. Избирался секретарём комитета комсомола института, первым секретарём Советского райкома ВЛКСМ г. Москвы. В 1948 г. вступил в ВКП (б). В период обучения в институте встретил людей, ставших его близкими друзьями на всю жизнь: свою будущую жену Анну Тимофеевну Губареву, Антонину Ивановну Майер (Мясову) и Александра Артемьевича Майера, Татьяну Ивановну Чернышёву (Григас) и Евгения Андреевича Чернышёва. У Геннадия Алексеевича было много друзей, невозможно очертить круг его общения в краткой статье. Всюду, где он принимался за дело, возникали дружеские связи, часто продолжавшиеся очень долгое время, всю жизнь. Как оценивал впоследствии сам Геннадий Алексеевич, самое сильное влияние на него как на личность и на его судьбу, помимо родителей, оказали два человека – его жена Анна Тимофеевна и его учитель Николай Михайлович Жаворон-

ков. Николай Михайлович был главным создателем инженерного физико-химического факультета и ректором МХТИ им. Д.И. Менделеева (1948–62).

За время обучения и в большой степени под влиянием преподававшего на факультете Николая Петровича Сажина сформировались главные научные интересы Ягодина на многие годы вперед – химия и технология циркония и гафния. В 1952 г. Г.А. Ягодин оставил комсомольскую работу и вернулся в МХТИ, поступив в аспирантуру на кафедре физики к Василию Васильевичу Тарасову. Однако через год он понял, что его математическая подготовка недостаточна для выполнения предложенной работы, перешёл в аспирантуру к Н.М. Жаворонкову и был откомандирован для выполнения этой работы в Карповский институт в лабораторию разделения смесей, которой руководил Н.М. Жаворонков. Диссертационная работа Ягодина была посвящена разделению изотопов углерода ректификацией. После защиты кандидатской диссертации в 1956 г. стал работать в МХТИ ассистентом кафедры технологии радиоактивных, редких и рассеянных элементов и заместителем декана инженерного физико-химического факультета.

В 1961/62 учебном году Геннадий Алексеевич прошёл стажировку в Лондонском Imperial College. После годичной стажировки в Англии три года (1963–66) работал в Австрии заместителем директора Международного агентства по атомной энергии – МАГАТЭ (рис. 3). Опыт этой работы придал широту взглядов на мировое сообщество, его возможности и пути развития. Понимание роли образования человека для общества дало в дальнейшем импульс деятельности по его совершенствованию.



Рис. 3. Секретариат Третьей Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии. В первом ряду в центре – генеральный директор МАГАТЭ Зигвард Эклунд, справа от него – заместитель генерального директора Г.А. Ягодин, 1963 г.

Fig. 3. Organizing committee of the Third Geneva Conference on the peaceful uses of atomic energy. Front row, center: IAEA Director General Sigvard Eklund, with Deputy Director General G.A. Yagodin on his right. 1963.

Научные исследования. С 1966 г. Геннадий Алексеевич работал в МХТИ доцентом, профессором, деканом инженерного физико-химического факультета. Активно

вёл научные исследования, в основном в области химии редких металлов и в области общих проблем физической химии. В 1971 г. защитил докторскую диссертацию. Им были разработаны теоретические основы и технология разделения и прецизионной очистки циркония и гафния, установлено существование устойчивых многоядерных соединений циркония, разработаны методы изучения нестационарной массопередачи в процессах экстракции, обеспечивающие измерение констант скорости поверхностных реакций и определение механизма поверхностных явлений [4, 5]. Продвинул исследования кинетики химических реакций извлечения и явлений, сопровождающих эти реакции на границе раздела фаз. Основал одну из научных школ по кинетике экстракционных процессов, стал автором многих изобретений, 10 из которых были внедрены в производство и дали весомый эффект. Его стараниями были усовершенствованы важнейшие процессы в атомной, химической и некоторых смежных отраслях промышленности, технологии. Например, он предложил способ разделения изотопов и родственных элементов, попутно немало сделав для фармацевтики, производства стройматериалов и моющих средств, утилизации отходов сельского хозяйства.

В 1972 г. вышла книга «The Limits of Growth» [9], написанная как доклад Римскому клубу по проекту «Проблемы человечества». Изложенные в книге идеи устойчивого развития человечества глубоко впечатлили Геннадия Алексеевича. С этого времени он считал важным делом внедрение этих идей в жизнь, создание необходимых для устойчивого развития условий, самым главным из которых он считал воспитание экологического сознания человека, подготовку специалистов, способных обеспечить экологический контроль и разработку технологий, способствующих устойчивому развитию человечества. В 1983 г. по инициативе Г.А. Ягодина была организована первая в стране кафедра промышленной экологии, и он стал её первым заведующим, развернув работу по активизации природоохранных исследований, системы экологического образования, созданию в стране нового отношения к окружающей среде обитания человека [3, 6, 7, 10].

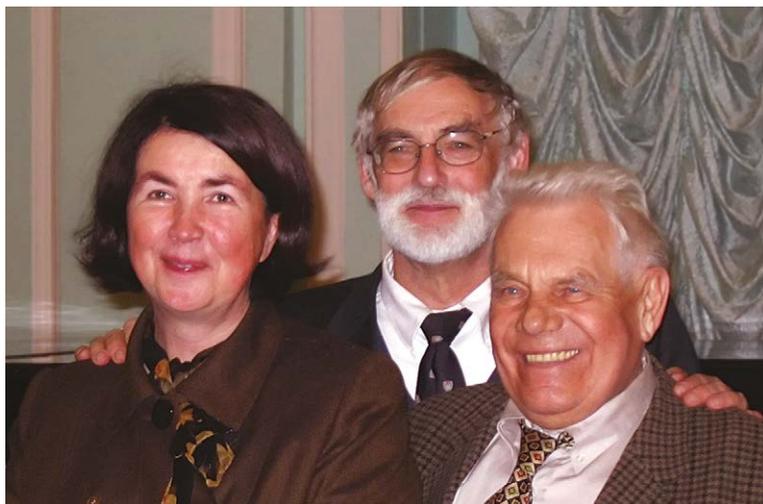


Рис. 4. Геннадий Алексеевич с Денисом Медоузом и чл.-корр. РАН Н.П. Тарасовой, 2004 г., РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Fig. 4. Gennady Elexeyevich Yagodin with Dennis Meadows and corresponding member of the Russian Academy of Sciences N.P. Tarasova. Mendeleev RCTU, 2004.

В 1995 г. в РХТУ¹ им. Д.И. Менделеева была создана кафедра проблем устойчивого развития, которую возглавила ученица и последователь идей Г.А. Ягодина доктор химических наук профессор Наталья Павловна Тарасова. В 2000 г. на базе кафедры был создан Институт проблем устойчивого развития (ИПУР). Сотрудничество Г.А. Ягодина, Д. Медоуза и Н.П. Тарасовой (рис. 4) существенно повлияло на становление идей устойчивого развития и на совершенствование системы образования.

Многосторонняя деятельность Ягодина Г.А. отражена более чем в 600 научных публикациях, в т. ч. в учебниках и монографиях. Он автор более 90 изобретений.

Ректор *Alma Mater*. В 1973 г. Геннадий Алексеевич возглавил Менделеевский «родной» институт в должности ректора. Эта работа началась с понимания того, что самые совершенные учебные планы, как правило, отстают от современных достижений науки, что обусловлено стремительным ростом научных знаний.

Организация общеинженерной, общетехнологической и специальнотехнологической практик путём сочетания обучения с работой на рабочем месте помогала глубоко освоить специальность и понять жизнь: совершенствование шло от аппаратчика 3 до 5 разрядов. Во время семестров Г.А. Ягодин поощрял работу студентов в лабораториях по Госзаказам. Это давало не только современные знания, умения и навыки, но и экономическую поддержку способным студентам.

Олимпиады по химии среди студентов технических вузов, поддерживаемые Министерством образования до 1992 г., привлекали одарённых, неординарных, творчески мыслящих специалистов даже из классических университетов. Городские туры проходили на базе МХТИ и поддерживались руководством вуза.

Совершенствованию подготовки и переподготовки профессоров и преподавателей технологических вузов способствовали ежегодные Учебно-методические конференции на базе МХТИ. Они позволяли ознакомиться с передовым опытом преподавания, совершенствованием Программ и Учебных планов подготовки специалистов.

Поиски обратной связи студент-лектор привели к инициации Г.А. Ягодиным конкурса «Лучший лектор». Он проводится по данным анкетного опроса студентов (организованного психологами и педагогами). По его мнению, развитию творческого мышления в обучающемся способствуют лекции, прочитанные на высоком профессиональном уровне и с эмоциональным вдохновением. Для этого предложил их рациональную организацию: продолжительность 60 минут, выдача раздаточного материала, применение технических средств обучения.

Его живой язык, энергичные жесты, стройная логика, сопровождающие лекции, придавали такому методу убедительность.

Министр образования. В 1985 г. Г.А. Ягодин был назначен министром высшего и среднего специального образования, а затем (1988) Председателем Госкомобразования СССР, где успешно работал до конца 1991 г. (рис. 5). Реформировал и демократизировал учебный процесс в высшей школе. Было введено свободное посещение лекций, отменена военная подготовка для девушек-студенток, из программ был исключен ряд «устаревших» общественно-политических дисциплин, университеты получили автономию. В общеобразовательных школах возникла служба практических психологов, был сделан акцент на развитие личности школьника, основной целью образования было признано стремление обучить умению учиться, находить решения возникающих проблем.

¹ В 1992 г. Московский химико-технологический институт имени Д.И. Менделеева (МХТИ) был переименован в Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (РХТУ).



Рис. 5. М.С. Горбачёв и министр образования Г.А. Ягодин на международной встрече с победителями конкурса «Учитель года», 1991 (?) г.

Fig. 5. M.S. Gorbachev and Minister of Education G.A. Yagodin at the international meeting for winners of the Teacher of the Year competition. Ca. 1991.

По словам академика В.А. Садовниченко, он «с большой настойчивостью начал отдавать приоритет развитию демократических начал в управлении вузами», а также ещё в 1990 г. поддержал в Правительстве страны идею предоставления МГУ им. М.В. Ломоносова статуса самостоятельной автономной организации [1, с. 13].

Остро ощущая опасности для существования человечества, создаваемые, как это ни парадоксально, техническим могуществом Человека, Г.А. Ягодин считал необходимым принятие системы ценностей, основанной на постулатах о единстве и неделимости мира, о губительности вооруженных конфликтов в условиях глобализации, об ограниченности ресурсов Земли, о признании самого Человека высшей ценностью. Соответственно, важнейшая глобальная цель – развитие личности, культуры, науки и образования. Ключевым вопросом образования Ягодин считал отношение человека к природе, проблему воспитания у каждого ответственности за своё персональное поведение в обществе, отношение к другим людям, всем живым существам, природе в целом [8].

В 1988 г. при Госкомитете СССР по народному образованию был создан Временный научно-исследовательский коллектив (ВНИК) «Школа», целью которого была разработка новой образовательной политики, основанной на идеях развития личности школьника, свободного выбора на всех уровнях образовательной системы, превращения образования в действенный фактор развития общества.

Реформы высшего образования в стране вызвали дискуссии и давались Г.А. Ягодину непросто: в течение 1991 г. его трижды отправляли в отставку. Несмотря на это, он сохранял свой пост вплоть до упразднения Гособразования в связи с коллапсом союзных органов управления.

Ректор Международного университета. На посту министра образования Г.А. Ягодин проявил исключительные способности педагога-организатора. В системе организации работы вузов его новации были уникальны по революционности. Реализованные им нововведения были направлены на раскрепощение и демократизацию, на соответствие уровня и качества подготовки специалистов требованиям времени. Недаром в последующие годы (1991–2001) он стал первым ректором частного вуза – Международного университета (МУ) в Москве, где создал и возглавил экологическую школу. По словам президента МУ Г.Х. Попова, «этот университет способствовал решению одной из главных задач страны – становлению эффективного по мировым стандартам российского предпринимательства, подготовке будущих капитанов российско-го бизнеса» [1, с. 12].

В 1992 г. Г.А. Ягодин основал в Международном университете Высшую школу наук об окружающей среде (ВШ НОС) для подготовки специалистов в области природопользования. Основное направление подготовки специалистов – городская экология.

Неординарный учитель, прогрессивный педагог. Важнейшую роль в образовании Г.А. Ягодин отводил подготовке и воспитанию студенчества. Трое из авторов этой статьи² – выпускники 1973 г. кафедры технологии радиоактивных, редких и рассеянных элементов Инженерного физико-химического факультета МХТИ, прошедшие студенчество и последующие годы при непосредственном взаимодействии с Геннадием Алексеевичем, чему мы бесконечно благодарны.

Как важно молодому человеку в начале своего уже «взрослого» жизненного пути встретить Учителя, человека широчайшей эрудиции и культуры! А уж если повезло попасть в коллектив, созданный Учителем, в котором все его участники пронизаны тем же духом порядочности, человечности, творчества, заинтересованности в успехе не только своём, но и всех окружающих, которые способны открыть всё лучшее уже в нас, своих учениках, развить их индивидуальные способности – то чего ещё можно желать вчерашним школьникам? Перед тобой лежит жизнь, и всё в ней теперь зависит от того, насколько правильно ты распорядишься доставшимся тебе «выигрышем в лотерею». Вот так повезло и нам, нашей незабвенной группе Ф-16, в 1967 г.

По воспоминаниям одного из авторов статьи (Л. Молокановой): «Геннадий Алексеевич вошёл в мою жизнь просто и буднично – но как оказалось, если бы он и его семья не встретились на моём жизненном пути – он пошёл бы по совершенно другой траектории. Во-первых, меня бы запросто отчислили из института после первой же сессии, ибо я никогда в жизни не смогла бы преодолеть совершенно непонятную для моего разума дисциплину с мудрёным названием «Начертательная геометрия». Задания незабвенного Николая Николаевича Демченко типа: «а начертите-ка мне в трёх проекциях путь червячка по поверхности этого яблока» вводило меня в полный ступор и развивало обычно несвойственный мне комплекс неполноценности.

Я понимала, что написать контрольную, и тем более сдать экзамен не смогу никогда. Утешало то, что я не была одинока в своём «пространственном дебилизме», нас таких было несколько, и тогда родная группа не дала нам пропасть и решила перед контрольной организовать экстренную помощь от «понимающих» в виде научно-популярного внедрения основ столь трудной науки в наш мозг, лишённый пространственного воображения. Поскольку в группе было всего 4 москвича, а общежитие не получившим

² Л. Молоканова, В. Лазарев и В. Снакин. Т. Соколова – дочь Геннадия Алексеевича.

его при поступлении пообещали дать на 2 курсе, и только тем, кто сдаст сессию на «отлично», то организовать это «спасение утопающих» вызвался наш одноклассник Володя Ягодин³, пригласив нас на воскресенье к себе домой. Конечно, это было сделано с ведома родителей, и Анна Тимофеевна весь день пошла нашу ораву чаем, кормила и следила, чтобы нам было удобно заниматься. Вовка был хороший, добрый парень, порой любящий слегка прихвастнуть. Иногда мы его беззлобно осаживали, отправляя «в Копенгаген за укропом», но вскоре он полностью вписался в наш тогда ещё только зарождающийся коллектив Ф-16 и сделал много полезного для его становления (не зря группа сразу же после первой сессии стала лучшей группой института и держала это звание несколько лет). Тогда мы ещё не догадывались, что его папа – это наш будущий преподаватель, декан, зав. кафедрой, ректор и даже Министр образования Советского Союза.

День, проведённый в их тогда совсем небольшой квартире у метро Лермонтовская, дал мощный толчок моей учёбе, и я справилась с «начерталкой», да и все остальные предметы после неё показались мне лёгкими и понятными. Оказалось, что с помощью «коллективного разума» и опоры в лице ближайшего окружения «нерешаемых задач не бывает». И что надо УЧИТЬСЯ самому, а не только ждать, когда тебя НАУЧАТ.

Через полтора года, когда я пришла на кафедру заниматься научной работой, я как должное восприняла удивительно доброжелательную и плодотворную, даже несколько восторженную учебную и человеческую атмосферу, создаваемую преподавателями под руководством Геннадия Алексеевича. Казалось само собой разумеющимся, когда весь коллектив кафедры интересуется работой простого «научника», даже ещё не дипломника. К нам относились с уважением, подсказывали, как преодолеть какие-то организационные трудности и даже где добыть в сентябре снег, необходимый для криоскопических измерений. Кроме этого, нас учили не только профессии, но и быть гармонично развитыми людьми, начитанными, культурными и физически развитыми. Ведь кафедра организовывала нам, сотрудникам и аспирантам, абонементы в бассейн «Октябрь», в «Клуб любителей кино» в кинотеатре «Уран» на Сретенке, где показывали лучшие мировые фильмы, ещё даже не дублированные. Мы все обязаны были читать литературные новинки, и всё это обсуждалось в «родительские субботы», когда Геннадий Алексеевич мог приходить на кафедру на целый день. А что касается профессии – он отправлял нас в библиотеки – Ленинскую, ГПНТБ и др. – знакомиться с публикациями в научных журналах по специальности, в т. ч. на иностранных языках. Доброго слова заслуживают и наши поездки на практики – Винница, Днепродзержинск, Глазов, завод полиметаллов, экскурсия на Ново-Воронежскую атомную станцию. Незабываема была экскурсия в Гиредмет⁴, где нам показали, какие чудеса может творить выбранная нами профессия. Много хорошего вспоминается в связи с нашей любимой кафедрой и её неизменным лидером Геннадием Алексеевичем Ягодиным. Ещё он помог многим из окончивших обучение распределиться туда, куда хотел человек. Выбрать было из чего: предприятия нашей системы были раскиданы по всей стране, от Читы и Шевченко (как ни странно, туда тоже были желающие поехать на работу) до Силламяэ в Эстонии, и даже до Вены в Австрии. Никто не оставался обиженным, все получали то, что хотели.

Но моя личная история связана с Геннадием Алексеевичем больше, чем история других коллег. После окончания аспирантуры я попросила Геннадия Алексеевича распределить меня в мой родной город Сухуми – сказочное место в красивой бухте на берегу Чёр-

³ Владимир Ягодин (31.01.1950–16.07.1997) – сын Геннадия Алексеевича.

⁴ Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности (АО «Гиредмет»).

ного моря. Там находился Сухумский физико-технический институт, известный тем, что в нём был выделен уран-235 для второй атомной бомбы страны (первая, как известно, была изготовлена из плутония, полученного нашим незабвенным Борисом Вениаминовичем Громыным⁵). Жизнь там была настолько удобна и прекрасна, что это вызывало зависть некоторых «соседей» Абхазии. После распада Советского Союза они захотели «прибрать её к рукам», обозвали нас «этническими русскими» и ворвались туда в 1992 г. на танках, превратив райский уголок в... Оставаться там было невыносимо, а ехать семьёй и садиться на шею родственникам в «лихие времена», когда казалось, что страна катится в пропасть и завтра твоей зарплаты не хватит даже на хлеб, тоже было стыдно. И тут пришло спасение. Глубокой ночью до меня каким-то чудом дозвонилась Наташа Кручинина и сказала, что если мы сможем добраться до Москвы, то кафедра нам поможет. Так и случилось. Все приняли участие в нашей судьбе. А.М. Чекмарёв договаривался с ректором про общежитие, Кручинина снабдила нас посудой и всем необходимым для жизни, О.А. Синегрибова отдала свой телевизор, Страшиновы привезли из Вены огромную коробку одежды для детей, Ваня Паршин, будучи проректором по хозяйству, опекал нас, остальные ребята тоже не остались в стороне. А когда через год наше общежитие должны были сносить, нас позвал к себе Геннадий Алексеевич, отложил все дела и достучался до тех, от кого зависело, чтобы мы смогли начать нормальную человеческую жизнь, а не оставаться бездомными беженцами».

Много внимания проблеме образования молодёжи в России уделял Г.А. Ягодин и в последние годы. На одном из заседаний в Общественной Палате РФ в декабре 2014 г. в глубоком, содержательном и, как всегда, эмоциональном докладе «Развитие образования в стране» высказал сожаление: «Дети, внуки... наших депутатов, членов Правительства, олигархов учатся за рубежом в то время, когда бюджетное финансирование образования в стране совершенно недостаточно».

Среди его воспитанников 10 докторов и 50 кандидатов наук.

Музеолог. Последние 10 лет жизни Геннадия Алексеевича Ягодина были посвящены созданному им Московскому музею образования, который с 2015 г. и до прекращения своего существования носил его имя. Музей был основан в 2004 г. и располагался в здании, являющемся объектом культурного наследия федерального значения «Дом жилой (палаты) XVIII–XIX вв. Главный дом городской усадьбы». Геннадий Алексеевич заполнил пространство музея придуманными им экспозициями, которые с его точки зрения должны были вызывать интерес к образованию как таковому и отображать его историю, будущее развитие, существующие интересные образовательные приёмы. Будучи с юношеских лет коллекционером, Ягодин увлечённо собирал предметы для музейных экспозиций. В музее были представлены уникальные экспозиции: «История образования», «Занимательная наука», «Этнография», «Улицы Москвы, зовущие в дорогу», «Школа XXI века», «Кочевая школа», «Земля из космоса», «Волшебный букварь», «Зал А.С. Макаренка». В музее работал Выставочный зал, где были представлены работы детей, учителей и профессиональных художников, регулярно проходили тематические выставки, лекции, концерты, кинопоказы, литературные вечера. Музей активно посещался, экспозиции вызвали большой интерес не только у детей, но и взрослых посетителей. Геннадий Алексеевич иногда сам проводил экскурсии, с наслаждением наблюдая за реакцией посетителей на демонстрируемые

⁵ Борис Вениаминович Громын – Герой Социалистического Труда (1949), Лауреат Государственной премии, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР; первым в СССР освоил в 1949 г. промышленное концентрирование плутония из облучённого урана на радиохимическом заводе ПО «Маяк»; в 1960–76 гг. – заведующий кафедрой технологии радиоактивных, редких и рассеянных элементов в МХТИ им. Д.И. Менделеева.

экспонаты и занимательные опыты. Всё пространство музея отличалось особенной уютной атмосферой, наполненной светом и радостью прикосновения к предметам, связанным с творчеством людей, их стремлением к знаниям, к познанию окружающего мира. Жаль, что Московское правительство не сочло нужным продолжить этот замечательный и нужный для молодёжи музейный проект.

Заключение. Нашему поколению достался во многом переломный период истории нашей страны, богатый как знаменательными событиями, так и замечательными людьми. Среди них достойное место занимает Геннадий Алексеевич Ягодина – интересный человек, учёный, государственный деятель, замечательный учитель. Неслучайно П.Д. Саркисов отмечал: «Необычные, нестандартные и оригинальные решения всегда были неотъемлемой чертой Геннадия Алексеевича» [2].

Работа-служение профессора Ягодина Геннадия Алексеевича проходила в сложный период перестройки общества, мыслей людей и образования. Поэтому не всё сделанное им воспринимается одинаково положительно. Но несомненно, что встречи с таким интересным человеком оставляли неизгладимое впечатление и были для многих хорошим дебютом в жизнь и правильным напутствием на дальнейшую работу.

Признанием его заслуг стало присуждение званий почётного доктора Веспремского химико-технологического университета (Венгрия), Высшей химико-технологической школы (Болгария), Высшей химико-технологической школы (Чехия), Вроцлавской политехники (Польша), Южно-Корейского университета Кон Хи, Университета Фукуяма (Япония). В 2013 г. Геннадия Алексеевича было присуждено почётное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации». 3 октября 2017 г. в Главном корпусе Миусского комплекса РХТУ им. Д.И. Менделеева была торжественно открыта мемориальная доска профессору Г.А. Ягодину.

Признанием заслуг Г.А. Ягодина является также успешное проведение 26–28 апреля 2022 г. XIV Международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития»⁶ в РХТУ им. Д.И. Менделеева, посвящённой 95-летию со дня рождения профессора Г.А. Ягодина и 50-летию публикации доклада Римскому клубу «Пределы роста» [9].

Благодарности и источники финансирования. Исследование выполнено в рамках темы госзадания АААА-А16-116042710030-7 «Музееведение и образование музейными средствами в области наук о Земле и жизни».

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструктив профессора Ягодина: Юбилейный сборник / Составитель Д.Н. Кавтарадзе. М.: Международный университет, 1997. 240 с.
2. Саркисов П.Д. Пророк в своём отечестве. К 70-летию Геннадия Алексеевича Ягодина // Менделеевец. 1997. № 10 (2022). С. 3.
3. Тарасова Н.П., Ягодина Г.А., Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е. Образование как фактор устойчивого развития // Экология и промышленность. 2000. № 9. С. 36–39.
4. Ягодина Г.А., Каган С.З., Тарасов В.В. и др. Основы жидкостной экстракции / Под ред. Г.А. Ягодина. М.: Химия, 1981. 399 с.
5. Ягодина Г.А., Синегрибова О.А., Чекмарев А.М. Технология редких металлов в атомной технике / Под ред. Б.В. Громова. М.: Атомиздат, 1974. 344 с.
6. Ягодина Г.А., Тарасова Н.П. Будущее промышленности в свете концепции устойчивого развития // Экология и промышленность России. 2001. № 3. С. 23–25.

⁶ Более подробную информацию о конференции см. на сайте: <https://edusciconf.muctr.ru/>.

7. Ягодин Г.А., Кавтарадзе Д.Н., Пуртова Е.Е. Экологическая политика мэрии и префектур Москвы, опыт учебного семинара // Экополис 2000: Экология и устойчивое развитие города. Матер. III Междунар. конф. М.: Изд-во РАМН, 2000.
8. Ягодин Г.А. Народное образование в СССР на пороге XXI века: курсом перестройки и обновления. М., 1988.
9. Meadows D.H., Randers J., Meadows D.L., Behrens W.W. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. Universe Books, 1972. 211 p. ISBN 0876631650.
10. Tarasova N.P., Oganessian K.S., Yagodin G.A. Role of Limits in Global Modeling // World Resource Review. 1998. V. 10, №7. P. 348–355.

REFERENCES

1. Kavtaradze, D.N. (comp.), *Constructive of Professor Yagodin: Anniversary Collection* (Moscow: International University, 1997) (in Russian).
2. Sarkisov, P.D., "Prophet in his own country. To the 70th anniversary of Gennady Alekseevich Yagodin", *Mendeleevets* **10** (1997), 3 (in Russian).
3. Tarasova, N.P., Yagodin, G.A., Nikolaykin, N.I., Nikolaikina N.E., "Education as a factor of sustainable development", *Ecology and industry* **9**, 36–39 (2000) (in Russian).
4. Yagodin, G.A., Kagan, S.Z., Tarasov, V.V. et al. Fundamentals of liquid extraction / Ed. by G.A. Yagodin (Moscow: Chemistry, 1981) (in Russian).
5. Yagodin, G.A., Sinegribova, O.A., Chekmarev, A.M. Technology of rare metals in nuclear engineering / Ed. by B.V. Gromov (Moscow: Atomizdat, 1974) (in Russian).
6. Yagodin, G.A., Tarasova, N.P., "The future of industry in the light of the concept of sustainable development", *Ecology and Industry of Russia* **3**, 23–25 (2001) (in Russian).
7. Yagodin, G.A., Kavtaradze, D.N., Purtova, E.E., "Ecological policy of the mayor's office and prefectures of Moscow, the experience of a training seminar", *Ecopolis 2000: Ecology and sustainable development of the city. Mat. III International Conference* (Moscow: Publishing House of the Russian Academy of Medical Sciences, 2000) (in Russian).
8. Yagodin, G.A., *Public education in the USSR on the threshold of the 21st century: the course of perestroika and renewal* (Moscow, 1988) (in Russian).
9. Meadows, D.H., Randers, J., Meadows, D.L., Behrens, W.W., *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind* (Universe Books, 1972).
10. Tarasova, N.P., Oganessian, K.S., Yagodin, G.A., "Role of Limits in Global Modeling," *World Resource Review* **10**, no. 7, 348–55 (1998).

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ

Всероссийская научно-практическая конференция «Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться».

The all-Russian scientific and practical conference «Phito-Invasions».

Ботанический сад МГУ 10–11 февраля с. г. организовал и провёл Всероссийскую научно-практическую конференцию с международным участием «Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться». В программе было представлено более 65 докладов из 31 региона России и трёх сопредельных государств, которые были сделаны дистанционно. Тематика конференции включала в себя обсуждение следующих вопросов: 1. Законодательное и административное регулирование в области борьбы с фитоинвазиями. Кодекс управления инвазионными чужеродными видами растений; 2. Чёрные книги и «black-lists» регионов. Виды внесённые и планируемые к внесению; 3. Индустрия озеленения и инвазионные виды растений; 4. Информационное освещение проблемы фитоинвазий, роль СМИ, общественности; 5. Изменения климата и фитоинвазии.



Заставка конференции.
Conference opening screen.

Проблема биологических инвазий в последние годы стоит очень остро. Это связано с разными факторами (преднамеренное и/или случайное вселение вида в регионы, находящиеся за пределами их (исторического) ареала), в т. ч. с глобальными изменениями, происходящими на планете. Проблема чужеродных видов в современном её понимании стала интенсивно обсуждаться российскими биологами и разрабатываться в 1990-х гг., однако в иных аспектах инвазионные процессы исследуются в нашей стране уже более ста лет. На конференции были рассмотрены не только разные ключевые направления изучения фитоинвазий в России, подходы к оценке инвазионности видов растений, но и декоративные полезные инвазивные виды. Много докладов было посвящено чужеродным видам флоры заповедников, ботанических садов, регионов (Алтай, Башкортостан, Мордовия, Дальний Восток и др.), областей (Рязанская, Кемеровская, Тюменская, Самарская, Челябинская и др.) и городов (Москва, Санкт-Петербург, Иваново и др.). Интересные доклады прозвучали по предварительным результатам формирования Чёрной книги Донбасса и потенциально инвазионным видам растений во флоре Беларуси. Были заслушаны доклады, которые касались законодательных аспектов в работе с интродуцированными видами. Интересные доклады были сделаны по пыльце чужеродных видов древесных растений в аэропалинологическом спектре Москвы (Полева С.В., Кузнецов К.О.), о малоизвестной публикации П.Ф. Маевского «Об эмигрантах растительного царства» (Калининченко И.М.), а также «Военная история в ботанике, линия фронта и границы ареалов» (Решетникова Н.М., Майоров С.Р.), «Современное изменение климата на Европейской территории РФ и его влияние на био- и социосферу. Прогноз на середину XXI века» (Константинов П.И.) и «Виды-интродуценты в составе флоры озёрных гидрокомплексов востока Смоленско-Московской возвышенности и динамика их численности» (Купцов С.В.).

Кроме специалистов в области фитоинвазий в работе конференции приняли участие с докладами члены общественного движения «Антиборщевик». О роли общественности и взаимодействии со СМИ в защите местных растительных сообществ от экспансии чужеродных сорных видов растений говорили коллеги из Казахстана, Екатеринбурга, Перми. Были представлены материалы по музейно-педагогическому направлению: доклад об опыте проведения выставки, посвящённой инвазионным растениям в краеведческом музее на примере Алексинского художественно-краеведческого музея (Тульская область) (Лысенков С.Н.), о выставочном проекте «Гости званые и незваные. Адвентивные виды» в Биологическом музее имени К.А. Тимирязева (Куликова М.В.), а также о разработанных занятиях со школьниками «Опасные инвазивные виды» (Таранец И.П.).

Благодаря разнонаправленности работы секций по теме фитоинвазий, объединению разных специалистов и общественников-волонтеров конференция получилась очень насыщенной и обогащающей. Кроме интереснейших докладов, дискуссий, в т. ч. в чате, участникам конференции был показан небольшой научно-популярный фильм о растениях в городской среде «Горожане поневоле» Г. Михайловой (Санкт-Петербург). Ознакомиться с докладами можно на YouTube Ботанического сада биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

И.П. Таранец

І Всероссийская научно-практическая конференция «Микроорганизмы и плодородие почвы».

The first all-Russian scientific and practical conference «Microorganisms and Fertile Soils».

21–25 февраля 2022 г. в Кирове на базе агрономического факультета Вятской ГСХА состоялась I Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Микроорганизмы и плодородие почвы», посвящённая 90-летию со дня рождения крупного учёного и педагога, профессора Евгении Матвеевны Панкратовой (1932–2016).

Е.М. Панкратова родилась в Саратове, где с отличием окончила университет по специальности «физиология растений» (1954), подготовила и защитила (в Москве) кандидатскую диссертацию. С 1958 г. и до конца жизни она жила в Кирове, работала в Зональном, а затем и в Сельскохозяйственном институте, успешно совмещая сложные и трудоёмкие научные исследования с преподаванием. Она блестяще защитила в МГУ имени М.В. Ломоносова докторскую диссертацию на тему «Роль азотфиксирующих синезелёных водорослей (цианобактерий) в накоплении азота и повышении плодородия почвы» (1981).

Замечательный лектор, высококвалифицированный специалист, эрудированный в разных отраслях науки, литературы, искусства, Е.М. Панкратова с первых минут покорила и завораживала любую аудиторию, оставаясь любимым преподавателем для многих поколений студентов.

Основным направлением её научных исследований были экология и агробиотехнологический потенциал азотфиксирующих почвенных цианобактерий. В течение 30 лет возглавляя кафедру ботаники, физиологии растений и микробиологии, Е.М. Панкратова создала сильную научную школу в области физиологии и биохимии микроорганизмов и высших растений. Ею опубликовано более 200 научных работ, подготовлено 2 доктора и 9 кандидатов наук.

Тематика юбилейной конференции охватывала широкий круг вопросов, связанных с изучением роли микроорганизмов в создании и поддержании плодородия почвы. Среди них: роль цианобактерий в почвенных экосистемах; альгоцианобактериальные комплексы в природных и антропогенно нарушенных почвах; взаимодействие эпифитной и ризосферной микробиоты с высшими растениями; роль микроорганизмов в биодиагностике состояния почв; использование микробных биопрепаратов в повышении плодородия почв; микробные биоплёнки как формы выживания почвенной микробиоты и др.

Материалы конференции опубликованы в виде сборника, который открывается статьёй профессора Л.И. Домрачёвой «К юбилею Евгении Матвеевны Панкратовой».



Обложка сборника трудов конференции.

The cover of the volume with collected conference papers.

кратовой (*Свет немеркнущей звезды*)» и включает более 40 работ, написанных почвенными альгологами и микробиологами из Кирова, Москвы, Санкт-Петербурга, Ижевска, Казани, Омска, Сыктывкара, а также Молдовы и Монголии.

Н.Н. Колотилова

Круглый стол «Вакцинация в России. К 200-летию со дня рождения Луи Пастера и 135-летию Пастеровской станции в г. Самаре».

The roundtable «Vaccination in Russia. On the 200th anniversary of the birth of Louis Pasteur and the 135th anniversary of the Pasteur station in Samara».

22 февраля 2022 г. в Самарском университете состоялся Круглый стол «Вакцинация в России» с участием русских и французских учёных. К этому мероприятию была приурочена открытая в Межвузовском гуманитарном музейном центре выставка «За спасение жизни человека. Из истории медицинских учреждений в России».

Круглый стол был проведён под руководством Т.В. Гридневой, обозревателя «Самарской газеты» и представителя Франко-русской культурной и санитарной ассоциации (Association franco-russe culturelle et sanitaire, г. Лион, Франция); он прошёл в смешанном режиме с использованием платформы Zoom. В первой части мероприятия прозвучали приветственные речи проректора Самарского университета М.М. Леонова и почётного профессора П.С. Кабытова; выступление студентов, посвящённое истории Самарской пастеровской станции, а также научные сообщения по истории медицины Н.Ф. Ретина «Внутригосударственная сеть российских пастеровских станций», Е.В. Карловой «История и современность вакцинации в России», О.В. Зубовой «Институт имени Эмиля Ру в Самаре» и Н.Н. Колотиловой (Москва) «Микробиологические курсы в Институте Пастера и русские врачи».

Во второй части Круглого стола состоялись доклады его французских участников. С приветственным словом выступил эксперт ВОЗ, создатель и руководитель русско-французской культурной и санитарной ассоциации М. Румянцев (M. Roumiantzeff). С сообщениями о Луи Пастере выступили А. Маршалль (A. Marchal), бывший директор музея Пастера в Арбуа, Жак де Бэр (J. de Voer) и Филипп Брюно (Ph. Bruneau). Вниманию участников был представлен недавно вышедший во Франции альбом с юношескими рисунками Пастера. В заключение Круглого стола прозвучало сообщение Т.В. Гридневой о посещении самарской делегацией Института Пастера в Париже (2019). Были отмечены дальнейшие мероприятия, посвящённые юбилею Пастера, планируемые на 2022 г.

Н.Н. Колотилова

В день рождения Владимира Ивановича Вернадского.

A birthday event for Vladimir Ivanovich Vernadsky.

По доброй традиции 12 марта с. г. в день 159-летия со дня рождения В.И. Вернадского были возложены цветы на его могилу на Новодевичьем кладбище. В церемонии приняли участие генеральный директор Неправительственного экологического фонда имени В.И. Вернадского Ольга Плямина, сотрудники Фонда, биограф В.И. Вернадского Геннадий Аксёнов, директор Университетской гимназии МГУ Александр Леонтович, заведующая и хранитель кабинета-музея В.И. Вернадского Ирина Ивановская, заведу-



У памятника В.И. Вернадскому, 12 марта 2022 г.
By the V. I. Vernadsky monument, March 12, 2022.

ющий сектором Музея землеведения МГУ Валерий Снакин, зав. лабораторией микробиологии и биогеохимии водоёмов Института микробиологии им. С.Н. Виноградского Александр Саввичев, сотрудники ГЕОХИ РАН, студенты московских вузов и др.

Участники встречи почтили память великого учёного, обсудили подготовку к предстоящему масштабному празднованию 160-летия Владимира Ивановича Вернадского (которое пройдёт при поддержке РАН, учредителей и партнёров Фонда Вернадского), обменялись мнениями о значении идей учёного и философа в наши дни.

Генеральный директор Фонда Ольга Плямина отметила объединяющую роль концепции устойчивого развития академика В.И. Вернадского: «Несмотря на сложность учения о ноосфере, оно стало той основой и тем фундаментом, на который сейчас опираются в своей деятельности политики, учёные и предприниматели во всём мире».

Директор Университетской гимназии МГУ имени М.В. Ломоносова Александр Леонтович рассказал об удивительной способности учёного видеть суть происходящих процессов ещё в момент их зарождения: «В стенах Университетской гимназии МГУ мы прилагаем все усилия, чтобы научить молодёжь такому же широкому, системному взгляду на этот мир. И конечно — навыку влиять на любые ситуации на начальных стадиях, пока это ещё возможно».

Владимир Иванович Вернадский оставил неизгладимый след в истории. Он написал более пятисот работ в самых разных отраслях науки, стоял у истоков биогеохимии, разведки полезных ископаемых и советского «ядерного проекта». Владимир Иванович всегда смело смотрел в будущее и самоотверженно работал на благо человечества.

*По материалам Неправительственного экологического фонда
им. В.И. Вернадского.*

IX Общероссийский фестиваль природы «Первозданная Россия». The ninth all-Russian nature festival «Russia Primordial».

В 2022 г. с 4 марта по 3 апреля в залах Союза художников России в Западном крыле Новой Третьяковки состоялся IX Общероссийский фестиваль природы «Первоздан-



Генеральный директор Фонда им. В.И. Вернадского Ольга Плямина (справа) с представительницами отряда «Экопрофтех».

Olga Plyamina, General Director of the V. I. Vernadsky Foundation (right), with representatives of the «Ecoprophtech» group.

ная Россия». История фестиваля природы началась с 2014 г., и с тех пор на Фестивале традиционно проходит выставка фотографий дикой природы, а также уникальные встречи со специалистами в самых разных областях знаний, мастер-классы, научно-популярные лекции, показы документальных фильмов о природе, детская программа, конкурсы, викторины, а также памятные снимки в фото-зоне.

В 2022 г. экспозиция фестиваля была представлена более чем 420 фотографиями, а общая площадь выставочного пространства составила 3000 м². Темой фестиваля природы была выбрана «Времена года». Все желающие в течение месяца могли познакомиться с уникальными фотографиями пейзажей, животных, растений и др. объектов в живописных уголках России и ежегодным циклом жизни природы. Восхищение вызывают работы фотохудожников с первыми подснежниками и глухариным током, летние пейзажи, разнообразие животного мира, золотая осень и суровые русские зимние красоты. На фотовыставке отражается жизнь первозданной природы нашей необъятной страны, её ритм, краски и неповторимость: Чукотка, о. Врангеля, о. Сахалин, Кавказ и другие уникальные места, загадочные обитатели Белого (рис. 2), Японского морей, а также болота и пресноводные обитатели, микромир. В экспозиции были представлены и отдельные фотопроекты «Дикая природа парков Москвы», Госкорпорация «Росатом» «Восстановление нарушенных экосистем», ПАО Газпром России «Сохраняя природу», «Русское географическое общество» и др. Интересно, что некоторые фотопроекты с эколого-просветительской информацией сопровождали QR-коды, с помощью которых можно было услышать «звуки Арктики»: как ломаются льды, какие звуки издаёт Атлантический морж и др.

В марте с. г. сотрудники Музея землеведения МГУ на площадке фестиваля провели бесплатные мероприятия для самых разных посетителей: лекцию «Зачем нужны особо охраняемые природные территории», интерактивные занятия «Обитатели зелёных территорий», «Такие разные птицы» (к.б.н. Таранец И.П.), а также,



Зал «Мир Белого моря». Фото И.П. Таранец.
 «The World of the White Sea» exhibition room. Photo by I.P. Taranets.

в рамках сотрудничества с Неправительственным экологическим фондом имени В.И. Вернадского, познавательную программу «Редкие животные и растения города Москвы» (д.п.н. Попова Л.В., к.б.н. Пикуленко М.М., к.б.н. Таранец И.П.). Участниками мероприятия стали учащиеся нескольких школ города Москвы и Подмосковья. В рамках программы был показан фильм о Музее земледелия Московского университета и проведены два занятия. В интерактивном формате было рассказано о Красных книгах, о редких видах растений и животных, об особо охраняемых природных территориях, их роли в сохранении биоразнообразия, а также продемонстрированы гербарий, натурные экспонаты и определители. За время проведения программы школьники, участники Фестиваля, смогли многое узнать, в т. ч. где найти актуальный в 2022 г. Реестр редких видов города Москвы, как с помощью программы «iNaturalist» прикоснуться к науке, загружая свои кадры на специальную платформу и узнавая от специалистов названия видов флоры и фауны, а также в формате игры-викторины погрузиться в тему охраны природы. Отметим, что сама атмосфера фестиваля, уникальные художественные снимки живой природы способствовали популяризации заявленной темы.

За 9 лет работы фестиваля природы для многих москвичей и гостей столицы его посещение стало доброй традицией, которое в начале весны и пробуждения природы вдохновляет на творчество, путешествия по родной стране, помогает задуматься, как важно сохранить природу в первозданном виде.

И.П. Таранец, М.М. Пикуленко, Л.В. Попова

«История в программке».

«History in Theater Programs».

27 марта с. г. в Государственном академическом Малом театре открылась выставка «История в программке», её автор и куратор – с.н.с. музейно-информационного центра Малого театра Л.В. Старостина. Открытие выставки состоялось в Международный День Театра.



Фрагмент выставки.
Fragment of the exhibition.

Небольшой вводный текст, рассказывающий о выставке, начинается с неожиданного вопроса, обращенного к её посетителям: «А Вы собираете программки?».

Театральная программка – это не только приятный сувенир, предмет коллекционирования, но и важный театральный документ. В фондах Малого театра хранится множество программок, которые отражают как внутреннюю жизнь театра – премьеры и возобновления спектаклей, изменение актерского состава и т. п., так и важнейшие события общественной жизни.

На выставке можно проследить эволюцию театральной программки с конца XIX в. до наших дней. На ней также представлены афиши, эскизы, фотографии, театральные костюмы, рассказывающие как о легендарных, так и о малоизвестных и даже совсем забытых спектаклях Малого театра.

Н.Н. Колотилова

Международная конференция Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН.

The international conference of the Russian National Committee for History and Philosophy of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences.

С 28 марта по 1 апреля 2022 г. состоялась Международная конференция Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН, посвящённая 90-летию Института истории естествознания и техники (ИИЕТ) им. С.И. Вавилова РАН. Площадками проведения конференции стали также Архив РАН, где состоялась открытие выставки, посвящённой 90-летию ИИЕТ РАН, и Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН.

Работа конференции после пленарных заседаний проходила по девяти секциям: истории биологии и медицины; истории химии; истории геолого-географических наук; истории физико-математических наук; истории техники и технических наук; истории Академии наук и научных учреждений; истории организации науки и

науковедения; историографии и источниковедения истории науки и техники; междисциплинарных проблем в развитии науки и техники. Всего было заявлено около 190 докладов.¹

Сотрудники Музея земледования МГУ приняли участие в работе секции истории биологии и медицины: д.б.н. доцент Биологического факультета МГУ, в.н.с. Музея Земледования МГУ Н.Н. Колотилова представила доклад «Г.И. Фишер фон Вальдгейм: к 250-летию со дня рождения (по материалам выставки в Музее земледования МГУ)», а к.б.н. с.н.с. К.А. Голиков – «Женское лицо отечественной селекции декоративных растений в Ботаническом саду Московского университета».

По материалам конференции планируется опубликовать сборник трудов.

К.А. Голиков, Н.Н. Колотилова

Заседание Секции музееведения в рамках Ежегодной научной конференции МГУ «Ломоносовские чтения 2022».

The Museology panel of the 2022 Moscow State University annual conference «Lomonosov Readings».

19 апреля в Музее земледования в рамках Ежегодной научной конференции МГУ «Ломоносовские чтения 2022» прошло заседание Секции музееведения, в котором приняли участие более 30 человек. Среди участников были сотрудники Музея земледования, Механико-математического факультета, Биологического факультета, студенты Факультета иностранных языков и регионоведения. Было заслушано 8 научных докладов.

В докладе с.н.с. А.В. Иванова «Прибрежные экосистемы в коэволюции геосфер: региональное разнообразие и представление в музейном пространстве» береговые экосистемы позиционируются как арена взаимодействия и коэволюции геосфер в глобальном и региональном измерениях; результатом является колоссальное разнообразие прибрежных биогеоценозов в истории Земли и конкретных территорий. Обращается большое внимание на тематику береговых экосистем при развитии экспозиций и выставок в Музее земледования МГУ.

В докладе в.н.с. Л.В. Поповой, с.н.с. И.П. Таранец и в.н.с. М.М. Пикуленко «Что знают школьники об особо охраняемых природных территориях?» был представлен анализ ответов участников школьного и муниципального этапов в г. Москве за 2020 и 2021 гг. Всероссийской олимпиады школьников по экологии (более 90 тыс. ответов). Изучались ответы учащихся с 5 по 11 класс по двум темам – категории особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и ведение Красной Книги г. Москвы. Сделан вывод о том, что знания учащихся весьма поверхностны. Данный факт можно объяснить отсутствием предмета «Экология» в средней школе и природоохранной тематики в дополнительном образовании школьников. Введение в школу предмета «Экология» позволило бы не только познакомить учащихся со структурой и функционированием ООПТ, но и с методами решения современных экологических проблем.

В докладе с.н.с. С.В. Молошикова «Павловский карьер (Воронежская область) – уникальное местонахождение среднедневной ихтиофауны: материалы в кол-

¹ <http://ihst.ru/wp-content/uploads/2022/03/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8.pdf>

лекции Музея землеведения МГУ» приводилась характеристика местонахождения уникального комплекса живетской ихтиофауны, отличающегося доминированием ассоциации крупных панцирных рыб (динихтииды, коккостеиды, холонематиды).

В докладе аспиранта Биологического факультета И.Д. Алазтели, в.н.с. В.М. Макуевой и директора МЗ МГУ, профессора А.В. Смурова «Результаты длительного эксперимента по повышению жизнеспособности популяций кустарниковой улитки (*Bradybaena fruticum* (Mull.) на особо охраняемых природных территориях города Москвы» были представлены результаты оценки состояния генофонда 11 популяций кустарниковой улитки из Москвы и Подмосковья (2017–19 гг.) в рамках длительного мониторинга динамики генофонда популяций, начатого в 1975 г. и продолжающегося по настоящее время. Исследование подтвердило эффективность «Способа поддержания жизнеспособности популяций животных или растений на урбанизированных территориях» для восстановления генетического разнообразия животных.

В докладе н.с. Н.И. Белой и заведующего сектором Е.П. Дубинина «175 лет со дня рождения выдающегося русского геолога, патриарха отечественной геологии, первого выборного президента Российской академии наук Александра Петровича Карпинского» были отражены основные направления многосторонней деятельности А.П. Карпинского в геологии, в т. ч.: первые исследования шлифов под микроскопом; первые реконструкции тектонических движений, выявленных на основании построенных палеогеографических карт; применение впервые геологических и онтогенетических методов в палеогеографии, фациального метода в стратиграфии. Была показана роль Карпинского в становлении Геологического комитета страны, в развитии геологической съёмки и геологического картирования по всей стране.

В докладе н.с. Е.М. Лаптевой, м.н.с. О.В. Мякокиной и инженера Т.Г. Смуровой «Отражение в пространстве Музея землеведения социокультурных особенностей природопользования коренных народов Арктики и сохранение объектов культурного наследия» было показано, как развивается тема «Социокультурные особенности природопользования в Арктике» в рамках научно-исследовательской, экспозиционной и фондовой работы в региональном отделе Музея землеведения. Современная экспозиционная трактовка демонстрирует взаимосвязь культурной и природной составляющей Арктики – региона геополитического и экономического позиционирования России.

В докладе н.с. С.Ю. Малёнкиной «Новые данные по расчленению мезозойских отложений севера Теплостанской возвышенности» была дана характеристика самому северному из разрезов мезозойских отложений Теплостанской возвышенности – Воробьёвым горам, история исследований которого началась ещё в середине XIX века. Новые данные по изучению этих разрезов не противоречат прежним представлениям, но существенным образом дополняют и уточняют их. Полученный материал планируется использовать в экспозиции Музея.

В докладе с.н.с. Ю.И. Максимова «Иван Андреевич Гейм – ректор Московского университета и учёный-энциклопедист» была раскрыта роль И.А. Гейма как лингвиста и филолога, способствовавшего распространению русского языка среди немецкоговорящего населения, а также как географа и статистика, стоявшего у истоков формирования статистики как науки, автора ряда географическо-статистических трудов о России и странах Европы.

Сделанные доклады вызвали большой интерес аудитории, что прежде всего отразилось в задаваемых участниками конференции вопросах каждому из докладчиков.

Н.И. Крупина

Научно-популярный цикл лекций «Художественный образ Арктики в XX веке».

Popular science series of lectures «The artistic image of the Arctic in the 20th century».

В 2022 г. Музей художественного освоения Арктики им. А.А. Борисова, входящий в состав Государственного Музейного объединения «Художественная культура Русского Севера», подготовил цикл научно-популярных лекций о профессиональных художниках XX в., нашедших своё вдохновение среди холодных просторов Северного Ледовитого океана. Цикл стал возможен благодаря сотрудничеству Музея с доктором философских наук, профессором кафедры всеобщей истории Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, культурологом А.Н. Соловьёвой. Лекции объединяют культурологический, исторический и искусствоведческий подходы: произведения конкретных художников, работавших в Арктике, представлены в контексте эпохи мирового освоения Северного Ледовитого океана и истории искусства XX века.

На данный момент состоялось четыре лекции. На первой (вводной) лекции 27 февраля Анной Соловьёвой был представлен методологический подход цикла и объяснён культурологический взгляд на общие аспекты т. н. «нордизма» (по аналогии с ориентализмом) второй половины XIX – начала XX вв. Художник Александр Борисов (1866–1934) в самом конце XIX в. показал достоверный визуальный образ Арктики для жителей всего мира. В XX в., когда интерес многих стран сфокусирован на северных территориях, арктические живописцы и графики становятся неотъемлемой частью всех экспедиций. Именно их глазами жители всей Земли знакомятся с арктическими пейзажами и с населением Крайнего Севера. Со временем и аборигены северных широт вовлекаются в художественный мир традиционного европейского общества, обогащая его своим, особым видением. Так, в XX в. и появляется особый, художественный образ Арктики. Завершилась встреча историческим обзором Ивана Катъшева (руководителя музея) об основных вехах освоения циркумполярного региона, чтобы у слушателей цикла сложилась стройная картинка предстоящего разговора. Лекция была проиллюстрирована самыми известными или необычными работами художников, работавших в Арктике после 1900 г.

Вторая лекция называлась «Образ Арктики на стыке эпох» и состоялась 27 марта. Рассматривая героическую эпоху освоения Арктики, обычно вспоминают подвиги советских полярников 1930-х гг., однако планомерное освоение своих полярных рубежей Российской империя начала ещё в XIX в. Два художника пронесли любовь к Арктике через годы: работали и во времена Российской империи, и во времена СССР. Речь о Степане Писахове (1879–1960) и Николае Пинегине (1883–1940). Пути этих художников не раз пересекались в Арктике, пересекались и их темы. Оба – профессиональные художники, преимущественно пейзажисты. Кроме художественных работ они оставили богатое литературное наследие, а Пинегин – ещё и фотографическое. О Писахове на лекции рассказывал Иван Катъшев, а о Пинегине – Андрей Барзенин, научный сотрудник Северного морского музея, который готовит к изданию альбом репродукций фотографий Пинегина, сделанных им во время экспедиции Георгия Седова

к Северному полюсу. О Писахове подробно рассказывает музей его имени, входящий в то же Музейное объединение, что и Музей имени А.А. Борисова.

Третья лекция (24 апреля) – основательный рассказ о многоликом творчестве североамериканского художника Рокуэлла Кента (1882–1971). Ведущая – Анна Соловьёва – сделала акцент на новаторских приёмах пейзажиста, на его проникновение в бытовую повседневную культуру жителей региона, которую он переносил на холст или исполнял в графике. Несмотря на внешнее различие в живописных приёмах русских и иностранных художников, лекция показала, что их подход и акцент на социальных аспектах населения Арктики одинаков.

Четвёртая лекция, состоявшаяся 29 мая, была посвящена творчеству советских художников-полярников Фёдора Решетникова (1906–1988) и Игоря Рубана (1912–1996). Ф.П. Решетников в 1932–34 гг. работал в составе научно-исследовательских арктических экспедиций на судах «Сибиряков» и «Челюскин», где выполнил ряд графических пейзажей, зарисовок экспедиционной повседневности, портретов и дружеских шаржей участников экспедиций. Впоследствии художник не раз снова обращался к этой теме и создал ряд живописных арктических пейзажей и портретов известных советских полярников. Игорь Рубан в период с 1944 по 1969 гг. участвовал в 8 арктических и 2 антарктических экспедициях. Его картины использовались при оформлении экспозиции Музея истории Арктики и Антарктики в Санкт-Петербурге.

Следующая лекция состоится уже в новом сезоне – 25 сентября 2022 г. На ней Анна Соловьёва расскажет об арктическом образе, представленном в работах художников Алгонкинской школы. Все встречи проходят по адресу музея: г. Архангельск, ул. Поморская, 3. После завершения цикла Музейное объединение планирует издать иллюстрированный альбом «Художественный образ Арктики в XX веке».

И.А. Катыхов, Ю.И. Максимов

Итоги XIII Всероссийского конкурса «Человек на Земле», 2021–2022 гг.

The results of the thirteenth All-Russian competition «Humanity on Earth», 2021–2022.



Подведены итоги 1-й волны XIII Всероссийского конкурса учебно-исследовательских экологических проектов «Человек на Земле», основной целью которого является формирование экологической культуры подрастающего поколения для решения проблем устойчивого развития человеческого общества в единстве с природой.

Учредителем Конкурса с 1996 г. является Некоммерческое партнёрство «Содействие химическому и экологическому образованию», организаторы – Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова и Межрегиональное общественное Движение творческих педагогов «Исследователь». Среди партнёров Конкурса – Музей земледения МГУ, Географический факультет МГУ, Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, журнал «Жизнь Земли» и др. Председатель оргкомитета – член-корреспондент РАН, декан Химического факультета МГУ С.Н. Калмыков, председатель жюри – профессор, зав. сектором Музея земледения МГУ, главный научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН В.В. Снакин.

Участие в Конкурсе – замечательная возможность применить свои знания в области экологии, защитить природные ресурсы, познакомиться с разнообразными животными и растениями, понять экологические особенности родного края. В наше время экологическая проблематика стала одной из злободневных, поэтому научиться оберегать и сохранять окружающую среду – важнейшая задача современности. Выполненные в 2021 г. проекты, направленные на решение задач конкурса, принимались до 10 февраля 2022 г. Получены 215 работ из 38 регионов (65 населенных пунктов) РФ по четырём номинациям: «Экологические проблемы родного края» (107 проектов); «Глобальные проблемы биосферы в зеркале конкретных экосистем» (49 проектов); «Этнографические исследования» (23 проекта); «Первые шаги в экологии» (36 проектов).

Жюри с большим удовлетворением отмечает высокий уровень проведённых исследований в большинстве присланных проектов. 110 проектов (более 50 % всех работ) отмечены Дипломами «Хранители Земли» высоких ступеней (6-й и 7-й). К сожалению, некоторые из присланных работ значительно отклонялись от условий конкурса (вместо отчёта присылались только аннотации или короткие презентации, в части работ заключительные рекомендации имеют очень общий характер и слабо связаны с полученными результатами исследования).

На номинацию № 1 «Экологические проблемы родного края» традиционно подаются проекты, очень разные по сложности и объёму исследований. Оценки жюри ориентируются прежде всего на развитие исполнителей – единственного автора или большой группы, на то, как изменились их представления об экосистемах и отдельных организмах в ходе планирования проекта, его выполнения и оформления полученных результатов, насколько убедительны были сделанные выводы, как они помогли изменить отношение к окружающей природе, выбрать наиболее эффективные действия по её защите. Важно, чтобы выполнение проекта не сводилось к воспроизведению извест-



Начинающий эколог Ольга Реутова в составе участвующей в Конкурсе семьи Реутовых (5 лет, г. Измаил Одесской области) поглощена наблюдением за дождевым червяком.

Novice ecologist Olga Reutova, as part of the Reutov family participating in the Competition (5 years old, Izmail, Odessa region), is absorbed in observing the earthworm.

ных методик, а включало самостоятельное творчество школьников. Даже в тех проектах, где используются отлаженные подходы (например, при описании видового состава или при оценке состояния организмов), надо понимать, какие выявленные отличия наиболее значимы, с какими особенностями обследуемых территорий и воздействий на них человека они связаны, что можно узнать нового при продолжении исследований. При этом важно уделять большое внимание математической обработке результатов, оценке того, являются ли наблюдаемые отличия статистически достоверными, а также тому, как применялись сходные подходы в других работах, соответствуют ли наблюдения данным других экологов, а если нет – то в чём особенности исследования.

По номинации № 2 «Глобальные проблемы биосферы в зеркале конкретных экосистем» весьма заметно, что авторы не всегда корректно соотносят свою работу с темой номинации. Несмотря на всеобщую связь явлений в природе, автору важно показать умение логически мыслить и дать свои объяснения имеющимся в природе взаимосвязям. При этом, к сожалению, по-прежнему отмечается чрезмерное увлечение экологическим алармизмом, порой необоснованным, опирающимся лишь на голословные материалы из повседневной прессы, тогда как задачей конкурса является привитие учащимся навыка самостоятельного суждения по экологическим процессам, основанного на личных наблюдениях и экспериментах.

Работы по номинации № 3 «Этнографические исследования» объединяют гуманитарные исследования участников, небезразличных к истории, традиционной культуре, родной природе. Культурное многообразие населения России и мира обосновывает потребность в знаниях о традиционной культуре того или иного народа. Этот интерес должен помочь молодому поколению в обретении культурной идентификации, осмыслении этнических ценностей, в познании национальной культуры. Активное знакомство и изучение историко-культурного наследия помогает обрести навыки межкультурного общения и любви к своей Родине. Объекты изучения в работах разнообразны, актуальны, интересны, но есть и предпочтения (традиционная одежда, имянаречение, история малой родины).

По номинации № 4 «Первые шаги в экологии» представлено в этот раз работ значительно меньше, чем в предыдущем Конкурсе. Интересы авторов разнообразны, они касаются как острых экологических проблем масштаба региона и страны (вторичной переработки отходов, поиска альтернативных источников энергии), так и сохранения здоровья человека и домашних питомцев, изучения свойств и качеств хорошо знакомых предметов, к примеру, школьного мела или комнатного растения. Большая часть исследований проходила при непосредственном участии семьи, что приветствуется Жюри конкурса.

В феврале 2023 г. планируется проведение XIII Всероссийской школы-конференции «Хранители Земли», на которую будут приглашаться авторы работ из числа победителей первой и второй волны, отмеченные дипломами «Хранители Земли» высшей ступени, вместе с руководителями.

Организаторы Конкурса² выражают глубокую признательность всем участникам Конкурса за совместную интересную работу и надеются на дальнейшее сотрудничество на благо экологического образования молодёжи и сохранения природного наследия.

Е.С. Ротина, Л.В. Алексеева

² Подробную информацию о Конкурсе и его результатах можно получить на сайтах: Конкурс «Человек на Земле» (chemeco.ru), «Человек на Земле» XIII Всероссийский конкурс учебно-исследовательских экологических проектов 2021–2023 гг. (msu.ru).

Выставка, посвящённая 100-летию со дня рождения профессора Тимирязевской сельскохозяйственной академии Александра Ефимовича Петрова-Спиридонова (1922–1990).

Exhibition dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor Alexander Efimovich Petrov-Spiridonov (1922–1990) of Timiryazev Academy of Agriculture.

16 мая 2022 г. в Белом зале Московского архитектурного института (МАРХИ) состоялось открытие выставки живописи и декоративно-прикладных работ, макетов и фотографий, иллюстрирующих профессиональные и творческие пути и поиски Александра Ефимовича Петрова-Спиридонова и членов его семьи: отца – Ефимия Спиридоновича и сына – доцента кафедры Храмового зодчества МАРХИ Николая Александровича Петрова-Спиридонова. Официальную часть открытия завершил любительский вокальный концерт в исполнении друзей и близких семьи Николая Александровича.

На открытии с приветственным словом выступил 1-й проректор МАРХИ Алексей Константинович Афанасьев. Он отметил размах профессиональных интересов и неординарный жизненный путь Николая Александровича Петрова-Спиридонова, который рос в атмосфере прикладной и экспериментальной биологии и лесоведения, в 1987 г. закончил с отличием Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, но, отучившись там в аспирантуре, оставил МГУ и посвятил себя сохранению и восстановлению памятников деревянного зодчества Русского Севера.

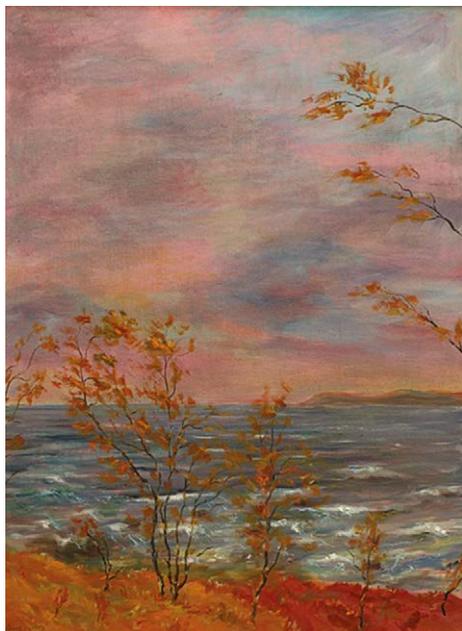
Без отрыва от реставрационных работ и проектирования Николай Александрович получил в МАРХИ архитектурное образование и включился в преподавание на кафедре Архитектурной практики и на созданной в 2016 г. кафедре Храмового зодчества, тематически соответствующей главному направлению его жизненных устремлений, как верующего, культурного и созидательного человека с естественнонаучным образованием.

Следующим словом взял заведующий кафедрой Физиологии растений Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева Иван Германович Тараканов, который подчеркнул, что Александр Ефимович Петров-Спиридонов после демобилизации в 1946 г. из радиотелеграфного полка на Дальнем Востоке в звании лейтенанта интендантской службы оказался в Тимирязевке случайно. Он планировал поступить в Московское высшее художественно-промышленное училище (бывшее Строгановское), но передумал из-за размолвки с другими фронтовиками. Тем не менее, и в Тимирязевской сельскохозяйственной академии Александр Ефимович оказался в академической среде, уникальной по своей куль-



А.Е. Петров-Спиридонов. ТСХА, аллея на Лесной Даче, 1966. 34×44, масло, картон.

A.E. Petrov-Spiridonov. TSHA, alley at Lesnaya Dacha, 1966. 34×44, oil, cardboard.



Н.А. Петров-Спиридонов. Анзер, рассвет в Капорской губе. 2022. 87×122, х., м.

N.A. Petrov-Spiridonov. Anzer, dawn in the Kaporskaya Bay. 2022. 87×122, oil on canvas.

турной, архитектурной и исследовательской насыщенности, начав там учиться, а потом и работать.

Комплексный проект учебного городка академии и воплощённые в 1920-е годы конструктивистские проекты трёх её корпусов были разработаны Борисом Михайловичем Иофаном, впоследствии лауреатом Сталинской премии второй степени (1941) и Народным архитектором СССР (1970). Его исходные замыслы потом осуществляли другие выдающиеся архитекторы, делая это в стилистике, переходной к «сталинской» архитектуре. В 1950 г. там была построена первая в СССР Лаборатория искусственного климата, оборудованная при участии Александра Ефимовича отечественными, трофейными и самодельными приборами. Она стала прообразом современных фитотронов. В ней агрофизиологи получили возможность проводить исследования в контролируемых условиях.

Профессор кафедры физиологии растений Леонид Александрович Паничкин сказал, что помнит Александра Ефимовича как исследователя с редким сочетанием талантов.

Не имея счётной аппаратуры, он разрабатывал и внедрял наглядные графоаналитические методы обработки больших объёмов экспериментальных и статистических данных. Свободное время Александр Ефимович любил посвящать общению с молодёжью, волейболу, рыбалке и художественному творчеству. Увлечение живописью Александр Ефимович унаследовал от отца – Ефимия Спиридоновича – в прошлом кадрового военного, прошедшего три войны, ранение и плен, имевшего награды за творческие достижения.

Доцент кафедры физиологии растений Наталия Владимировна Пильщикова рассказала, что Александр Ефимович Петров-Спиридонов был автором научного обзора для доклада в ООН о стимулирующем действии малых доз радиации на рост и развитие растений, что идеологически воспринималось тогда как пример использования атомной энергии в мирных целях. По ощущениям Наталии Владимировны, в то время Александр Ефимович сам непрерывно излучал стимулирующие всех спокойный свет и радость, часто украшая окружающее его пространство живописными и декоративными работами, которые он дарил ученикам и коллегам.

Профессор кафедры Физики и мелиорации почв МГУ Андрей Валентинович Смагин – однокурсник Николая Александровича Петрова-Спиридонова по факультету почвоведения – назвал его человеком, крепко поцелованным Богом, и подчеркнул, что мало получить таланты от рождения, а нужно их в себе развить, преумножить в детях и отдать на благо обществу. По его мнению, каждое из достижений Николая Александровича – это не случайный успех или результат подражания, а настоящее самоотверженное творчество.

Чтобы личным примером побудить присутствующих к разностороннему творческому самовыражению и развитию, Андрей Валентинович, обладая мощным профес-

сионально поставленным голосом, органично перешёл от официальной части открытия выставки к вокальной, пропев речитативом молитву «Многие лета», подхваченную в роли хора многими из присутствующих. После этого в его сольном исполнении и в сотрудничестве с поющими в церковном хоре близкими семьи Петровых-Спиридоновых прозвучали русские и украинские романсы и религиозные песнопения.

Неофициальная часть открытия выставки сопровождалась новыми знакомствами, застольем и воспоминаниями о родителях Николая Александровича, их друзьях и знакомых, об успехах и сложностях жизненного пути, о невзгодах, часто играющих в жизни позитивную судьбоносную роль. И, конечно же, не обошлось без обсуждения дальнейших научных и творческих планов.

В целом на открытии выставки её организаторам удалось создать атмосферу непринуждённого общения людей разных специальностей, жизненных позиций и возрастов, работающих в разных учебных заведениях и сферах деятельности, но связанных общностью интересов в широком диапазоне научного, духовного и творческого развития.

В.А. Высокий

XIII Международный форум «Экология». The thirteenth International Forum «Ecology».

23–24 мая 2022 г. в Конгресс-центре Центра международной торговли (Москва, Краснопресненская набережная, д. 12) проходил XIII Международный форум «Экология».

Форум «Экология» – уникальное по масштабу и глубине погружения в тему событие общественного формата. В центре внимания мероприятия – изменение экологической повестки на фоне большой политики. Главная цель – выявить тренды нового времени, изменения на рынке, необходимые изменения нормативно-правовой базы в области охраны окружающей среды, сформировать новую повестку и постараться дать реалистичный прогноз развития экологии в условиях внешнего давления.

Форум открылся пленарным заседанием «Экология как драйвер развития России в условиях изменений: ответственное управление ради будущих поколений».



В своем приветствии модератор заседания – председатель Общественного совета АНО Центр содействия природоохранным инициативам «Экология», глава Экспертного совета по особо охраняемым природным территориям при Минприроды РФ, депутат Государственной Думы ФС РФ Николай Сергеевич Валуев сказал: «Я благодарен всем присутствующим за стремление работать с нами вместе. Это очень важно, я уверен, для всей страны. Главное, что мир не стоит на месте. Мы сейчас на стадии переустройства геополитических процессов, которые будоражат мир. Россия в центре внимания. Санкции влияют на эко-тренды, но РФ выполнит все свои обязательства в сфере защиты окружающей среды и национальном проекте “Экология”».

В своем выступлении координатор федерального проекта «Чистая страна», председатель Комитета Госдумы по экологии Дмитрий Николаевич Кобылкин отметил, что курс в сторону низкоуглеродного экономического развития взят, и мы продолжаем ему следовать: «Сейчас, в условиях внешнего давления, стал обсуждаться вопрос выхода России из Парижского соглашения по климату. Но с этого пути сворачивать нельзя, потому что это продовольственная безопасность, управление природной стихией и качество жизни граждан. В 2018 г. Президентом РФ Владимиром Путиным был подписан национальный план с целевыми показателями. И там огромный блок выделен экологии, который включает в себя практически весь спектр проблем, которые существуют сегодня, и с этого пути мы точно не свернём. Потому что его главная цель – увеличение продолжительности жизни и здоровье людей».

Руководитель Федеральной службы по надзору в сфере природопользования Светлана Геннадьевна Радионова напомнила, что в настоящее время в связи принятыми государственными мерами по поддержке отечественного бизнеса надзорные мероприятия приостановлены: «Мы остановили, а это значит, что сейчас бизнес может показать свою вовлечённость и ответственность за экологическую повестку. Мы можем сейчас показать, как бизнес заботится об экологии». Она рассказала, чем планирует заниматься Росприроднадзор в краткосрочной и среднесрочной перспективе: «Мы готовы консультировать бизнес, этим займутся лучшие специалисты Росприроднадзора. На особом контроле держим все нацпроекты. Федеральные проекты тоже область нашего внимания. Сейчас мы получили уникальную возможность перегруппироваться и определить, что самое важное. Продолжим изучение экологического состояния рек».

В свою очередь председатель Комитета Госдумы по развитию гражданского общества, вопросам общественных и религиозных объединений, депутат фракции «Единая Россия» Ольга Викторовна Тимофеева заявила, что никаких ослаблений экологического законодательства не будет: «Будет продление сроков, будут сдвиги, но также будет тщательный общественный контроль. Нам сегодня как никогда нужны общественники, которые не играют за деньги, которые не пытаются что-то делать для политической угоды, а которые реально отстаивают свои интересы».

Руководитель Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы Антон Олегович Кульбачевский зачитал приветственное слово заместителя мэра Москвы в Правительстве Москвы по вопросам жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства Петра Павловича Бирюкова, который курирует вопросы городской экологии. По словам А.О. Кульбачевского, решение экологических проблем «нельзя поставить на паузу», и в Москве все ключевые проекты в этой области будут реализованы. Он уточнил: «Это и реконструкция очистных сооружений сточных вод, и повышение энергоэффективности города, и отдельный сбор мусора. Главный ре-

зультат этих мероприятий – дальнейшее сокращение выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ». В городе развивается электрический общественный транспорт: к 2030 г. по дорогам будут курсировать экологически безопасные электробусы и трамваи. Еще один знаковый проект – реорганизация промзон.

После завершения пленарного заседания состоялся пресс-подход.

Отвечая на вопросы журналистов, Н.А. Валуев отметил: «Главное – адаптировать экологическую политику страны к новым международным и экономическим условиям. Поставленные Президентом задачи в сфере устойчивого развития никто не снимал, поэтому нам необходимо выработать системный план».

Как бы комментируя своё выступление на пленарном заседании, О.В. Тимофеева подчеркнула: «Ни пандемия, ни сегодняшние экономические трудности не становятся основой для ослабления природоохранного законодательства. Мы можем сдвигать сроки, освобождаем бизнес от проверок, но мы ждём от них в том числе и обратной связи».

В рамках программы Форума работали более 36 секций. Среди тем: зелёная дипломатия – построение конструктивного международного диалога по вопросам климата и экологии, реализация государственных экологических программ и проектов в новой реальности, необходимые условия формирования экологического суверенитета России, импортозамещение в сфере экологии, привлечение людей в решение экологических вопросов, осознанное потребление как примета времени и др.

На стратегической сессии «Устойчивый туризм: как найти баланс между сохранением природы и бизнесом» спикеры обсудили ключевые вопросы туристической отрасли: законодательное регулирование, подготовка кадров, принципы устойчивого развития индустрии. Модерировал дискуссию председатель Комитета Государственной Думы ФС РФ по туризму и развитию туристической инфраструктуры Сангаджи Андреевич Тарбаев. В своём выступлении он обратил внимание на трансформацию туристической отрасли на фоне международных событий.

«Цель сегодняшнего мероприятия – ещё раз ответить на вопрос, есть ли баланс между сохранением природы и бизнесом. Тренд на устойчивое развитие набирает обороты. Изменения касаются не только туризма, но и всех отраслей экономики. В мире и России этот сегмент показывает рост. В РФ он занимает 4 %. В связи с международными событиями у нас актуальным стал внутренний туризм», – заявил С.А. Тарбаев.

Участники стратегической сессии «Развитие циклической экономики: вызовы и возможности для российских предприятий» обсудили вопросы государственной политики и планы по реализации проекта «Экономика замкнутого цикла». Среди других тем для обсуждения – ресурсосбережение, стимулирование использования вторичных ресурсов, экспертная оценка развития рынка переработки отходов.

С докладом на секции выступил заместитель директора департамента металлургии и материалов Министерства промышленности и торговли РФ Роман Григорьевич Куприн. Он обратил внимание на то, что в условиях геополитических изменений импортозамещение вышло на новый уровень.

«На сегодняшний день Минпромторг несёт ответственность за обеспечение оборудованием российских обработчиков. Мы можем сказать, что у нас неплохие результаты. Когда мы начинали ряд проектов, было порядка 50 % импортного оборудования. Сегодня – 34,9 %, при плановом показателе 39 %. Сейчас мы идём на опережение по сравнению с тем, что было поставлено федеральным проектом. Нынешняя ситуация нам в помощь. Многие поставщики отказываются от российского рынка, и это шанс

для национальных производителей. Здесь наше министерство оказывает помощь», – рассказал Р.Г. Куприн.

Дискуссионную программу Форума дополняла выставка передовых экологических технологий, товаров зелёной экономики, находок и решений компаний, исповедующих экологический подход к бизнесу и образу жизни.

По итогам работы форума «Экология» будет выпущена общественная резолюция. В неё войдут предложения и инициативы участников, которые будут направлены в федеральные и региональные органы власти. Многие из положений резолюций предыдущих лет стали основой для законопроектов и решений в области природоохранной деятельности.

С.В. Козлов

На заседаниях Секции музеологии Московского общества испытателей природы. At the meetings of the Moscow Society of Naturalists.

Состоялись очередные научно-методологические семинары Секции музеологии Московского общества испытателей природы (МОИП).

26 апреля прошло заседание в Музее Москвы (Зубовский бульвар, дом 2). С приветственным словом выступила директор музея Анна Владимировна Трапкова. Она выразила признательность за то, что такая старейшая научная общественная организация, как МОИП, в рамках одной из её секций реализует нужную всем музейщикам объединительную функцию. Особенно важной эта функция оказалась в период после вынужденного прекращения одного из важнейших направлений деятельности музея – прямого общения с посетителями. Анна Владимировна говорила об общих направлениях работы наших музеев, таких как наука и образование.

Затем выступил председатель Секции музеологии, директор Музея землеведения Андрей Валерьевич Смуров. Он коснулся истории МОИП, старейшего научного общества Москвы, образованного при Императорском Московском университете в 1805 г., подчеркнул важную роль Общества в интеграции различных направлений научной деятельности, ведущейся в многочисленных секциях МОИП. Одной из таких секций является Секция музеологии, созданная в 2009 г. на базе Музея землеведения МГУ.

Андрей Валерьевич говорил о дальнейшем сотрудничестве двух наших музеев, которое может быть продолжено после только что закончившейся в Музее Москвы выставки «Уберите чучело лисы», посвящённой 100-летию российского краеведения, в которой Музей землеведения принял участие. Подчёркивая важность интеграции музеев для осуществления совместных проектов для школьников и студентов, Андрей Валерьевич предложил подумать о дальнейшем сотрудничестве по общим для двух музеев направлениям, и, в частности, по истории строительства высотного здания МГУ на Ленинских горах.

Анна Владимировна поддержала предложение о создании совместных проектов с Музеем землеведения и о разработке основы для подписания договора о сотрудничестве. По окончании заседания состоялась экскурсия по выставке «Москва: проектирование будущего», которую провела старший научный сотрудник музея Светлана Юрьевна Скилова.

24 мая состоялось заседание в Музее землеведения МГУ, в Ротонде 31-го этажа. Тема – «Публикационная активность музеев в эпоху цифровизации». В очном и заочном формате присутствовало 16 участников.



Выступление А.В. Смурова на заседании секции МОИП в Музее Москвы 26.04.2022.
Speech by A.V. Smurov at the meeting of the MOIP section at the Museum of Moscow, April 26, 2022.

Заседание открыл доклад директора Музея землеведения МГУ, председателя Секции музеологии МОИП, главного редактора журнала «Жизнь Земли», профессора Андрея Валерьевича Смурова *«Наука и особенности оценки научной активности музейных сотрудников в современном социокультурном пространстве»*. А.В. Смуров рассказал о том, как гуманитарная наука музеология пересекается с естественно-научными направлениями (геодинамика, экология) и темами, над которыми работают сотрудники музея и которые находят отражение в научных публикациях.

В докладе д.б.н., профессора Валерия Викторовича Снакина *«Журнальная периодика – фактор коммуникации музеев»* была подчеркнута роль музейной журнальной периодики как средства информирования о достижениях музейной науки, о жизни музейного сообщества во всех её проявлениях. Представлен обзор о современных отечественных журналах музеологической ориентации, в частности о журналах «Музей», «Вопросы музеологии», «Музей – памятник – наследие», «Музей. Традиции. Этничность», «Мир музея», «Жизнь Земли», а также о периодических музейных научных изданиях. Приведены сведения о музеологических журналах в системе РИНЦ (e-LIBRARY). Подчёркнуто, что для повышения эффективности музейной деятельности в стране было бы целесообразным скоординировать деятельность этих журналов; возможной базой для этого могла бы быть Секция музеологии МОИП; ещё одной площадкой для взаимодействия в области музейной научной периодики могла бы стать ежегодная конференция «Наука в вузовском музее». Предложено обратиться в редакции музейных журналов для разработки иных предложений по взаимодействию журналов с целью усиления коммуникации музеев страны.

Ю.И. Максимов

95-летию профессора Г.А. Ягодина посвящается.

To the 95th anniversary of Professor G.A. Yagodina is dedicated.

28 апреля 2022 г. состоялся мемориальный Симпозиум памяти д.х.н., профессора, чл.-корр. РАН Геннадия Алексеевича Ягодина в рамках XIV Международной науч-

но-практической конференции³ «Образование и наука для устойчивого развития», проходившей в Российском химико-технологическом университете (РХТУ) им. Д.И. Менделеева и посвящённой 95-летию со дня рождения профессора Г.А. Ягодина и 50-летию публикации доклада Римскому клубу «Пределы роста» (26–28 апреля 2022 г.).

О жизненном пути Г.А. Ягодина⁴ рассказала с.н.с. ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН Т.Г. Соколова. Доклад «Ягодин: мечты об образовании и реальность образования в современной России» сделал профессор Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации А.А. Овсянников. Методы и формы междисциплинарного образования, развитие которых подержал Г.А. Ягодин, изложил профессор МГУ им. М.В. Ломоносова Д.Н. Кавтарадзе.

Присутствовавшие на конференции студенты и молодые учёные с интересом выслушали сообщения и узнали много нового об образовании в СССР. Одним из главных преимуществ того времени было существование «социальных лифтов», позволявших талантливым, инициативным и работоспособным людям из семьи сельских учителей подняться до уровня министра.

3 июня в Музее землеведения МГУ (24 этаж Главного здания) была открыта мемориальная выставка, посвящённая профессору Г.А. Ягодину, представившая помимо заглавного плаката с описанием большого жизненного пути юбиляра, а также его многочисленные труды, фотографии, документы и личные вещи из семейного архива.

На открытии присутствовали коллеги, ученики, близкие Геннадия Алексеевича. Во вступительном слове директор Музея землеведения профессор Андрей Валерьевич Смуров отметил большой вклад Г.А. Ягодина в развитие образования в Российской Федерации, особенно в становление экологического образования. Своими воспоминаниями о Г.А. Ягодине поделились его дочь, д.б.н. Татьяна Геннадиевна Соколова, д.э.н., профессор РАНХиГС Анатолий Александрович Овсянников, д.б.н., профессор Дмитрий Николаевич Кавтарадзе, профессора РХТУ им. Д.И. Менделеева Елена Евгеньевна Пуртова и



Заглавный плакат выставки и фотоколлаж, посвященные Г.А. Ягодину.
The title poster of the exhibition and a photo collage dedicated to G.A. Yagodin.

³ Более подробную информацию о конференции см. на сайте: <https://edusciconf.muctr.ru/>

⁴ Подробнее о жизненном пути Г.А. Ягодина см. статью в настоящем номере на с. 245–256.



Письменный стол с мемориальными вещами, принадлежавшими Г.А. Ягодину.
Desk with memorial things that belonged to G.A. Yagodin.

Валерий Михайлович Лазарев, Ольга Геннадиевна Ломакина, Алексей Владимирович Ягодин, д.б.н., профессор Валерий Викторович Снакин и д.п.н., в.н.с. Музея земледелия Людмила Владимировна Попова. Выступившие с теплом говорили о высоких человеческих качествах Геннадия Алексеевича, о глубине его знаний, о целеустремлённости и высоких бойцовских качествах в достижении поставленных целей.

После выступлений участники встречи посмотрели документальные фильмы о жизни и деятельности профессора Г.А. Ягодина. Гости Музея тепло поблагодарили сотрудников Музея земледелия за интересную и своевременную выставку.

В.М. Лазарев

Академический хор МГУ дал концерт в Московской консерватории.

The Academic Choir of Lomonosov Moscow State University gave a concert at the Moscow Conservatory.

28 мая с. г. Академический хор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова дал концерт в Большом зале Московской консерватории. Солисты: Максим Пастер (тенор), Злата Рубинова (меццо-сопрано). Во втором отделении концерта принял участие Симфонический оркестр Министерства обороны РФ.

Академический хор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова – старейший любительский хор России, был основан в 1775 г. вскоре после основания университета. С 1964 г. носит почётное звание «Народный коллектив».

Хор состоит из студентов, аспирантов, сотрудников и выпускников различных факультетов МГУ, а также просто любителей хорового пения. В настоящий момент



в хоре поют более 100 человек. Художественный руководитель коллектива – Заслуженный работник культуры РФ Аскеров Мирза-Ага Сафтарович.



В первом отделении концерта было исполнено произведение С.В. Рахманинова «Всенощное бдение», соч. 37.
In the first part of the concert, a work by S.V. Rachmaninoff «All-Night Vigil», op. 37.



Во втором отделении – «Поэма памяти Сергея Есенина» Г.В. Свиридова.
In the second part - «Poem in memory of Sergei Yesenin» by G.V. Sviridov.

Концерт прошёл при полном аншлаге – в зале не было свободных мест. На бис хор исполнил гимн всех студентов «Гаудеамус»: «Итак, да возрадуемся, Пока мы молоды! После весёлой молодости, После тягостной старости Нас примет Земля».

С.В. Козлов

TABLE OF CONTENTS

INTERACTION OF GEOSPHERES

CONDITIONS FOR THE FORMATION OF THE STRUCTURES OF THE MOZAMBIQUE BASIN. *Chupakhina, A. I., Dubinin, E. P., Grokholsky, A. L.* (pp. 136–149)

IGNEOUS ZIRCON AS AN INDICATOR OF CRYSTALLIZATION ENVIRONMENT AND PARENT MELT SOURCES. *Gromalova, N. A.* (pp. 150–166)

PALEOCENE ICHNOFOSSILS AND PALEOSOILS FROM THE “PRIVOLSK” AND “SHIKHANY” SECTIONS OF THE SARATOV VOLGA REGION. *Malenkina, S. Yu., Ivanov, A. V., Yashkov, I. A., Naugolnykh, S. V.* (pp. 167–179)

MODERN PROBLEMS OF BIOLOGICAL AGRICULTURE. *Bashkin, V. N.* (pp. 180–191)

LAND AND AGRICULTURE OF THE FAR EAST. *Trofimov, I. A., Trofimova, L. S., Yakovleva, E. P.* (pp. 192–201)

POPULATION DYNAMICS: PATTERNS, MECHANISMS, CHALLENGES, REGULATION OPPORTUNITIES. *Snakin, V. V.* (pp. 202–212)

NATURAL SCIENCE MUSEOLOGY: THEORY AND PRACTICE

SOVIET ARTIST DANIIL CHERKES: FROM THE SOUTHERN SEAS TO THE POLAR REGION. *Maksimov, Yu. I., Mambetova, A. B.* (pp. 213–227)

THE PAMIR EXPEDITIONS OF MIKHAIL IONOV (1891–1895). *Scripko, K. A., Semenova, L. D., Dubinin, E. P., Snakin, V. V.* (pp. 228–238)

MUSEUM NEWS

«THE IONOSPHERE»: A POSTER AT THE EXHIBITION «EARTH WITHIN THE UNIVERSE». *Vinnik, M. A., Ivanov, O. P., Kosnyreva, A. A., Charugin, V. M.* (pp. 239–244)

HISTORY OF SCIENCE

SCIENTIST, MENTOR, STATESMAN: ON THE 95TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF GENNADY ALEXEYEVICH YAGODIN. *Sokolova, T. G., Molokanova, L. G., Lazarev, V. M., Snakin, V. V.* (pp. 245–256)

CHRONICLE. EVENTS

The all-Russian scientific and practical conference «Phito-Invasions» (*I. P. Taranets*). The first all-Russian scientific and practical conference «Microorganisms and Fertile Soils» (*N. N. Kolotilova*). The roundtable «Vaccination in Russia. On the 200th anniversary of the birth of Louis Pasteur and the 135th anniversary of the Pasteur station in Samara» (*N. N. Kolotilova*). A birthday event for Vladimir Ivanovich Vernadsky (*based on the materials of the V. I. Vernadsky Non-Governmental Ecological Foundation*). The ninth all-Russian nature festival «Russia Primordial» (*I. P. Taranets, M. M. Pikulenko, V. V. Popova*). «History in Theater Programs» (*N. N. Kolotilova*). The international conference of the Russian National Committee for History and Philosophy of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences (*K. A. Golikov, N. N. Kolotilova*). The Museology panel of the 2022 Moscow State University annual conference «Lomonosov Readings» (*N. I. Krupina*). Popular science series of lectures “The artistic image of the Arctic in the 20th century” (*Yu. I. Maximov*). The results of the thirteenth All-Russian competition «Humanity on Earth», 2021–2022 (*E. S. Rotina, L. V. Alexeyeva*). Exhibition dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor Alexander Efimovich Petrov-Spiridonov (1922–1990) of Timiryazev Academy of Agriculture (*V. A. Vysotsky*). The thirteenth International Forum “Ecology” (*S. V. Kozlov*). At the meetings of the Moscow Society of Naturalists (*Yu. I. Maximov*). To the 95th anniversary of Professor G.A. Yagodina is dedicated (*V. M. Lazarev*). The Academic Choir of Lomonosov Moscow State University gave a concert at the Moscow Conservatory (*S. V. Kozlov*). (pp. 257–280)

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Журнал «Жизнь Земли» публикует результаты научно-исследовательской и музейно-методической работы сотрудников МГУ имени М.В. Ломоносова, музеев высших учебных заведений и других ведомств по взаимодействию геосфер, естественнонаучной музеологии, музейной педагогике и истории науки.

Направляемые в журнал статьи и материалы следует оформлять в соответствии с правилами, принятыми в журнале.

Объём рукописи статьи не должен превышать 1 а. л. вместе со сносками, аннотациями и списком литературы, для раздела «Краткие сообщения» – не более 0,25 а. л. Языки: русский, английский.

Материалы, набранные через 1,5 интервала 14 кеглем, следует передавать в редакцию в электронном виде по адресу: zhizn_zemli@mail.ru.

При наборе текста просьба различать буквы «е» и «ё»!

Схемы, графики, рисунки, фото и др. иллюстрационные материалы должны быть даны как в тексте, так и отдельно в графическом формате.

Ссылки на литературу даются в квадратных скобках номерами в соответствии с алфавитным списком литературы. При цитировании следует указать при этом конкретную страницу первоисточника.

К рукописи прилагаются:

– название статьи и место работы авторов на английском языке, а также транслитерация фамилий авторов;

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

– список литературы на английском языке (references);

– англоязычные варианты подписей рисунков и таблиц;

– при публикации статьи на английском языке предоставляются: расширенная аннотация на русском языке, перевод названий рисунков и таблиц на русском языке, англоязычный список литературы (references);

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

Подробно правила для оформления статей опубликованы на сайте журнала <http://zhiznzemli.ru>, где также можно ознакомиться с архивом журнала и сборника научных работ «Жизнь Земли» с 1961 года.

Рукописи рецензируются.

Редакция журнала оставляет за собой право отклонять статьи, оформленные не по правилам, а также не прошедшие рецензирование.

Публикуемые материалы могут не отражать точку зрения редколлегии.

**Журнал зарегистрирован Роскомнадзором в качестве
периодического печатного средства массовой информации
(ПИ № ФС77-74444 от 30 ноября 2018 г.)**

**Учредитель: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова»**



**Журнал издаётся Музеем земледения МГУ
при содействии Неправительственного
экологического фонда имени В.И. Вернадского**



Подписка на журнал «Жизнь Земли»

Подписной индекс: Э39904

ОАО «Агентство по распространению зарубежных изданий» (АРЗИ) представляет интернет-магазин периодических изданий «Пресса по подписке».

На этом сайте Вы легко сможете оформить онлайн-подписку на журнал «Жизнь Земли» на 2022 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 2022 год (период: от 3 месяцев). Стоимость подписки — от 1124,94 руб 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. 44, № 2. — М.: Издательство Московского университета; МАКС Пресс,
2022. — 152 с.

ISSN 0514-7468

ISBN 978-5-317-06811-0

DOI 10.29003/m28.0514-7468

DOI 10.29003/m3022.0514-7468.2022_44_2

ББК 26.3



<https://elibrary.ru/ssrznu>

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ

Междисциплинарный научно-практический журнал

Том 44, № 2

2022 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 11.05.2022 г.

Формат 70×100 1/16. Усл.печ.л. 12,35. Тираж 100 экз. Заказ № 081

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 полном соответствии с качеством
предоставленных материалов в ООО «Фотоэксперт»
109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д. 42,
корп. 5, эт. 1, пом. I, ком. 6.3-23Н

В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ МГУ РАСЦВЕЛА СИРЕНЬ

На Воробьёвых горах столицы расположилось старейшее научное ботаническое учреждение России, объект культурного наследия народов РФ – «Ботанический сад биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова». Коллекция сирени Ботанического сада МГУ в её современном виде – одна из крупнейших в России, в ней насчитывается около 130 сортов.



В Ботаническом саду МГУ, 02.06.2022. Фото С.В. Козлова.



Сирень «Константин Заслонов» (Россия) и «Флора» (Нидерланды).

ПАМИРСКИЕ ПОХОДЫ РОССИИ, XIX ВЕК (см. с. 228-238)



Молебен перед выходом отряда из Нового Маргелана
2-го июня 1892 г.



Подъём артиллерии на перевал Кызыл-арт на Памире.