

ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

3 18



Главный редактор
академик, доктор физико-математических наук **А.Ф.Андреев**

Заместитель главного редактора
доктор физико-математических наук **А.В.Бялко**

доктор биологических наук **А.С.Апт**, доктор геолого-минералогических наук **А.А.Арискин**, член-корреспондент, доктор физико-математических наук **П.И.Арсеев**, **О.О.Астахова**, доктор биологических наук **Ф.И.Атауллаханов**, член-корреспондент, доктор юридических наук **Ю.М.Батурич**, доктор биологических наук **Д.И.Берман**, доктор биологических наук **П.М.Бородин**, **М.Б.Бурзин**, доктор физико-математических наук **А.Н.Васильев**, член-корреспондент, доктор филологических наук **В.И.Васильев**, кандидат биологических наук **М.Н.Воронцова**, доктор физико-математических наук **Д.З.Вибе**, кандидат физико-математических наук, доктор биологических наук **М.С.Гельфанд**, академик, доктор физико-математических наук **С.С.Герштейн**, профессор **А.Глухов** (**A. Glukhov**, США), академик, доктор физико-математических наук **Г.С.Голицын**, доктор химических наук **И.С.Дмитриев**, кандидат биологических наук **С.В.Дробышевский**, академик, доктор физико-математических наук **Л.М.Зеленый**, академик, доктор биологических наук **Н.А.Зиновьева**, академик, доктор биологических наук **А.Л.Иванов**, профессор **Т.Йованович** (**T. Jovanović**, Сербия), доктор биологических наук **С.Л.Киселев**, кандидат географических наук **Т.С.Клювиткина**, член-корреспондент, доктор физико-математических наук **М.В.Ковальчук**, доктор биологических наук **С.С.Колесников**, **Е.А.Кудряшова**, профессор **Е.Кунин** (**E. Koonin**, США), доктор геолого-минералогических наук **А.Ю.Леин**, член-корреспондент, доктор биологических наук **В.В.Малахов**, профессор **Ш.Миталипов** (**Sh. Mitalipov**, США), доктор геолого-минералогических наук **Т.К.Пинегина**, доктор сельскохозяйственных наук **Ю.В.Плугатарь**, доктор физико-математических наук **М.В.Родкин**, академик, доктор биологических наук **Л.В.Розенштраух**, кандидат географических наук **Ф.А.Романенко**, академик, доктор физико-математических наук **А.Ю.Румянцев**, член-корреспондент, доктор биологических наук **Н.И.Санжарова**, доктор физико-математических наук **Д.Д.Соколов**, кандидат физико-математических наук **К.Л.Сорокина**, кандидат исторических наук **М.Ю.Сорокина**, **Н.В.Ульянова**, академик, доктор биологических наук **М.А.Федонкин**, академик, доктор физико-математических наук **А.Р.Хохлов**, академик, доктор физико-математических наук **А.М.Черепашук**, академик, доктор физико-математических наук **Ф.Л.Черноусько**, член-корреспондент, доктор химических наук **В.П.Шибяев**, **О.И.Шутова**, кандидат биологических наук **А.О.Якименко**

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Максимальная площадь окраски водорослями снега и льда на озере Толмачёва, наблюдавшаяся 30 июня 2017 г. См. в номере: **Быкасов В.Е.** *Озеро Толмачёва (Камчатка)*.

Фото автора

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Урочище Согуты («Долина сказок»). Южное Прииссыккулье. См. в номере: **Корженков А.М., Абдиева С.В., Рогожин Е.А., Сорокин А.А.** *Неизвестное сильное землетрясение в Иссык-Кульской котловине*.

Фото А.М.Корженкова



В НОМЕРЕ:**3 Н.В.Копылова, Ю.Н.Уткин****Змеиные яды — от древности до наших дней**

Люди пытались разгадать природу змеиных ядов с древних времен, однако современные исследования начались только в середине прошлого века. В настоящее время основные компоненты ядов хорошо изучены и классифицированы. Большинство токсинов оказались хорошими молекулярными инструментами для фундаментальных исследований, а также идеальной основой для разработки лекарств.

12 А.В.Зеленчук, В.А.Крыленков**Крибот для исследования ледяных щитов планет**

Если при работе термобура-зонда использовать гидравлическую силу, создаваемую им самим за счет перепада давления воды на его концах, можно увеличить мощность термоголовки и скорость термического бурения льда, снизить вес оборудования и затраты на исследования малоподвижных толстых льдов и подледниковых сред. Какие новые конструктивные идеи нужно реализовать для этого?

24 А.М.Корженков, С.В.Абдиева, Е.А.Рогожин, А.А.Сорокин**Неизвестное сильное землетрясение в Иссык-Кульской котловине**

В конце XVIII — начале XIX в. в юго-западном районе Прииссыккулья произошло сильное землетрясение, до сих пор неизвестное местным сейсмологам. Оно образовало многокилометровый сейсмоуступ, разрушило Алабашскую крепость и сильно повредило средневековые надмогильные памятники.

37 Е.Н.Черных**Культуры Ното: узловые сюжеты миллионолетней истории**

От архантропа до человека разумного

Около 2,5 млн лет назад на Земле появился новый вид млекопитающих — Ното. Предки человека зародились в Африке, и именно отсюда они двинулись на север и на восток по необозримым пространствам Евразии. Попробуем проследить, как проходила биологическая эволюция от австралопитека до *Homo sapiens* и как расселялись по нашей планете ее первые колонизаторы.

53 М.Ю.Сорокина**«Любопытное время переживаем...»**

Германия и Франция в научной биографии В.И.Вернадского

12 марта 2018 г. исполняется 155 лет со дня рождения В.И.Вернадского. Несмотря на кажущееся обилие научной и научно-популярной литературы об академике, многие стороны его жизни по-прежнему остаются мифологизированными, малоизвестными и/или вовсе недокументированными. К ним, в частности, относятся контакты Вернадского с немецкими учеными, сыгравшими важную роль в личной, научной и общественной судьбе академика, «французский» период (1922–1925), когда он задумал носферную концепцию, а также переписка Вернадского с академиками Ф.Н.Чернышевым и С.А.Чаплыгиным, раскрывающая подробности внутренней жизни академического сообщества в дореволюционной и советской России.

Научные сообщения**69 Л.Я.Кизильштейн****Анатомия древних растений в ископаемых углях****Времена и люди****72 Р.Н.Щербаков****Р.Э.Милликен: «Моя работа была работой чистого экспериментатора»**
К 150-летию со дня рождения**83 Новости науки**

Угроза гипоксии мирового океана. А.В.Бялко (83). Впервые *in vitro* выращены зрелые человеческие яйцеклетки (83). Новый виток дискуссии о строении древнейшего цветка (84). Роль ученых в подготовке договора о защите открытого океана (85). Первая находка лианоподобного птеридосперма в нижнем карбоне Урала. С.В.Наугольных (87).

89 Новые книги**В конце номера****90 В.Е.Быкасов****Озеро Толмачёва (Камчатка)**

CONTENTS:**3 N.V.Kopylova, Y.N.Utkin**
Snake Venoms – from Antiquity to the Present Days

People have tried to unravel the nature of snake venoms since ancient times, however modern studies began only in the middle of the last century. Now the main components of the venoms are well studied and classified. Most toxins turned out to be good molecular tools for basic research, and also an ideal basis for drug development.

12 A.V.Zelenchuk, V.A.Krylenkov
Cryobots for Study the Ice Sheets of the Solar System Planets

The use of the hydraulic force generated by the water pressure at the ends of the thermal drill-probe promote the increase of the power of the thermal bead and the speed of thermal drilling of ice, reduce the weight of equipment and the costs of research on low-mobility thick glacial and subglacial environments. What new constructive ideas need to be realized for this?

24 A.M.Korzhenkov, S.V.Abdieva, E.A.Rogozhin, A.A.Sorokin
Unknown Strong Earthquake in the Issyk-Kul Depression

Strong earthquake, which is still unknown for the local seismologists, occurred in the late XVIII – early XIX century in the south-western region of the Issyk-Kul region. It formed many kilometers of a fault scarp, destroyed the Alabash fortress and severely damaged medieval gravestones.

37 E.N.Chernykh
Homo Cultures: the Nodal Questions of the Million-Years History
From *Homo erectus* to *Homo sapiens*

About 2.5 million years ago, a new species of mammals, *Homo*, appeared on Earth. The ancestors of man originated in Africa, and from here they moved north and east through the vast expanses of Eurasia. Let's try to trace how the biological evolution passed from *Australopithecus* to *Homo sapiens* and how the first colonizers settled on our planet.

53 M.Yu.Sorokina
**«We are Going through a Curious Time...»:
Germany and France in the Scientific
Biography of Vladimir Vernadsky**

March 12, 2018 marks 155 years since the birth of V.I.Vernadsky. Despite the apparent abundance of scientific and popular science literature about the academician, many aspects of his life still remain mythologized, little-known and/or completely undocumented. These include, in particular, Vernadsky's contacts with German scientists who played an important role in the personal, scientific, and social fate of the academician; the «French» period (1922–1925), when he conceived Noosphere concept, and also Vernadsky's correspondence with academicians F.N.Chernyshev and S.A.Chaplygin, revealing the details of the internal life of the academic community in pre-revolutionary and Soviet Russia.

Scientific Communications**69 L.Ya.Kizilshtein**
Anatomy of Ancient Plants in Fossil Coals**Times and People****72 R.N.Shcherbakov**
R.A.Millikan: My Work Was a Work of the Clear Experimenter
To the 150th Anniversary since Birth**83 Science News**

Threat of the World Ocean Hypoxia. A.V.Byalko (83). Mature Human Ovules Were Grown *in vitro* for the First Time (83). A New Round of Discussion on the Structure of the Ancient Flower (84). The Role of Scientists in the Draft of the Convention on the Protection of the Open Ocean (85). The First Finding of a Liana-like Pteridospermatophyta in the Lower Carboniferous of the Urals. S.V.Naugolnykh (87).

89 New Books**At the End of the Issue****90 V.E.Bykasov**
Lake Tolmachyova (Kamchatka)

Змеиные яды — от древности до наших дней

Н.В.Копылова¹, Ю.Н.Уткин²

¹Московский педагогический государственный университет (Москва, Россия)

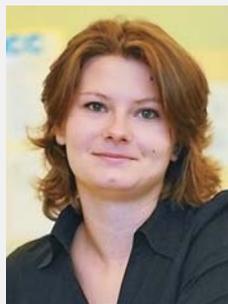
²Институт биоорганической химии имени академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН (Москва, Россия)

Люди пытались разгадать природу змеиных ядов с древних времен, однако современные исследования начались только в середине прошлого века. История изучения ядов прослеживается от древнейших цивилизаций Египта, Индии и Греции до наших дней. В настоящее время основные компоненты ядов хорошо изучены и классифицированы в несколько структурных семейств. Установлено, что яды змей представляют собой сложные пептидно-белковые смеси, содержащие более 100 отдельных компонентов. Змеиные токсины обладают разнообразными видами биологической активности, нарушающими жизненно важные процессы в организмах. Большинство токсинов воздействуют на биологическую мишень с высокой эффективностью и селективностью, что делает их очень хорошими молекулярными инструментами для фундаментальных исследований, а также идеальной основой для разработки лекарств. На основе змеиных токсинов было разработано несколько лекарств (самый известный — антигипертензивный препарат каптоприл), и еще несколько разрабатываются. Таким образом, исследование ядов превращает их из смертоносного оружия в препараты, спасающие жизни.

Ключевые слова: змеи, яд, токсин, активность, конструирование лекарств.

Среди животных немало видов, которых принято называть ядовитыми. Наиболее известны из них змеи, скорпионы, пауки и жалящие насекомые. Действие их ядов (сложных смесей различных соединений в основном пептидной и белковой природы) обычно приводит к нарушению нормальных физиологических функций организма и в крайних случаях заканчивается гибелью жертвы. Подробное изучение ядов — перспективное направление исследований в физико-химической биологии и экспериментальной медицине, поскольку токсины могут служить в качестве инструментов для изучения молекулярных механизмов функционирования различных систем организма.

Самые крупные ядовитые животные — змеи. Для впрыскивания яда у них имеются зубы с полостью, из которой яд вводится в жертву. Продуцируется он в ядовитых железах, расположенных позади глаз змеи и соединенных с зубами специальными протоками, через которые яд поступает в зубы. Из примерно 3.5 тыс. видов суще-



Нина Вячеславовна Копылова, аспирант кафедры биохимии, молекулярной биологии и генетики Института биологии и химии Московского педагогического государственного университета. Область научных интересов — белки змеиных ядов, лиганды рецепторов и ионных каналов, токсические белки, ионотропная активность.



Юрий Николаевич Уткин, доктор химических наук, руководитель лаборатории молекулярной токсикологии Института биоорганической химии имени академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН. Член Международного общества токсикологии, Европейского нейрохимического общества. Занимается исследованием ядов животных, поиском, выделением и изучением биологически активных белков с новыми фармакологическими свойствами.

ствующих в настоящее время змей более 500 видов считаются ядовитыми. Около 400 видов, относящихся в основном к семействам гадюковых (Viperidae), ямкоголовых (Crotalidae), аспидов (Elapidae) и морских змей (Hydrophidae), опасны для человека. Шесть видов ядовитых змей встречаются в России.

Исследованием животных, растительных и микробных токсинов занимается токсинология, специализированная область токсикологии. Токсикология определяется как «научная дисциплина, касающаяся изучения растительных и животных токсинов» [1] или же как «наука о токсичных веществах, вырабатываемых или накапливаемых в живых организмах, их свойствах и биологическом значении для вовлеченных организмов» [2]. Эта дисциплина включает в себя изучение структуры токсинов; способа их действия; биологии организма, производящего яд; структуры и функции ядовитого аппарата.

Начало современного этапа изучения ядов змей относится примерно к середине прошлого века. К настоящему времени установлены механизмы действия многих токсинов змеиных ядов; показано, что они изменяют активность ферментов, рецепторов или ионных каналов, нарушая, таким образом, нормальное функционирование центральной или периферической нервной системы, сердечно-сосудистой системы, мускулатуры, системы сворачивания крови и гемостаза [3].

Ученых, занимающихся исследованиями природных ядов и токсинов, объединяет профессиональное сообщество — Международное общество токсинологии*, основанное в 1962 г. Общество каждые три года организует международный конгресс и региональные секционные заседания.

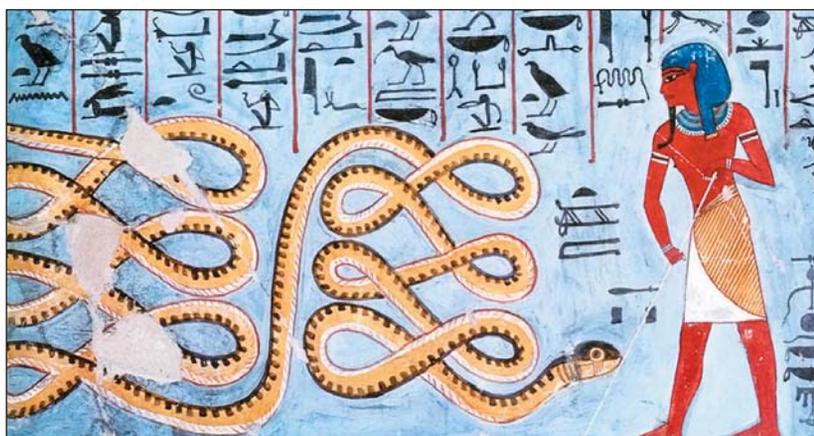
Интерес к змеиным ядам возник в древности, и с тех времен люди пытаются понять, как действуют яды и что надо делать для защиты от их смертельного влияния.

Истоки токсинологии

Древние египтяне на протяжении многих веков обожествляли ядовитых змей и насекомых. По крайней мере 10 богов и богинь, которые могли быть защитниками для египтян и после смерти, изображались со змеи-

ными головами. Считалось, что с помощью магии или «ритуальной силы» можно защитить покойного от самого опасного существа — змея Апофиса, который грозил заблокировать проход властителя через опасную ночь, чтобы возродиться в загробной жизни [4].

Изучение биологии змей, состава ядов и механизма их действия — часть современной токсинологии, но представления об этой науке зародились еще у древних египтян. Наиболее ценная



Изображение божества Атума, пронзающего копьём змея Апофиса, из гробницы фараона Рамзеса I в Луксоре (Египет), и фрагменты Бруклинского папируса (664–332 гг. до н.э.).

Здесь и далее иллюстрации с Викисклада

информация о змеиных укусах и их лечении в Древнем Египте содержится в Бруклинском папирусе (664–332 гг. до н.э.), состоящем из двух разделов [5]. В первом разделе описываются 38 змей и их укусы, во втором — множество средств и несколько заклинаний для исцеления тех, кого укусила змея. Интересно, что при выборе лекарств учитывались симптомы жертвы и вид змеи, а назначения составлены в виде рецептов, которые, по-видимому, предназначались для лечащих врачей. Бруклинские папирусы и другие египетские тексты демонстрируют, что древние египтяне знали различные симптомы и признаки серьезного отравления ядами змей — гадюки или кобры [5].

Сегодня мы понимаем, что эти клинические проявления обусловлены основными токсическими компонентами, содержащимися в ядах различных семейств змей, преимущественно гемотоксинами — у гадюк и нейротоксинами у аспидов. Яд гадюк вызывает повреждение ткани и кровеносных сосудов в месте укуса, лизис эритроцитов и нарушения свертывания крови. Действие яда кобр приводит к меньшему локальному повреждению тканей, но быстрее поражает нервную систему, вследствие чего развивается сердечная и дыхательная недостаточность и наступает смерть. Терапия отравлений при укусах гадюк в прежние времена сводилась в основном к устранению симптомов: лечили местный отек, некроз, слабость, потливость, тремор, кровотечение, лихорадку и боль; место укуса обрабатывали снадобьями, а иногда проводили хирургические вмешательства, при которых удаляли омертвевшую ткань.

Интерес к змеиным ядам проявляла царица Клеопатра, которая правила Египтом с 51 по 30 г. до н.э., однако у нее был очень жестокий способ их изучения — она испытывала их на преступниках и своих рабах. Согласно легенде, Клеопатра связала со змеями и свой уход из жизни: по приказу царицы в ее дворец была доставлена кобра, и Клеопатра, раздражив ее, заставила укусить себя за руку. Правда, недавно коллектив ученых под руководством Кристофа Шеффера (Christoph Schaeffer; Трирский университет, Германия) пришел к выводу, что Клеопатра умерла не от укуса змеи, а от смертельной смеси, содержавшей опиум и болиголов. Доктор Шеффер объяснял это так: «Царица Клеопатра была известна своей красотой и вряд ли подвергла бы себя долгой и обезображивающей смерти. Она, по-видимому, приняла смесь из опиума, болиголова и аконита. В те времена эта смесь была известна как средство, приводящее к безболезненной смерти в течение нескольких часов, в отличие от укуса змеи, действие

которого могло продолжаться довольно долго и причинять мучительную боль»*.

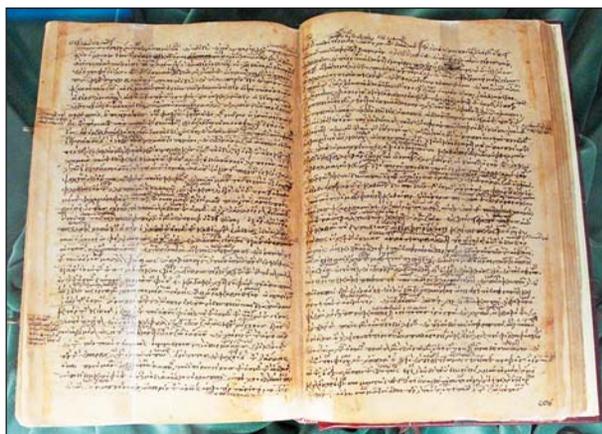
Не только древние египтяне проявляли интерес к ядам змей, яды использовались в традиционной медицине и в регионах Восточной и Юго-Восточной Азии. Так, одной из восьми ветвей Аюрведы, традиционной системы индийской медицины, считается Агада — раздел медицины, занимающийся токсикологией, описанием различных типов ядов и противоядий к ним. Агада Тантра определяется как часть токсикологии, которая касается пищевого отравления, а также укусов змей, собак, насекомых и т.д. Школа токсикологии была основана Кашьяпой, также известным как Вриддхакашьяпа, жившим в Таксашиле (нынешнем Пакистане) в VI в. до н.э. Именно там, в Древней Индии, находился центр изучения трав и ядов, а индуистские общины первыми стали использовать змеиный яд в медицине. Было известно, что змеиный яд при очень низкой дозе — мощный стимулятор, но, если он смешивается с желчью животных, его действие становится совершенно другим [6]. Из змеиных ядов готовили важные лекарства. Так, сухая смесь Suchikabhagana gasa, содержащая яд кобры, некоторые металлы и компоненты животного происхождения, вводилась в небольших дозах. Она была эффективна при чуме, лихорадке, коме, туберкулезе и т.д. В трех великих классических доктринах Аюрведы (Чарака, Сушрута, Вагбхата) яд кобры упоминается в качестве лекарства для лечения водянки и лихорадки.

История традиционной китайской медицины насчитывает несколько тысячелетий. В литературе имеются многочисленные упоминания об использовании змеиных ядов и лечении укусов змей в Древнем Китае, в частности в источниках на китайском языке**. Однако научно документированных подтверждений такого использования змеиных ядов на русском или английском языке найти не удалось.

Одно из первых дошедших до нас описаний ядовитых животных и их укусов сделал Аристотель (384–322 гг. до н.э.) в «Истории животных». Среди сочинений античных авторов заслуживают внимания поэмы, написанные древнегреческим поэтом и врачом александрийской эпохи Никандром из Колофона (II в. до н.э.). Это — «Териака», в которой рассказывается об укусах ядовитых животных и ранах, которые они вызывают, и «Алексифармака» — о ядах и противоядиях [7, 8]. В них приводятся сведения о строении ядовитых зубов змей, методах лечения змеиных укусов. Считается, что медицинские сведения почерпнуты Никандром из сочинений врачей Аполлодора и Гиппократа. Цари Античности проявляли большой ин-

* "Poison, not snake, killed Cleopatra, scholar says" By Melissa Gray, CNN (edition.cnn.com/2010/WORLD/europe/06/30/cleopatra.suicide/index.htm).

** От «Поцелуев смерти» до фармакологического применения (www.sohu.com/a/208721092_181847); Древняя китайская токсикология (blog.sciencenet.cn/blog-201103-687497.html).



Портрет Аристотеля работы Франческо Айеца и фрагмент книги «История животных».

терес к ядам змей, поскольку для убийств и совершения дворцовых переворотов в те далекие времена часто использовались змеи, укус которых рассматривался как кара богов.

Митридат Понтийский и его универсальный антидот

Митридат VI Евпатор Понтийский (132–63 гг. до н.э.) унаследовал царство Понт на Черном море (сегодня северо-восточная область Турции) в 120 г. до н.э., после того как его отец был отравлен врагами. Считается, что мать Митридата, королева Лао-

дика, намеревалась отравить его, чтобы царствовать самой, поэтому в юношеском возрасте Митридат несколько лет скрывался. Сильной его страстью были яды. Он ловил ядовитых пауков, ос и змей и экспериментировал с ядами. Опасаясь своего отравления соперниками, Митридат ежедневно принимал слабые дозы мышьяка, чтобы развить иммунитет к большим дозам. По возвращении он вышел на трон и использовал яд для устранения нескольких родственников и соперников. На формирование интереса Митридата к ядам и противоядиям, возможно, повлияли работы последнего пергамского царя Аттала III. Пергам с его большой библиотекой, активным научным обществом и исцеляющим храмом Асклепия был центром медицинского обучения. В детстве до Митридата доходили слухи о том, что Аттал III отравил своих родственников и врагов и ушел из придворной жизни, посвятив себя изучению ботаники, фармакологии и металлургии. Умер он в 133 г. до н.э. — времени, близком к дате рождения Митридата [6, 7]. Древние историки сообщают, что Аттал выращивал токсичные растения, такие как белена, морозник, болиголов и аконит. Прославленный врач из Пергама Гален (129–199) писал, что Аттал экспериментировал с противоядиями от ядов змей, пауков и скорпионов, и дал высокую оценку его работам.

Родина Митридата Понт славилась своей необычайной флорой и фауной. Дикий мед, получаемый пчелами из нектара ядовитых рододендронов и олеандра, столь обильного на побережье Черного моря, содержал смертельные токсины. Плоть понтийских уток была ядовитой, поскольку они питались морозником кавказским и другими ядовитыми растениями. У союзников Митридата на востоке, в Армении, имелись озера с ядовитой рыбой. Эти факты, возможно, побудили его искать способы защиты от ядов. Митридат, продолжая свои токсикологические опыты, искал универсальное противоядие. В его запасах находились яды для стрел, змеиные яды, яды скорпионов из Месопотамии и Ливии, ядовитая рыба из Армении, ядовитые растения и грибы, ядовитый мед, собранный пчелами с рододендронов, и другие смертельные снадобья. В библиотеке Митридата имелись научные трактаты о ядах, он вел обширную переписку по поводу ядов и противоядий. Плиний писал: «Путем неустанных исследований и самых разных экспериментов он искал способы превратить яды в полезные лекарства» [9]. Митридат хранил в тайне свою работу по изготовлению универсального противоядия. Считается, что в рецепте было более 50 ингредиентов, многие из которых представляли собой дорогостоящие вещества из далеких земель [9, 10].

Митридат после поражения от Помпея в Третьей Митридатовой войне был вынужден совершить самоубийство (63 г. до н.э.). Он признан первым экспериментальным токсикологом, выполнявшим протонаучные эксперименты с ядами и антидота-

ми [11]. Его целью было создать универсальное противоядие, чтобы сделать себя и своих друзей невосприимчивыми ко всем ядам и токсинам [9].

После смерти Митридата его личная библиотека и архивы были перевезены в Рим и переведены на латинский язык Ленеем (95–25 г. до н.э.). Плиний, изучавший документы, считал, что «Митридат был более совершенным исследователем в биологии, чем любой человек до него». Впоследствии антидот Митридата — митридатий — был усовершенствован, были созданы и так называемые поливалентные антидоты. В Средние века митридатий получил широкое распространение в Европе и стал «долгожителем» среди медицинских препаратов, его можно было купить еще в XX в.

Яды на вооружении армии

С давних времен различные народы использовали змеиный яд для обработки стрел. Такие стрелы применялись в охоте — при этом яд безопасен, так как переваривается в здоровом желудке. Но если ядовитая стрела попадала в тело врага, это гарантировало ему болезненную смерть или неизлечимую рану. Ядовитые змеи распространены по всему Средиземноморью, а также в Африке и Азии. Согласно древнегреческим и древнеримским источникам, разные племена, включая галлов, далматинцев, даков и народы, проживавшие между реками Инд и Евфрат, имели стрелы со змеиным ядом.

Различные способы изготовления отравленных стрел записаны в греческих и латинских текстах. Змеиный яд кристаллизуется, и поэтому может оставаться неизменным на деревянных, костных и металлических наконечниках в течение значительного времени. Одно из самых страшных снарядов в древности — скификон, созданный скифами. Для его приготовления яд смешивали с бактериальными патогенами из навоза животных, человеческой крови и гнилых остатков гадюк. Даже при поверхностной ране от обработанной скификоном стрелы токсины начинали действовать весьма быстро и обрекали жертву на мучительную смерть. Скифам было доступно несколько видов гадюк: степная (*Vipera ursinii renardi*), кавказская (*V.kasnakovi*), европейская (*V.berus*) и песчаная (*V.ammodytes transcaucasiana*).

Римский историк и естествоиспытатель Клавдий Элиан (170–222) описал один из самых устрашающих ядов Индии, полученный из яда и гниющих трупов так называемой белоголовой, или пурпурной, змеи. Из подробного описания Элиана герпетологи идентифицировали пурпурную змею как редкую белоголовую гадюку (*Azemiops feae*), обнаруженную в Южной Азии в конце 1880-х годов.

В Эгейском море, у берегов современной Турции, во II в. до н.э. знаменитому карфагенскому

полководцу Ганнибалу предстояло сразиться на море с пергамским царем Эвменом II, войско которого было более многочисленным. Ганнибал пошел на хитрость, он приказал своим людям выйти на берег, собрать живых гадюк и поместить их в глиняные горшки. Затем, когда корабли противника приблизились к карфагенским судам, люди Ганнибала стали метать горшки. Катапультированные горшки разбивались на палубах вражеских кораблей, выпуская массы змей. Пергамские моряки пришли в ужас от нового оружия и пустились в бегство. Так Ганнибал хитроумно одолел пергамскую рать [12]. Это сражение можно рассматривать как пример использования биологического оружия в древности.

Токсикология в Средние века

В Средневековье центр изучения ядовитых животных переместился на Восток — в Юго-Восточную и Центральную Азию. Родоначальником этого направления стал Авиценна (980–1037). Существенный вклад в изучение ядовитых животных внес его последователь — Исмаил Джурджани (1042–1136), который в шестой книге своего сочинения «Сокровище Хорезмшаха», изданной в 1110 г., первым подметил важный факт: «Змеиный яд убивает быстро потому, что вызывает в короткий срок свертывание крови в сердце», и это соответствует современным научным данным [13].

Всеобъемлющий «Канон врачебной науки» Авиценны, оказавший огромное влияние на последователей, содержал ряд общих разделов, посвященных змеям, и специальные главы, описывающие отдельные виды змей [14]. Канон Авиценны был дополнен сочинением Маймонида (Моше бен Маймона, 1135–1204) «О ядах и защита от смертельных снарядов» [15]. В работе, предназначенной для неспециалистов, обсуждались средства для лечения отравленных людей или укушенных ядовитыми животными, в том числе змеями. Труд был три раза переведен на латынь в конце XIII и начале XIV в. и стал основой для таких специализированных трактатов о ядах, как, например, «Sertum Papale de Venenis» («Папская гирлянда о ядах», 1362) Уильяма из Марры. В этом сочинении автор призывает должным образом защищаться от ядов и ядовитых животных, описывает василиска, аспиду, рогатую змею, дракона, гадюку и др. В целом в то время работы Авиценны и Маймонида имели огромное влияние как в теории, так и в практике лечения ядовитых укусов [16]. Для этого использовались разнообразные медицинские процедуры, в том числе пластыри, различные териакки, специальные диеты, лигатуры, купирование и прижигание. Кроме того, для того чтобы проводить правильное лечение, врачи должны были бы идентифицировать укусившее животное. Точно так же им было нужно распознавать у пациента специфические симптомы,

которые варьировали в зависимости от того, змея какого вида его укусила.

Основы современной токсикологии заложил Парацельс (Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенхайм, 1493–1541), доказавший, что яд — химическое вещество с определенной структурой, от которой зависит его токсичность [17]. В своей врачебной практике Парацельс использовал экстракты змеиных ядов, при этом описал методы экстрагирования и настоятельно рекомендовал пользоваться весами, готовя лекарственные составы. Однако Парацельс не только способствовал внедрению химических препаратов в медицину, но и повлиял на последующее развитие научного познания (недаром он считается основоположником современной науки). Последователи и противники знаменитого швейцарского врача и ученого, стремясь доказать или опровергнуть его построения, принесли существенную пользу естествознанию [17].

Становление токсинологии

Современные научные представления о ядовитых змеях и их ядах начали формироваться сравнительно недавно благодаря двум итальянским ученым, работавшим в Пизе в XVII и XVIII вв. Врач, биолог, лингвист и поэт Франческо Реди (1626–1697) опубликовал в 1664 г. трактат о ядовитых змеях «Osservazioni intorno alle vipere» [18]. Он установил, что источник ядовитости — не желчь змеи, а яд, выделяющийся при укусе из зубов. В доказательство Реди и его ученик в присутствии других ученых проглотили желчь гадюк (правда, даже если бы они проглотили змеиный яд, то все равно остались бы живы, поскольку при

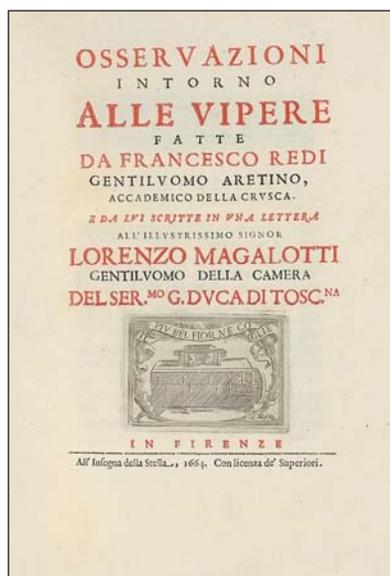
отсутствии порезов и ранок во рту и желудочно-кишечном тракте проглоченный яд безопасен). Реди считается одним из основоположников токсинологии как науки. В 1967 г. Международное общество токсинологии установило премию имени Ф.Реди для ученых, сделавших вклад в токсинологию. Премия присуждается на каждом всемирном конгрессе и считается высшей наградой общества. К настоящему времени лауреатами премии Реди стали более 20 ученых.

Физик, натуралист и химик Феличе Фонтана (1730–1805) открыл ядовитые железы у змей и первым получил змеиный яд в чистом виде, который использовал для различных экспериментов с животными. В довершение всего он пробовал змеиные яды на вкус, установив, что они безвкусны, не вызывают жжения во рту и отека языка. Важно, что Реди и Фонтана открыли новую эру в изучении змей вообще и их яда в частности.

Первым научным трудом по герпетологии была диссертация венского врача Лауренти, опубликованная в 1784 г. [19]. Книга вышла на латинском языке и стала первой систематизацией земноводных и пресмыкающихся. В ней содержится описание 242 видов из 30 родов земноводных и пресмыкающихся Старого и Нового Света, а также изложены опыты с ядами, которые подробно протоколировались. Ядовитым животным давали кусать подопытных животных, ядовитые секреты вводились в кровь или наносились на кожу. В книге также описываются опыты по поиску противоядий. В целом исследования были передовыми для своего времени, а предложенная систематика остается актуальной и по сей день.

Спустя 100 лет, в 1898–1905 гг., французские ученые Альберт Кальметт (1863–1933) и Цезарь Физали (1852–1906) получили из крови живот-

ных противозмеиные сыворотки, спасшие жизнь сотням тысяч людей, укушенных змеями. Кальметт обнаружил, что, если животным ввести яд в малых дозах, их сыворотка крови становится сильным противоядием [20]. С этого времени началось реальное использование змеиного яда — сначала только для производства антисывороток, но затем ассортимент препаратов расширился. Ученые обратили внимание на то, что у пациентов с эпилепсией припадки прекращались после укуса гремучей змеи. А в 1934 г. было обнаружено, что яд кобры в малых дозах обладает сильной анальгетической активностью — во много раз большей, чем морфин, при этом яд не вызывает привыкания. Яды стали вклю-



Портрет Франческо Реди (1626–1697) и фронтиспис его книги.

чать в состав препаратов против астмы, гипертонии и даже проказы. До настоящего времени во многих странах производятся мази и кремы (Cobroxin, Sobratoxan, випросал и др.), основанные на ядах.

Змеиный яд: от фундаментальных исследований до клинического применения

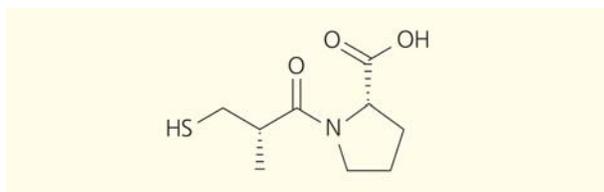
Интенсивные современные биохимические исследования ядов змей начались примерно в середине прошлого столетия [21], хотя одно из самых первых сообщений о фосфодиэстеразной активности змеиного яда было опубликовано в 1932 г. [22]. Так, в 1959 г. группа японских ученых выделила из яда змеи хабу (*Protobothrops flavoviridis*) протеазу [23], а в 1963 г. китайские исследователи — из яда южно-китайского многополового крайга (*Bungarus multicinctus*) альфа-бунгаротоксин [24], и эта работа стала классической и наиболее цитируемой в области исследования змеиных ядов. До сих пор α-бунгаротоксин используется как один из наиболее избирательных маркеров некоторых подтипов никотиновых холинорецепторов.

Согласно базе данных PubMed, ежегодно публикуется около 500 статей, посвященных изучению ядов змей, а общее число публикаций приближается к 20 тыс. К настоящему времени в базе данных UniProt находится около 2 тыс. аминокислотных последовательностей токсинов змей, и список этот постоянно пополняется.

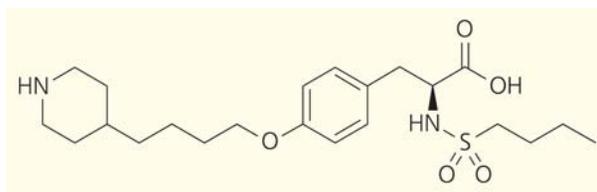
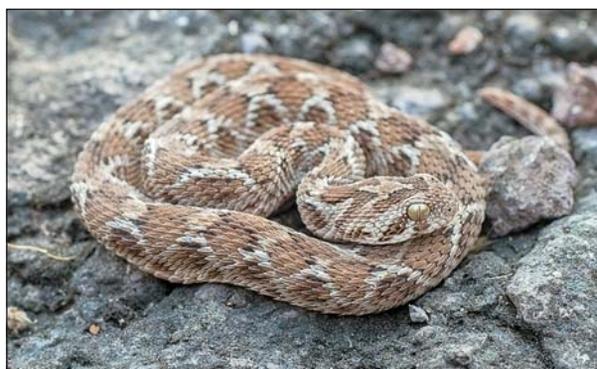
Каждый змеиный яд представляет собой сложную смесь веществ, число которых может превышать сотню. Если же рассматривать абсолютное содержание токсинов в яде, то наибольшее содер-

жание имеют токсины, относящиеся к трем-четырем классам. Первенство здесь, несомненно, принадлежит фосфолипазам А2 (ФЛА2). К настоящему времени известно лишь небольшое число змеиных ядов, в которых не обнаружены ФЛА2. Самыми представленными из белков, не обладающих ферментативной активностью, являются так называемые трехпальцевые токсины (ТПТ), получившие свое название вследствие оригинальной укладки полипептидной цепи. В структуре молекулы из центрального гидрофобного ядра выступают три полипептидных петли, напоминающие три вытянутых пальца, что, собственно, и послужило основой для англоязычного варианта названия — three-finger toxins. ТПТ обладают широким набором биологической активности — начиная от неспецифического лизиса клеточных мембран (так называемые цитотоксины) и заканчивая высокоспецифическим взаимодействием с определенными типами нейрорецепторов (так называемые α-нейротоксины).

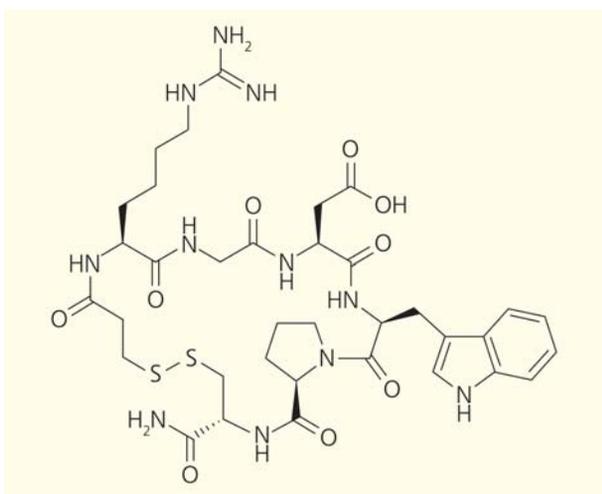
Начатые в древности попытки создания лекарственных препаратов на основе змеиных ядов увенчались успехом лишь в XX в. Одним из первых следует упомянуть каптоприл (Captopril), или эналаприл (Enalapril), препарат для лечения гипертонии. Он был разработан в конце 1970-х — начале 1980-х годов на основе пептида из яда южноамериканской змеи — обыкновенной жарараки (*Bothrops jararaca*). Каптоприл — ингибитор ангиотензинпревращающего фермента, и его разработка стала парадигмой для «рационального дизайна лекарств». В год производится около 1000 т каптоприла. В настоящее время для предотвращения сердечных приступов или образования тромбов используются еще два препарата на основе змеиных токсинов — антикоагулянты эптифиба-



Обыкновенная жарарака и каптоприл.



Песчаная эфа и тирофибан.



Просвяной карликовый гремучник и эптифибатид.

тид (Eptifibatide), или интегрилин (Integrilin), и тирофибан (Tirofiban), или агростат (Aggrastat). Эптифибатид представляет собой циклический гептапептид, полученный на основе белка, обнаруженного в яде просвяной карликовой гремучника (*Sistrurus miliarius barbouri*). Он обратимо

связывается с тромбоцитами и предотвращает их агрегацию. Тирофибан представляет собой пептидомиметик на основе белка эхистатина яда песчаной эфы (*Ecbis carinatus*). Он также является антиагрегантным препаратом и вводится для снижения частоты тромботических сердечно-сосудистых событий.

Недавно из яда черной мамбы (*Dendroaspis polylepis*) выделены новые токсины, названные мамбалгинами и обладающие анальгетической активностью [25]. Новые вещества действуют практически так же, как и морфины, но, в отличие от них, не оказывают негативных побочных эффектов — моторных дисфункций и угнетения дыхания. Также очень важно, что к этим препаратам не зафиксировано привыкания. Эти соединения имеют очень хорошую перспективу для использования в качестве лекарственных препаратов.

* * *

Проследив историческое развитие знаний о животных ядах (в частности, змеиных), можно наблюдать закономерность в эволюции и становлении токсинологии как специализированной науки о животных токсинах. От описательных характеристик отравлений в древних свитках человечество приблизилось к структурной характеристике отдельных компонентов (белков, пептидов) ядов и к описанию их физиологического действия на органы и ткани на клеточном и субклеточном уровнях [26]. В последние десятилетия появилось несколько новых препаратов, которые получены на основе компонентов змеиного яда и используются во всем мире. С каждым годом успехи в изучении структуры и механизмов действия токсинов на специфические мишени в организме приближают нас к созданию лекарств нового поколения для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, болей и даже раковых опухолей. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-04-01075).

Литература / References

1. Mebs D. Venomous and Poisonous Animals: A Handbook for Biologists, Toxicologists and Toxinologists, Physicians and Pharmacists. Boca Raton, 2002.
2. White J., Meier J. Handbook of Clinical Toxicology of Animal Venoms and Poisons. Boca Raton, 1995.
3. Snake Venoms and Envenomation: Modern Trends and Future Prospects. Utkin Y.N., Krivoshein A.V. (eds). N.Y., 2016.
4. Sanchez G.M., Harer W.B. Toxicology in Ancient Egypt. Toxicology in Antiquity. Wexler P. (ed.). Boston, 2014; 1–10.
5. Nunn J.F. Ancient Egyptian Medicine. Oklahoma, 2002; 40. Available at: <https://www.revolvy.com/main/index.php?s=Ancient%20Egyptian%20medicine&stypе=topics>
6. Bhattacharjee P., Bhattacharyya D. Therapeutic Use of Snake Venom Components: A Voyage from Ancient to Modern India. Mini Rev. Org. Chem. 2014; 11(1): 45–54. Doi:10.2174/1570193X1101140402101043.
7. Nicandre. Œuvres. Tome II: Les Thériaques. Fragments iologiques antérieurs a Nicandre. Texte établi et traduit par J.-M. Jacques. Paris, 2002.
8. Nicandre. Œuvres. Tome III. Les Alexipharmques. Lieux parallèles du Livre XIII des Iatrica d'Aétius. Texte établi et traduit par J.-M. Jacques. Paris. 2007.

9. Mayor A. The poison king: the life and legend of Mithradates, Rome's deadliest enemy. Princeton; N.J., 2010.
10. Totelin L.M.V. Mithradates' antidote — a pharmacological ghost. *Early Sci. Med.* 2004; 9(1): 1–19.
Doi:10.1163/1573382041153179.
11. Griffin J.P. Famous names in toxicology. Mithridates VI of Pontus the first experimental toxicologist. *Adverse Drug React. Toxicol. Rev.* 1995; 14(1): 1–6.
12. Корнелий Непом. О знаменитых иноземных полководцах. Из книги о римских историках. XXIII. Ганнибал. Пер. с лат. и коммент. Н.Н.Трухиной. М., 1992. [*Cornelius Nepos*. About the famous foreign commanders. From books about Roman historians. XXIII. Hannibal. Moscow, 1992. (In Russ.)]
13. Абдуллаев А.А., Гаиров М.А. Исмаил Джуржани и его «Сокровище Хорезмшаха». Ташкент, 1980. [*Abdullaev A.A., Gaïrov M.A.* Ismail Jurzhani and his «Treasure of Khorezmshah». Tashkent, 1980. (In Russ.)]
14. The Canon of Medicine of Avicenna. Available at:
https://archive.org/stream/AvicennasCanonOfMedicine/9670940-Canon-of-Medicine_djvu.txt
15. Bos G. Maimonides: On Poisons and the Protection against Lethal Drugs. Provo, 2009.
16. Walker-Meikle K. Toxicology and treatment: medical authorities and snake-bite in the middle ages. *Korot*, 2014; 22: 85–104.
17. Майер П. Парацельс — врач и провидец. Размышления о Теофрасте фон Гогенгейме. Пер. с нем. Е.Б.Мурзина. М., 2014. [*Mayer P.* Paracelsus — Doctor and Seer: Reflection on Theophrastus von Hohenheim. Moscow, 2014. (In Russ.)]
18. Redi F. Osservazioni Intorno alle Vipere. All'Insegna della Stella (ed.). Florence, 1664. Available at:
http://books.google.ru/books?id=WYof1UMGhNsC&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&ad=0#v=onepage&q&f=false
19. Лауренти И.Н. Образец медицины, представляющий сжатый и исправленный перечень пресмыкающихся, с опытами относительно ядов и противоядий австрийских пресмыкающихся. Пер. с лат. и ком. С.Л.Кузьмина. М., 2005. [*Laurenti J.N.* Specimen Medicum, Exhibens Synopsis Reptilium Emendatum cum Experimentis circa Venena. Moscow, 2005. (In Russ.)]
20. Calmette A. The Treatment of Animals Poisoned with Snake Venom by the Injection of Antivenomous Serum. *Br. Med. J.* 1896; 2: 399–400.
21. Уткин Ю.Н. Год змеи, или Что в XXI веке мы знаем о змеином яде. Россия и Германия. Научный гумбольдтовский журнал. 2013; 2(6): 69–73. [*Utkin Y.N.* The year of the serpent, or what in the 21st century we know about snake venom. Russia and Germany. Humboldt scientific journal. 2013; 2(6): 69–73. (In Russ.)]
22. Uzaava S. Über die phosphomonoesterase und die phosphodiesterase. *J. Biochem. Toyko*, 1932; 15: 19–28.
23. Maeno H., Morimura M., Mitsubashi S., Sawai Y., Okonogi T. Studies on Habu snake venom. 2b. Further purification and enzymic and biological activities of H α -proteinase. *Jpn. J. Microbiol.* 1959; 3: 277–284.
Doi:10.1111/j.1348-0421.1959.tb00124.x.
24. Chang C.C., Lee C.Y. Isolation of neurotoxins from the venom of Bungarus multicinctus and their modes of neuromuscular blocking action. *Arch. Int. Pharmacodyn. Ther.* 1963; 144: 241–257.
25. Diocot S., Baron A., Salinas M. et al. Black mamba venom peptides target acid-sensing ion channels to abolish pain. *Nature*. 2012; 490(7421): 552–555. Doi:10.1038/nature11494.
26. Utkin Y.N. Animal venom studies: Current benefits and future developments. *World J. Biol. Chem.* 2015; 6(2): 28–33. Doi:10.4331/wjbc.v6.i2.28.

Snake venoms — from Antiquity to the present days

N.V.Kopylova¹, Y.N.Utkin²

¹Moscow State Pedagogical University (Moscow, Russia)

²Sbemyakin—Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, RAS (Moscow, Russia)

People have tried to unravel the nature of snake venoms since ancient times, however modern studies began only in the middle of the last century. The history of the venom research is traced from the most ancient civilizations of Egypt, India and Greece to the now days. At present, the main components of the venoms are well studied and classified into several structural families. It is established that snake venoms are complex mixtures of peptides and proteins containing more than 100 individual components. Snake toxins possess various biological activities that disrupt vital processes in organisms. Most toxins affect the biological target with high efficiency and selectivity, which makes them very good molecular tools for basic research, as well as an ideal basis for drug development. On the basis of snake toxins, several drugs have been developed (the most well-known is the antihypertensive drug captopril), and several others are under development. Thus, the study of venoms transforms them from lethal weapons into drugs that save lives.

Keywords: snake, venom, toxicant, activity, drug design.

Крибот для исследования ледяных щитов планет

А.В.Зеленчук¹, В.А.Крыленков¹

¹ООО «Научно-техническая фирма СВИТ» (Москва, Россия)

Технология повышения коэффициента преобразования тепловой энергии крибота в энергию плавления льда под давлением гидравлической силы, генерируемой самим криботом, позволяет безопасно увеличить мощность термоголовки и скорость термического бурения льда. Используя однопроводную систему Тесла для электропитания крибота, можно уменьшить габариты катушки с кабелем в корпусе крибота и снизить потери энергии. Благодаря гидравлической силе (тяги) крибот будет самостоятельно подниматься на поверхность льда без нагрузки на кабель. Реализация разработанных схем и конструкций ТГБ (термических, гидравлических, буровых) криботов даст возможность организовать системные исследования ледников и подледниковых сред на Земле (на глубинах до 5 км) и на других планетах (в частности, на Европе, спутнике Юпитера, которую покрывает лед толщиной до 30 км), не нарушая их ледяной изоляции, с многократной экономией средств, энергии и времени.

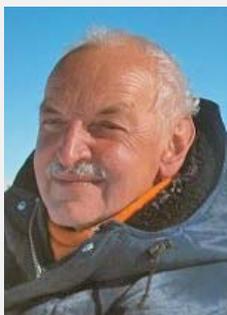
Ключевые слова: термобур-зонд, гидравлическая сила, однопроводная система Тесла, ТГБ-крибот, исследования льдов на Земле и Европе — спутнике Юпитера.

Изучение ледяных щитов, подледниковых водных сред и осадочных отложений Антарктики и Арктики, их микробной жизни в экстремальных условиях, хронологических горизонтах, содержащих геологическую летопись о палеоклиматических изменениях за многие тысячи и миллионы лет, позволяет расшифровать уникальную информацию об эволюции Земли и жизни на ней. Эти знания необходимы для предсказания текущих изменений климата, прогноза природных катастроф, чтобы обезопасить людей от негативных последствий быстрого изменения климата и среды обитания на Земле. Инструментом подобных исследований могут служить специальные буровые комплексы, криботы, зонды, способные проникать в соответствующие среды на значительную глубину, отбирать пробы этих сред и не вносить туда загрязнения с поверхности.

Сходные условия, как полагают ученые, существуют в ледяных покровах и подледных океанах спутников Юпитера (Ганимеда, Каллисто и Европы) и Сатурна (Дионы и Энцелада), на полюсах Марса. Создание и применение зондов для экологи-



Анатолий Владимирович Зеленчук, кандидат технических наук, генеральный директор ООО «Научно-техническая фирма СВИТ». Область научных интересов — новые методы внутриреакторного материаловедения и неразрушающего контроля тепловыделяющих элементов реакторов, инновационные технологии в медицине, океанологии, гидрологии, гляциологии для изучения Антарктики и Арктики. Участник 56-й Российской антарктической экспедиции.



Вячеслав Александрович Крыленков, доктор биологических наук, сотрудничает с той же фирмой, научный руководитель группы мониторинга полярных регионов. Специалист в области биофизики, молекулярной биологии, инновационных технологий в медицине, океанологии, гидрологии, гляциологии. Участник арктических и антарктических экспедиций.

чески безопасных исследований антарктического озера Восток, покрытого льдом толщиной до 4 км и изолированного от окружающей среды в течение 15 млн лет (рис.1), позволит астробиологам уже на Земле многое узнать о потенциальной жизни в холодных мирах Солнечной системы. Перед отправкой таких зондов, например, на ту же Европу, где

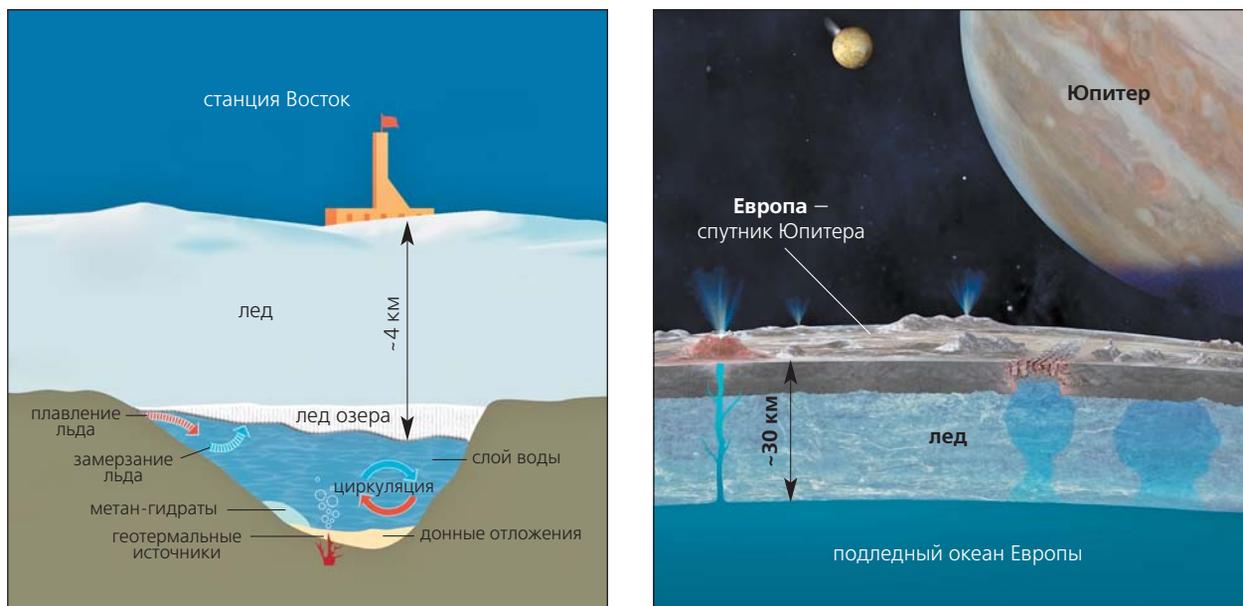


Рис.1. Примерный вид разреза толстых льдов и подледниковых сред на Земле и на спутнике Юпитера Европе. Рисунок НАСА.

толщина льда достигает 30 км, а глубина подледного океана до 100 км, необходимы их предварительные испытания на внутриконтинентальной российской антарктической станции Восток, которая расположена на ледяном щите толщиной приблизительно в 4 км над одноименным озером.

Изучать без нарушения экологии

Ученые надеются обнаружить следы жизни в озере Восток, но опасаются, что негерметичный доступ в подледниковое озеро через открытые скважины во льду увеличит опасность заноса микробов с поверхности или из пройденного ледового слоя, нарушит режимы термобарического равновесия и фазового перехода на всей поверхности раздела лед—вода, что может изменить экологию реликтового озера. По данным Российской академии наук, в Антарктиде существует более 350 подледниковых озер с экстремальными условиями обитания микроорганизмов. В каждом из них свои режимы термобарического равновесия и фазового перехода на поверхности раздела лед—вода, в каждом озере могут обитать неизвестные микроорганизмы, а в донных осадках может содержаться ценная информация об истории климатических изменений и палеоэкосистемах.

Требования экологически чистого доступа к подледниковым средам сопряжены со значительными инженерными и материально-техническими проблемами. Например, скважины во льду глубиной более 500 м, пробуренные в Антарктиде колонковыми бурами для извлечения на поверхность проб в виде кернов льда, необходимо заполнять незамерзающей жидкостью для предотвращения деформации стенок скважины под действием горного давления льда. Буровая токсичная жидкость влияет на чистоту проб, извлекаемых с глубин и может попасть в водную среду при проникновении в озеро или частично смешаться с водой озера в скважине,



Озеро Восток в Антарктиде (глубина — >1200 м, длина — 250 км, ширина — 50 км).

в зависимости от перепада давления на границе раздела лед—вода. Вес этого крупногабаритного бурового оборудования обычно составляет до нескольких сотен тонн, а транспорт и обслуживание требуют более десятка специалистов. Тем не менее за 20 лет из сверхглубокой скважины на станции Восток с помощью колонковых буров добыты тысячи кернов льда, изучение которых дало уникальную информацию о палеоклиматических изменениях на Земле за сотни тысяч лет.

Другая возможность обустроить скважину во льду — не сверлить лед, а направленно проплавлять его толщу горячей водой (Clean Hot Water Drills, CHWD) — дает большую скорость проходки, но неэффективно из-за больших потерь тепла. Кроме того, такая открытая скважина доступна для изучения подледной среды различными приборами не более 24 ч, пока она не замерзнет, что является недостатком CHWD-технологии [1].

Применять в труднодоступных полярных регионах Земли громоздкие буровые установки с колонковыми бурами и комплексы с горячей водой (вес которых исчисляется сотнями тонн, а энергетические затраты превышают 5 МВт) для системных исследований льдов и подледниковых сред чрезвычайно дорого, нерационально и опасно для экосистем изолированных озер. Для таких работ нужны мобильные автономные зонды, которые позволяют герметично проникать в подледниковые среды и к тому же способны в десятки раз дешевле, быстрее и точнее определять наиболее интересные места для дальнейших детальных исследований льдов, поиска или разработки подо льдом полезных месторождений на Земле, а в будущем — на других планетах.

Одно из перспективных решений для земных условий — зонд RECAS (Recoverable autonomous sonde — извлекаемый автономный зонд) на основе термического бурения [2] (рис.2,а). Он оснащен двумя термоголовками на торцах корпуса, внутри которого размещены приборный отсек и катушка с несущим кабелем (кабель соединен с элек-

трогенератором и пультом управления на поверхности льда). По мнению разработчиков, такой зонд позволит отбирать пробы талой воды из льда и водной среды озера, проводить их анализ, оставаясь изолированным от поверхности льда.

Работает RECAS следующим образом: когда нижняя термоголовка плавит лед, зонд движется вниз под действием собственной силы тяжести, а несущий кабель выходит через небольшое центральное отверстие в верхней термоголовке. Талая

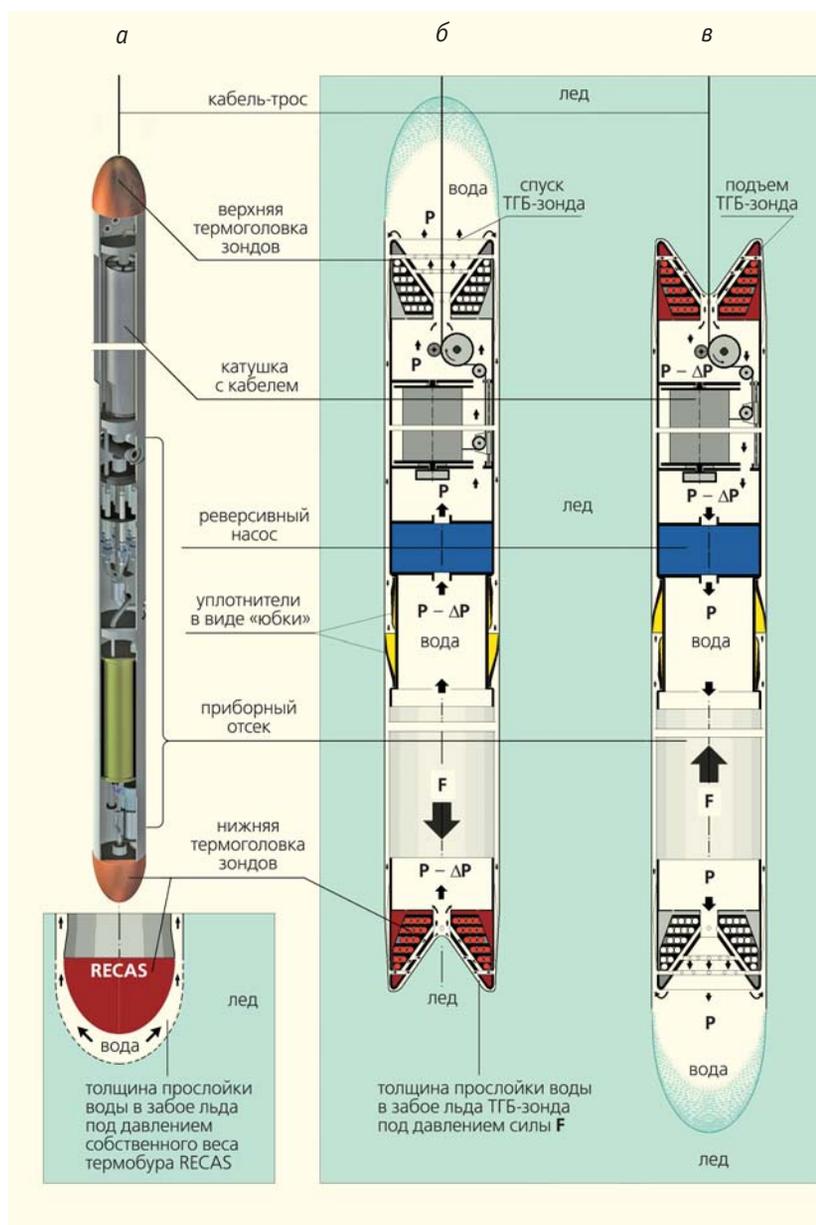


Рис.2. Эскизные проекты термобуров-зондов для исследования толстых льдов и подледниковых озер без нарушения их ледяной изоляции: термобур RECAS, плавящий лед под давлением собственного веса (показан фрагмент водяной прослойки между льдом и термоголовкой RECAS (а); ТГБ-зонд при спуске в толщу льда под давлением гидравлической силы F (б); бурение ТГБ-зондом льда вверх под воздействием подъемной силы F (в).

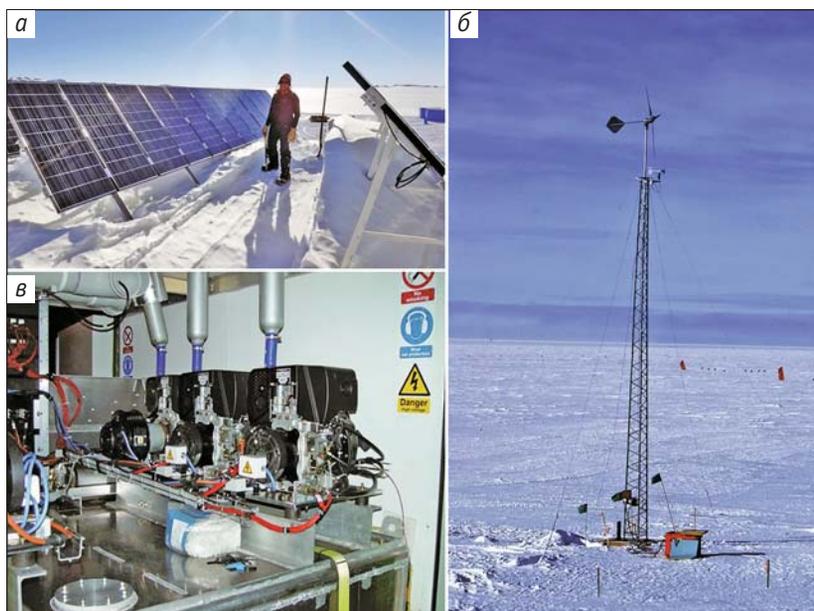
вода в скважине выше зонда быстро замерзает, охватывая неподвижный кабель и обеспечивая тем самым ледяную изоляцию зонда и подледниковой среды от поверхности ледника. Можно сказать, что устройство движется сквозь лед внутри герметичного подвижного кокона, заполненного талой водой. Для подъема зонда несущий кабель с усилием, создаваемым электромеханическим приводом, наматывают на катушку, размещенную в корпусе зонда, а верхняя термоголовка при этом плавит лед. Сила давления зонда на ледяную забой определяется силой натяжения кабеля. Талая вода в скважине ниже зонда быстро замерзает, что обеспечивает ледяную изоляцию подледниковой среды от поверхности льда.

Разработчики термобура утверждают, что RECAS диаметром 150 мм и длиной 4 м, оснащенный электрогенератором мощностью 9–10 кВт, способен развить скорость проходки льда до 1.7 м/ч. По их оценкам, цикл исследований льда на глубинах до 5 км потребует 8–9 мес, не менее 12 т топлива и штат из четырех или пяти специалистов для его обслуживания, что в 10–20 раз дешевле, чем применение электромеханического бурения или бурения горячей водой.

По нашему мнению, при всех достоинствах использование RECAS все же нуждается в длительном времени и большом запасе топлива, что не позволит провести полный цикл исследования в период сезонных работ в Арктике и Антарктике (за 2–3 мес). Кроме того, большая механическая нагрузка на несущий кабель при подъеме RECAS может привести к его обрыву и потере зонда.

Этот же принцип конструирования зонда был заложен специалистами из США, которые на средства НАСА (Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства) создают криобот VALKYRIE (Very Deep Autonomous Laser-powered Kilowatt-class Yo-yoing Robotic Ice Explorer, «Валькирия»), который предназначен для исследования толстого (до 30 км) льда и подледного океана (с глубинами до 100 км) на спутнике Юпитера Европе [3]. При испытаниях на Аляске макет такого криобота мощностью 5 кВт пробурил лед на глубину в 30 м при скорости проходки примерно в 1 м/ч.

Главным недостатком термобуров типа RECAS и криобота VALKYRIE, проплавляющих толщу льда под давлением собственного веса, остается малая скорость бурения из-за большого термического сопротивления водяной прослойки в забое



Возможные источники электрического питания RECAS в Антарктиде: солнечные панели (как на базовом лагере вблизи залива Кроун, а); ветровой турбогенератор (модель турбины Raum, б); автоматические дизель-генераторы (система питания PLATO, в).

между льдом и термоголовкой, пропорционального толщине этой прослойки (см. рис.2,а, внизу). Если же для ускорения проходки просто повысить мощность термоголовки, это может привести к парообразованию и увеличению толщины водной прослойки. В результате теплоотдача в ледяную забой снизится, и нагреватель может перегореть. Поэтому для безопасного увеличения мощности термоголовки и скорости бурения необходимо увеличить теплоотдачу нагревателя в лед через прослойку талой воды.

Дополнительная сила для термобура

С целью безопасного увеличения мощности термоголовки (и скорости движения) термобура предлагается снизить термическое сопротивление прослойки воды в забое, уменьшая ее толщину путем воздействия дополнительной силой на термобур. На больших глубинах, недостижимых для прямого воздействия на термобур с поверхности льда, на него воздействовать может гидравлическая сила, создаваемая самим термобуром за счет перепада давления воды на концах термобура-зонда, как показано на рис.2,б [4, 5].

Наш эскизный проект термического гидравлического бурового зонда (ТГБ-зонда) для исследования толстых льдов и подледниковых водных сред представлен на рис.2,б и 2,в. На верхнем и нижнем торцах трубчатого корпуса устройства установлены термоголовки в виде воронок с каналами, предназначенными для перекачки талой воды сквозь

зонд. В отличие от обычно используемых параболических термоголовок, воронкообразные удобны для откачивания талой воды из ледяного забоя через зонд, причем такая их форма фокусирует тепловое излучение в центре ледяного забоя и уменьшает потери тепла через боковые поверхности скважины. Внутри корпуса установлены реверсивные гидронасос и привод катушки с несущим кабелем, который выходит через отверстие в верхней термоголовке за пределы зонда. Над нижней термоголовкой размещен приборный отсек зонда с приводами для взятия проб слоев воды и донного грунта. Чтобы подавать энергию и получать информацию, предусмотрен контактный или бесконтактный токосъем с несущего кабеля. В углублениях по периметру внешнего корпуса ТГБ-зонда установлены пары разнонаправленных уплотнителей в виде «юбок».

Когда зонд движется вниз, включен нагрев нижней термоголовки, а из ледяного забоя талая вода откачивается насосом сквозь зонд, попадая в верхнюю (над корпусом зонда) часть скважины. Благодаря этому в забое создается разрежение, вызывающее обратный ток талой воды через зазор между стенкой скважины и внешним корпусом зонда. Под его действием раскрывается «юбка» уплотнителя, края которой плотно прижимаются к стенкам скважины и перекрывают обратный водяной поток. «Юбка» соседнего уплотнителя, наоборот, складывается и прижимается к корпусу зонда (рис.2,б). В результате создается перепад давления ΔP в поперечном сечении S зонда и сила F , которая давит на ТГБ-зонд, уменьшая прослойку талой воды в ледяном забое, что увеличивает теплоотдачу термоголовки и, соответственно, скорость движения зонда.

Предлагаемый принцип движения зонда во льду (внутри скважины) похож на движение капсулы в трубе пневмопочты за счет перепада давления на концах капсулы. Отличие состоит в том, что сила F возникает за счет понижения давления на ΔP перед зондом путем откачивания насосом талой воды из ледяного забоя. Значение F можно вычислить в соответствии с законом Паскаля, умножив величину перепада давления ΔP , создаваемого насосом, на площадь поперечного сечения зонда S . Например, при величине ΔP в 10 и 20 атм и диаметре зонда 10 см гидравлическая сила F составит около 800 кгс и 1600 кгс соответственно, что превысит собственный вес зонда в 20–100 раз. Сильнее всего F будет давить на ТГБ-зонд в глубинах, где давление воды в скважине P превышает перепад давления ΔP , создаваемый гидронасосом. Пока зонд погружается в лед на глубину нескольких десятков метров, скорость его движения остается соизмеримой со скоростями термобуров, движущихся вниз под воздействием собственного веса. Но на больших глубинах льда, где величина давления талой воды сравнивается или становится больше ΔP насоса, скорость ТГБ-зонда можно повысить в несколько

раз, увеличивая мощности насоса и термоголовки. На глубинах, где давление талой воды 5, 10, 50 и 150 атм, а температура кипения 152, 180, 265 и 350°C соответственно, мощность нагревателя может быть значительно увеличена без риска парообразования. Это обеспечит высокую скорость бурения при наличии дополнительной осевой нагрузки на зонд, повышающей коэффициент преобразования тепловой энергии в энергию плавления льда. Например, при запасе мощности зонда до 20 кВт скорость его движения можно повысить до 30 м/ч на глубинах льда более 200 м.

В момент проникновения зонда в озеро насос (работая в том же режиме) создаст в скважине (но уже выше зонда) локальный перепад давления, который вытеснит зонд в озеро. При этом гидростатическое давление подледниковой воды не изменится, а незначительная часть воды озера, попавшая в верхнюю часть скважины с талой водой, замерзнет и, тем самым, предотвратит нарушение ледяной изоляции подледникового озера.

В воде озера ТГБ-зонд сможет передвигаться вниз или вверх при отключенных термоголовках, но при работающем насосе, который обеспечит направленную гидрореактивную струю на разных концах зонда при реверсе.

При подъеме зонда вверх в воде озера на подходе к границе вода—лед включают верхнюю термоголовку, талую воду из ледяного забоя откачивают насосом сквозь зонд вниз (см. рис.2,в). Генерируемый насосом перепад давления ΔP создает разрежение над зондом в зоне забоя, благодаря чему на поперечном сечении зонда S возникает подъемная сила F , которая давит на зонд вверх. Заметим, что для создания силы F совсем не обязательно образование ледяной пробки в канале ниже зонда, и гидростатическое давление озерной воды порядка многих сотен атмосфер практически не влияет на силу F , величина которой определяется мощностью насоса и уровнем разрежения ΔP в верхней части зонда. Например, если при давлении 400 атм озерной воды в канале насос обеспечит в зоне верхней термоголовки понижение давления до 390–380 атм, то при диаметре зонда 10 см подъемная сила F может достигнуть 800–1600 кгс. Такая направленная вверх сила F позволит эффективно проплавливать лед, поскольку она многократно превышает вес самого ТГБ-зонда в гравитационном поле тяготения Земли. Эта гидравлическая сила (тяга) позволит ТГБ-зонду самостоятельно подниматься на поверхность льда, практически не нагружая несущий кабель, что невозможно реализовать при использовании RECAS. При этом сохраняется ледяная изоляция самого ТГБ-зонда — как от поверхности льда, так и от подледниковой среды (см. рис.2,в и 3,а), причем вмержший в лед кабель выполняет функцию устройства, направляющего движение зонда к поверхности льда. Использование гидравлической тяги вместо троса для подъема зонда резко снижа-

ет прочностные требования к самому кабелю, что позволяет применить компактную энергосберегающую однопроводную систему Тесла для электропитания и телеуправления ТГБ-зонда [6–8].

Особенности зонда для изучения толстых льдов

Отметим, что ТГБ-зонды не предназначены для исследования подвижных льдов и ледников с большими трещинами, полостями и рыхлой структурой. С помощью ТГБ-зондов можно изучать малоподвижные толстые льды и подледниковые среды на глубинах до 5 км на Земле или до 40 км на спутниках Юпитера и Сатурна в течение нескольких месяцев. С целью снижения затрат энергии и времени на плавление льда глубинные зонды должны иметь минимально возможную площадь сечения S . Несущий кабель должен быть достаточно гибким и прочным, иметь малый вес и минимальные потери энергии во время движения зонда внутри толщи льда и глубин озера.

Для приборного отсека ТГБ-зонда следует отобрать или разработать: набор миниатюрных датчиков для исследования физико-химических параметров льда, воды и осадков озера, спектрометр-газоанализатор, видеокамеру, эхолот; бортовой компьютер. Большую часть данных необходимо передавать на поверхность по вмороженному в лед кабелю. В земных условиях все элементы ТГБ-зонда должны сохранять свою работоспособность при температурах от -70°C до $+200^{\circ}\text{C}$ и давлениях до 50 МПа после периодической жесткой стерилизации автоклавированием, озонированием, гамма-облучением.

Из-за малых размеров зондов придется свести к минимуму объем контрольных проб талой воды из льда, воды и донных отложений озера, которые необходимо доставить в лаборатории для исследований. Например, для анализа биологических частиц (клеток) традиционный отбор проб льда (кернов) целесообразно заменить фильтрацией талой воды из тонких каверн большой площади, размываемых зондом (во время его остановки) вокруг ледяной скважины [4, 5]. Чем больше пло-

щадь каверны превышает площадь скважины, тем больше вероятность повысить плотность оседающих на фильтр частиц и микроорганизмов из исследуемого горизонта. Такой «фильтрационный» способ отбора проб воды на стерильные компактные и легкие фильтры снизит вероятность стратиграфической ошибки определения состава и возраста проб, облегчит доставку проб на поверхность для дальнейших физико-химических и микробиологических анализов в лабораторных условиях. Кроме того, компактность и малый вес таких «фильтрационных» проб позволят увеличить количество горизонтов пробоотбора и информативность исследований за одно проникновение ТГБ-зонда в толщу льда и среды под ним. Схема «фильтрационных» отборов проб из тонких каверн во льду, а также воды и донных отложений озера представлена нами подробно в работе [5] и, в общем виде, на рис.3,а, а на рис.3,б приведена принципиальная конструкция ТГБ-зонда для ее осуществления.

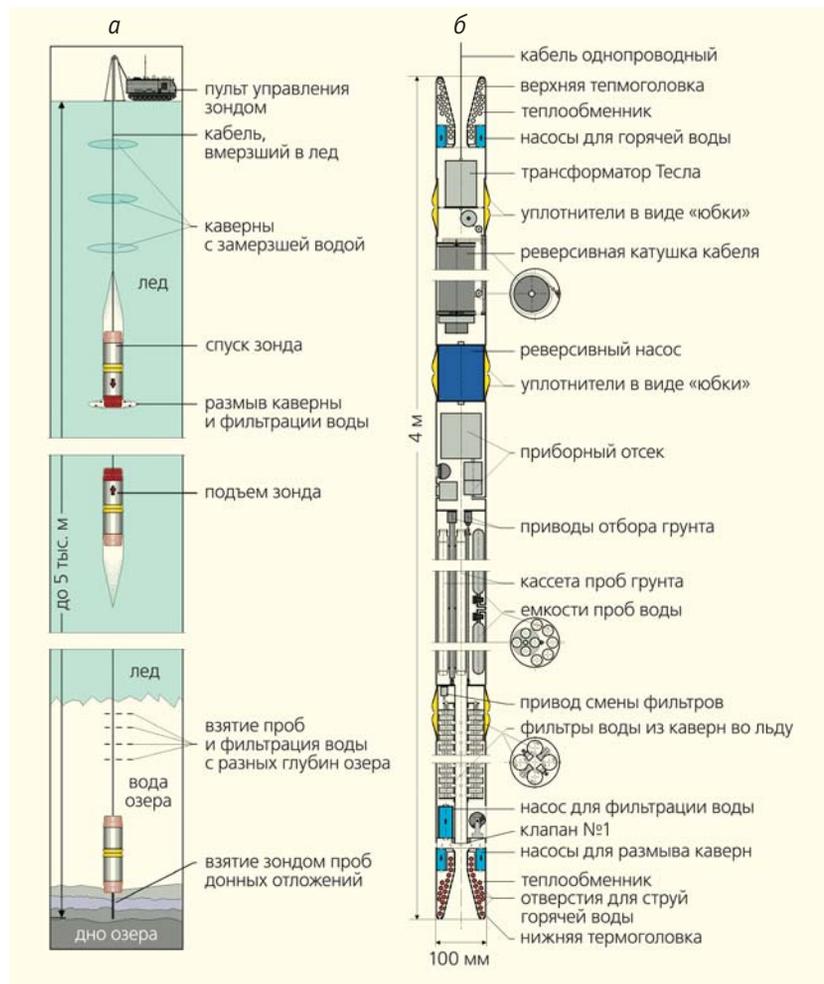


Рис.3. Общая схема герметичного отбора проб льда и подледниковых сред на Земле (а); принципиальная конструкция ТГБ-зонда для отбора проб талой воды из льда, воды озера и донных отложений (б).

В качестве энергоинформационного кабеля длиной 5 км в конструкции такого ТГБ-зонда на гидравлической тяге мы предлагаем использовать однопроводную систему Тесла, которая позволяет уменьшить потери энергии, вес и габариты катушки с кабелем в несколько раз и не допускает короткого замыкания при перекручивании кабеля. Компьютер позволит автоматически поддерживать режим резонанса напряжений однопроводного кабеля, т.е. настраивать собственную частоту резонанса линии при изменении длины кабеля, температуры окружающей среды и других факторов, обеспечивая минимальные потери энергии [6–8]. Например, однопроводный стальной несущий кабель диаметром 0.7 мм и длиной 5 км будет весить всего 13 кг и обеспечит грузоподъемность 50 кгс, что допустимо при малых нагрузках на кабель. Чтобы уменьшить риск обрыва кабеля при извлечении зонда на ледяную поверхность, первые 100 м кабеля должны иметь диаметр 1–2 мм (это повысит его грузоподъемность до 100–400 кгс).

Термоголовку в виде воронки целесообразно выполнить из четырех независимых секций с насосами для размыва каверн во льду и зоны забоя струями горячей воды. Так скорость плавления льда удастся увеличить дополнительно за счет турбулентной теплопередачи, а направление движения зонда изменять разнонаправленными струями горячей воды (например, при обходе различных препятствий во льду, трещин, камней). Перемещениями ТГБ-зонда в глубине озера также можно управлять струями воды из реверсивного насоса при отключенных термоголовках (вниз, вбок, вверх) при нулевой плавучести зонда. Желательно, чтобы в озере вес зонда уравновешивался выталкивающей силой Архимеда, что позволит снизить нагрузку на кабель при перемещениях зонда в толще воды.

Основные материалы конструкции зонда (титан, силикон) должны сохранять свою работоспособность при температуре от -70°C до $+200^{\circ}\text{C}$ и при давлении до 50 МПа, а также выдерживать стерилизацию озонированием. Уплотняющие «юбки» могут быть выполнены из силикона или в виде тонких закрылок из титана. Расчетные параметры ТГБ-зонда, который сможет проникнуть под лед до глубины 5 км, таковы: диаметр — 0.1 м, длина — около 4 м, вес — до 25 кг без кабеля, диаметр однопроводного энергоинформационного кабеля — от 0.5 до 2 мм, средняя скорость движения — до 10 м/ч (при мощности 10 кВт и температуре льда до -60°C). Скорость движения ТГБ-зондов в массиве льда можно повышать, увеличивая мощность насоса и термоголовки. Например, при общей мощности зонда в 20 кВт скорость его можно довести до 30 м/ч.

Приборное оснащение ТГБ-зонда может быть подобно таковому у RECAS. Но при этом желательно применять такие измерительные модули и пробоотборники, принцип действия которых мало зависит от величины абсолютного давления

жидких сред. Например, работа и герметичность фильтров проб воды из каверн во льду, воды озера и донных осадков определяется малым перепадом давления, а не абсолютной величиной давления воды. Это позволит использовать предложенный нами (компактный и легкий) фильтрационный пробоотбор при любых абсолютных давлениях жидких сред на Земле и других планетах.

Отбор биологических проб на заданном горизонте в ледяной толще осуществляется при неподвижном ТГБ-зонде. Для этого отключают нижнюю термоголовку, реверсивный насос и закрывают клапан №1. Включают насосы для размыва каверны во льду при слабом нагреве воды в теплообменниках. После размыва вокруг скважины небольшой по высоте, но значительной по площади каверны во льду насосы и теплообменники отключают. Включают насос для фильтрации и направляют поток воды из каверны сквозь очередной стерильный фильтр, как показано на рис.4,б. Процесс отбора проб многократно повторяется на других горизонтах, что повышает информативность исследований за один цикл работы зонда. Для беспрепятственной проходки ТГБ-зонда сквозь каверну вокруг скважины на корпусе зонда предусмотрено до трех пар уплотняющих «юбок» на расстояниях, превышающих высоту каверны (см. рис.4).

Талая вода в скважине выше зонда быстро замерзает, обеспечивая герметичное проникновение ТГБ-зонда в подледниковое озеро. В озере термоголовку отключают, и спуск ТГБ-зонда осуществляется под действием силы тяжести зонда в воде или гидрореактивной струи. Пробы воды с разных глубин озера пропускаются через фильтры (аналогично фильтрации воды из каверн во льду), а также отбираются в емкости гидростатических батометров, сохраняющих пробы воды под давлением, соответствующем глубине погружения зонда. При достижении дна озера через заборное отверстие в нижней термоголовке выдвигают пробоотборники донных отложений (см. рис.4,в). Пробы грунта засасывают в трубу с запорными клапанами и с помощью приводов грунтоотбора освобождают центральный канал зонда.

При подъеме ТГБ-зонда с пробами на поверхность ледника можно не наматывать кабель на катушку внутри корпуса, а выводить его вниз — за пределы корпуса зонда. После извлечения ТГБ-зонда с пробами на поверхность имеется возможность «нанизать» новый ТГБ-зонд на замороженный в лед кабель и отправить его в толщу льда для дальнейших исследований, но уже без весьма габаритной катушки с кабелем. При этом снимать энергию и информацию можно контактно или бесконтактно специальным роликовым блоком внутри «облегченного» зонда. Такой «облегченный» ТГБ-зонд можно многократно перемещать вниз и вверх по кабелю, как по направляющему монорельсу, не нарушая ледяной изоляции, что позволит существенно снизить финансовые и вре-

менные затраты на проникновение в толщу льда и, соответственно, увеличить объем исследований. Например, вместо катушки с кабелем установить специальные грунтоотборники для детального исследования подледниковой среды на предмет поиска полезных ископаемых.

Эксплуатация ТГБ-зонда на ледяных щитах Земли толщиной до 5 км потребует, по сравнению с RECAS (при одинаковой мощности в 10 кВт), в 5–6 раз меньше топлива и обеспечит сходный объем исследований при сокращении сроков работы в 5–6 раз (не более 50 сут), что позволит организовать системные исследования криосферы, существенно экономя средства и трудозатраты. По нашим оценкам, для обслуживания ТГБ-зонда в полевых условиях достаточно бригады из трех-четырех специалистов, причем силовая установка и пульт управления могут быть размещены на базе одного вездехода (см. рис.3,а).

В настоящее время соотношение *научная отдача / стоимость проекта* выше у проектов ядерного бурения льда, а разработка проекта ТГБ-зонда пока требует серьезных финансовых, материально-технических вложений и усилий. Однако продолжать применять в труднодоступных полярных регионах Земли громоздкие буровые установки с колонковыми бурами и супер-энергоемкие комплексы с горячей водой для системных исследований льдов и подледниковых сред весьма трудозатратно и дорого, а также опасно для экосистем изолированных озер. Автономными ТГБ-зондами можно в десятки раз дешевле, быстрее и точнее определить наиболее интересные места для дальнейших детальных исследований льдов или поиска подо льдом месторождений полезных ископаемых в труднодоступных полярных регионах Земли и других планет.

Проект криобота VALKYRIE

Упомянувшийся выше криобот VALKYRIE специалисты из США планируют создать и доставить космическим кораблем вместе с источником энергии на ледяную поверхность юпитерианской Ев-

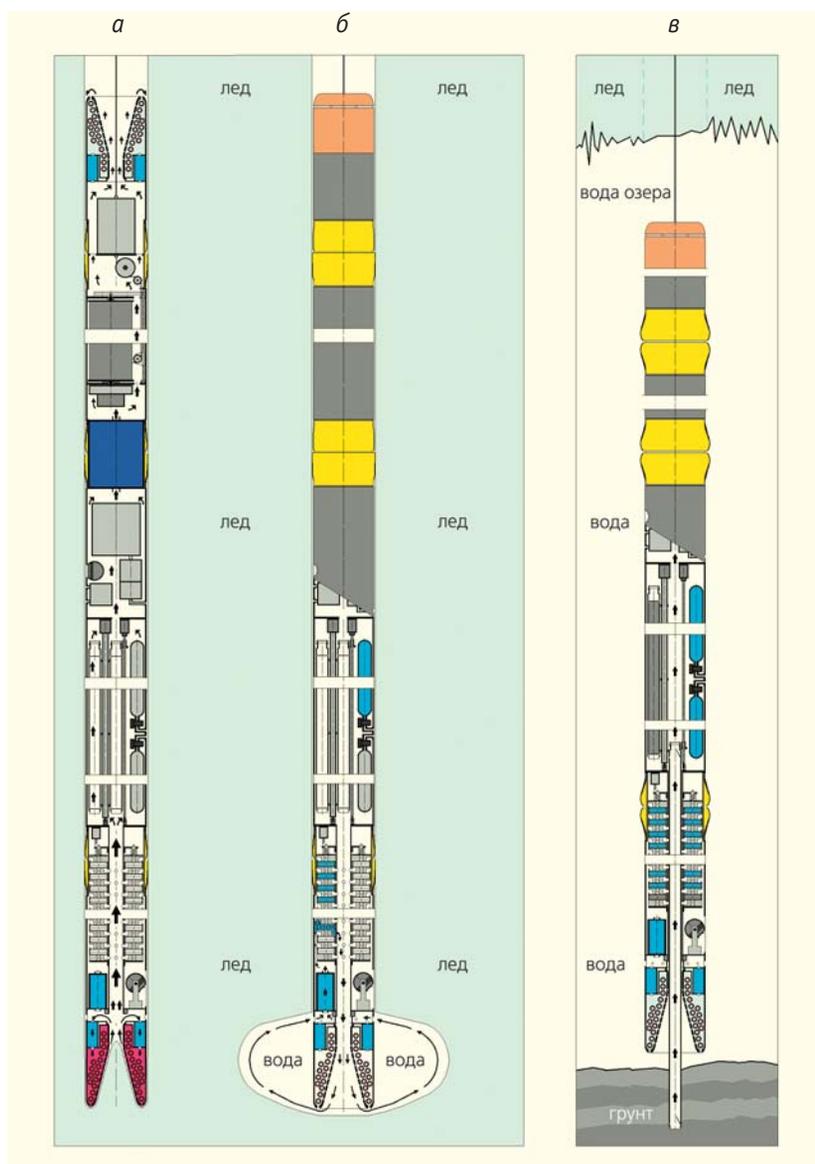


Рис.4. Схемы работ ТГБ-зонда во льду и в подледниковой среде: ТГБ-зонд при движении вниз (а); схема фильтрации талой воды из каверны во льду (б); отбор проб грунта со дна озера (в).

ропы уже в ближайшие 20 лет [3]. Ежегодно НАСА выделяет до \$30 миллионов для развития этой миссии к Европе, в ходе которой будет идти поиск возможных признаков обитаемости в океане спутника Юпитера.

Эскиз криобота VALKYRIE представлен на рис.5,а. Он отличается от термобуров, проплавающих лед термоголовкой под давлением собственного веса, испусканием струй горячей воды в ледяной забой. Предполагается, что криобот будет потреблять энергию от источника с ядерным топливом, расположенным на поверхности спутника, через лазер мощностью до 250 кВт. В качестве кабеля для подвода энергии лазера к криоботу предполагается использовать оптическое волокно толщ-

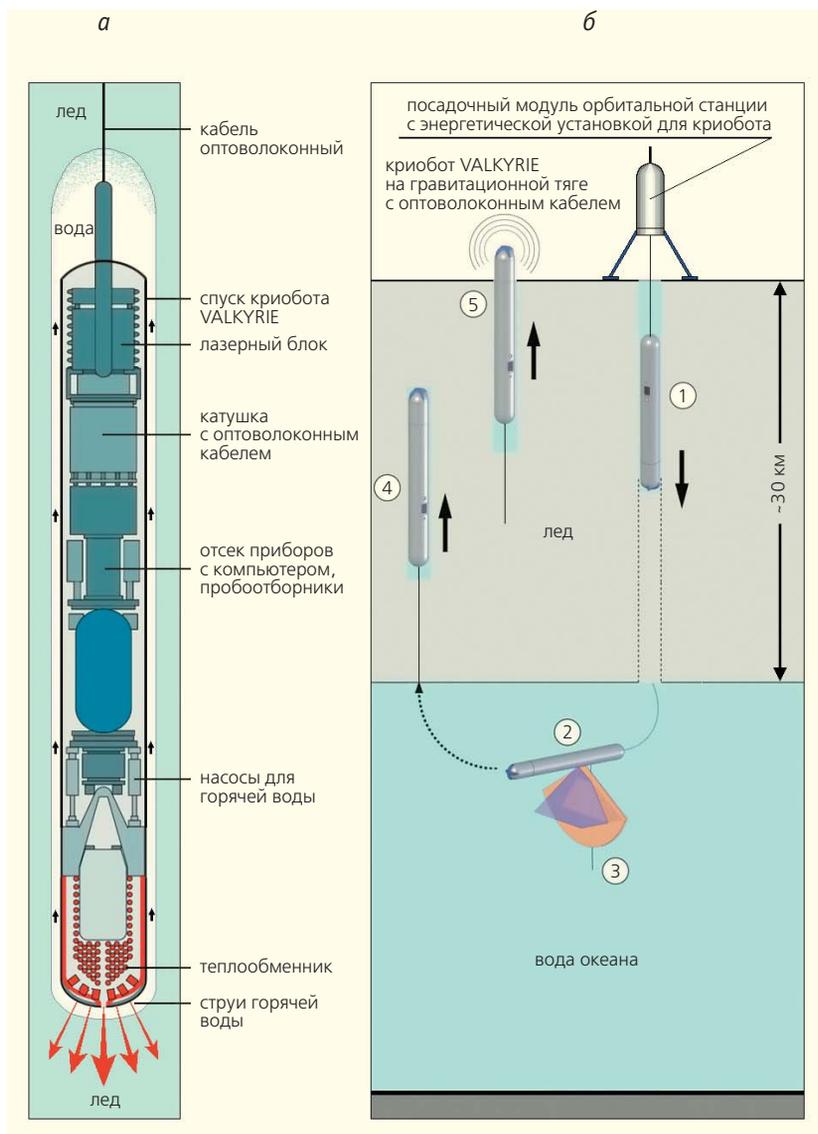


Рис.5. Проект НАСА для исследования льда Европы, спутника Юпитера: проектируемый в НАСА криобот VALKYRIE при бурении льда вниз (а); этапы работ криобота VALKYRIE (б): 1 — спуск через лед; 2 — поворот в воде и проход 1 км подо льдом; 3 — съемки рельефа дна боковым эхолотом; 4 — поворот в воде и подъем сквозь лед; 5 — выход на поверхность льда. Рисунок НАСА.

ной в несколько микрометров. Несущий энергоинформационный кабель на катушке расположен внутри криобота. При испытаниях на Аляске макет такого криобота длиной 1.6 м, диаметром 0.45 м и мощностью 5 кВт пробурил лед на глубину 30 м при скорости проходки 1 м/ч.

Поскольку лед на поверхности Европы имеет температуру в диапазоне от -160°C до -220°C , то талая вода, образовавшаяся при термическом бурении, будет быстро замерзать над верхним торцом корпуса криобота, вмораживая в скважину энергоинформационный несущий кабель, который соединяет криобот с источником энергии на поверхности.

В толще льда Европы, в пределах скважины, криобот VALKYRIE будет бурить лед струями горячей воды, прижимаясь к ледяному забою собственным весом, который в 10 раз меньше, чем на Земле, из-за слабой силы тяготения на луне Юпитера. В таких условиях криобот, опираясь на струи, будет висеть внутри водяного кокона, обтекаемый потоками горячей воды, причем более 90% тепла бесполезно уйдет в боковые стенки скважины, а скорость бурения льда окажется ниже, чем в условиях на Земле, т.е. меньше 1 м/ч.

Простое увеличение мощности струй горячей воды еще больше оттолкнет криобот от ледяного забоя, что уменьшит теплоотдачу термоголовки и скорость бурения льда. На такое бурение льда толщиной 30 км сначала вниз, а затем вверх, для возвращения на ледяную поверхность Европы, может потребоваться более восьми лет.

Разработчики VALKYRIE, понимая, что затраты энергии на плавление льда пропорциональны квадрату диаметра ледяного забоя, решили уменьшить диаметр корпуса криобота с 0.45 до 0.25 м при общей его длине в 2.8 м. Следует заметить, что дальнейшее уменьшение диаметра зонда не допускают физико-технические свойства оптоволоконного кабеля на катушке внутри криобота (имеющие ограничения как по радиусу изгиба и пределу передаваемой мощности в одном оптическом кварцевом волокне, так и по размерам специальных лазерных модулей,

предотвращающих плавление кварцевых блоков внутри криобота). Результаты следующих (планировавшихся в 2015 г. на Аляске) полевых испытаний макета криобота, для извлечения которого предполагалось использовать стальной несущий кабель, нам неизвестны.

На рис.5,б показана схема спуска криобота сквозь 30-километровую толщу льда (позиция 1) в подледный океан, предложенная разработчиками из США. После проникновения в водную среду планируется поменять расположение центра тяжести и плавучести у криобота так, чтобы в горизонтальном положении он мог бы проплыть подо льдом 1 км и боковым эхолотом провести батиметрию.

метрическую съемку рельефа дна океана, как показано на рис.5,б (позиции 2 и 3). Затем, переместив центр тяжести еще раз и увеличив плавучесть, развернуть криобот термоголовкой вверх и начать проплавливать лед, поднимаясь на поверхность сквозь его толщу в 30 км (позиция 4). При этом сила давления на ледяной забой будет определяться разностью между подъемной силой Архимеда и силой тяжести криобота. По оценке американских специалистов, скорости подъема и спуска криобота во льду будут соизмеримы, а место его выхода на поверхность юпитерианского спутника определят по радиомаяку (позиция 5), как показано на рис.5,б.

Многие специалисты считают, что человечество еще далеко от технологий, которые сделают возможным создание такого робота. Разработчики криобота VALKYRIE (в частности, Билл Стоун — основатель Stone Aerospace) надеются, что в ближайшем десятилетии они решат проблему передачи энергии мощностью до 100 кВт через оптоволоконный кабель длиной 60 км, что позволит сравнительно быстро проникать сквозь многокилометровые льды. Стоун и его команда возвращаются на Аляску, чтобы продолжить испытания криобота VALKYRIE, пока НАСА платит за эту разработку.

Мы же, со своей стороны, полагаем, что для успешной реализации этого проекта были бы полезны технологии, заложенные в конструкцию ТГБ-зондов: во-первых, применить в криоботе-зонде технологию увеличения скорости термического плавления льда под воздействием гидравлической силы, что позволит такому устройству бурить лед со скоростью до 50 м/ч и подниматься на поверхность льда самостоятельно, без нагрузки на энергоинформационный кабель; во-вторых, использовать однопроводную систему Тесла для передачи энергии и телеуправления криоботом, что позволит уменьшить вес и габариты кабеля, потери энергии, а также исключить короткое замыкание кабеля.

ТГБ-криобот для луны Юпитера

На рис.6 представлен предлагаемый авторами эскизный проект ТГБ-криобота, принципиальная конструкция которого должна содержать: одинаковые воронкообразные термоголовки на концах корпуса зонда; сквозной канал для протока талой воды и сматывания кабеля с катушки внутри криобота; реверсивный гидронасос внутри и уплотнители-«юбки» снаружи. Спуск (рис.6,а) и подъем (рис.6,б) такого ТГБ-криобота в толще льда Европы подобен движению и схеме исследований ТГБ-зонда в толще льда на Земле (см. рис.3,а и рис.6,з). Отстрелив в водной среде нижнюю термоголовку (она больше не нужна), зонд может провести батиметрическую съемку рельефа дна океана торцевым эхолотом (см. рис.6,в). Диапазон батиметри-



Билл Стоун — автор идеи криобота VALKYRIE.

ческих исследований дна и поверхности раздела лед—вода можно значительно расширить, опустив ТГБ-криобот в океан на глубину до 10 км и управляя водометами реверсивного насоса, что позволит отклонять зонд на несколько километров от вертикали спуска (как показано на рис.6,з).

При подъеме ТГБ-криобота с пробами на поверхность ледника можно не наматывать кабель на

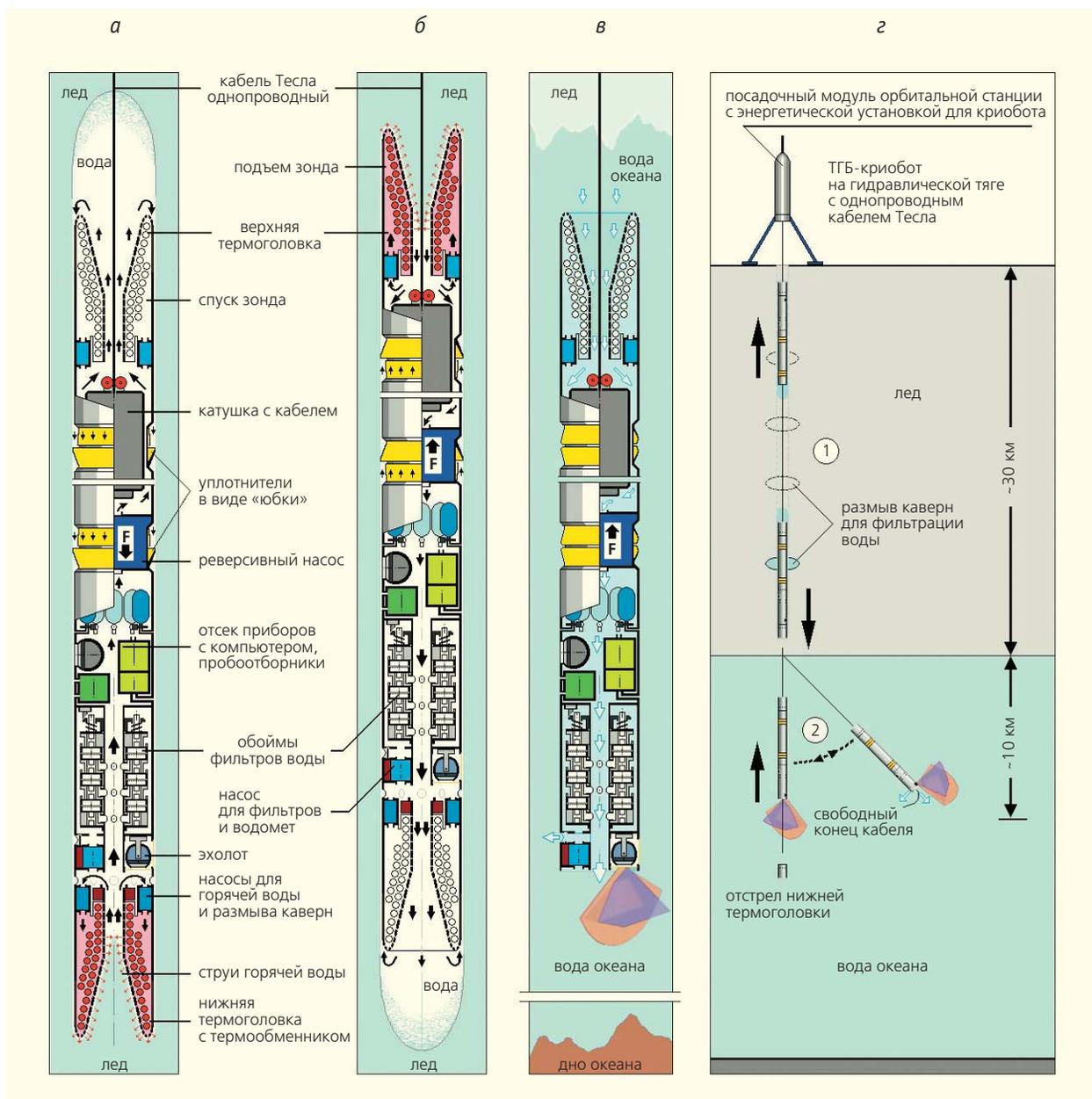


Рис.6. Авторский проект ТГБ-крибота для исследования льда Европы: предлагаемый ТГБ-крибот при спуске во льду под давлением силы F (а); подъем ТГБ-крибота во льду под действием подъемной силы F (б); ТГБ-крибот в воде океана Европы после отстрела нижней термоголовки (в); этапы работ ТГБ-крибота: 1 — спуск и подъем ТГБ-крибота на гидравлической тяге по несущему кабелю; 2 — спуск в океан, отстрел нижней термоголовки, съемки рельефа дна и поверхности раздела лед—вода торцевым и боковым эхолотом крибота (г).

катушку внутри зонда, а выводить его сквозь крибот за пределы корпуса, вниз. После извлечения крибота с пробами на поверхность имеется возможность «нанизать» на замороженный в лед кабель другой ТГБ-крибот, но уже без габаритной катушки, и отправить такой «облегченный» зонд в толщу льда для дальнейших исследований.

По сравнению с проектируемым американцами криботом VALKYRIE предлагаемый нами ТГБ-крибот позволит:

- снизить примерно в 10 раз мощность источника питания, который необходимо доставить на ледяную поверхность Европы;
- уменьшить диаметр зонда в два-три раза и увеличить скорость бурения на порядок — до 50 м/ч;
- уменьшить в несколько раз диаметр катушки с кабелем, применив однопроводную систему Тесла, поскольку в ней минимальны ограничения по радиусу изгиба однопроводного кабеля и пределу

передаваемой мощности, исключены короткие замыкания, а потери энергии в режиме резонанса напряжений ничтожно малы;

— значительно ускорить возврат криобота с пробами на ледяную поверхность Европы, используя гидравлическую силу подъема, которая может на два порядка превысить подъемную (гравитационную) силу Архимеда;

— сократить цикл исследований льда и подледного океана Европы с восьми лет до четырех месяцев при средней скорости движения криобота 30 м/ч;

— уменьшить в несколько раз объем и массу криобота, затраты на его доставку к спутнику Юпитера и, соответственно, многократно снизить риски космической миссии и стоимость всех необходимых работ.

Для реализации проектов ТГБ-криоботов необходимы заказчики и профессиональные разработчики новых технологий, предназначенных для изучения ледяных щитов Земли и других планет. Получение уникальных знаний о пределах распространения жизни и эволюции планет Солнечной системы заслуживает подобных усилий. ■

Литература

1. *Makinson K., Pearce D., Hodgson D.A. et al.* Clean subglacial access: prospects for future deep hot-water drilling. *Phil. Trans. R. Soc. A.* 2016; 374 (2059): 20140304.
2. *Talalay P.G., Zagorodnov V.S., Markov A.N. et al.* Recoverable autonomous sonde (RECAS) for environmental exploration of Antarctic subglacial lakes: general concept. *Annals of Glaciology.* 2014; 55 (65): 23–30.
3. *Stone W.C., Hogan B., Siegel V. et al.* Progress towards an optically powered cryobot. *Annals of Glaciology.* 2014. 55(65): 1–13.
4. *Зеленчук А.В., Крыленков В.А., Гилева В.Г. и др.* Устройство для отбора проб компонентов живых систем в ледниковых и подледниковых отложениях. Патент России №131409 от 25.10.2012. [*Zelenchuk A.V., Krylenkov V.A., Gileva V.G. et al.* Sampling the components of living systems in glacial and subglacial deposits. Patent of Russia No.131409 of 25.10.2012. (In Russ.)]
5. *Зеленчук А.В., Зеленчук В.А., Крыленков В.А.* Термогидробур для изучения льдов, ледников и подледниковых озер. Сб. трудов II Международной научно-практической конференции «Природная среда Антарктики: современное состояние изученности». Беларусь, Нарочь, 2016: 137–142. [*Zelenchuk A.V., Zelenchuk V.A., Krylenkov V.A.* Thermal hydraulic boring drill for studying ice, glaciers and subglacial lakes. Proc. of the II International Scientific and Practical Conference «The Natural Environment of the Antarctic: The Present State of Exploration», Belarus, Naroch, 2016: 137–142. (In Russ.)]
6. *Кадомская К.П., Кандаков С.А., Лебедев Д.М.* Об однопроводной системе передачи силовой электрической энергии. Сб. научных трудов НГТУ. 2011; 2(64): 123–134. [*Kadomskaya K.P., Kandakov S.A., Lebedev D.M.* Ob odnoprovodnoy sisteme peredachi silovoy elektricheskoy energii. On a single-wire transmission system of power electrical energy. Proceedings of NSTU. 2011; 2(64): 123–134. (In Russ.)]
7. *Bank M., Haridim M., Tsingouz V., Ibragimov Z.* Highly effective handset antenna. *Int'l J. of Communications.* 2012; 6(2): 80–87.
8. *Стребков Д.С., Некрасов А.И.* Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. (Изд. 4-е, перераб. и доп.) М., 2013. [*Strebkov D.S., Nekrasov A.I.* Rezonansnyye metody peredachi i primeneniya elektricheskoy energii. Resonance transmission technique and application of electrical energy. Moscow, 2013. (In Russ.)]

Cryobots for study of the ice sheets of the Solar system planets

A.V.Zelenchuk¹, V.A.Krylenkov¹

¹OOO Scientific-technical company LVPT (Moscow, Russia)

The technology of increasing conversion ratio of cryobot heat energy into melting energy of the ice under the pressure of the hydraulic power generated by the cryobot itself enable to safely increase the capacity of the thermal head and the thermal ice-drilling speed. The one-wire system Tesla of the cryobot electrical power system allows to reduce the cable drum size inside the cryobot and the loss of power. The consumption of hydraulic power (propulsion) allows the cryobot independently rise to the ice surface unladen the cable. Implementation of the devised scheme and designs of the hydraulic drilling cryobot (THD-cryobot) will allow to organize system studies of the glaciers and subglacial environments on the Earth (to a depths of up to 5 km) and other planets (in particular, on the satellite of Jupiter — Europa — where the ice thickness is up to 30 km), without disturbances of their ice insulation by multiple cost cutting, energy and time.

Keywords: thermal drill-probe, hydraulic power, single-wire Tesla system, THD-cryobot, ice studies on Europa the natural satellite of Jupiter on the Earth.

Неизвестное сильное землетрясение в Иссык–Кульской котловине

А.М.Корженков^{1,2}, С.В.Абдиева², Е.А.Рогожин¹, А.А.Сорокин¹

¹Институт физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН (Москва, Россия)

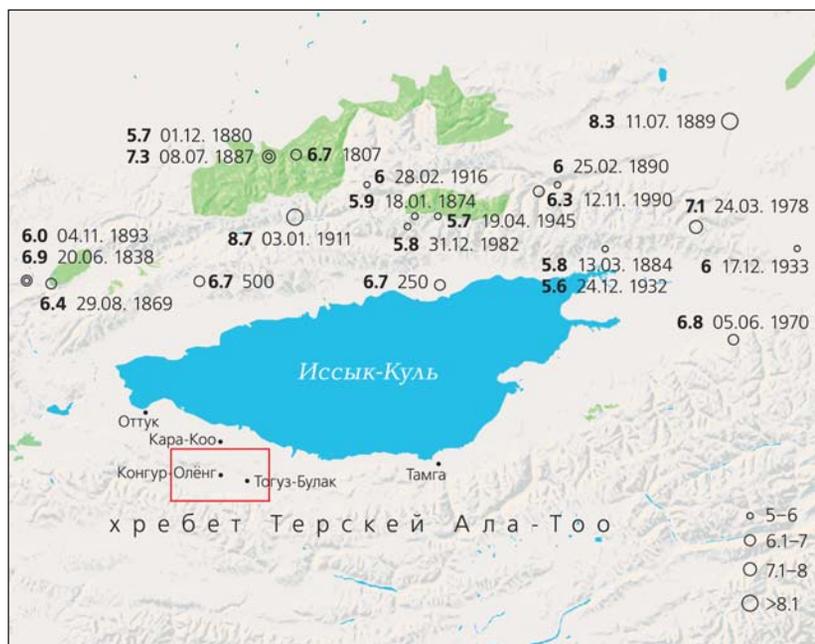
²Кыргызско-Российский Славянский университет имени Б.Н.Ельцина (Бишкек, Кыргызская Республика)

Приведенные в статье палеосейсмологические и археосейсмологические материалы свидетельствуют о том, что в конце XVIII — начале XIX в. в юго-западном районе Прииссыккуля (Северный Тянь-Шань, Киргизия) произошло сильное землетрясение, неизвестное до сих пор местным сейсмологам. Оно образовало (наростило) 20-километровый сейсмоуступ по северному горному обрамлению Алабаш-Конгурлэнгской впадины, заболоченное пространство и подпрудное озеро перед фронтом предгорного хребта — адыра Коконадыр-Тегерек, разрушило средневековую крепость на перевале Алабаш и сильно повредило средневековые надмогильные памятники на кладбище села Конгур-Олэнг. Во время землетрясения в тылу сейсмогенного уступа возникла необычная форма рельефа — ступенчатый компенсационный грабен. Параметры уступа говорят о том, что магнитуда исследованного сейсмического события составляла не менее 7, а интенсивность сейсмических колебаний была $\geq IX$ баллов. Возраст землетрясения определен по деформациям калмыцких могил (1771 г.) во фронте сейсмоустапа и времени ремонта средневековых надмогильных памятников (в середине XIX в.). Новые данные должны учитываться при построении карты сейсмического районирования Киргизии.

Ключевые слова: землетрясения, сейсмоуступ, палео- и археосейсмология, сейсмические деформации, Иссык-Куль, средневековые памятники.

Горы Тянь-Шаня (в переводе с китайского — Небесные горы) образовались 30 млн лет назад (в позднем олигоцене) в результате коллизии двух литосферных плит: Евроазиатской и Индийской [1, 2]. Интенсивность тектонических движений, создавших горы, возрастает от начала тектонического этапа к современности. Именно поэтому Тянь-Шань отличается контрастным высокогорным рельефом и сильными землетрясениями.

Иссык-Кульская межгорная впадина располагается в северной части Тянь-Шаньского орогена. С севера котловина обрамляется хребтом Кунгей Ала-Тоо, а с юга — хребтом Терской Ала-Тоо, высотные отметки которых превышают 5 тыс. м над ур.м. Мощность кайнозойских осадочных образований во впади-



Карта Иссык-Кульской котловины. Прямоугольником отмечен исследованный участок в Алабаш-Конгурлэнгской впадине. Кружками показана сильная ($M \geq 5.6$) сейсмичность. Практически все эпицентры сильных землетрясений сосредоточены к северу от озерной ванны.



Андрей Михайлович Корженков, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией палеосейсмологии и палеогеодинамики Института физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — палео- и археосейсмология, структурная геоморфология, оценка сейсмической опасности.



Светлана Викторовна Абдиева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии Кыргызско-Российского Славянского университета имени Б.Н.Ельцина, Специалист в области архео- и палеосейсмологии, деформации древних иригационных сетей, сейсмического районирования.



Евгений Александрович Рогожин, доктор геолого-минералогических наук, профессор, руководитель Координационного прогностического центра и заведующий лабораторией методов прогноза землетрясений Института физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов: сейсмотектоника, оценка сейсмической опасности, прогнозирование землетрясений.



Андрей Андреевич Сорокин, научный сотрудник лаборатории палеосейсмологии и палеогеодинамики Института физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — палео- и археосейсмология, картография, оценка сейсмической опасности.

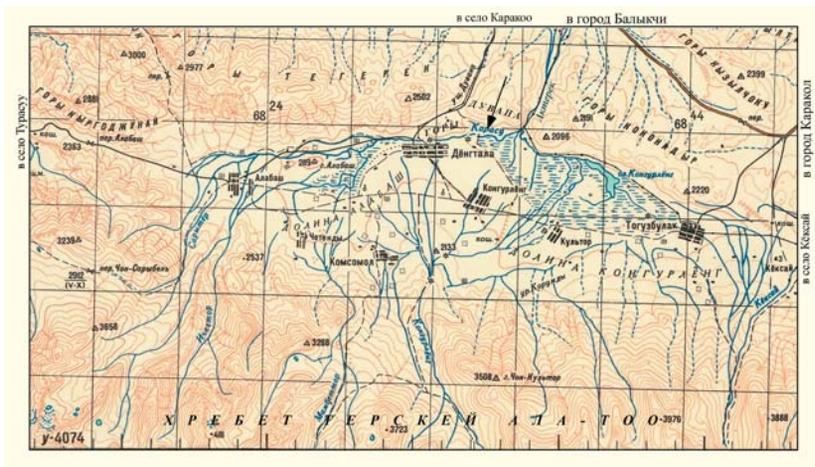
не достигает 5 тыс. м. Иссык-Кульская котловина и ее горное обрамление характеризуются интенсивной сейсмической активностью. Крупное известное сейсмическое событие — Кебинское землетрясение с магнитудой $M = 7.9$ и интенсивностью сейсмических колебаний $I_0 = X-XI$ баллов, произошедшее 3 января 1911 г. в северном горном обрамлении котловины [3, 4]. Эпицентры почти всех известных сильных землетрясений находятся к северу от озерной ванны. Получается, что южная часть Иссык-Кульской котловины асейсмична? Изучению этого вопроса и посвящена наша статья.

Особенности тектонических движений

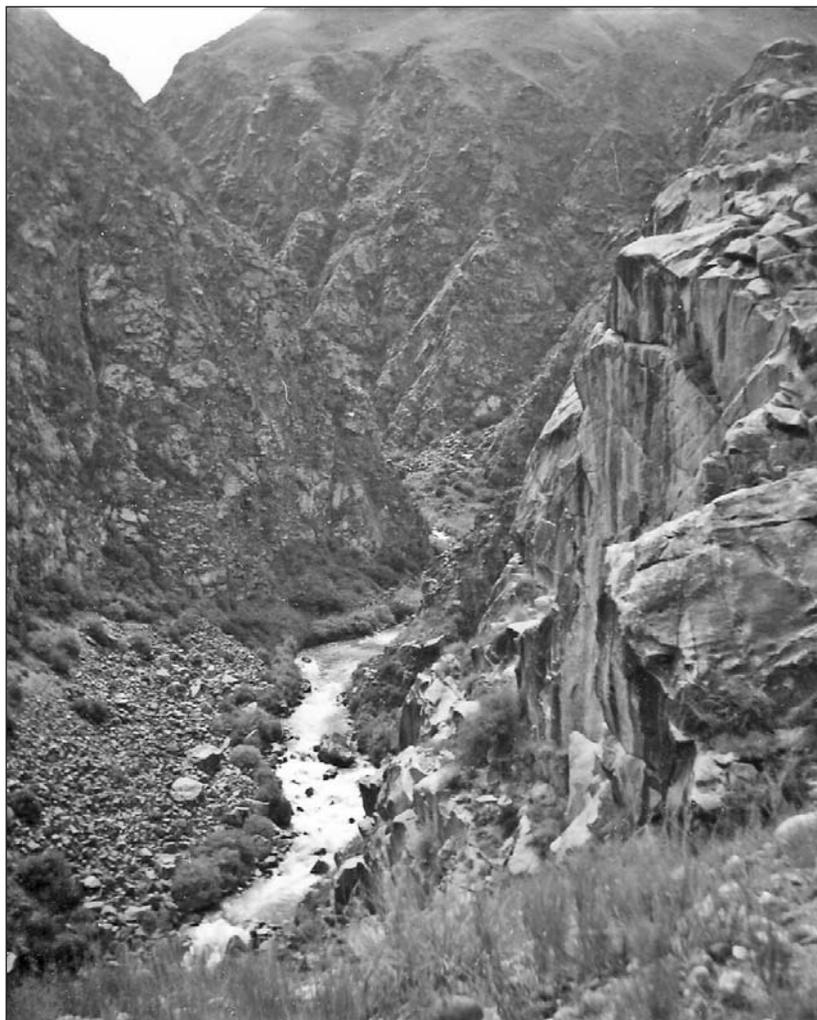
Мы работали на юго-западе Иссык-Кульской котловины, в Алабаш-Конгурлэнгской внутривпадинной впадине. Она получила свое название отчасти из-за своего удобного положения между горами (конгур(о)лэнг можно перевести с киргизского как «укрытое место», ала баш — «пестрая голова»). Внутривпадинное поднятие Алабаш на западе долины хорошо известно местным жителям и археологам из-за многочисленных петроглифов различных времен (от андроновской культуры XVII—IX вв. до н.э. до современности). С юга Алабаш-Конгурлэнгская впадина обрамляется величественным хребтом Терской Ала-Тоо (Пестрые горы, отвернувшиеся от солнца), а с севера — его предгорьем — Коконадыр-Тегерекским поднятием (Зеленый округлый хребет) [5].

Источником воды в этой долине служит Терской хребет с многочисленными горными речками и ручьями, берущими начало от ледников и фирновых полей, которых еще немало на северных склонах горного сооружения. Когда-то (еще в неогене) все эти водные артерии намывали свои собственные конуса выноса. Последние, соединившись, образовывали пологую, наклонную к северу аллювиально-пролювиальную равнину, простиравшуюся до самого Иссык-Куля [6]. Но в начале четвертичного периода из-за коллизии Индии и Евразии бывшие участки осадконакопления стали вовлекаться в поднятие, формируя предгорья Терской Ала-Тоо [2].

Реки северного склона Терской хребта в начале четвертичного периода еще могли бы прорезать растущие хребты Коконадыр и Тегерек, но из-за интенсивных импульсных подвижек по адырным (предгорным) разломам собрали все свои воды в одном месте и пронесли их через antecedentный участок (возникший ранее перерезаемой возвышенности) долины р.Актерек — единственную водную брешь для всей Алабаш-Конгурлэнгской долины. Остатки поднятых и брошенных речных русел (так называемые ветровые бреши) наблюдаются в разных местах Коконадыр-Тегерек-



Топографическая карта Алабаш-Конгурлэнгской впадины. Размер каждой клетки — 4×4 км. Черная стрелка показывает положение исследованных сейсмодислокаций.



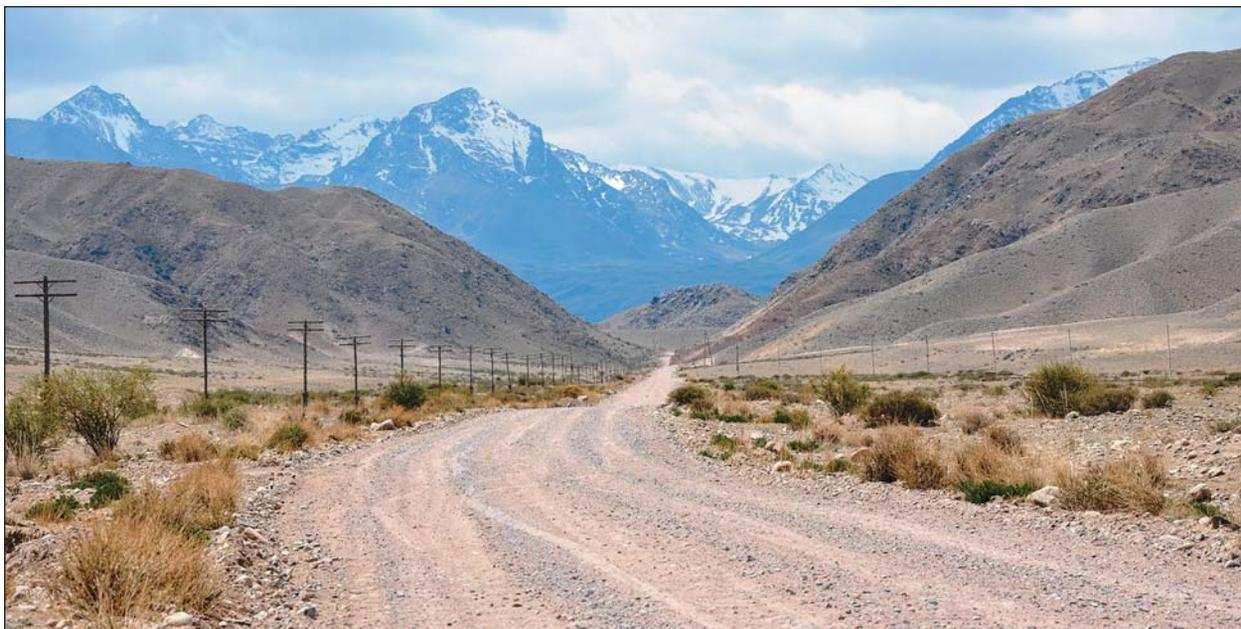
Антецедентный участок р.Актерек — водная брешь для всех речек Алабаш-Конгурлэнгской впадины. Вид на север. Фото 1984 г.

Здесь и далее фото А.М.Корженкова

ского поднятия. Наиболее впечатляющая ветровая брешь через адырный хребет — перевал Дувана (дервиш, с киргизского), через который идет региональная дорога на юг: от села Каракоо (расположенного на шоссе Балыкчи—Каракол) в Алабаш-Конгурлэнгскую впадину. Еще в среднем плейстоцене здесь протекала горная река, но, в связи с интенсивным тектоническим поднятием хребтов Коконандыр и Тегерек, часть ее бывшего русла (в то время водная брешь) превратилась в брошенную долину — ветровую брешь [7].

Традиционно считается, что горы формируются как импульсными подвижками во время сильных землетрясений, так и медленными тектоническими движениями — криппами. В качестве доказательства последних приводят данные космической геодезии (GPS), которые, например, сообщают о постепенном (до 2 см в год) сокращении земной коры Тянь-Шаня. По идее, оно и приводит к постепенному же росту гор и их предгорий. Однако, похоже, это не так. GPS-наблюдения через крупнейший разлом Тянь-Шаня — Таласо-Ферганский сдвиг — не показывают каких-либо изменений ни по направлению векторов сокращений, ни по их величине [8]. GPS «не видит» эту важнейшую структурную линию Тянь-Шаня. По палеосейсмологическим же данным, вся зона разлома маркируется значительными деформациями, которые образовались во время сильных древних землетрясений. Последние из них имели место в позднем средневековье [9].

Скорее всего, рост гор в Тянь-Шане происходит в результате редких (раз в сотни-тысячи лет) значительных сейсмических событий. Так, например, во время сильного Суусамырского землетрясения 1992 г. ($M = 7.3$, $I_0 = IX-X$ баллов), случившегося в одноименной впадине и ее горном обрамлении, образовались уступы с вертикальной подвижкой до 3 м [10]. При Кебин-



Понижение в рельефе — ветровая брешь гор Дувана через Коконадыр-Тегерекское поднятие. На дальнем плане — хребет Терской Ала-Тоо, покрытый ледниками и снежниками. Вид на юг.



Сейсмоуступ вдоль южного подножия Коконадыр-Тегерекского поднятия: *а, б* — уступ вдоль подножия гор Тегерек (*а* — вид на фронтальную часть, на север, *б* — вид на запад, молодые люди стоят на тыловом шве и бровке уступа); *в* — сейсмоуступ вдоль южного подножия гор Дувана, в центральной части Алабаш-Конгурлэнгской впадины, дама в шляпе стоит у тылового шва уступа, двое мужчин — у бровки, вид на запад; *г* — сейсмогенный уступ вдоль южного подножия гор Коконадыр, дама стоит у подножия уступа.

ском землетрясении 1911 г. ($M = 7.9$, $I_0 = X-XI$ баллов) в Северном Прииссыккулье вертикальная компонента возникшего во время этого события сейсмоуста достигала 10–12 м [3, 4].

По всей видимости, таким же образом формировалось горное обрамление Алабаш-Конгурлэнгской впадины. Значительный рост Коконадыр-Тегерекского поднятия по одноименному разлому также был импульсным. Об этом свидетельствуют вышеупомянутые ветровые бреши в водораздельной части поднятия, сейсмоуступ протяженностью 20 км вдоль его подножия и заболоченное пространство (бывшее озером еще до середины XX в.) в северной части впадины [5].

Полевые исследования

Наши работы в Алабаш-Конгурлэнгской впадине начались еще в 1984 г. с изучения региональных морфоструктур, однако они не включали палео- и археосейсмологическое обследование сейсмоактивных разломов, которое проводилось уже в 2013–2017 гг. Нам удалось выявить выходы на поверхность активных разломов, которые отражались в рельефе в виде сейсмоуступов (эскарпов), разрушивших археологические памятники позднего голоцена. Мы попытались определить магнитуду и возраст сильных землетрясений в западной части впадины [11]. Однако из-за скудности органического материала в горных выработках точно определить возраст последнего сильного землетрясения во впадине пока не удалось. Но так как сейсмоуступ деформировал курганы

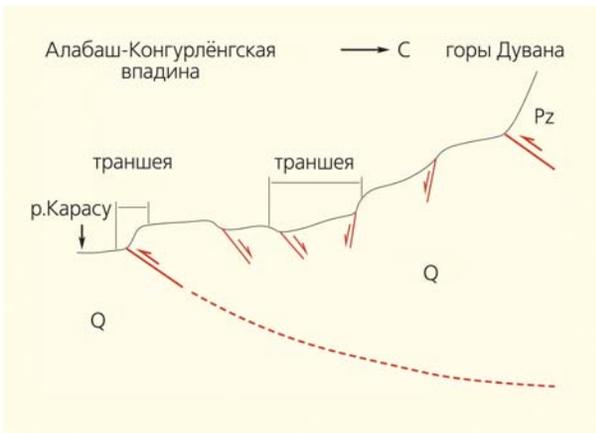
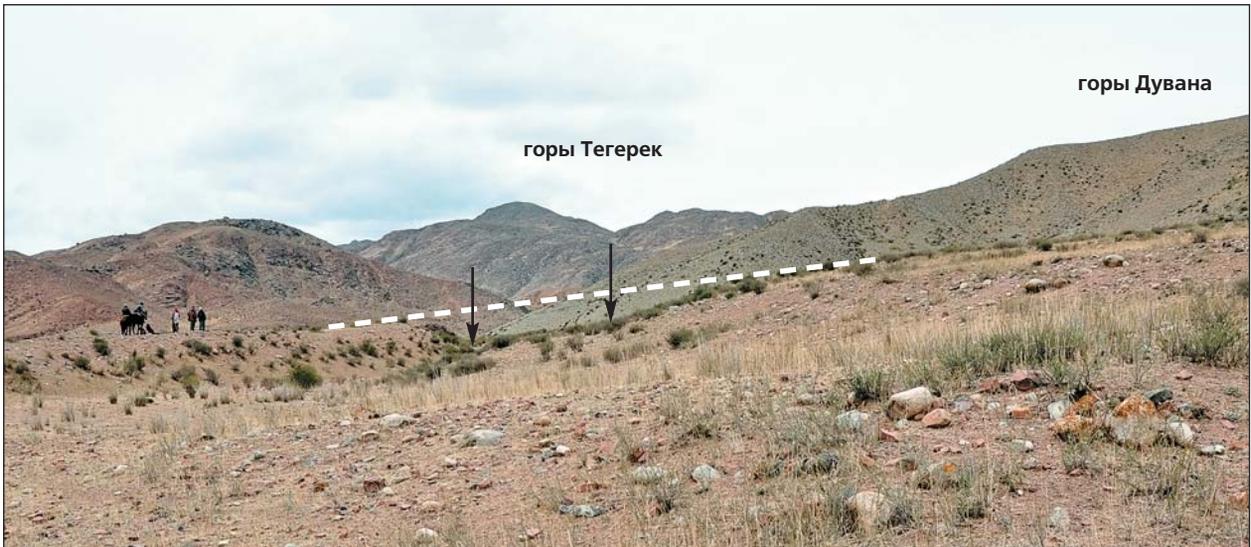
сако-усуньского возраста (VII в. до н.э. — V в. н.э.) и средневековые (?) каменные стены, мы предположили, что последнее сильное сейсмическое событие во впадине произошло уже после строительства стен (в XVI в.).

В 2016–2017 гг. нам удалось выявить в Алабаш-Конгурлэнгской впадине странное субширотное понижение в наклонной пролювиальной равнине, образованной слившимися конусами выноса с гор Дувана. Ничего подобного мы не наблюдали ни в Тянь-Шане, ни в других горных сооружениях мира. Первое впечатление от увиденного: огромная змея (или дракон) проползла вдоль южного склона гор и оставила свой след.

Полевые исследования показали: это сложный, ступенчатый грабен, находящийся в тылу надвига. Как и в других местах Прииссыккулья, тектонические движения по адырным разломам перешли от собственно зоны контакта палеозойских пород предгорного хребта и четвертичных отложений внутригорной впадины вглубь тектонической депрессии [12]. Здесь происходят те же процессы, только в меньшем масштабе. В связи с продолжающимся сокращением земной коры Тянь-Шаня бывшие территории впадин (участки осадконакопления) превращаются в поднятия и начинают служить источником денудации [5]. Компенсационные сбросы в тылу надвигов — типичное явление при сильных землетрясениях на Тянь-Шане. Так, например, при Суусамырском землетрясении 1992 г. ($M = 7.3$, $I_0 = IX-X$ баллов) в тылу восточного сейсмогенного разрыва, вышедшего на поверхность в виде надвига, образовалось характерное понижение — грабен.



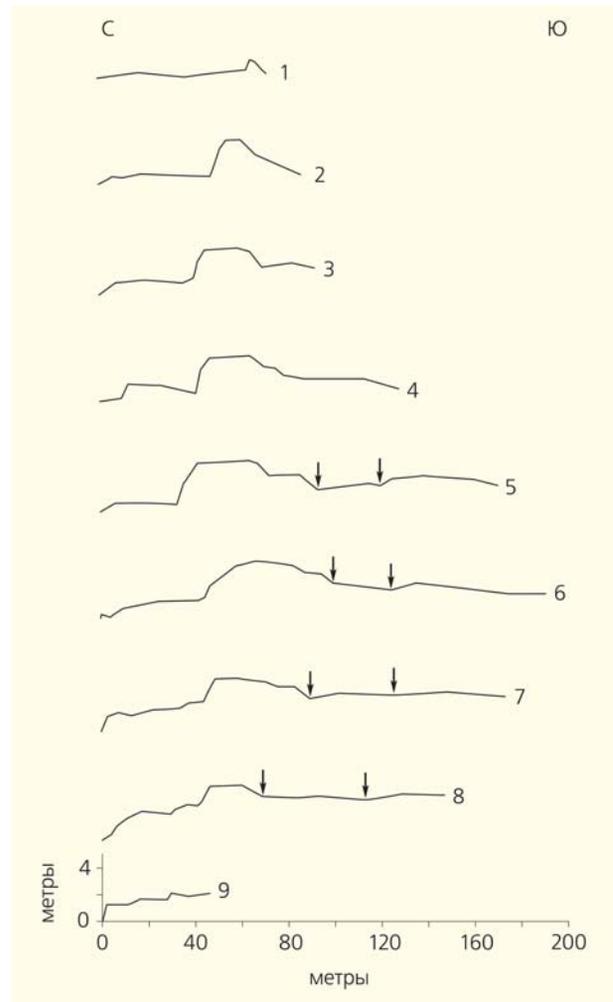
Космический снимок, на котором виден «след хвоста огромного дракона» длиной около 1 км (показан стрелками). Вверху (на севере) — горы Дувана, составляющие Коконадыр-Тегерекского адырного поднятия. Внизу (на юге) — меандры р. Карасу.



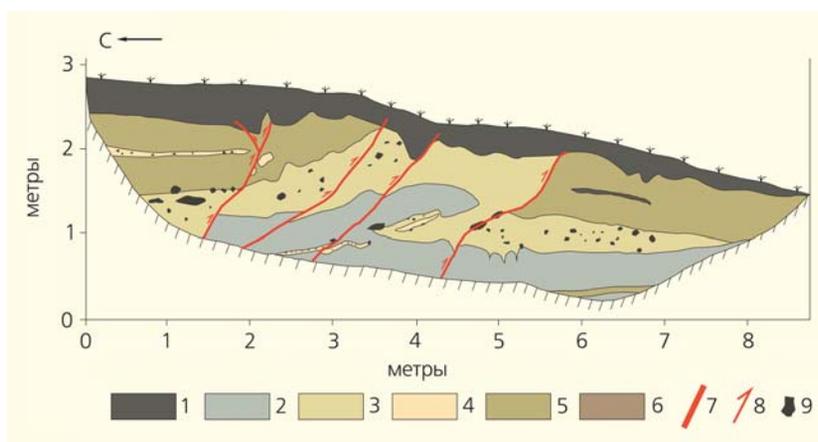
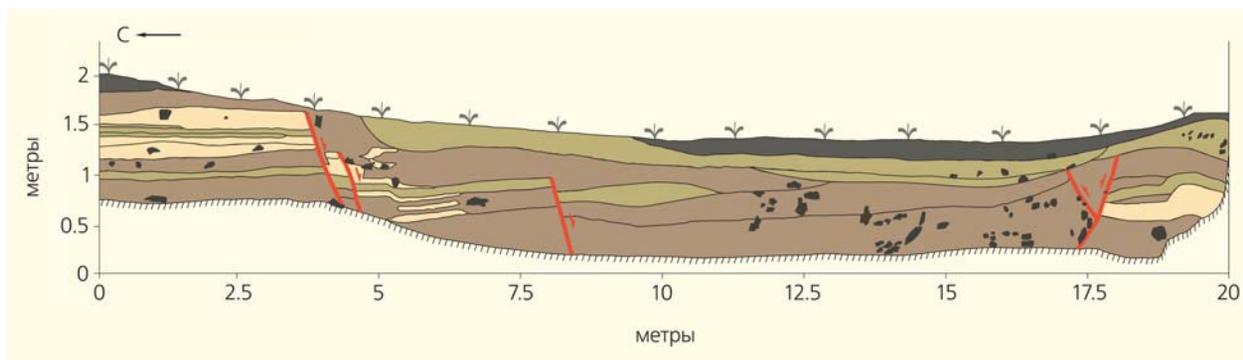
Структурное положение разрывов перед Коконадыр-Тегерекским надвигом. Вверху — в тылу молодого надвига (сейсмоуступа) образовался ступенчатый грабен. Штриховой линией показано исходное положение поверхности пролювиального конуса выноса, стрелки указывают на днище компенсационного грабена, образовавшегося во время землетрясения. Внизу — схематическая зарисовка зоны предгорного надвига. От главной надвиговой плоскости на севере, разделяющей палеозойские породы гор Дувана и четвертичные отложения Алабаш-Конгурлэнгской впадины, ответвляется новая дополнительная плоскость (показана пунктиром), которая рвет пролювиальные (четвертичные) отложения слившихся конусов выноса гор Дувана.

Мы прошли траншеями как фронтальную зону сейсмоуступа, так и нижний сегмент грабена. Уступ, высотой 1.5 м обязан своим происхождением одноактной сейсмогенной подвижке. Наличие нескольких плоскостей разрыва в траншее не должно смущать читателя*. Это так называемая

* Корженков А.М., Варданиян А.А., Стаховская Р.Ю. Следы землетрясения в пещерном городе Вардзия // Природа. 2017. №10. С.55–62.



Нивелирное профилирование через восточный сейсмоуступ, образовавшийся во время Суусамырского (1992 г.) землетрясения в Северном Тянь-Шане [13, с изменениями]. На профилях 5–8 виден компенсационный грабен (его днище показано стрелками), возникший в тылу сейсмогенного взброса.



Исследование сейсмодислокаций у южного подножия гор Дувана. Пройденные траншеи: вверху — через нижнюю часть грабена, образовавшегося в тылу надвига; внизу — через фронтальную часть сейсмоуступа. 1 — почвы и палеопочвы, 2 — глины, 3 — суглинки, 4 — супеси, 5 — пески, 6 — пролювий, 7 — разрывы, 8 — направление смещения, 9 — неокатанная галька (граниты).

цветковая структура: от одного магистрального разрыва на глубине вверх по разрезу раскрывается серия разрывов меньшего масштаба или трещин. Ранее мы обнаружили аналогичную одноментную сейсмогенную подвижку (хоть и мень-

шего масштаба) в стене средневековой Караханийской крепости в селе Тоссор, в южной части Иссык-Кульской впадины [12]. Все разрывы сейсмоуступа у подножия гор Дувана относятся к последнему землетрясению. Подтверждается это тем, что они прорывают все толщи в разрезе, вплоть до современного почвенного слоя.

Вышеприведенные материалы однозначно указывают на сильную сейсмичность, которая проявилась в относительно недавнее время: сейсмоуступ и ступенчатый грабен образовались в пролювиальной равнине позднеплейстоцен-голоценового возраста. Современные сейсмические каталоги показывают очаги значительных и сильных землетрясений к северу и востоку от оз. Иссык-Куль. Как мы уже отмечали, инструментально зарегистрированные сильные землетрясения на юге котловины неизвестны. Но мы здесь обнаружили значительные сейсмодислокации, прежде всего сейсмоуступы, т.е. отражения в рельефе древних активных разломов [11, 12, 14].



Разрез траншеи, пройденной через восточную стену Тоссорской средневековой крепости (Южное Прииссыккулье). Вид на южную стенку раскопа. Видна цветковая структура — трещины, раскрывающиеся сверху от одного магистрального разрыва.

Археосейсмологическое изучение

Деформации в Алабашской крепости. Перевал Алабаш имеет абсолютную высоту 2366 м над ур.м. Он разделяет Алабаш-Конгурлэнгскую впадину, расположенную к востоку от перевала, и Турасуйскую, простирающуюся к западу. Через перевал идет региональная грунтовая дорога, которая соединяет два соседних села Алабаш и Турасу, расположенных в 13 км друг от друга. Сейчас по ней можно двигаться на автомобиле. Но и тысячи лет назад здесь, по одной из ветвей Великого шелкового пути, шли караваны, которые охранялись воинскими подразделениями. Последние располагались в крепостях и караван-сараях вдоль торговой трассы.

Одним из таких военных укреплений была небольшая Алабашская крепость, стоявшая несколько выше одноименного перевала — на холме к северу от него. Военный пост находился в удачном месте. Немного поднявшись на склон хребта Кыргоджунай (максимальная отметка 2882 м), можно было наблюдать все, что происходило в долинах к востоку и западу, т.е. вовремя узнавать о приближении врага (чтобы подготовиться к этому) или каравана (с которого можно получить подорожный бакшиш).

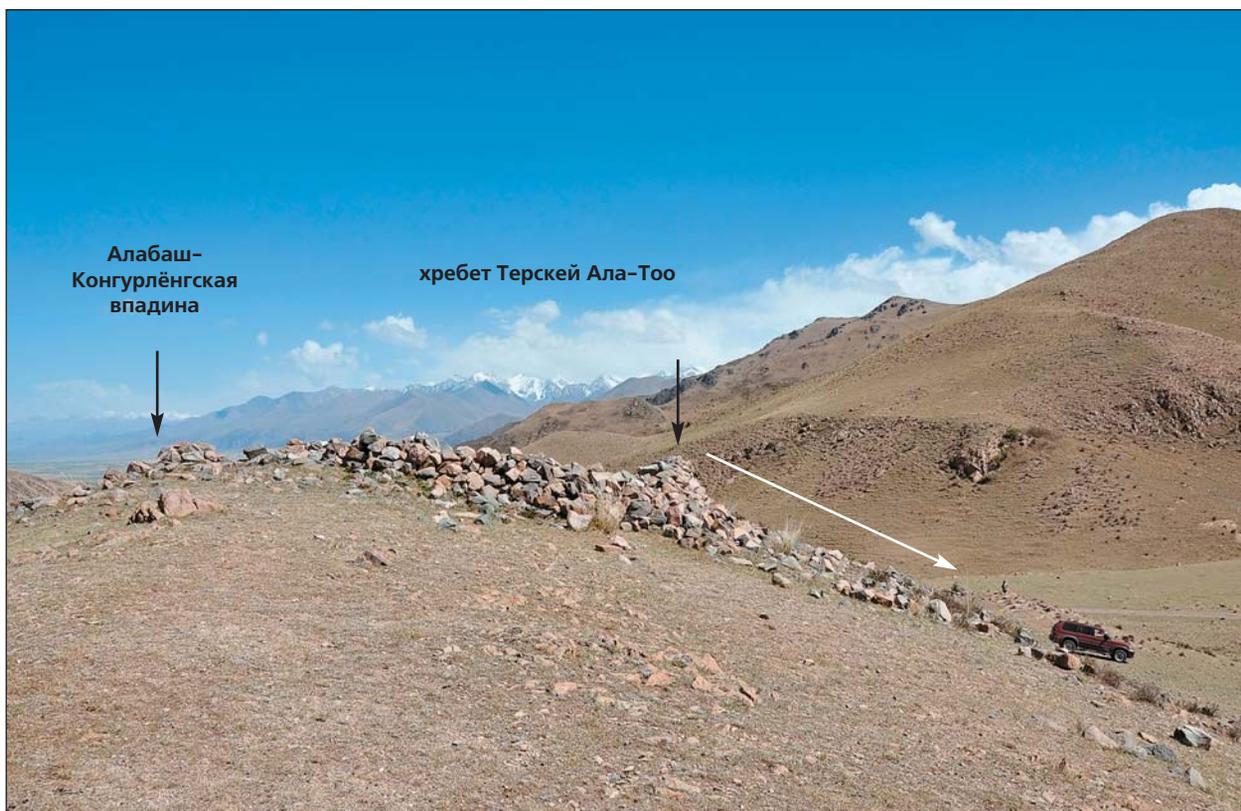
Крепость грубо ориентирована по сторонам света. Ее длинные (10 м) стены вытянуты субширотно, азимут простирания 110° . Перпендикулярные стены имеют простирание 20° . Сейчас укрепление разрушено. Стены, достигавшие в высоту, по-видимому, не менее 1.5 м, были сложены из «рваного» камня без цемента. Толщина их в нижней части около 1 м. В крепости не осталось никаких следов строений — ее защитники, скорее всего, жили в юртах.

Нам представляется необычной картина обрушений крепостных стен. Северная стена, вместо того чтобы обрушиться на север, вниз по склону, упала на юг — внутрь строения. Хотя обломки стены отлетели на 3 м, видно, что она упала целиком и дезинтегрировалась лишь при ударе о землю. Западная стена — так же вместо того, чтобы обрушиться на запад, вниз по склону — упала на восток, опять внутрь строения. Лишь небольшая часть ее обломков откатилась на запад. Аналогично повели себя и другие параллельные стены: восточная преимущественно обрушилась на восток, а южная — на юг.

Подобный тип падений исключает статическое обрушение стен со временем. Систематический характер деформаций указывает на динамическое воздействие на стены крепости — толкание с юго-



Обрушение на юг северной стены Алабашской крепости (показано длинной стрелкой). Штриховой линией обозначены обломки верхней части стены, образовавшиеся при ее ударе о землю. Западная стена обрушилась в восточном направлении (показано короткой стрелкой). Вид на запад.



Руины Алабашской крепости. Ее северо-западные и юго-западные углы обозначены короткими стрелками. Вид на восток. Западная стена крепости упала на восток — внутрь укрепления (от наблюдателя). Северная и южная стены обрушились на юг. Направление обрушения южной стены показано длинной стрелкой.

востока. По всей видимости, крепость разрушило довольно сильное землетрясение ($I_0 \geq VIII$ баллов). Когда же это могло произойти?

В нашем распоряжении есть лишь косвенные свидетельства. Подавляющее количество древних укреплений и караван-сараяв имеют караханидский возраст (X—XII вв.). Возможно, что и Алабашской крепости столько же лет, тем более что обломки ее стен глубоко утоплены в грунт. Десятки сантиметров лёсса накопились не за одну сотню лет. Кроме того, камни укрепления покрыты значительными слоями пустынного загара и лишайников. Таким образом, возраст сильного землетрясения, скорее всего, лежит в продолжительном интервале от X в. (начала строительства крепостей караханидами) до середины XIX в. (прихода сюда русских и становления письменной документации).

Деформации средневековых надмогильных памятников — кумбезов. В долине Конгур-Олэнг на территории кладбища восточнее одноименного села находятся три кумбеда купольного типа и несколько прямоугольных. Их возраст точно не известен. Огромные кумбезы были восстановлены в конце XIX в., но кому и когда они установлены, неясно [15]. Состояние памятников удовлетворительное, хотя купол одного из них полуразрушен.

Если кумбезы реставрировались в XIX в., значит, тогда они были в неудовлетворительном состоянии, и, по-видимому, памятники простояли еще несколько веков до ремонта. Таким образом, кумбезы не были построены современными киргизами, их возвели ранее.

В Иссык-Кульской котловине лишь одно сооружение напоминает описываемые памятники, кумбез Торун-Айгыр, расположенный на левой надпойменной террасе одноименной реки, в 5 км севернее главной трассы «Балыкчи—Каракол северная». Совпадает и стиль строений, и материал (сырцовый кирпич), из которого они сложены. Аналогичны высота (около 3 м) и ширина кумбезов (4–5 м), а также толщина стен (0.8–1.3 м). Для Торун-Айгырского памятника определено время, когда его воздвигли: XI—XIV вв. [15]. Таким образом, и Конгур-Олэнгские кумбезы могли создать в то же время.

Внимательный осмотр Конгур-Олэнгских памятников показал, что в них сохранились следы древних повреждений. Так, в северо-западной колонне одного из кумбезов видны систематические косые сколы-срезы.

Несмотря на то что зияния между купольной и фронтальной частями памятников пытались заделать, они снова проявились через полтора-



Систематические наклонные срезы (показаны стрелками) — следы древних повреждений северо-западной колонны в надмогильном памятнике в селе Конгур-Олёнг.



Небольшой наклон (показано стрелками) к северу (к Коконадыр-Тегерекскому разлому) фронтальной части древнего кумбеза близ села Конгур-Олёнг.



Каменные выкладки на калмыцких могилах, деформированные во фронте сейсмоуступа. Вид на север. На дальнем плане возвышается хребет Дувана — составляющий Коконадыр-Тегереского поднятия. Дама стоит на бровке уступа.

два века. Все фронтальные части кумбезов отделились и слегка наклонились к северу, к горам Коконадыр-Тегерек — к одноименному разлому-поддвигу [5, 16]. Возможно, это произошло при землетрясении, во время которого возросла сейсмическая активность вдоль упомянутого разлома [11, 12, 14].

Наклон фронтальных стен мазаров (надгробных сооружений, почитаемых мусульманами) к северу совсем невелик — несколько градусов. При наших археосейсмологических работах на Тянь-Шане, а также на Ближнем Востоке, в Крыму и Закавказье мы наблюдали и большие наклоны. Возможно, южные купольные конструкции не дали фронтальным стенам наклониться на юг под более крутым углом или упасть в том же направлении. Из приведенных выше данных следует, что сильное землетрясение в Алабаш-Конгурлэнгской впадине произошло в период с XI по середину XIX в.

Калмыцкие захоронения. У нас есть еще одна зацепка. Во фронте сейсмоуступа мы обнаружили деформированные каменные выкладки калмыцкого возраста. Разумеется, на склоне уступа никто хоронить не будет — неудобно, да и плоских, горизонтальных территорий вокруг немало. Следовательно, сейсмоуступ образовался уже после погребальной церемонии, и его возраст моложе захоронений.

Когда же здесь были калмыки (джунгары, или калмаки, как их называют киргизы)? В 1771 г. большая часть калмыков из междуречья Волги и Жайка (Урала) решила переселиться (возвратиться) в Восточную Джунгарию [17]. Их путь длиной более 3 тыс. км пролегал, в частности, по территории современного Казахстана и Киргизии, от р.Жайк до китайской границы. В так называемый Пыльный поход вышло 170 тыс. калмыков. Они встретили ожесточенное сопротивление казахов и киргизов, которые помнили еще безжалостный и победоносный проход калмыков в конце XVI в. — начале XVII в. к устью Волги. На пути назад лишь около 10% от первоначального количества поднявшихся на перекочевку сумело вернуться на родину предков. Остальные погибли или были захвачены в плен на территориях Семиречья и Прииссыккуля. Именно поэтому здесь повсюду разбросаны простые могилы калмыков: небольшие кучки камней над погребенным или погребенными. Одна из таких могил, по словам местного жителя О.Абдукадырова из села Дёнгтала, была размыта селевым паводком, и его взору представилась ужасная картина. В могиле в вертикальном положении находилось несколько скелетов. Еще живых пленников заталкивали вплотную в узкий, наспех вырытый ими же вертикальный шурф и закидывали землей и камнями...

Итак, сейсмоуступ образовался после 1771 г. Чтобы понять структурное положение выявленного нами землетрясения, обратимся к строению земной коры в юго-западной части Прииссыккуля. Наиболее подходящая модель, объясняющая формирование здесь адыров (предгорий), — модель выполаживающегося к северу пологопадающего разлома [18], которая осложняется обратными взбросами. Несмотря на кажущееся различие новейших структур в разных районах Южного Приссыккуля, все их особенности и механизмы формирования могут быть объяснены одной моделью. При этом необходимо признать наличие единой зоны Предтерской разлома, который не краевой в классическом понимании этого термина, но долгоживущий. На протяжении новейшего этапа он разделяет структуры, различающиеся режимами движений. Таким образом, источниками сильных землетрясений в этом районе могут быть местные адырные разломы II порядка — составляющие главного Предтерской разлома.

* * *

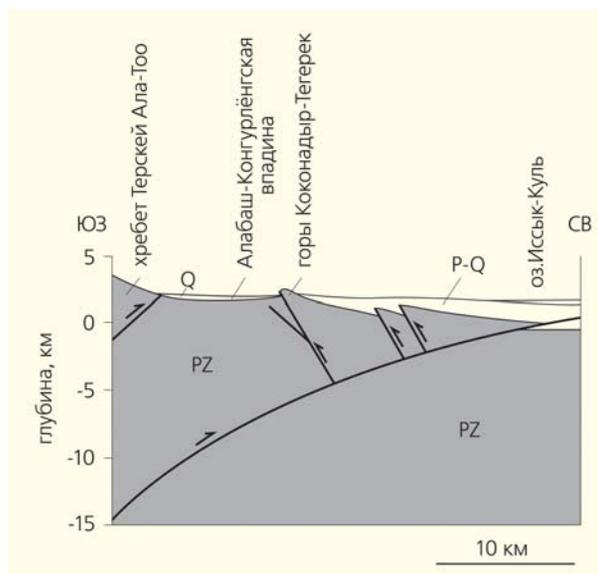
Приведенные нами материалы говорят о том, что в конце 18-го — начале 19-го столетия в юго-восточной части Прииссыккуля произошло сильное землетрясение, до сих пор неизвестное местным сейсмологам. Оно образовало сейсмоуступ по северному горному обрамлению Алабаш-Конгурленгской впадины, разрушило Алабашскую крепость и сильно повредило средневековые кум-

Мы благодарим Н.Ш.Ажиканова, Н.Глаголеву, А.С.Гладкова, А.В.Деева, Е.Ю.Лобову, Д.В.Лужанского, Й.В.Мажейку, М.В.Родкина, И.Г.Сорокину, И.Турову, А.Б.Фортуна и А.С.Юдахина за помощь в полевых исследованиях и обсуждение полученных результатов.

Работы выполнены при финансовой поддержке Международного научно-технического центра (ISTC, проект G-2153), средств ИФЗ РАН и Программы научных обменов Китайской Народной Республики.

Литература / Reference

1. Molnar P., Tapponnier P. Cenozoic Tectonics of Asia: Effects of a continental collision. *Science*. 1975; 189: 419–426.
2. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе, 1986. [Chediya O.K. Geomorphology and Neotectonics of the Tien Shan Mountains. Frunze, 1986. (In Russ.)]
3. Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И. Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1910 г. (4 января 1911 г.). Тр. Геол. комитета. Новая серия. Вып.89. СПб., 1914. [Bogdanovich K.I., Kark I.M., Korol'kov B.Ya., Mushketov D.I. An Earthquake in Northern Chains of the Tien Shan on December 22, 1910 (January 4, 1911). Transactions of Geological Committee. New Series. Issue 89. Saint Petersburg, 1914. (In Russ.)]
4. Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korzhenkov A.M. et al. Surface rupture of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan. *Seismicity, Fault Rupture and Earthquake Hazards in Slowly Deforming Regions*. A.Landgraf, S.Kuebler, E.Hintersberger, S.Stein (eds). Geological Society, Special Publications. London. 2016; 432.
5. Корженков А.М. Особенности строения и формирования морфоструктур на юго-западе Иссык-Кульской впадины. Изв. АН Кирг. ССР. 1987; (2): 54–59. [Korzhenkov A.M. Peculiarities of structure and formation of morphostructures in south-west of the Issyk-Kul Depression. Proceedings of Academy of Sciences, Kirghiz SSR. 1987; (2): 54–59. (In Russ.)]
6. Bowman D., Korjenkov A., Porat N., Czassny B. Morphological response through competing of thrusting and erosion, at basin foothills, the northern Tien Shan, Kyrgyzstan. *Geomorphology*. 2004; 63: 1–24.
7. Макаров В.И. Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. М., 1977. [Makarov V.I. Neotectonic structure of the Central Tien Shan. Moscow, 1977.]



Модель выполаживающегося к северу магистрального разлома, объясняющая особенности новейших структур Южного Приссыккуля [18, с изменениями].

безы на кладбище села Конгур-Олэнг. Его магнитуда составляла не менее 7, а интенсивность сейсмических колебаний — более IX баллов. Эти данные необходимо использовать при построении карты сейсмического районирования Республики Киргизия. ■

8. Zubovich A.V., Wang X.Q., Scherba Y.G. et al. GPS velocity field for the Tien Shan and surrounding regions. *Tectonics*. 2010; 29: 1–23.
9. Корженков А.М., Абдиева С.В., Буртман В.С. и др. Следы землетрясений позднего Средневековья в зоне Таласо-Ферганского разлома, Тянь-Шань. *Геотектоника*. 2013; (6): 84–94. [Korzhenkov A.M., Abdieva S.V., Burtman V.S. et al. Indications of Late Medieval Earthquakes in the Talas-Fergana Fault Zone, Tien Shan. *Geotectonics*. 2013; 47(6): 444–453.]
10. Корженков А.М., Омуралиев М. Формы рельефа, образовавшиеся при сильном Суусамырском землетрясении 1992 года в Северном Тянь-Шане. Геоморфологический риск. II чтения памяти Н.А.Флоренсова. Иркутский геоморфологический семинар: Тез. докл. семинара. 105–106. Иркутск, 1993. [Korzhenkov A.M., Omuraliev M. Features on relief (surface) formed during the strong 1992 Suusamyr earthquake in the northern Tien Shan, in Geomorphological Risk. Abstracts of reports presented in Irkutsk Geomorphological Seminar. 105–106. Irkutsk, 1993. (In Russ.)]
11. Деев Е.В., Турова И.В., Корженков А.М. и др. Результаты палеосейсмологических и археосейсмологических исследований в западной части Алабаш-Конуроленской внутригорной впадины (Южное Прииссыккулье, Кыргызстан) // *Геология и геофизика*. 2016; 57(7): 1381–1392. [Deev E.V., Turova I.V., Korzhenkov A.M. et al. Peleoseismological and archaeoseismological data from the western Alabash-Konurolen in tramontane basin (southern Lake Issyk-Kul area, Kyrgyzstan). *Russian Geology and Geophysics*. 2016; 57: 1090–1098.]
12. Корженков А.М., Кольченко В.А., Лужанский Д.В. и др. Археосейсмологические исследования и структурная позиция средневековых землетрясений на юге Иссык-Кульской впадины (Тянь-Шань). *Физика Земли*. 2016; (2): 71–86. [Korzhenkov A.M., Kol'chenko V.A., Luzhanskii D.V. et al. Archaeoseismological Studies and Structural Position of the Medieval Earthquakes in the South of the Issyk-Kul Depression (Tien Shan). *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2016; 52(2): 218–232.]
13. Ghose S., Mellors R.J., Korzhenkov A.M. et al. The $M_s = 7.3$ 1992 Suusamyr, Kyrgyzstan earthquake in the Tien Shan: 2. Aftershock focal mechanisms and surface deformation. *Bulletin of Seismologic Society of America*. 1997; 87(1): 23–38.
14. Корженков А.М., Абдиева С.В., Мажейка Й. и др. О неизвестных сильных голоценовых землетрясениях на юге Иссык-Кульской котловины, Тянь-Шань. *Вопросы инженерной сейсмологии*. 2014; 41(2): 30–40. [Korzhenkov A.M., Abdieva S.V., Mazeika J. et al. On Unknown Strong Holocene Earthquakes in the south of the Issyk-Kul Depression, Tien Shan. *Seismic Instruments*. 2015; 51(2): 157–165.]
15. Улеманн К., Винник Д.Ф., Ысманова К.Ы. Кумбезы долины Конур-Олон. Биосферная территория Ысык-Кель. Культурно-исторические памятники. Бишкек, 2003. [Ulemann K., Vinnik D.F., Ysmanova K.Y. Kumbez of Konur-Olon Valley. Ysyk-Kyol Biosphere Territory. Cultural and Historical Monuments. Bishkek, 2003. (In Russ.)]
16. Korzhenkov A.M., Michajljow W., Wetzel H.-U. et al. International Training Course «Seismology and Seismic Hazard Assessment». Field Excursion Guidebook. Bishkek, 2006.
17. Жуковская Н.Л. Калмыки. Народы и религии мира: Энциклопедия / Гл. ред. В.А.Тишков. М., 1998. С.928. [Zbukovskaya N.L. Kalmyks. Peoples and Religions of the World: Encyclopedia, Chief editor V.A.Tishkov. Moscow, 1998. P.928. (In Russ.)]
18. Burgette R.J. Uplift in Response to Tectonic Convergence: The Kyrgyz Tien Shan and Cascadia Subduction Zone (Ph.D. thesis). University of Oregon, USA. Corvallis, 2008.

Unknown strong earthquake in the Issyk-Kul depression

A.M.Korzhenkov^{1,2}, S.V.Abdieva², E.A.Rogozhin¹, A.A.Sorokin¹

¹*Schmidt Institute of Physics of the Earth, RAS (Moscow, Russia)*

²*Yeltsin Kyrgyz Russian Slavic University (Bishkek, Kyrgyz Republic)*

The presented paleoseismological and archeoseismological materials testify the occurrence of the strong earthquake in the end of XVIII — the beginning of XIX century in the south-west of the Issyk-Kul Lake region (northern Tien Shan, Kyrgyzstan). Local seismologists know nothing about it. This earthquake has formed (or increased) the 20-km fault scarp along the northern mountain frame of the Alabash-Kongurlyong depression; has formed swampy area and dammed lake in front of the foothill ridge — Kokonadyr-Tegerek; has destroyed the medieval fortress on the Alabash pass and has destroyed or severely damaged the medieval grave monuments at the cemetery of Kongur-Olyong settlement. During this earthquake a unique relief form — step-like compensation graben — was formed in a back of the fault scarp. Judging by the fault scarp parameters, a magnitude of the studied seismic event was not less than 7, and the intensity of the seismic oscillations was more than IX balls. The age of the earthquake was determined by deformation of the Kalmyk graves (1771) in front of the fault scarp and the time of reparation of medieval grave monuments (mid XIX century). These data has to be considered at compilation of a New Map of Seismic Zoning of the Kyrgyz Republic.

Keywords: earthquakes, fault scarp, paleo- and archeoseismology, seismic deformations, Issyk-Kul Lake, medieval monuments.

Культуры Ното: узловые сюжеты миллионлетней истории От архантропа до человека разумного

Евгений Николаевич Черных подготовил для «Природы» цикл из пяти статей, посвященных истории *Ното* — человека, насчитывающей более 2.5 млн лет, и его по сути бесчисленных и многообразных культур. Антропологическая эволюция от архантропов до *Homo sapiens*, направленность и динамика технологического и социального развития человеческих культур зависели от целого ряда обстоятельств. В числе первостепенных факторов зачастую указывают на переменчивую геоэкологическую ситуацию на нашей планете, обусловленную причинами, кроющимися уже в космической сфере. В предлагаемой серии взаимосвязанных статей внимание будет сосредоточено на наиболее значимых, ключевых картинах всей протяженной истории культур *Ното*.

Е.Н. Черных

Институт археологии РАН (Москва, Россия)

С началом четвертичного периода на Земле появился новый вид двуногих млекопитающих — человек, или же *Ното*. В предлагаемой статье охарактеризованы основные антропологические группы архантропов — *H. habilis*, *H. erectus* и *H. ergaster*, а также более поздняя и весьма своеобразная группа неандертальцев *Homo neanderthalensis* в связи с их африканской прародиной. Намечены четыре важнейшие великие межконтинентальные миграции из Африки в Евразию. Наконец, приведены основные гипотезы зарождения *H. sapiens*. Специальное внимание уделено пятой великой — также межконтинентальной — миграции *H. sapiens*, волны которой первоначально были направлены в Австралию, а затем в Америку. В связи с ледниковой эпохой плейстоцена наблюдалось резкое понижение уровня океанских вод. Это и позволило мигрантам благополучно достичь Америки через временно ставшую сухопутной Берингию, а переход в Австралию проходил через сильно обмельвший Торресов пролив. С пятой миграцией связан финал плейстоцена, когда евразийские культуры *H. sapiens* сумели охватить все материки Земли (исключая Антарктиду). Важнейшие узловые моменты ранней истории человечества тесно увязаны с данными археологии и палеоантропологии.

Ключевые слова: палеоантропология, четвертичный период, палеолит, межматериковые миграции.

Четвертичный период с его примерной протяженностью в 2.6–2.5 млн лет кажется поразительно кратким на фоне глобальной истории Земли продолжительностью 4.5 млрд лет. Период этот именуют также антропогеном, ведь именно с его началом среди млекопитающих появился новый вид — человек, или *Ното*, как его в латинском варианте именуют антропологи. Для всего современного человечества антропоген длится и по настоящий день.



Евгений Николаевич Черных, доктор исторических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией естественнонаучных методов Института археологии РАН. Область научных интересов — история технологий и структура древних культур и общностей Евразии.

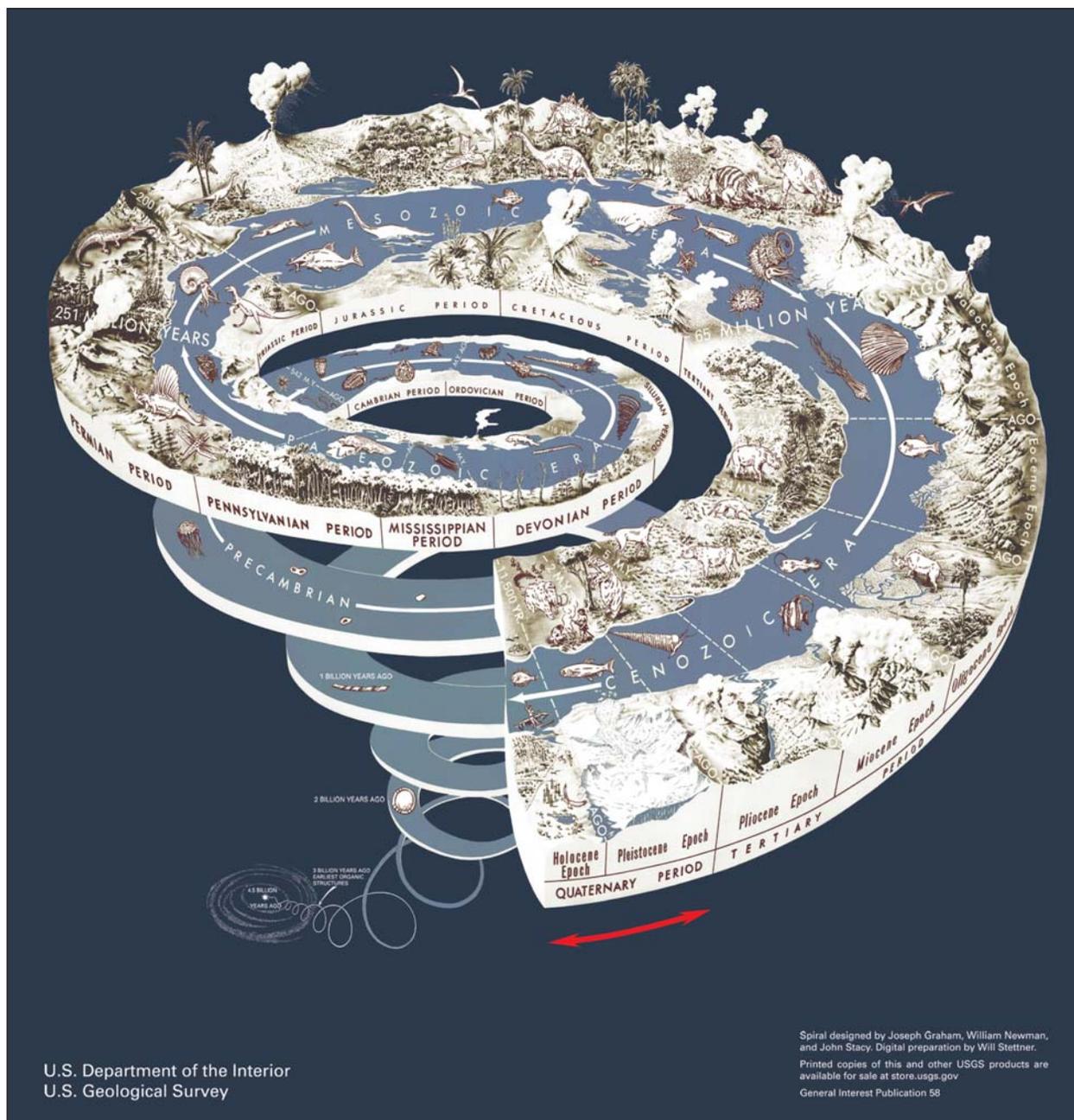


Схема хронологической последовательности важнейших геологических эпох и формаций в истории Земли. Красной стрелкой показан период существования человека.

pubs.usgs.gov/gip/2008/58/

Чрезвычайно сложную для понимания Всемирную историю человечества изучает ряд наук, но важнейшая роль принадлежит двум дисциплинам — собственно исторической, а также археологии. Замечу, что и в этом «дуэте» родственных наук картина кажется весьма странной и в чем-то, может быть, даже малореальной: в пропорциональном покрытии генерального полотна Всемирной истории подавляющая доля — 99,9% (!) — находится под очевидным «надзором» археологии. Взрывное расширение парадигмы этой науки дарит нам

невероятное многообразие культур на протяженном отрезке времени и на необозримых пространствах Старого и Нового Света. Этой генеральной проблеме была посвящена предшествующая крупная публикация в журнале «Природа»*. Настоящая статья продолжит обсуждение данной проблемы, но уже с прицелом на ее иные грани.

* Черных Е.Н. Археология и история: хронологико-методологический диссонанс родственных наук // Природа. 2017. №3. С.57–64; 2017. №4. С.48–57.

Африканская колыбель человечества

В последнее время фактически вся научная общественность согласна, что наиболее ранние, кажущиеся примитивными и совершавшие свои первые шаги популяции человеческих особей зародились на Африканском континенте. Там же мы видим и истинную колыбель всего человечества, где, словно в жестком фокусе, проявил себя процесс эволюции предшествующих человеку гоминид-австралопитеков. По внешнему обличью *Ното* в те поры не очень сильно отличался от своих соседей по семейству гоминид — шимпанзе, горилл, орангутанов. Однако оказалось невозможным пройти мимо самого главного в этом переломном процессе: *Ното*, в отличие от прочих, могли выделять орудия, хотя орудия эти и выглядели нехитрыми и маловыразительными. Тем не менее то уже были специально и намеренно оббитые с двух сторон каменные гальки с заостренным рабочим краем, каких прочие гоминиды создать были не в состоянии.

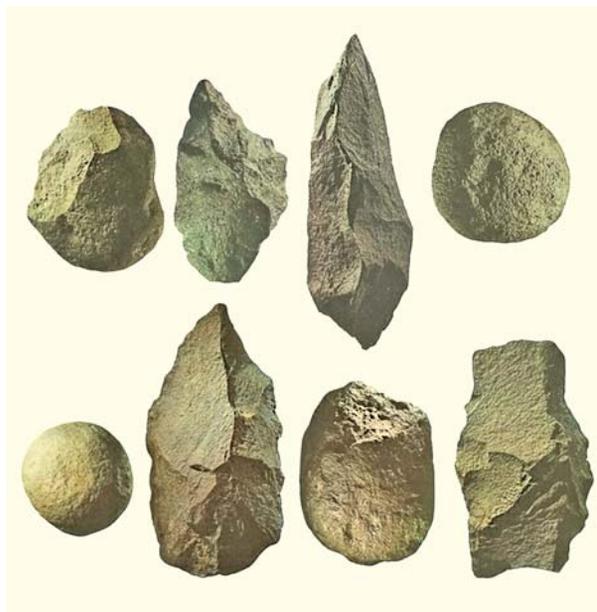
Однако зададимся вопросом: было ли в те отдаленные от нас времена *нечто такое*, что могло бы привести к свершившейся кардинальной трансформации? Или хотя бы подтолкнуть к такого рода переменам? В конечном итоге эти метаморфозы решительным образом отразились на судьбах всего земного шара. И предполагаемое *нечто* должно было бы или предшествовать, или же свершаться параллельно с зарождением новой жизни.

В этом ряду наше внимание привлекает, прежде всего, история и судьба Средиземного моря. Сравнительно недавно к такого рода событиям обратились авторы «Природы» К.Н.Несис и А.В.Бялко [1, 2]. Подборка их статей вышла под общим названием «Как Средиземное море высохло и что за этим последовало». Предоставим слово авторам.

Давно известно, что одно из наиболее драматических событий последних этапов истории Земли — изоляция и полное высыхание Средиземного моря в конце миоцена, приблизительно 6 млн лет назад...

[Событию] предшествовало отделение Средиземного моря сначала от Индийского океана, а потом от Атлантического... <...> Гибралтарского пролива тогда не существовало. Средиземное море превратилось в высохший солончак, на дне которого накопилась двухкилометровая толща соли. <...> Наконец, открылся Гибралтарский пролив, и в бывшее море хлынул водопад. Величайший в истории планеты: 800 м высоты и расход воды в сотни尼亚гар! Очень быстро — в геологическом масштабе времени мгновенно — Средиземное озеро-море наполнилось морской водой и стало заливом Атлантического океана. Этот момент отмечает в геологической истории конец миоцена и начало плиоцена [1, с.3–4].

Весьма примечательно, что мысль о полном пересыхании Средиземного моря в верхнем мио-



Некоторые типы древнейших каменных орудий в Восточной Африке.

цене высказал еще в 60-х годах прошлого столетия русский ученый И.С.Чумаков, работавший главным геологом на строительстве Асуанской плотины, что перекрывала Нил в полутора тысячах километров от впадения этой великой реки в Средиземное море. Тогда проводилось разведочное бурение поперек нильского ложа. При этом были обнаружены отложения, однозначно свидетельствующие о том, что несколько миллионов лет назад река протекала по каньону глубиной свыше 800 м, что сближало Нил со знаменитым Гранд-Каньоном в Северной Америке. Именно так и родилась идея о пересыхании моря [3].

Высыхание и последующее возрождение Средиземного моря сыграли большую роль в истории климата Земли и гидрологии Мирового океана. <...> При высыхании моря климат становился сухим, леса сменялись степями, затем шел обратный процесс. Отступление лесов в Африке могло быть толчком к тому, чтобы предки человека спустились с деревьев и перешли к пешему хождению. Именно в тот период отделилась ветвь, впоследствии давшая начало австралопитекам и человеку [1, с.3–4].

И вот что может быть также весьма любопытным для нашей темы: ...2.73 млн лет назад в Северном полушарии резко закончился начавшийся 4.6 млн лет назад и продолжавшийся почти 2 млн лет теплый период, возникли и стали быстро расти горные ледники, уровень океана начал падать и Берингов пролив опять замкнулся [1, с.5].

Мы вспомним эту дату — 2.73 млн лет назад, — когда столкнемся с весьма близкой к ней еще раз, но та будет связана уже с иной ветвью наших исследований.

И в заключение данного раздела добавлю, что связь грандиозных коллапсов Средиземноморья и судеб древнейших видов человека очень трудно доказать: бесспорных фактов и материалов прямого характера пока что совсем немного, и ранние шаги нового вида млекопитающих кажутся ныне крайне зыбкими. Однако, наверное, было бы легкомысленным пройти мимо этой впечатляющей картины сломов, ведь весь огромный северный ареал Африканского материка во многом зависит от гигантского бассейна Средиземного моря, которое в наше время является по сути заливом Атлантического океана.

Архантропы Африки

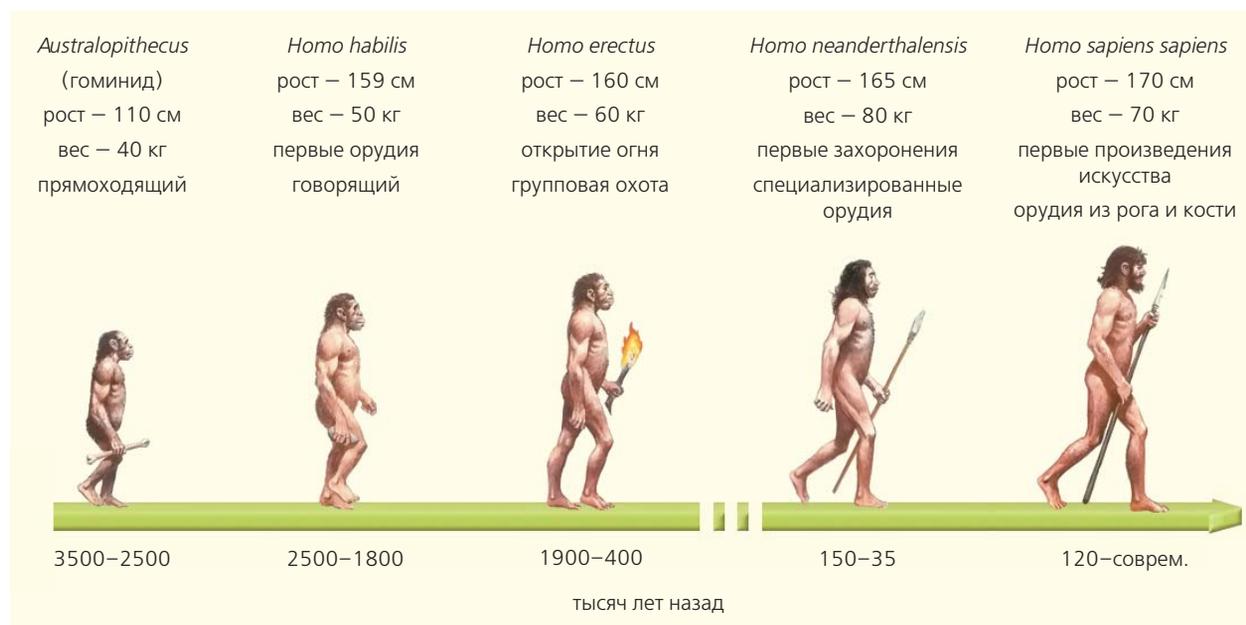
Процесс эволюции гоминид-австралопитеков привел к появлению архантропов. Эти древнейшие виды человека в палеоантропологии получили наименования *Homo habilis*, *H. erectus* и *H. ergaster*, что в переводе с латыни обозначает человека «умелого», «прямоходящего» и «трудящегося» («производящего орудия»). Наиболее ранние фрагменты их скелетов, сопровождавшиеся обработанными каменными гальками, были обнаружены в Южной и Восточной Африке. По всей вероятности, именно геоэкологический фактор этого обширного ареала более всего соответствовал кардинальным эволюционным преобразованиям гоминид в *Homo*.

Наверное, самым знаменитым местом из числа связанных с прародителями человека среди африканских заповедных памятных точек можно считать Олдувайское ущелье на севере Танзании.



Ареал важнейших материалов, связанных с культурами *Homo habilis*, *H. ergaster* и *H. erectus*, на карте Африки.

Оно стало знаковым для всего исходного периода Всемирной истории человечества, созвучным словом *олдован* названа первая культура обработки камня. Здесь и оказались сосредоточены следы, может быть, наиболее выразительных древнейших истоков культур каменного века, или же палеолита. Пожалуй, почти исключительно на материалах африканской колыбели палеоантропологам удалось продемонстрировать корреляцию объемов головного мозга у различных



От австралопитеков к современному виду человека: основные характеристики.



Общий вид Олдувайского ущелья в Северной Танзании (en.wikipedia.org).

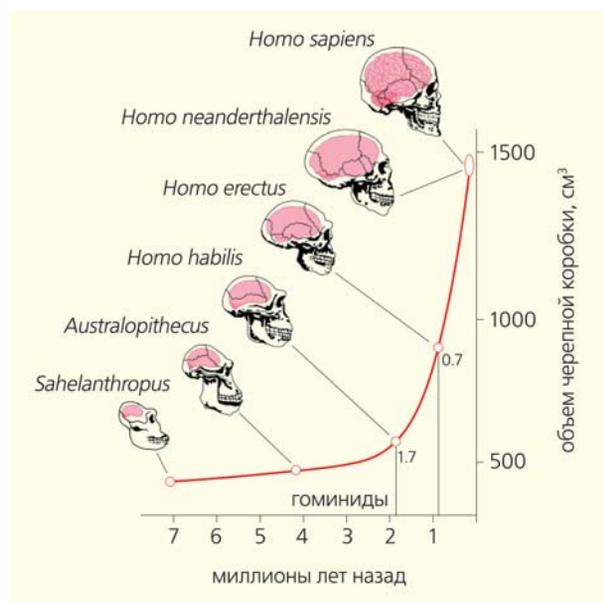
видов двуногих — от гоминид-австралопитеков вплоть до ранних *H.babilis* и *H.erectus* и современных *H.sapiens*. Позитив этой корреляции между биологическими показателями и характером социальных достижений культур оказался чрезвычайно показательным для понимания прогресса в развитии человечества. Именно с этих видов архантропов и зарождается на нашей планете история человеческих культур — культур *Homo* (КХОМ).

Основные компоненты КХОМ

Под культурой данного типа мы подразумеваем специфический биосоциальный феномен, внутреннюю структуру которого определяют четыре важнейших компонента. Из них два эндогамных — *биологический* и *социальный*. На первый взгляд кажется, что эти составляющие трудно совместимы между собой, ведь здесь причудливо переплелись два весьма контрастных мира — животного и человека. Однако в реальности их тесный и, по сути, вечно нерушимый симбиоз сомнений не вызывает.

Биологический эндогамный компонент.

Носителем КХОМ служит некая вполне определенная антропологическая группа или популяция, представляющая собой биологическое формирование — например, племя или клан. Подобного рода популяция может выделяться — хотя и совсем необязательно — на фоне окружающих ее иных формирований большим или меньшим своеобразием биологических признаков, включая генетические. Чаще всего для выявления таких признаков исследователи предпочитают сопоставлять друг с другом территориально и хронологически близкие антропологические группы. Однако такая пространственно-временная близость представляется совершенно необязательной: достойные внимания параллели могут быть обнаружены и среди весьма отдаленных и разновременных формирований, когда приходится иметь дело с миграциями, растянувшимися на тысячи километров. Комплекс разнообразных признаков такого рода и являет собой биологический фундамент каждого феномена.



Объем черепной коробки — вместительность головного мозга — у особей от австралопитеков до современного человека.

Социальный эндогамный компонент определяет структуру любой КХОМ. Он коренится и проявляет себя яснее всего в конкретной популяции *Ното* — в творчестве, нацеленном не только на материальные, но и на духовные формы бытия. Поэтому понятие «культура» в качестве важнейшего признака обязательно подразумевает *способ ее существования* или же *модель бытия*. При этом следует подчеркнуть, что, когда ставится цель выявления особенностей и своеобразия каждой из культур, в явном большинстве случаев черты социального компонента оказываются существенно более выразительными и значимыми в сравнении с признаками биологическими. Правда, различия обыкновенно становятся заметнее лишь на широком полотне при сопоставлении множества иных культур.

Два других компонента относятся уже к внешним, или же экзогамным. Любая культура никогда не существует вне *времени* и *пространства*. Поэтому внешние компоненты непременно привлекают к себе пристальное внимание: они в той или иной мере воздействуют на узловые структуры каждой КХОМ.

Геоэкологический экзогамный компонент относится, безусловно, к тем, что обладают чрезвычайно мощным воздействием как на базовые элементы структуры КХОМ, так и на весь ее облик. В ведении/владении каждой из культур обычно находится, как правило, некий участок суши (с неизменными и различными водными источниками), служащий стержневым обеспечением ее физического существования. Значимость подобного участка для культуры определяется, во-первых, своеобразием его геологического строения вкупе с геолого-минералогическим составом недр и, во-вторых, характером живой природы, т.е. растительным и животным миром. Доступные культуре технологические методы жизнеобеспечения определяют возможности ее носителей в реализации богатств на подвластной территории.

Подтверждение чрезвычайного влияния этой составляющей на конкретную культуру вряд ли требует особых доказательств. Именно поэтому самое начало статьи посвящено обсуждению воздействий, связанных с коллапсами Средиземноморья, на процессы исходной эволюции в антропогенезе. Так, даже в глубокой ледниковой древности плейстоцена способы существования архантропов севера Евразии — близ могучего ледяного панциря — чрезвычайно отличались от тех, что были характерны для популяций Экваториальной Африки. Или же, скажем, результатами великих переселений народов часто становились кардинальные перемены привычных для них геоэкологических ландшафтов, и это влекло за собой резкие перемены в исходных моделях бытия мигрирующих культур. И наконец, активное воздействие человека на окружающую его

природу могло привести — и не столь уж редко приводило — к катастрофическим антропогенным катастрофам. Последние, в свою очередь, отражались на характере и сущности конкретных и охваченных этими катастрофами культур. Правда, все это с максимальным, но печальным эффектом стало проявлять себя уже в те столетия, что мы соотносим с позднейшими периодами Всемирной истории — индустриальным и постиндустриальным. Антропогенное воздействие на природу и климат всей планеты стремительно нарастало, что и послужило толчком к принятию в рамках ООН целого ряда воистину тревожных документов о необходимости особого внимания к этим проблемам уже явно глобального характера*.

Четвертый **хронологический (временной) экзогамный компонент** представляется весьма несходным с предыдущими — двумя эндогамными и экзогамным — по преимуществу тем, что он не материален и несет на себе определенные черты *виртуальности*. Данный компонент кажется предельно независимым от структуры КХОМ, поскольку сопряжен с абсолютно недоступными человеку явлениями небесно-космического корня, ведь любые расчеты времени всегда должны исходить из небесных ритмов и полностью от них зависеть. С космосом оказываются связаны, например, четко обусловленные движением планет и выраженные в хронологических отрезках ритмы кардинальных перемен в окружающей человечество геоэкологической среде. В частности, это отражено в знаменитых циклах Миланковича (их мы коснемся уже в следующей статье об истории КХОМ). Однако при этом все общности выстраивают свои разнообразные календарные схемы, хотя, конечно, они бывают совершенно различны по форме, начиная с самой примитивной. Исчисление времени люди всегда ведут либо по числу прошедших дней, либо, скажем, по числу минувших сезонов — зима—лето—зима—лето... Последние в сущности означают уже годовые отсчеты. Без этого не может обходиться старание обозначить любую чрезвычайную временную отдаленность какого-либо знакового для культуры явления, события или личности — скажем, легендарную древность великого (других ведь не бывает!) прародителя того или иного социума...

На беглый взгляд, воздействие хронологического компонента на базовые детали структур

* Немалое число подобного рода документов появилось уже во второй половине прошлого и в начале нынешнего столетия. Здесь напомним только о тех, что касаются наиболее общих проблем: это Всемирная хартия природы 1982 г. и Парижское соглашение о сохранении климата 2015 г. Тема эта особая и требует особого рассмотрения, но уже вне рамок настоящей статьи. Достаточно подробно ее различные аспекты представлены в ряде работ А.В.Бялко [4–7].

КХОМ представляется не столь отчетливо прямолинейным, как, скажем, предшествующего — геоэкологического. Однако его влияние сильнее всего может отражаться и отражается донныне на духовных гранях культур. И здесь не может не обратить на себя внимания поразительный диссонанс в определении времени *начала всего сущего*, или же *начала нашего мира*, что выражается в бесконечно неугасающих и отнюдь не дружественных диспутах. Современная наука определяет древность нашей планеты в 4,5 млрд лет, а возраст человечества — в 2,5 млн лет. Авраамические же религии — иудаизм, а вслед за ним христианство и, наконец, ислам — остаются почти неколебимыми в своей уверенности относительно шести дней творения всего сущего (так называемый шестоднев). Хочу лишь подчеркнуть специально: споры не утихают и по нынешний день. Однако более широкий обзор этой проблемы мы предпримем уже в финальном разделе блока статей, где будем рассматривать историю человечества сквозь призму науки и мифологий.

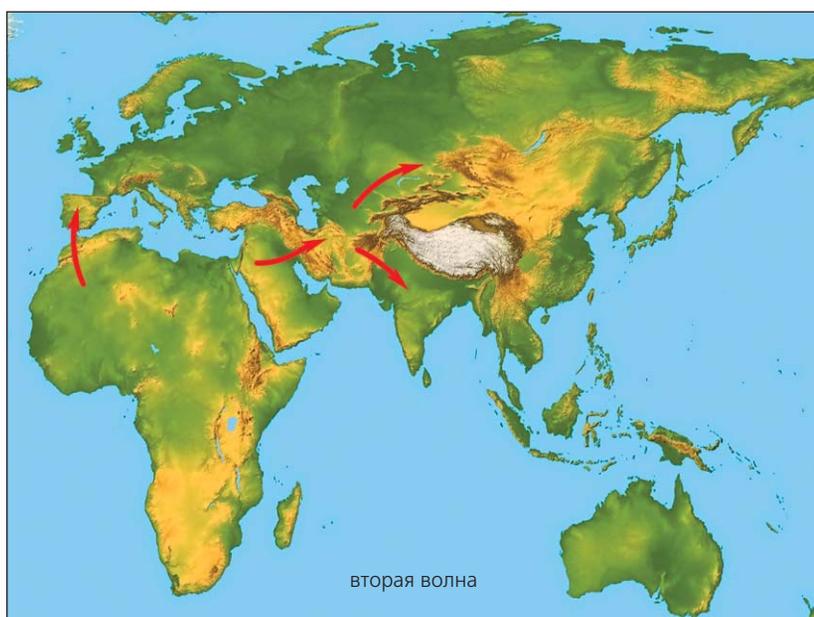
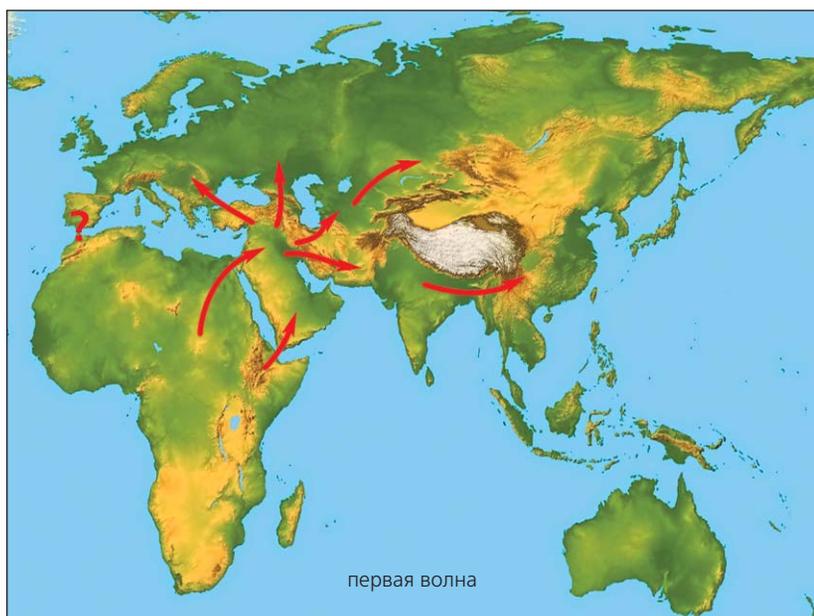
Колоссальные перемены, которые произошли на нашей планете за 2,5 млн лет, нашли свое отражение во всем облике и характере человеческих культур. К сожалению, наиболее ранние истоки этой протяженной истории дарят нам лишь зыбкие и во многом неясные признаки КХОМ, сопряженные с древнейшими антропологическими видами и семействами людей. И вновь, опять же на беглый взгляд, можно было бы считать, что полноценные сравнения культур этих древнейших представителей человеческого рода с существенно более поздними видами людей — вплоть до современных — едва ли возможны и оправданны. Однако подобного рода опасения не могут считаться надежно обоснованными. Постараемся продемонстрировать это на элементах очевидного сходства ключевых базовых структур всех КХОМ — даже самых разновременных, включая исходные формы. Ведь, в конечном счете, мы должны помнить о наших истоках и о том, что «все мы вышли отсюда».

Две ранние миграционные волны в неведомый мир Евразии

Именно отсюда, от своей африканской колыбели, и двинулись на север и на восток по необозримым пространствам Евразии наиболее активные группы *H.babilis*, *H.ergaster* и *H.erectus**.

Ведущий российский ученый в сфере палеолита Земли академик А.П.Деревянко пишет, что *...обычно в раннем палеолите исследователи вы-*

* Ниже позволю себе для разнообразия «русифицировать» эти латинские термины и выражать их как хабилис, эргастер и эректус, а современного человека называть сапиенс.



Две основные волны переселений архантропов из Африки в Евразию [8–10].

деляют две глобальные миграционные волны из Африки, но относят их к разным хронологическим интервалам. Исследователь полагает, что первая глобальная волна миграции из Африки в Евразию началась 2–1.5 млн лет назад. *Homo ergaster* — *Homo erectus* покинул свою «колыбель» и двинулся за ее пределы, что положило начало первому Великому переселению, ознаменовавшему событие чрезвычайной важности — заселение планеты человеком [8–10].



Ареал основного массива оледенений Евразии в эпоху плейстоцена [11].



У окраин ледниковых массивов современной Гренландии. Примерно такие пейзажи ожидали африканских мигрантов-архантропов и неандертальцев на севере.

Нельзя не согласиться с отнесением этого события в ранг *чрезвычайной важности*. В истории человечества имели место несколько великих переселений, и все они приводили к резким — причем всегда на огромных пространствах — сломам полотна КХОМ предшествующей эпохи, и это отражалось, как правило, в случаях мощных миграционных потоков в пределах единого материка. Но когда подобные потоки пересекали грани континентов, то претерпевала кардинальные перемены глобальная картина культур на поверхности уже всей Земли. И такого рода переселения мы будем вправе пометать особыми знаками.

Во всяком случае, наиболее ранними свидетельствами появления африканских «гостей» в Евразии стали археологические и антропологические находки на Ближнем Востоке, датированные приблизительно в рамках 1.4–0.9 млн лет назад. На южные окраины Европы — Кавказ, Балканы, Иберийский п-ов — африканские мигранты проникли позднее: в основном 0.6–0.4 млн лет назад. На это указало нам время *второй Великой миграционной волны* предков человека на север [10]. На далеком Востоке так называемый пекинский человек, или же *синантроп*, появился примерно в то же время, хотя некоторые находки могут датироваться и более ранним периодом.

Однако на севере Евразии пионеров-мигрантов ожидал уже совершенно иной мир — иной с позиции как геоэкологической, так и климатической. В его неохватных просторах нужно было не только осваивать непривычные пространства, но и сражаться с невиданным до тех пор животным миром, который, конечно же, как только мог противился вторжению двуногих.

Все окраины горных цепей и долины заполняли огромные ледниковые пласты, а окраины ледовых гор делали тот мир, куда смогли проникнуть африканские *Homo*, разительно непохожим на покинутые ими и, возможно, как-то сохранившиеся в их памяти ландшафты. Правда, время от времени ледниковые максимумы сменялись потепле-

ниями, лед на время отступал, но потом все повторялось вновь.

Способности экваториальных африканских переселенцев к восприятию неожиданной и суровой новизны и к адаптации к ней не могут не удивлять и не поражать нас. Впрочем, одновременно приходит на ум история одного из самых ярких представителей семейства слоновых — североевразийского мамонта, покрытого, правда, в отличие от своих южных «родственников», густой и длинной шерстью. История многолетних и тысячекилометровых миграций невольно подталкивает нас к параллелям между этими могучими животными, обитавшими в столь несходном с африканским ландшафте, и человеком, ухитрившимся приспособиться к непривычному для него суровому холодному климату Северной Евразии. Замечу, кстати: многие исследователи полагают, что в гибели всего рода северных мамонтов ключевую роль сыграли как раз группы неутомимых палеолитических охотников. Может, так и было на самом деле?..

Загадки неандертальцев

Архантропов, которые несли на себе груз двух ранних Великих миграций, сменили *неандертальцы*, или же *Homo neanderthalensis*, как принято именовать их в палеоантропологии. Данный вид, с которым связывают биологическую эволюцию эректуса, появился также в Восточной и Южной Африке, т.е. в тех регионах, где обитали его предшественники. Свое имя этот вид человека получил по первой и ставшей знаковой находке костных останков в гроте Фельдхофер, что неподалеку от Дюссельдорфа, в долине Неандерталь в 1856 г. Эта находка положила начало изучению *Homo* нового типа/вида, до тех пор палеоантропологам неведомого. Неандертальцы оказались носителями знаменитой мустьерской культуры, в которой археологи увидели очевидные технологические инновации в приемах обработки кремня и в появлении ранее неизвестных форм каменных орудий.

Первые признаки намеченной биоэволюции датируются в примерных рамках 400–350 тыс. лет назад, хотя считать эти даты окончательными пока рано. Существенные перемены в антропологических признаках отразились лишь на материалах западной половины Евразии, в основном Европы. Однако они проявились там много позднее — уже в рамках 150–120 тыс. лет назад. На восточной по-



Скелет северного евразийского мамонта и реконструкция его облика.

ловине континента — к востоку от Алтая — бесспорных останков неандертальца до сих пор не обнаружено. По всей видимости, появление неандертальцев в Европе можно считать *третьей Великой миграционной волной*.

Поскольку ныне в науке об истоках человечества едва ли не абсолютно доминирует *моноцентризм*, африканские истоки европейских неандертальцев признаются почти без дискуссий. А вот горячие споры — притом весьма очевидно — перемещаются к их судьбам и связям с современными в антропологическом отношении видами, чаще всего именуемыми уже *Homo sapiens sapiens**.

Если принять заключение об африканской прародине неандертальцев, то их появление в Европе окажется и поныне самым узнаваемым среди связанных с палеолитом терминов и понятий. Правда, при этом нередко именно в европейской университетской среде уничижительное прозвище «неандерталец» стало обозначать что-то неполноценное.

Пожалуй, именно в связке с этим намного ярче прозвучат примеры нескольких полярных оценок неандертальцев, высказанных весьма авторитетными персонами. Первое слово предоставим всемирно известному английскому писателю Герберту Дж.Уэллсу, автору множества произведений научной фантастики, а также академику Деревянко. Британский классик опубликовал свои мнения в 1920 и 1921 гг. [12], а Деревянко — уже совсем недавно, в 2012 г.

* Двойным *sapiens* ныне определяют людей Нового времени, и тогда получается вроде бы «разумный-разумный» или же «очень разумный». Однако с биологической позиции их различия с видом «одинарного» *sapiens* остаются не вполне ясными.



Ареал распространения важнейших памятников неандертальцев в Западной Евразии. Белым цветом показана зона оледенения (de.wikipedia.org).

Восьмую главу своей книги «Очерки истории цивилизаций» Уэллс начинает так: *Нам ничего не известно о том, как на самом деле выглядели неандертальцы. Похоже, что они казались новым людям [сапиенсам] крайне уродливыми; возможно, поэтому и не происходило смешения [полового]. Исключительная волосатость, обезьянья шея, нависшие сросшиеся брови и низкий лоб, сгорбленная длиннорукая фигура не могли не действовать отталкивающе. Возможно, [у них] был слишком свирепый нрав, не поддающийся укрощению.*

И еще: *Волосатый и страшный, с большим, подобным маске, лицом, массивными надбровьями и без малейшего намека на лоб, сжимающий огромный камень идвигающийся, как бабуин, выдвинув голову вперед, вместо того чтобы держать ее по-человечески прямо, он, вероятно, вселял при встрече ужас в наших предков,* — пишет Уэллс в другом своем «антинеандертальском» произведении — опубликованном в 1921 г. рассказе «The Grisly Folk» («Жуткий народ») [13].

А теперь Деревянко: *Со студенческих лет у меня было какое-то особое отношение к неандертальцам. Они представлялись настоящими землепроходцами, которые мужественно осваивали северные широты. Думаю, что если бы неандертальца можно было сводить в салон модного парикмахера, надеть на него фрак и шляпу, то, наверное, он хотя и не смог бы дирижировать симфоническим оркестром, но слушал бы музыку Вивальди с большим удовольствием. И мне всегда хотелось обратиться к коллегам, которые вы-*

черкнули неандертальцев из родословной человека: «Уважаемые господа ученые, не обижайте, пожалуйста, неандертальцев. В какой-то степени они тоже наши предки» [10, с.36]*.

Далее предложу максимально краткий комментарий этих разительно несхожих мнений. Хотя, наверное, как очень часто бывает, истина все же кроется где-то посередине.

Пока же продолжим биолого-антропологическую характеристику неандертальцев. Во многих чертах этот вид приблизился к сапиенсам. Объем черепной коробки оказался практически таким же, как у современного человека. Некоторые палеоантропологи уверяют, что и средний вес этой ключевой структурной части человеческого организма у неандертальцев мог — правда, ненамного — даже превосходить сапиентный. Но вот возникает невольный и остающийся, по сути, без ответа вопрос: отчего же это «весовое мозговое превосходство» никак позитивно не проявилось в отдаленной от нас исторической реаль-

* Любопытно, что Л.Б.Вишняцкий [13], вроде бы не разделяющий столь восторженного отношения к этим наследникам архантропов, тем не менее в своей весьма ценной и содержащей массу важнейшего материала книге «Неандертальцы: история несостоявшегося человечества» поместил на обложку три профиля, отражающих предполагаемое развитие этого вида людей. Первый на этой эволюционной линии — обычный череп, за ним голова в привычном представлении, а последнюю и наиболее «продвинутой» персону неандертальца автор снабдил современной шляпой, почти так, как об этом «мечтал» Деревянко.

ности? Прочие и не столь уж значимые внешние черты предшественника сапиенсов демонстрировали более широкую и потому не слишком грациозную фигуру.

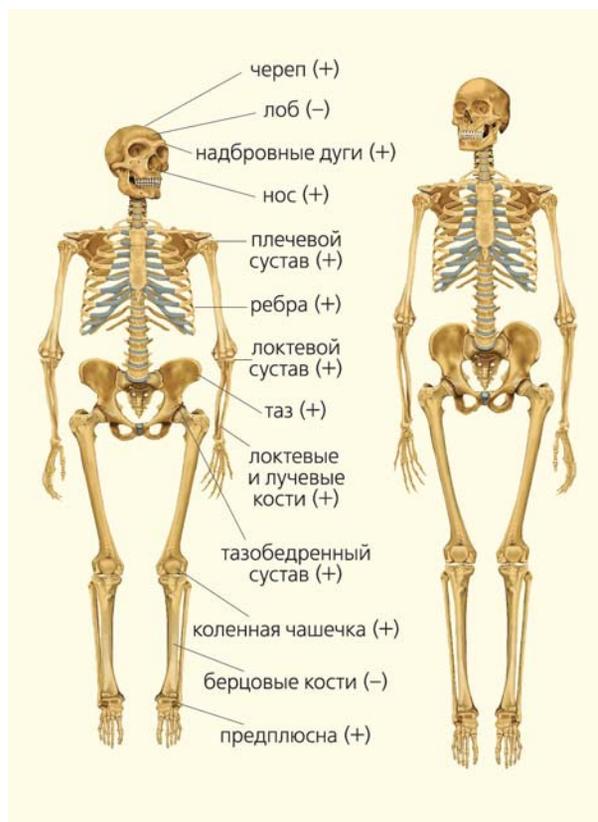
Но отвлечемся от внешности и обратимся вкратце к духовным постижениям неандертальцев, что кажется более существенным. Здесь на первый план выступают некрополи с отчетливо выраженными намеренными захоронениями соплеменников. Факт этот чрезвычайно примечателен: он говорит нам о начале каких-то неясных раздумий людей о внемном мире, в котором мог оказаться человек после своей земной кончины. До эпохи неандертальцев бесспорных следов подобной практики археологам не встречалось. Тогда же стали известны не только индивидуальные — правда, очень редкие — захоронения в намеренно приготовленных для этого ямах.

Без сомнения, наиболее ярким и необычным для археологической практики этой эпохи погребальным памятником можно считать пещеру Сима де лос Уэсос (Sima de los Huesos) на севере Испании, что в переводе может означать «Костяная пропасть», или же «Костяной провал». На дне этой весьма своеобразной по форме пещеры наряду с большим количеством костей пещерного медведя были обнаружены многочисленные — более 5 тыс. — обломки человеческих костей, останков как неандертальца, так и его предшественника — *H. heidelbergensis* (хайдельбергский человек). Изученные и определимые останки принадлежали как минимум 28 индивидам. Их возраст, согласно результатам торий-уранового датирования, составлял не менее 530, а возможно, даже около 600 тыс. лет [13, 14]. Непрерывные и тщательнейшие раскопки слоев Костяной пропасти ведутся с 1976 г. и продолжают поныне.

Все прочие загадки неандертальского антропологического семейства будут уже связаны с острыми вопросами появления на западной (равно как и на восточной) половине нашей планеты людей современного облика — *H. sapiens*. Дело в том, что очевидное большинство специалистов совершенно не склонно считать неандертальцев исходной ветвью для сапиенсов*.

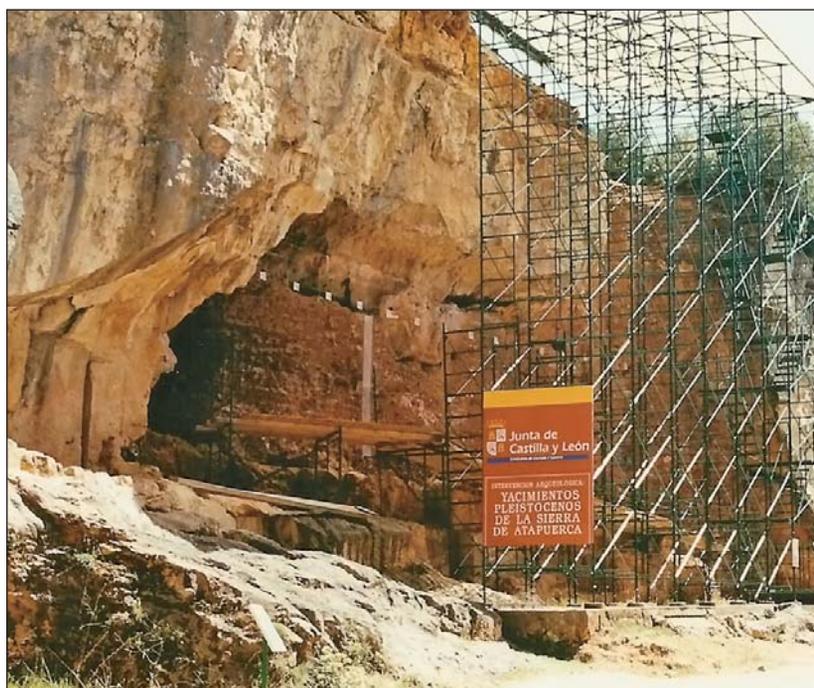
Многие даже считают, что эти два вида были очень плохо совместимы в половом отношении, и их потомство отлича-

* Во всяком случае, горячие дискуссии по этой весьма сложной проблеме ведутся в последние годы. Этой теме посвящены статьи, например, в журнале «Science» [15].

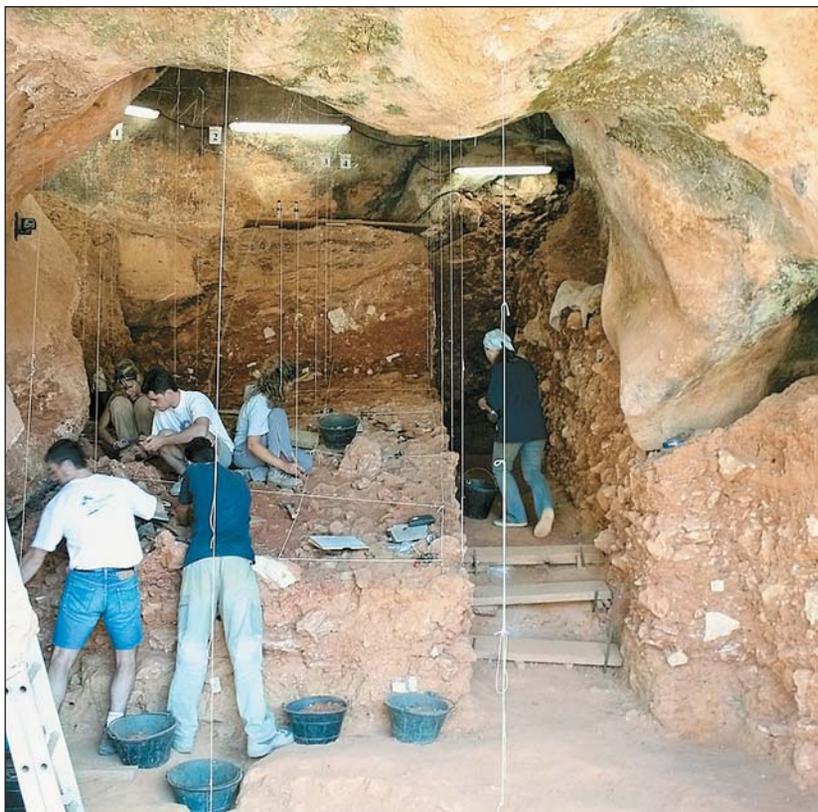


Сравнение скелетов неандертальца (слева) и *Homo sapiens*. Части скелета, которые у неандертальца были крупнее/массивнее, отмечены плюсом.

perspectivesinanthropology.blogspot.com.es



Сима де лос Уэсос — уникальный пещерный некрополь неандертальцев.



Археологические работы в пещере Сима де лос Уэос.

лось некими патологическими чертами. Отсюда может последовать заключение о неандертальцах как об эволюционно тупиковой ветви в развитии человечества. Поэтому все ключевые вопросы этого направления были устремлены уже к позднейшей ветви *Homo* [16].

***Homo sapiens*: где его корни?**

Разумеется, в Африке, откуда он и появился в Евразии. Так или же примерно так отвечает на эти вопросы подавляющее число исследователей — палеоантропологов и археологов, погруженных в данную проблематику. Превосходство «африканистов» не должно удивлять: оно полностью соответствует теории африканского моноцентризма в происхождении *Homo*, его основных семей и видов, которая доминирует среди исследователей. О том же, как будто, свидетельствуют и генетики.

По мнению Деревянко, моноцентризм предполагает, что сапиенс распространяется по планете с замещением автохтонных популяций, с замещением и гибридизацией, равно как и с ассимиляцией. *Ядерная ДНК и геном мтДНК свидетельствуют о том, что африканцы наиболее генетически разнообразны. Но при всем уважении к генетическим исследованиям и их вкладу в решение проблемы происхождения человека современного*

типа необходимо обратить внимание на разные результаты, полученные одними и теми же исследователями. [В один год могут появиться две статьи одних и тех же авторов, но с противоположными результатами.] <...> К сожалению, генетики и антропологи зачастую полностью игнорируют данные археологии [10].*

Однако Деревянко согласен лишь с тем, что в реальности приверженцы моноцентризма преобладают лишь количественно, себя же он видит среди энергичных полицентристов. Его внимание устремлено на те четыре важнейшие ветви развития, что лежат, как он считает, в основе распространения и господства на Земле сапиенсов. Все эти ветви восходят к виду *Homo erectus sensu lato* т.е. *хомо эректус* в широком смысле этого вида. Последнее означает, что основные процессы формирования сапиенсов протекали на базе *Homo erectus* параллельно и в четырех обширных регионах Восточного полушария: первоначально,

разумеется, в Африке, затем в Европе (Южной), в Восточной и Юго-Восточной Азии и, наконец, в Северной и Центральной Азии.

И далее автор прибавляет: *Предложенные мной обозначения четырех подвидов вызовут у многих читателей взрыв возмущения, как и объединение их в единый вид Homo sapiens. Я делаю это не для*

* Внедрение методов генетики в изучение древних человеческих культур носит ныне едва ли не взрывной характер, и интерес к результатам этих изысканий кажется поистине чрезвычайным. На уровне ООН в 2003 г. принята даже Международная декларация о генетических данных человека. Пока что не выказано каких-либо сомнений в значимости и необходимости данного симбиоза наук. Правда, это относится прежде всего к проведению параллельных исследований традиционно археологических и антропологических материалов, а также генетических данных [17, 18]. Однако немалое число каверзных вопросов возникает при знакомстве с широчайшими — на базе данных генетики — реконструкциями многотысячекилометровых миграций/переселений, опоясывающих весь земной шар (см. например: Wikipedia — Early Human Migration, World Map of Y-DNA Haplogroups, а также другие источники). Во многих случаях остается неясным, сколь надежны те базы археолого-антропологических материалов, что послужили фундаментом этих впечатляющих картин. Полностью соглашусь здесь с мнением Деревянко, и эта проблема, конечно же, требует особого внимания. Поэтому мы пока что не будем рассматривать данную тематику в рамках предлагаемой статьи.

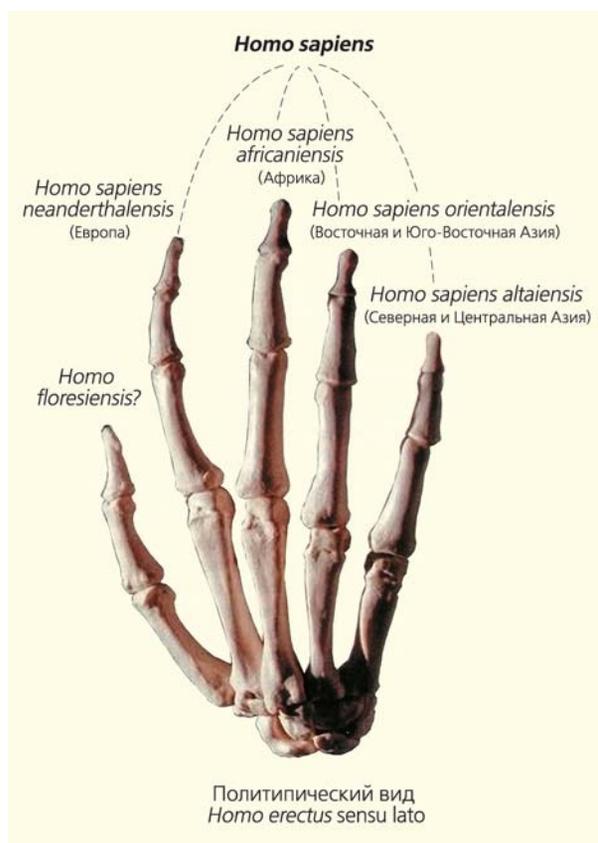
эпатирования своих коллег. Выводы основаны на большом количестве накопленных археологических фактов. <...>

Но очевидно, что в хронологическом интервале 80–20 т. л.н. мощного миграционного потока людей из Африки, который бы привел к замещению или замещению с ассимиляцией автохтонного населения Восточной и Юго-Восточной Азии, не было. В китайско-малайской зоне происходило эволюционное развитие как индустрии, так и анатомического типа самого человека на основе эректоидных форм. Это позволяет выделить человека современного типа, сформировавшегося на данной территории, в подвид *Homo sapiens orientalis* [10].

Что можно добавить в эту дискуссию уже в пользу полицентризма? Прежде всего, факт существования бросающихся в глаза и без каких-либо затруднений различимых трех человеческих рас: негроидов («чернокожих»), монголоидов («желтокожих») и, наконец, «белокожих», или же кавказоидов, как их принято именовать в англоязычной научной литературе. Их анатомические различия весьма значимы и вполне очевидны даже для неподготовленных наблюдателей. Представить для них единый генетический источник и стремительную, к тому же разнонаправленную эволюцию крайне трудно. Однако этих сюжетов постараемся подробнее коснуться далее, когда будут затронуты события самого последнего в истории человечества Великого переселения — Нового времени, старт которого совпадает с относительно недавними XVI—XVII вв. Финал же этого — равно как и предыдущего — раздела дополню предельно кратким комментарием: *вполне вероятно, что истина таится где-то посередине*. И если это так, то, может быть, имеет смысл посчитать появление сапиенсов хотя бы на пространствах Европы *четвертой глобальной волной переселений*? До тех пор ведь там хозяйничали неандертальцы.

Глобальный охват планеты

Вплоть до самого последнего Великого переселения популяций, старт которого совпадал с XVI—XVII вв., наиболее знаковыми миграциями следует считать те, что смогли преодолеть границы необозримых громад Евро-Африканского материка. Эти подвижки народов охватили сушу еще двух континентов — небольшой Австралии и гигантской по своей протяженности с севера до крайнего юга Америки. Все эти межконтинентальные миграции осуществляли исключительно *Homo sapiens*. Успеху свершившихся переселений в очень большой степени способствовало то, что чрезвычайные по охвату пространства северной половины земного шара были покрыты могучими ледяными панцирями — ведь эти продвижения приходились на финал плейстоцена, т.е. ледниковую эпоху.



Четыре основных слагающих вида архантропа *Homo erectus*, послужившие, по мнению А.П.Деревянко, источниками зарождения *Homo sapiens* [10].

Звучит такое, правда, крайне парадоксально — могучие ледяные панцири и успех переселений людей на необжитые и неведомые континенты?.. Однако в реальности так и было: бесконечные ледники буквально «отсасывали» воду у Мирового океана, и его уровень понижался на 100–150 м. Обнажалось дно материковых побережий, ширилась площадь континентов. Тогда и появилась возможность для мигрирующих популяций продвигаться по прибрежной суше. Когда ледники растаяли, уровень океана поднялся и некогда доступные пути вновь оказались перерезанными. Но произошло это уже в эпоху голоцена.

Это Великое переселение мы будем считать пятым в случае согласия с четвертым, с которым мы соотносили распространение ранних групп *Homo sapiens* из Африки на европейский север и восток. *Пятая Великая миграция* проявила себя в двух несвязанных между собой знаковых волнах. Первая из них оказалась сопряженной с продвигавшимися с юго-восточных окраин Азии популяциями через два связанных между собой полуострова — крупный Индокитайский и узко вытянутый Малаккский; через едва ли не полностью пересохший или же предельно обмелевший Малаккский пролив; через цепи близко сходящихся островов Су-



Предполагаемый путь переселения *Homo sapiens* с юго-востока Азии через Торресов пролив в Австралию.

матра, Ява, Новая Гвинея. Последний соединялся с северным австралийским мысом Йорк сравнительно нешироким Торресовым проливом, усеянным множеством мелких и расположенных близ друг друга островков. Судя по всему, именно здесь и пролегли важнейшие маршруты мигрантов.

Северная часть австралийского маршрута была освоена человеком задолго до этих передвижений. Ведь именно на о.Ява в 1890–1891 гг. голландский врач Эжен Дюбуа вполне корректно оценил и характер, и антропологическую значимость фраг-

мента черепа и бедренной кости архантропа, обнаруженных им при раскопках. Найденные костные останки со временем получили мировое признание, но уже в образе знаменитого «яванского питекантропа». Дюбуа назвал его в принятом уже тогда научном стиле — *Pithecanthropus erectus* или же *обезьяно-человек прямоходящий**.

Существуют весьма противоречивые мнения относительно времени появления в Австралии азиатских первопроходцев. Кажется, однако, что в настоящее время самыми ранними, наиболее согласованными и принятыми большинством датировками археологических материалов могут считаться те, что укладываются в весьма широкий хронологический интервал 60–40 тыс. лет назад.

Вторая, поздняя, но, безусловно, намного более значимая для Всемирной истории волна миграций проявилась в активизации групп *Homo* на крайнем северо-востоке Азии. Примерно 20–15 тыс. лет назад палеолитические первопроходцы двинулись с Чукотки на Аляску по свободной от океанской воды обширной суше Берингии. Путь азиатских мигрантов на восток и условия их продвижения по этим рубежам представляли собой воистину полярный контраст с тем, что отличал южный рывок *Homo* к австралийским просторам. Здесь было царство абсолютно неприветливых пространств с ледовыми панцирями, венчавшими горы и заполнявшими долины. Переселенцев окружала суровая тундра или же мало чем отличающаяся от нее лесотундра. Да и передвигались они по абсолютно неведомым для них просторам...

Вместе с тем любопытно, что на самой Чукотке — исходной для мигрантов — археологи до сих пор не смогли обнаружить сколько-нибудь выразительных материалов, связанных с этими миграционными волнами. *Возможно, эта скудость данных связана не только с недостаточной изученностью, но и с тем, что основные маршруты передвижения древних людей пролегли вдоль побережья (т.е. в местах, ныне лежащих на морском дне), а неблагоприятные для жизни внутренние районы были мало освоены [20]**.*



Берингия в эпоху плейстоцена: древние береговые линии Чукотки и Аляски. По осушенному дну Берингова пролива пролегал путь палеолитического человека.

* Знаменательная находка на Яве в свое время породила множество горячих споров и обидных насмешек над голландским исследователем. Все это в увлекательной научно-популярной форме изложено в книге «Колыбель предков» известного российского археолога-палеолитчика В.Е.Ларичева [19].

** Подробно о пятом — по нашему счету — Великом межконтинентальном переселении палеолитических культур рассказывает весьма информативная статья российского археолога С.А.Васильева «Сибирь и первые американцы» [20].

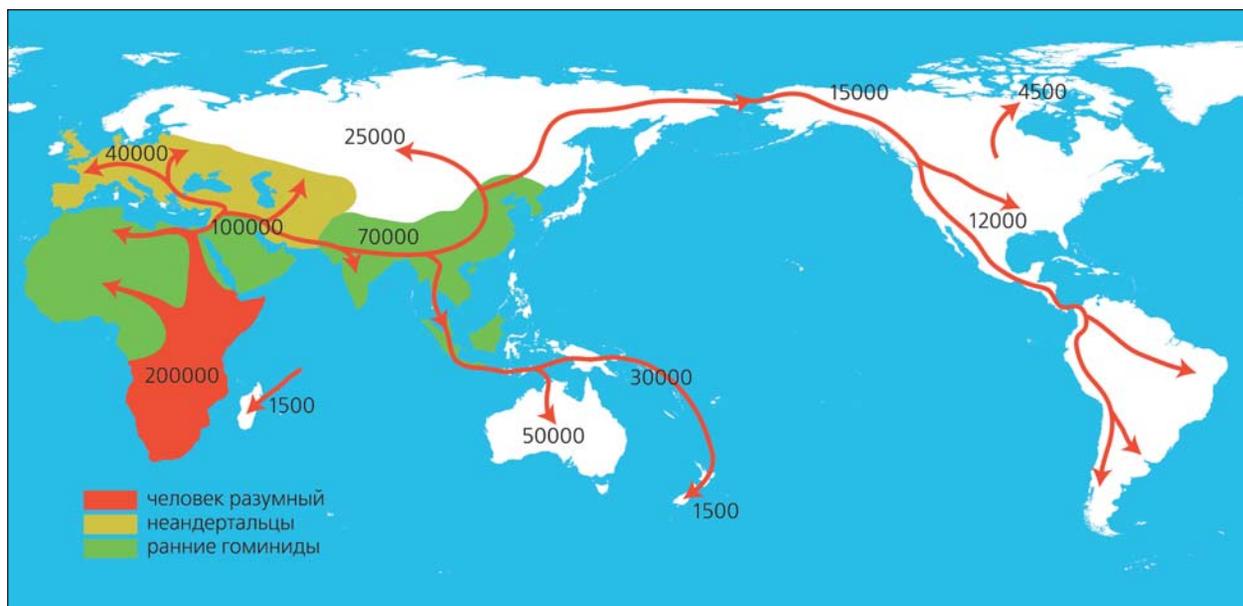


Схема предполагаемых путей и времени расселения различных видов *Homo* по земному шару.

Первые шаги переселенцев коснулись Берингии и Аляски. Но на удивление быстро следы человека проявились едва ли не на крайнем юге Америки. К примеру, радиоуглеродные датировки палеолитической стоянки Монте Верде, что на юге Чили, показали, что она существовала почти 15 тыс. лет назад. Кроме всего, ведь и в целом картина радиоуглеродных датировок палеолитических памятников северной и южной частей континента укладывается по преимуществу в четыре — от 16-го до 12-го — тысячелетия. За это не столь уж протяженное время первопроходцам удалось преодолеть и освоить не менее 20 тыс. исключительно трудных маршрутов только лишь вдоль тихоокеанского побережья. Но ведь оставались обширные пространства еще в центральных областях, а также вблизи Атлантики. Мигранты начинали свое движение в приполярной зоне Чукотки—Берингии—Аляски; в середине пути они вступили в тропики, а в конце

маршрута их вновь окружали холодные пейзажи не столь отдаленной от Антарктиды Огненной Земли.

* * *

Итак, мы приблизились к завершению рассказа о протяженной, но при всем том стремительной биологической эволюции от австралопитека до человека современного. Все исходные группы антропологических «пионеров» от *H. habilis*, *H. erectus* и *H. ergaster* до *H. sapiens* были порождены на просторах Восточной и Южной Африки, откуда четырьмя последовательными волнами устремились к северу, в Евразию. Пятая волна мигрантов — а то были уже только сапиентные группы евразийцев — первоначально внедрилась в Австралию, а позднее охватила и Америку. Именно с тех пор приматы вида *Homo* с какой-то удивляющей нас скоростью обеспечили господство двуногих фактически над всей планетой Земля. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-06-00037).

Литература / References

1. Несис К.Н. Когда Средиземное море высохло и что за этим последовало. Природа. 2000; 4: 4–6. [Nesis K.N. When the Mediterranean Sea dried up and what came after that. Priroda. 2000; 4: 4–6. (In Russ.)]
2. Бялко А.В. И.С.Чумаков: открытие и судьба. Природа. 2000; 4: 6–9. [Byalko A.V. I.S.Chumakov The Discovery and fate. Priroda. 2000; 4: 6–9. (In Russ.)]
3. Чумаков И.С. Плиоценовые и плейстоценовые отложения долины Нила в Нубии и Верхнем Египте. М., 1967. [Chumakov I.S. Pliocene and Pleistocene deposits of the Nile valley in Nubia and upper Egypt. Moscow, 1967. (In Russ.)]
4. Бялко А.В. Наша планета — Земля. Библиотечка «Квант». М., 1989: 29. [Byalko A.V. Our planet is Earth. The «Kvant» Library. Moscow, 1989. 29.]
5. Бялко А.В. Парижское соглашение по климату: реальны ли цели? Природа. 2016; 3: 3–10. [Byalko A.V. Paris Climate Agreement: are its goals realistic? Priroda. 2016; 3: 3–10. (In Russ., Abstr. in Engl.)]

6. Бялко А.В. От климата прошлого к климату будущего. Природа. 2011; 5: 3–13. [Byalko A.V. From the climate of the past to the climate of the future. Priroda. 2011; 5: 3–13. (In Russ., Abstr. in Engl.)]
7. Бялко А.В. Климат Земли. Релаксационная теория климата. Успехи физических наук. 2012; 182(1): 111–116. Doi: 10.3367/UFNe.0182.201201h.0111. [Byalko A.V. Relaxation theory of climate. Physics Uspekhi. 2012; 55: 103–108. Doi: 10.3367/UFNe.0182.201201h.0111.]
8. Деревянко А.П. Древнейшие миграции человека в Евразии в раннем палеолите. Новосибирск, 2009. [Derevianko A.P. The earliest human migrations in Eurasia in the Early Paleolithic. Novosibirsk, 2009. (In Russ.)]
9. Деревянко А.П. Три глобальные миграции человека в Евразии. II. Первоначальное заселение человеком Северной, Центральной и Средней Азии. Новосибирск, 2017. [Derevianko A.P. Three global human migrations in Eurasia. II. The original peopling of Northern, Central and Western Central Asia. Novosibirsk, 2017. (In Russ.)]
10. Деревянко А.П. Новые археологические открытия на Алтае и проблема формирования *Homo sapiens*. Новосибирск, 2012. [Derevianko A.P. Recent Discoveries in the Altai: Issues on the Evolution of *Homo sapiens*. Novosibirsk, 2012. (In Russ.)]
11. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.A. et al. Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia. Quaternary Science Reviews. 2004; 23: 1229–1271. Doi:10.1016/j.quascirev.2003.12.008.
12. Уэллс Г. Очерки истории цивилизаций. М., 2004. [Wells H.G. The Outline of History. London, 1920.]
13. Вишняцкий Л.Б. Неандертальцы: история несостоявшейся цивилизации. СПб., 2010. [Visnjatsky L.B. Neanderthals: the history of the failed humanity. St.-Petersburg, 2010. (In Russ.)]
14. Arsuaga J.L., Martinez I., Arnold L.J. et al. Neandertal roots: Cranial and chronological evidence from Sima de los Huesos. Science. 2014; 344: 1358–1363. Doi: DOI: 10.1126/science.1253958.
15. Green R.E., Krause J., Briggs A.W. et al. A Draft Sequence of the Neandertal Genome. Science. 2010; 328: 710–722. Doi: 10.1126/science.1188046.
16. Деревянко А.П. Переход от среднего к верхнему палеолиту и проблема формирования *Homo sapiens sapiens* в Восточной, Центральной и Северной Азии. Новосибирск, 2009. [Derevianko A.P. The Middle to Upper Paleolithic Transition and Formation of *Homo sapiens sapiens* in Eastern, Central and Northern Asia. Novosibirsk, 2009. (In Russ.)]
17. Молодин В.И., Пилипенко А.С., Журавлев А.А. и др. Генофонд мтДНК представителей восточного варианта пахомовской культуры. Археология, этнография и антропология Евразии, 2012; 52(4): 62–69. [Molodin V.I., Piliipenko A.S., Zburavlev A.A. et al. An analysis of mitochondrial DNA from the Pakhomovskaya population of the Late Bronze Age, Western Siberia. Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia. 2012; 40(4): 62–69.]
18. Молодин В.И., Пилипенко А.С. Охотники за древними генами. Генетическая летопись населения Западной Сибири в эпоху палеометалла. Наука из первых рук. 2015; 65/66(5/6): 56–69. [Piliipenko A.S., Molodin V.I. Hunters for ancient genes. Genetic chronicle of the West Siberian population in the Paleometal age. Science First Hand. 2016; 43(1): 60–73.]
19. Ларичев В.Е. Колыбель предков. Новосибирск, 1987. [Larichev V.E. Cradle of ancestors. Novosibirsk, 1987. (In Russ.)]
20. Васильев С.А. Сибирь и первые американцы. Природа. 2001; 8: 66–73. [Vasilyev S.A. Siberia and the First Americans. Priroda. 2001; 8: 66–73. (In Russ., Abstr. in Engl.)]

Homo Cultures: the nodal questions of the million-years history From *Homo erectus* to *Homo sapiens*

E.N.Chernykh
Institute of Archaeology, RAS (Moscow, Russia)

The Quaternary was connected with the origin a new species of bipedal mammals — man or *Homo*. The basic earliest anthropological groups — *Homo habilis*, *H. erectus*, *H. ergaster*, as well as a later and very peculiar group of Neanderthals — *Homo neanderthalensis* — are described in this paper as initial from the African ancestral home. Four great intercontinental migrations from Africa to Eurasia are also defined. Finally, the general hypotheses of the *Homo sapiens* genesis are also presented. Special attention is paid to the fifth great and also intercontinental migration of *Homo sapiens*, primarily to Australia, and later to America. The sharp decrease of the oceanic waters level due to the glacial epoch of the Pleistocene allowed the migrants to safely reach America through temporarily turned into land Beringia, and across the heavily shoaled Torres Strait to Australia. The finale of the Pleistocene is associated with the fifth migration when the Eurasian cultures of *Homo sapiens* managed to cover all Earth's continents (excluding Antarctica). The most important key points of the early history of mankind are closely linked with the basic data of archeology and paleoanthropology.

Keywords: paleoanthropology, Quaternary, Paleolithic age, intercontinental migrations.

«Любопытное время переживаем...»:

Германия и Франция в научной биографии В.И.Вернадского

М.Ю.Сорокина

Дом русского зарубежья имени Александра Солженицына (Москва, Россия)

В статье рассматриваются контакты В.И.Вернадского с немецкими и французскими учеными, сыгравшими важную роль в личной, научной и общественной судьбе академика. Впервые публикуются письма коллег В.И.Вернадского — академиков Ф.Н.Чернышева и С.А.Чаплыгина, раскрывающие интересные подробности внутренней жизни академического сообщества в дореволюционной и советской России.

Ключевые слова: В.И.Вернадский, социальная история науки, архивы.

Владимир Иванович Вернадский (1863–1945) — академик, один из немногих отечественных ученых, влияние идей и самой личности которого вышло далеко за рамки научного сообщества. 12 марта 2018 г. исполняется 155 лет со дня его рождения, и очередная неюбилейная дата — хороший повод для историко-научной рефлексии. Тем более, что несмотря на кажущееся обилие научной и научно-популярной литературы об академике, многочисленные парадные юбилеи и своего рода канонизацию его фигуры в российской историографии и общественном сознании (от названия столичной станции метро, центрального проспекта до денежных знаков), до сих пор не существует ни полного академического собрания сочинений В.И.Вернадского, ни летописи жизни и творчества, ни научного описания самого крупного архивного собрания документов ученого в Архиве РАН; ряд научных трудов академика и его обширное эпистолярное наследие остаются фрагментарно изданными и неизвестными широкой научной общественности. Более того, в последнее десятилетие исследовательский интерес к российской части архива Вернадского заметно снизился, количество новых публикаций подлинных документов резко упало, что связано не только с некоторой исчерпанностью, окрашенной «цветами времени», историографической парадигмы «национальных героев», к которым Владимир Иванович



Марина Юрьевна Сорокина, кандидат исторических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом истории российского зарубежья Дома русского зарубежья имени Александра Солженицына. Область научных интересов — социальная история отечественной науки, архивное наследие ученых.

почти всегда относился и в советское, и в перестроечное время, но и с очевидной сменой поколений историков науки и самой оптики историко-научной проблематики.

Между тем за рубежом, в том числе в ближнем зарубежье, возрастает как интерес к философскому и научному наследию ученого, так и стремление включить его имя в пантеон своих «национальных героев». На постсоветском пространстве этот вопрос приобрел особое звучание в связи с проблемой формирования исторической памяти и исторического сознания новых независимых государств. Стремление написать «новую» — в противовес «имперской» — версию истории нередко приводит к ее упрощенной «национализации». Так, составители многотомного академического издания «Владимир Иванович Вернадский. Переписка с украинскими учеными», вышедшего в Киеве в 2011 г., прямо пишут о том, что «старались возможно более широко подойти к понятию «украинские ученые», включая в него как этнических украинцев, так и ученых и научных деятелей

неукраинского происхождения, живших или работавших в Украине как постоянно, так и временно, изучавших ее, исследовавших ее естественные и производительные ресурсы, принимавших участие в научной, культурной, политической или государственной деятельности» [1, с. 31–32].

Так или иначе, но стоит признать, что многие стороны жизни и деятельности Вернадского по-прежнему остаются мифологизированными, малоизвестными и/или вовсе недокументированными. Например, четырехлетний «французский» период его творчества (1922–1925) остается одним из наиболее интригующих и в то же время малоизученных и слабодокументированных этапов жизни ученого. Именно в эти годы академик задумал, записал и частично опубликовал ту часть работ, которая заложила фундамент нового, «биосферного», видения мира. Париж стал своего рода «пеклом творения» ноосферной концепции. Она получила первичное содержательное и терминологическое оформление в том интеллектуальном пространстве, которое образовалось вокруг Вернадского и его французских коллег — математика и теолога Эдуарда Леруа (Edouard Le Roy; 1870–1954), антрополога и теолога Пьера Тейяра де Шардена (Pierre Teilhard de Chardin; 1881–1955), нобелевского лауреата Анри Бергсона (Henri Bergson; 1859–1941). Вопрос о том, как и в какой степени ученые влияли друг на друга и на формирование ноосферных представлений каждого из них, долгое время оставался открытым ввиду недостаточности круга известных архивных и опубликованных источников, способных документально подтвердить или опровергнуть факты непосредственного общения русского и французских ученых. Казалось, видимая ограниченность архивных источников навсегда оставят перспективу изучения темы «парижского творения» в рамках кропотливого исследования интертекстуальных и идейных связей в произведениях ученых. Однако возможности архивного поиска оставались не до конца исчерпанными. Документы Вернадского французского периода, важнейшая часть которых сохранилась в Бахметевском архиве Колумбийского университета США, в сочетании с материалами из других архивов позволили по-новому взглянуть на характер взаимоотношений академика с французским научным сообществом и на такой сложный историко-научный вопрос, как характер интеллектуального и идейного взаимодействия и взаимовлияния выдающихся ученых [2].

Предмет общения Вернадского и Бергсона в февральском Париже 1923 г. оказался неожиданно весьма далек от круга тех научных проблем, которые захватывали Владимира Ивановича в то время и которые науковеды считали причиной встречи ученых. Фактически академик пришел в дом Бергсона как «проситель» за русскую науку в ее советском формате. После большевистской революции, Первой мировой и Гражданской войн стремление

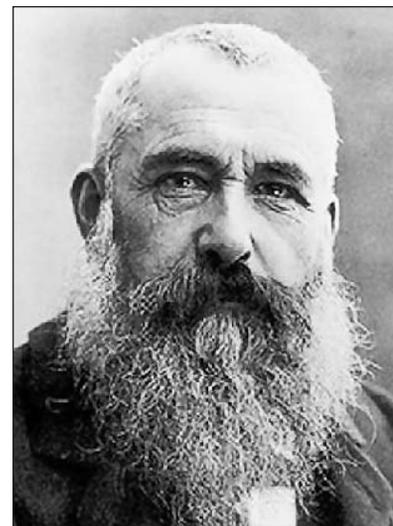
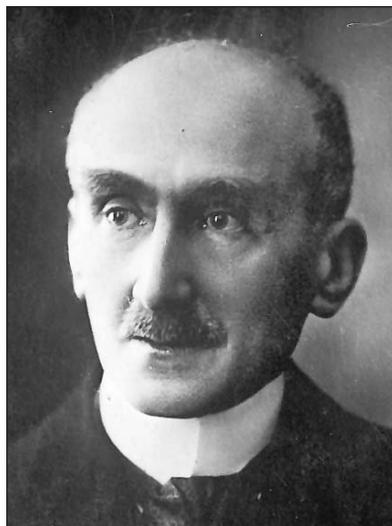
Российской академии наук реанимировать и расширить свое влияние в международных научных организациях наталкивалось на ограничения в их членстве. «Устав» созданного в 1918 г. Международного исследовательского совета исключил Россию из сформированного в 1919 г. списка участников Совета. Между тем без членства России в этой организации ни РАН, ни какая-либо другая российская научная ассоциация или союз не могли быть приняты в другие отраслевые международные научные союзы. Другим камнем преткновения на пути вступления РАН в международные научные организации стало стремление Лиги Наций сотрудничать с представителями русской научной эмиграции, а не с учеными из СССР. Диалог Вернадского с Бергсоном, председателем Комиссии интеллектуального сотрудничества Лиги Наций, и был посвящен обсуждению положения и представительства РАН и российских ученых в международном научном сообществе.

Это только один пример того, как интенсивный архивный поиск изменяет сложившиеся историографические стереотипы и открывает совершенно новые перспективы в, казалось бы, давно известных историко-научных сюжетах. Полагаю, в скором времени можно ожидать и нового всплеска интереса к архиву и многообразным научным и общественным практикам академика Вернадского. Первым тому свидетельством служит новое французское издание «Вернадский, Франция и Европа» (Vernadsky, la France et l'Europe) — 4-й выпуск коллекции статей «Россия, традиции и перспективы» (Russie, Traditions et Perspectives), в которых историки России, Франции и Швейцарии анализируют «миры» Вернадского в общеевропейском контексте [3].

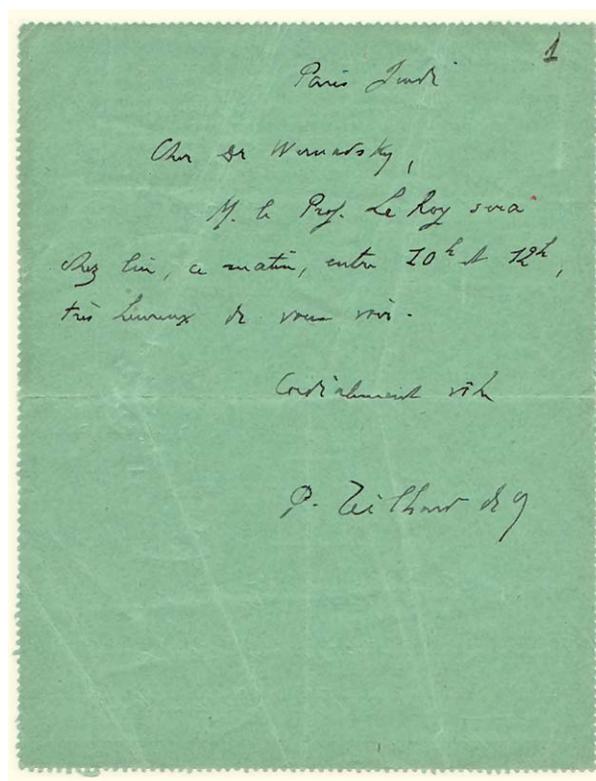
Между тем характер и динамика взаимоотношений Владимира Ивановича с российскими и зарубежными коллегами в разные периоды его жизни остаются недостаточно исследованными. Поэтому в настоящей статье, с одной стороны, остановимся на контактах Владимира Ивановича с германскими и французскими учеными*, которые параллельно, независимо и пересекаясь, сыграли важную роль в личной, научной и общественной судьбе академика, а с другой, представим несколько ранее не публиковавшихся писем коллег Вернадского — академиков Ф.Н.Чернышева и С.А.Чаплыгина, раскрывающих интересные подробности внутренней жизни академического сообщества в дореволюционной и советской России.

В жизни и научной биографии Вернадского Германия и Франция имели важное значение. Впервые он побывал в Германии летом 1873 г. в возрасте 10 лет, во время путешествия с родителями по Европе; через два года, в 1875 г., они приехали во Францию. А весной 1888 г., через три года после оконча-

* В статье использованы материалы, опубликованные на французском и немецком языках [3, 4].



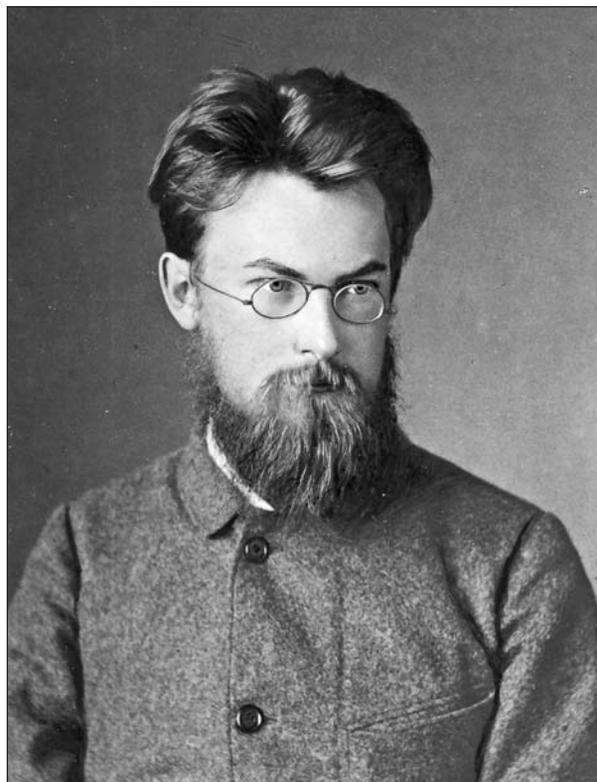
Французские коллеги В.И.Вернадского (слева направо): П.Тейяр де Шарден, А.Бергсон, Э.Леруа.



Письмо П.Тейяр де Шардена В.И.Вернадскому (АРАН).

ния физико-математического факультета Петербургского университета, хранитель Минералогического кабинета университета Владимир Вернадский получил двухгодичную заграничную научную командировку от Министерства народного просвещения для совершенствования в области кристаллографии и минералогии и подготовки магистерской диссертации, во время которой работал в различных научных лабораториях.

Свою первую большую научную стажировку Вернадский провел в Мюнхене, в Германии. Здесь он обрел старшего коллегу и патрона — профессора минералогии Мюнхенского университета и директора Баварской государственной минералогической коллекции Пауля Грота (Paul Heinrich von Groth; 1843–1927), который видел в русском исследователе своего ученика. Выбор зарубежного научного патрона был весьма важен для начинаю-



Пауль Генрих фон Грот и его 25-летний коллега — Владимир Вернадский.

щего ученого, так как в это время кафедры минералогии и кристаллографии в большинстве вузов России замещались не специалистами-минералогами, а профессорами, чьи профессиональные интересы лежали в других областях: например, в Петербургском университете оказался почвовед Василий Васильевич Докучаев (1846–1903), а в Московском университете — геолог Алексей Петрович Павлов (1854–1929). Таким образом, в первой зарубежной научной поездке Вернадский получил возможность выбрать ту или иную научную европейскую школу и одновременно войти в научную среду, которая могла бы сопроvozждать его научную карьеру все последующие годы.

Вернадский приехал к Гроту без темы диссертации, но уже после двух или трех недель профессор дал молодому русскому исследователю небольшой независимый проект по определению оптических аномалий сложного органического вещества — эфира тримединовой кислоты. Летом 1888 г. Владимир Иванович писал Докучаеву, что очень доволен работой в Мюнхене, так как ему удалось детально ознакомиться с применяемыми у Грота оптическими и кристаллографическими методами исследования [5].

Профессор Грот стремился устроить научную карьеру русского ученого на Западе и в первую очередь предоставил ему возможность печататься на страницах основанного им международного кристаллографического журнала *Zeitschrift für*

Krystallographie und Mineralogie. 11 июня 1888 г. Вернадский сообщил жене: «Вчера Грот говорил, что хочет пойти на следующей неделе со мной в библиотеку, чтобы узнать, какие там есть русские журналы, чтобы я составлял рефераты для *Zeitschrift*. Я очень поблагодарил его, но говорил, что я плохо пишу по-немецки... но Грот не согласился и сказал, что поправлять мы будем вдвоем с ним. <...> Он говорил с Зонке*, тот оставил мне место» [6, с.115]. Кроме того, Грот написал для Вернадского несколько рекомендательных писем к европейским специалистам и даже предложил совместную работу, что открывало значительные перспективы для молодого российского исследователя.

Так, первая зарубежная научная публикация Вернадского — небольшой реферативный обзор новейших исследований русских кристаллографов — вышла в Германии на немецком языке в 1889 г. в журнале *Zeitschrift für Krystallographie*. Однако его следующая работа по-немецки появилась только спустя 12 лет и только после личной встречи с профессором Гротом на международном Геологическом конгрессе в 1901 г. Более того, обширная библиография научных трудов Вернадского насчитывает всего 15 небольших по размерам публикаций на немецком языке. В то же время,

* Профессор Леонгард Зонке (Leongard Sohncke; 1842–1897) возглавлял физический кабинет Политехникума в Мюнхене.

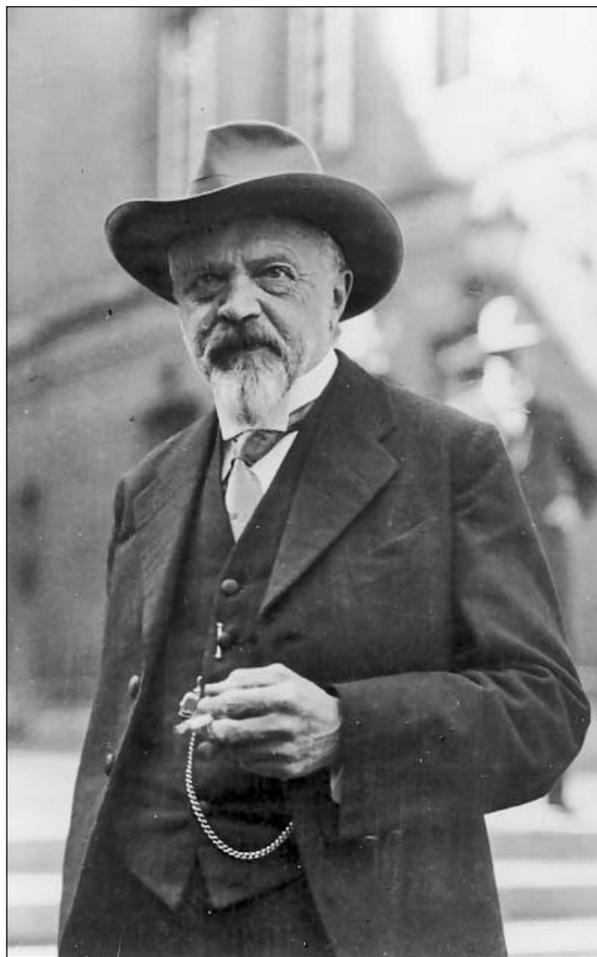
хотя его переписка с германскими коллегами носила почти исключительно деловой характер и затрагивала преимущественно вопросы приобретения минералов, приборов, обмена научной литературой, с 1888 по 1913 г. Владимир Иванович практически ежегодно проводил в немецких библиотеках и музеях не менее одного-двух летних месяцев, работая с коллекциями и новой научной литературой.

Нельзя не отметить еще один любопытный факт, связанный с коллегами из Германии. На всем протяжении своей долгой профессиональной карьеры Вернадский лишь однажды участвовал в выдвижении немецкого ученого для избрания в российские научные общества и Академию наук. В 1907 г. он совместно с Александром Петровичем Карпинским (1846/47–1936), Федором Богдановичем Шмидтом (1832–1908) и Феодосием Николаевичем Чернышевым (1856–1914) предложил избрать иностранным членом-корреспондентом Императорской Академии наук в Петербурге палеонтолога, профессора Гёттингенского университета Адольфа фон Кёнена (Adolf von Könen; 1837–1915).

И все же еще одно знаковое мюнхенское знакомство прошло через всю жизнь Вернадского. Здесь он познакомился со студентом, эмбриологом-экспериментатором Хансом Дришем (Hans Adolf Eduard Driesch; 1867–1941), в недалеком будущем выдающимся биологом и философом-неовиталистом. Немецкий коллега был всего на четыре года моложе Владимира Ивановича, однако в образовательном пространстве это составляло почти целый университетский цикл, что совершенно не помешало их сближению. «Здесь встретился с группой молодых немецких биологов, ярко и резко проводивших виталистические представления, — вспоминал позднее Вернадский. — К ним я относился осторожно, но с большим интересом».* Уже скоро они вместе пообедали и путешествовали по Германии (летом 1888 г.). «Мне нравился его стремление к науке, — писал Вернадский о Дрише жене, — и то, что он стремится к обобщениям и к вопросам общеинтересным» [6, с.125].

Этими «общеинтересными» вопросами были споры о том, на каком языке должна говорить наука, — «можно ли или не надо иметь на родных языках научные вещи». Вернадский и Дриш полагали, что общим языком науки должен быть какой-то один язык, причем уже тогда они оба предлагали на это место английский. Дриш даже не возражал против французского, и Вернадский отметил: «Это в немецком очень интересно» [6, с.125].

Широта в понимании философских, естественнонаучных и общественных проблем также очень привлекала Вернадского в немецком приятеле: «Говорили мы сперва о психологии и самых выспрен-



Х.Дриш, с которым Вернадский подружился во время первой стажировки в Мюнхене и сохранял теплые отношения на протяжении всей жизни.

них вопросах философии, а затем разговор сошел на более простую почву — мы говорили о братстве**, я ему много рассказывал о том, что мы устроили и переживали в СПб. Это человек замечательно близкий по воззрениям к нам; он говорит, что от социализма в том виде, в каком он есть в Германии, его отвлекает только то, что он стеснит личную свободу, которую он высоко ставит, и может привести к падению науки» [6, с.136].

В этот первый мюнхенский период Вернадский писал жене о Дрише постоянно, едва ли не в каждом письме. Но постепенно у него стал накапливаться скепсис в отношении отдельных взглядов немецкого друга и коллеги. 26 сентября 1890 г. Вернадский отметил в дневнике: «Понемногу читаю Дриша: “Психофизиологические типы” (М., 1890) — поражает смешение факта с объяснением, незаметное автору и иногда незамет-

** Братство — неформальный союз студентов Петербургского университета, из которого в дальнейшем вышло немало известных ученых и политиков (С.Ф.Ольденбург, Д.И.Шаховский и др.).

* Архив Российской академии наук (РАН). Ф.518. Оп.2. Д.31. Л.111.

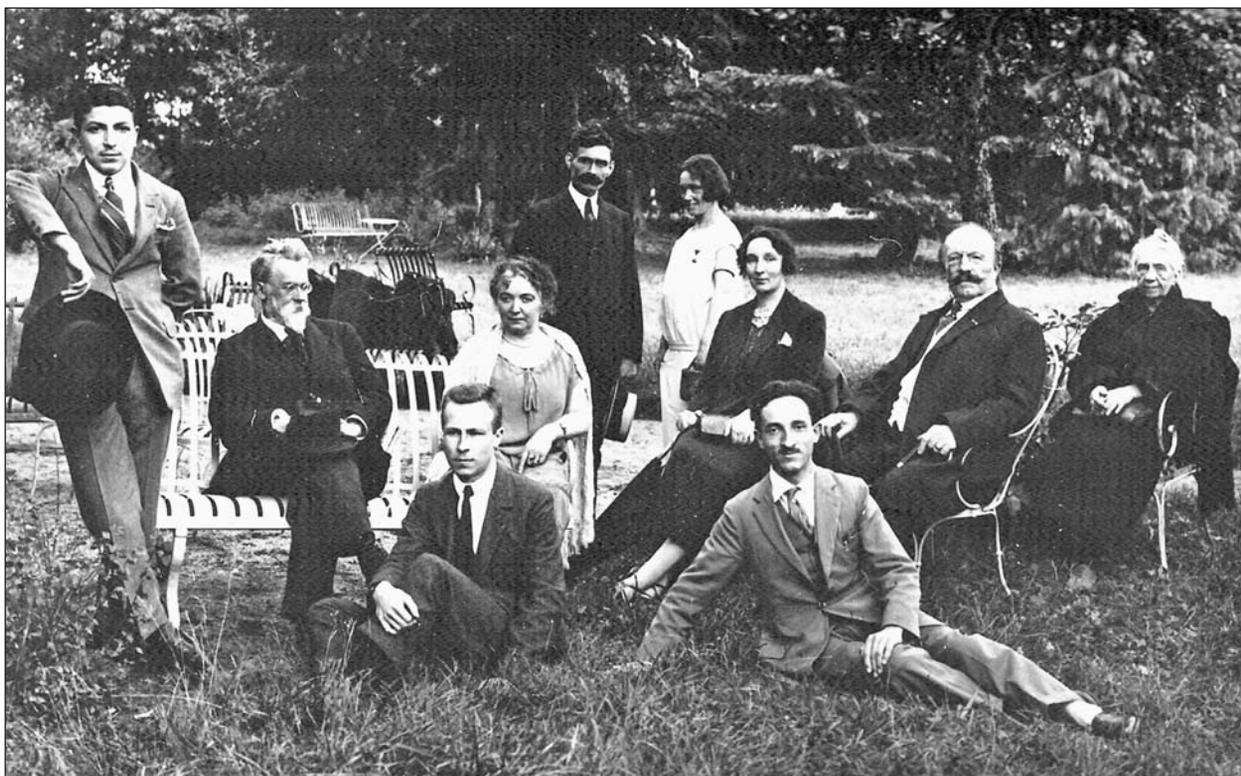
ное читателю вследствие интереса фактов» (цит. по: [7, с.208]). Позже он уточняет: «Впечатление хорошее, хотя во многом он <Дриш> увлекается, думаю, неверно» [8, с.137]; «У него много критики к сторонним мнениям — весьма сильной и изящной — и совсем мало к своим положительным воззрениям» [8, с. 140]. Тем не менее при подготовке новой поездки в Германию Вернадский повторяет, что очень хочет увидеться с Дришем и специально для этого едет в Мюнхен [8, с.131].

В немецкой научной традиции Вернадский отмечал немало позитивных черт и первой среди них — прекрасную организацию научно-исследовательской работы. В 1888 г. он писал из Мюнхена жене: «Чувствую, что все более и более научаюсь методам, т.е. у меня появляются руки, а вместе с тем как-то усиленнее и сильнее работает мысль» [6, с.116]. Работая в декабре 1889 г. в Берлине в Музее естественной истории, он отмечает: «Опять проявление замечательного умения организации научных средств, которое поразило меня и в Мюнхене» [9, с.35–49], и даже признавая, что Берлин не любит, мирится с ним: «...Библиотека чрезвычайно богата, достаю совсем редкие вещи» [10, с.101].

В то же время либерал Вернадский всегда подмечал взаимосвязь политического устройства страны, уровня развития демократии и свободы научного творчества. Для его понимания роли немецких университетов в европейском простран-

стве было очень важно, что «в былое время существование немецких университетов во многих государствах являлось одним из важных условий поддержания духа свободы и искания лучшего в европейском обществе» [6, с.146]. Путешествуя по Германии в 1902 г., Вернадский посетил Нюрнберг, который произвел на него сильное впечатление «энергической сознательной жизнью демократии — совокупным усилием поколений и отдельных личностей город принял тот своеобразный, полный красоты вид, который резко отличает его от остальных современных городов. Он чем-то — совсем в другом роде — напоминает мне Флоренцию. Для меня все это было довольно неожиданно: так особенно ясно понимаешь, что именно в такой среде могли развиваться и из нее выходить те “мастера”, которые явились в конце концов новаторами и в науке, и в искусстве. Чрезвычайно интересен Германский музей: в нем чрезвычайно много любопытнейшего материала по истории науки, в первый раз я видел в большом количестве собранными приборы алхимиков и т. д.» [10, с.110].

Параллельно в письмах Вернадского из Германии на протяжении 1888–1900-х годов рефреном звучит и иная тема — мертвенности, сухости, затхлости в понимании царивших там задач минералогии и кристаллографии. Рассматривая свое пребывание в Европе и в Германии в частности, как возможность встретиться с выдающимися учены-

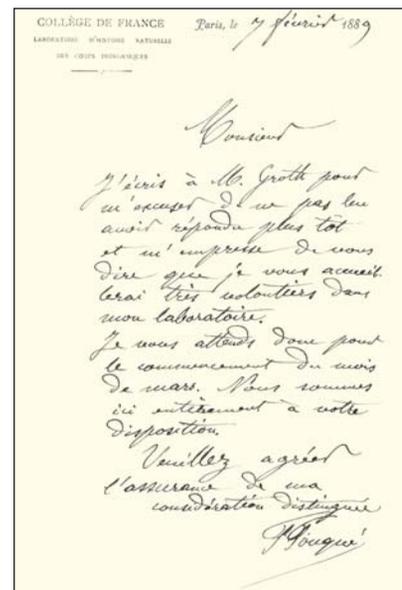
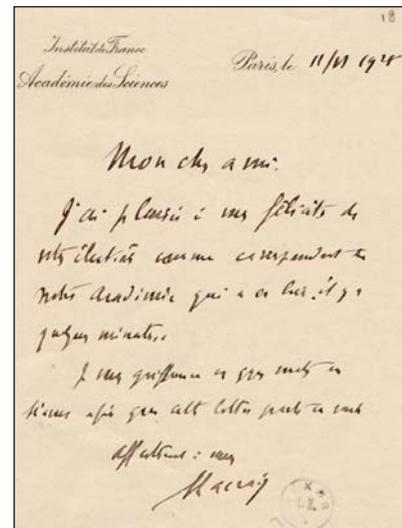
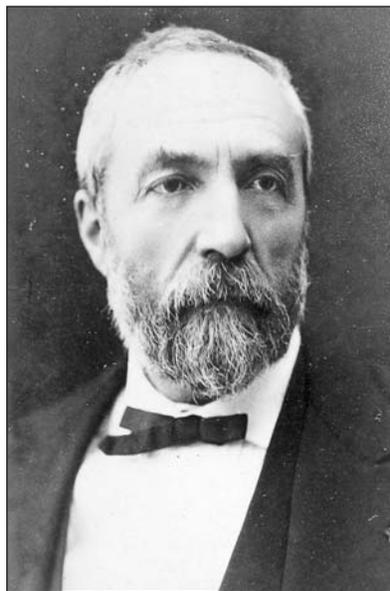


В.И. и Н.Е.Вернадские (на скамье) среди друзей и знакомых. Париж, 1925 г. (АРАН).

ми, но прежде всего окунуться в *новые* научные проблемы, узнать *новые* методы исследования, Владимир Иванович признавался жене в октябре 1888 г., что ему «хочется вырваться» в Париж, где он также успел побывать летом того же года. «В Германии я чувствовал, — писал он, — что мы нисколько не ниже, а здесь ты понимаешь, какая сила в традиционной работе поколений — как в Англии» [6, с.15]. В другом письме Вернадский писал еще откровеннее: «Франция и французы мне очень нравятся; после Германии они производят на меня впечатление чего-то очень культурного; в Германии, в обществе, очень многое меня шокировало и казалось грубым, варварским» [6, с.164].

Наиболее продуктивной Вернадский считал свою работу в Париже, в Высшей горной школе, у профессора Анри Ле Шателье (Henri Louis Le Chatelier; 1850–1936) и в Коллеж де Франс у профессора Фердинанда Фуке (Ferdinand Fouqué; 1828–1904). Коллеж де Франс, где профессора, не связанные планами и программами, были свободны в выборе предметов своих курсов, которые, в свою очередь, могли посещать все желающие, без различия пола, возраста и национальности, вызвал наибольший интерес у молодого ученого. Он специально отмечал, что профессора читали курсы по самым последним и спорным данным. «Таких лекций в Германии... почти нет», в России — тем более. Но самое главное, резюмировал Вернадский, «в отличие от того, что было в Мюнхене, у меня во Франции завязались более прочные связи, оставшиеся на всю жизнь» [6, с.20; 9, с.72].

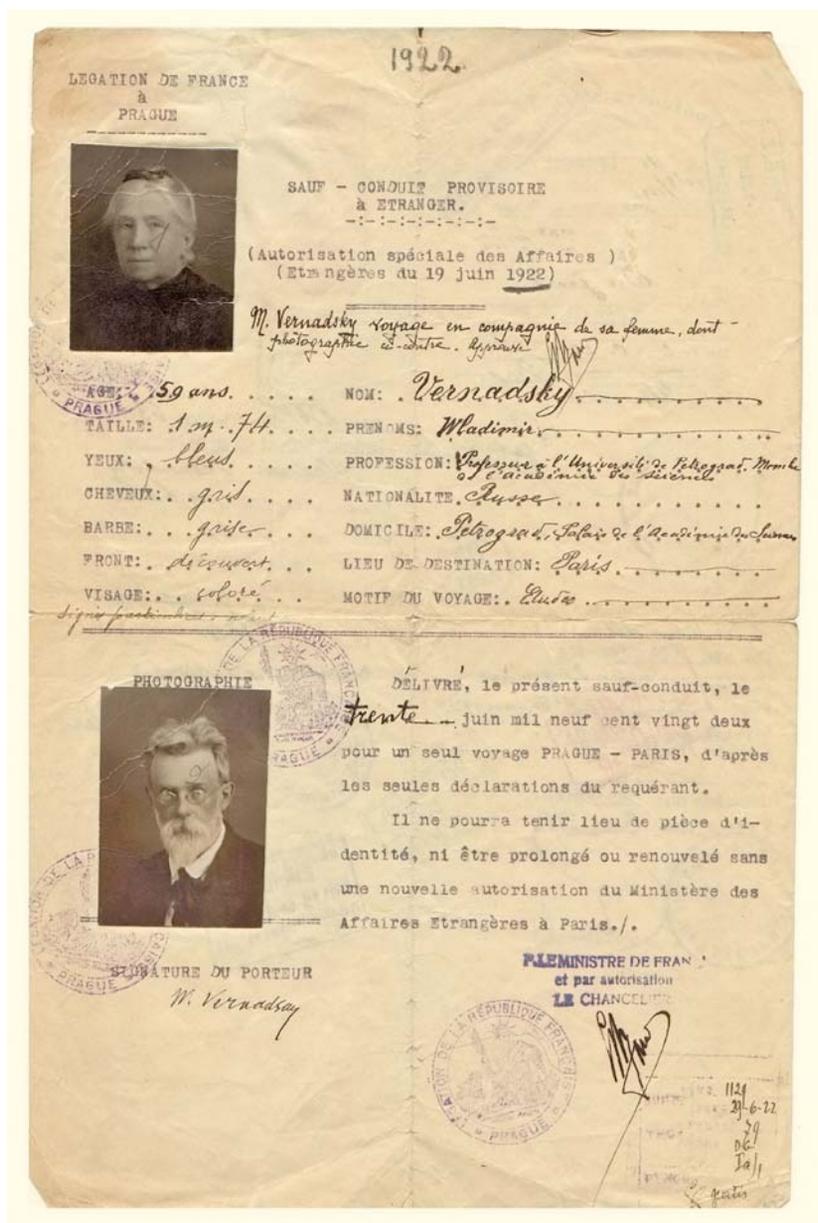
Действительно, вторая научная публикация ученого за границей, появившаяся в 1889 г. во Франции на французском языке, стала провозвестником его долговременного сотрудничества с французскими коллегами. Тогда же Вернадский был избран членом Французского минералогического общества. Многие десятилетия дружеского общения связывали его в дальнейшем, например, с французским минералогом, с 1914 г. секретарем Французской академии Альфредом Лакруа (Antoine François Alfred Lacroix, 1863–1948) [11]. Зять Фуке, он был еще лаборантом, когда в 1898 г. познакомился



А.Лакруа (вверху) и Ф.Фуке, а также автографы их писем В.И.Вернадскому (АРАН).

с русским минералогом. При непосредственном участии Вернадского, одного из авторов представления, в декабре 1909 г. Лакруа был избран иностранным членом-корреспондентом Петербургской академии наук. В свою очередь, Владимир Иванович, приехав в Париж в 1922 г., в течение нескольких лет занимался в лаборатории Лакруа в Национальном музее естественной истории.

Хотя во Франции с 1900 по 1910 г. Вернадский почти не бывал, лишь на несколько дней посетив Париж для контакта с М.Кюри в январе 1910 г. и затем, также недолго, в 1913 г., библиография его прижизненных публикаций на французском языке в три раза превышает их количество на немецком и насчитывает 45 работ, в том числе важнейшие монографии («Геохимия», «Биосфера»). Но если подавляющее большинство немецкоязычных пуб-



Разрешение на пребывание во Франции. 1922 г. (АРАН).

ликаций Вернадского появились до Первой мировой войны, большинство франкоязычных публикаций ученого вышло после 1922 г., когда он провел несколько лет во Франции и регулярно приезжал сюда в 1928–1936 гг.

Впервые после установления в России советской власти Вернадский приехал в Париж 8 июля 1922 г. и на следующий день описывал дочери свои впечатления: «Глубоки, по-видимому, последствия войны — но бьется здесь большая мысль. И все крепнет мое настроение: важны и нужны такие обособляющие настрои человечества, как национальный и государственный патриотизм или национальное религиозное движение (вроде православного движения или конфессионального

иног) — но сейчас они при ослаблении единого и общечеловеческого могут привести не к хорошему, а к дурному. И я хочу жить не этими обособлениями, а *общим*. Оно мне представляется сейчас важнее» (цит. по: [12, с.40]).

На следующий после приезда день Вернадский встретился со своими старыми знакомыми — Альфредом Лакруа, Луи Жантислем (Louis Gentil, 1868–1925) и с ректором Сорбонны Полем Аппелем (Paul Appel, 1855–1930). Французские коллеги сразу пообещали академику помочь с устройством его статей в научные журналы, а главное — издать на французском языке книгу его лекций по геохимии, прочитанных в 1921 г. в Российской академии наук. Сердечность приема обрадовала и смутила академика одновременно, он писал сыну: «Они делают больше, чем можно было себе представить, и я чувствую даже себя неловко. Во-первых, мне для работы предоставляют все, что я хочу: если нужно заказывать приборы, доставать материалы и т.д. — все в пределах лабораторных средств. Затем Парижская академия наук присудила мне за мои работы большую премию — премию Вальяна; она должна была бы быть выдана только в ноябре, но устроено так, что я уже сегодня ее получил — это 4000 франков. Затем сегодня мне сообщили, что вчера Совет Парижского университета постановил о выдаче мне 2000 fr. <...> Я смущен чувствовать себя в положении

“знаменитого” ученого — но, с другой стороны, сознаю, что это обязывает и что, может быть, для России хорошо, когда проявляется такое отношение к ее представителям» (цит. по: [12, с.40]).

Размышления о месте российской науки в мире, ее потенциале и перспективах всегда доминировали в сознании Вернадского со времени его первого длительного пребывания в Европе. Еще в споре 1888 г. о «языке науки» он говорил, что одним из необходимых для всех ученых языков может стать и один славянский, а именно русский [6, с.125]. В дальнейшем мысль о служении российской науке как неотъемлемой части мирового научного познания только укреплялась в сознании ученого. В кризисном для Мос-

ковского университета 1911 г. Вернадский, вольно или невольно цитируя П.А.Столыпина, восклицал: «Если бы нам недолго спокойствие в общественной политической жизни! Как сильно могла бы забиться русская мысль и русская жизнь! Здесь <на Западе> ворчат повсюду на рост русской научной литературы, выражают неудовольствие, но ясно чувствуется, что они будут считаться с фактом» [7, с.51].

В трудах по истории науки Владимир Иванович непременно указывал на национальность ученого, его национальную образовательную или научную школу. В то же время его патриотический настрой никогда не перерастал в шовинистический, тем более в историко-научной сфере. Вернадский абсолютно четко разводил понятия «этничность» и «гражданство», «культура» и «государственность». В 1928 г. академик так в афористичной форме описывал сложный и амбивалентный процесс поиска национальной идентичности Петербургской академии наук: «Русское общество... не знало и не знает историю своего научного творчества, как не знало и своего художественного творчества; добрая часть истории России — да и всякой страны (стоит вспомнить Наполеона во Франции) — творилась “иностранцами по происхождению”. Есть замечательная по глубине мысли речь ак<адемика> Миддендорфа* (вполне русского, несмотря на нерусскую фамилию) в 1850-х годах, где дано глубокое обоснование той структуры Академии наук, какую имела Россия в XIX столетии» и которая, вероятно, разовьется в Европе — и в мире, — когда падут рамки национальной грезни. Связь “немцев”** (б<ольшей> ч<астью> русских по государству), о истории которых я пишу, — Ленца, Фусса, Гесса*** и др. — с русской культурой огромна. Ну, напр<имер>, русский химический язык создан Гессом (одним из великих химиков — калибра Бертело****). <...> Во главе “немецкой” партии Ак<адемии> наук стоял К.Веселовский*****, а главой “русской” был бар<он> Розен***** [13].

* Миддендорф Александр Федорович (Alexander Theodor von Middendorff; 1815–1894), путешественник, географ, ботаник; действительный член, неперемный секретарь Петербургской академии наук (1855–1857).

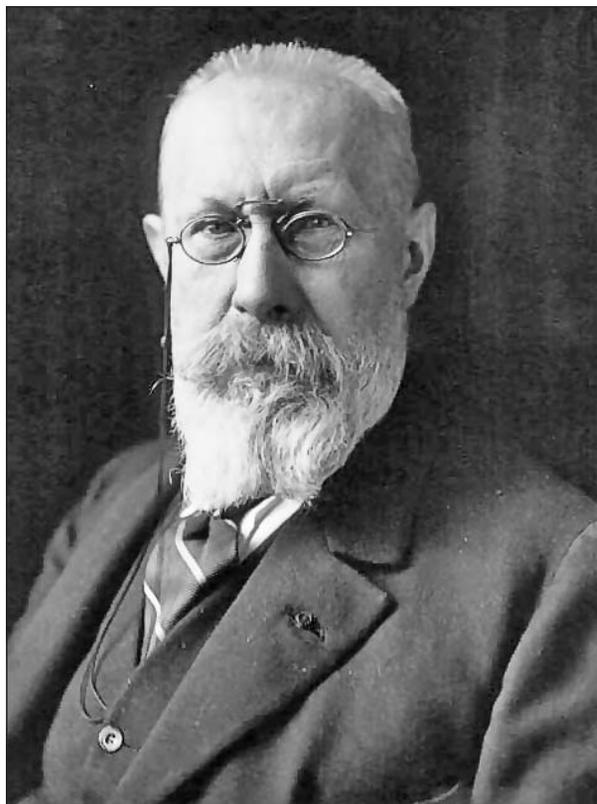
** Принадлежавших к партии академиков иностранного происхождения.

*** Ленц Эмилий Христианович (Heinrich Friedrich Emil Lenz, 1804–1865), физик и электротехник; Фусс Николай Иванович (Fuss, 1755–1826), математик; Гесс Герман Иванович (Germain Henri Hess, 1802–1850), химик. Все — академики Петербургской академии наук.

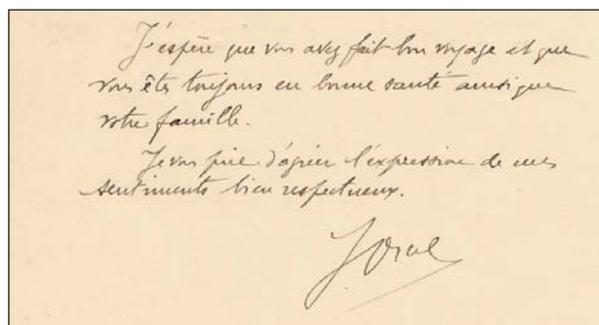
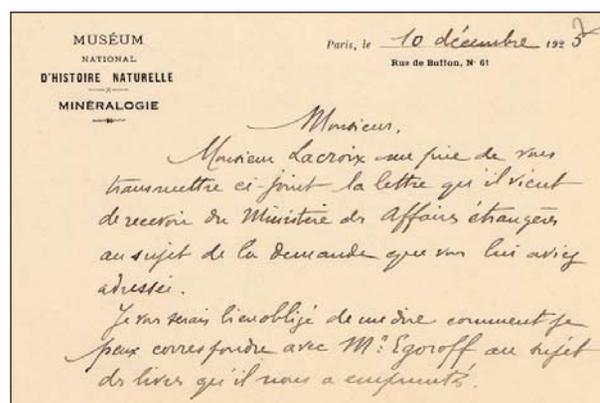
**** Марселен Бертело (Marcellin Berthelot; 1827–1907), химик и государственный деятель.

***** Веселовский Константин Степанович (1819–1901), экономист и статистик, академик, неперемный секретарь Петербургской академии наук (1857–1890).

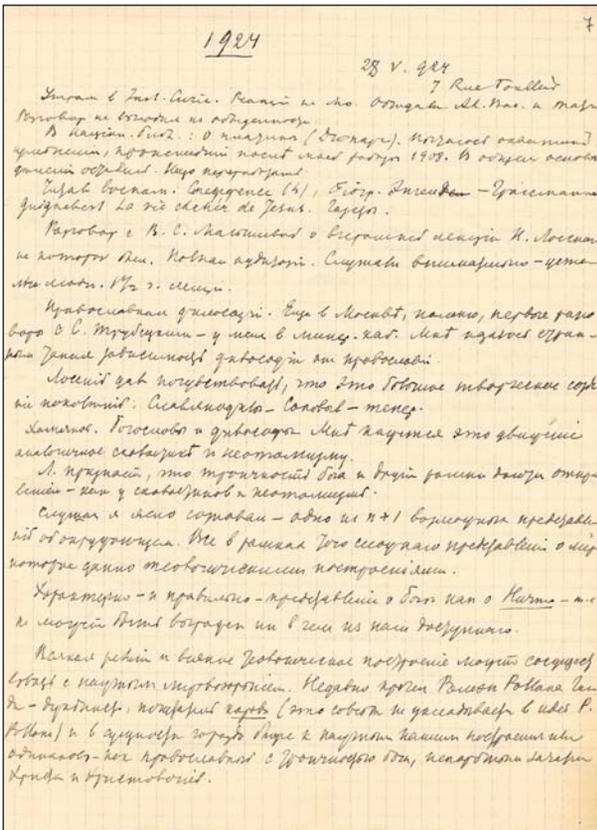
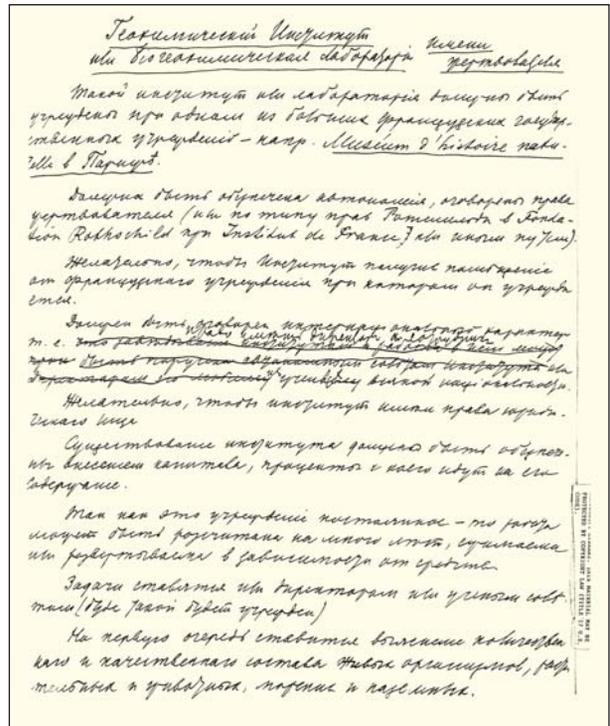
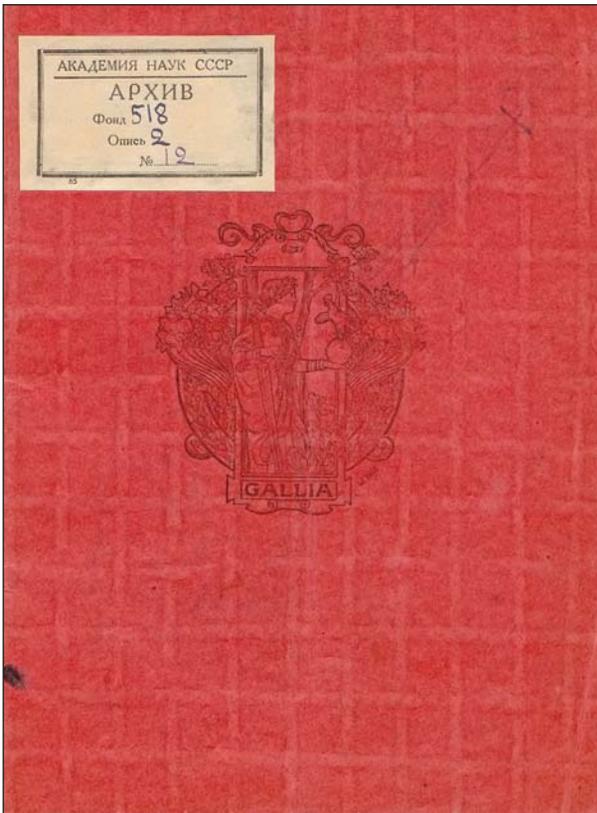
***** Розен Виктор Романович, барон (1849–1908), востоковед, академик, вице-президент Петербургской академии наук.



П.Аппель.



Письмо В.И.Вернадскому Ж.Орселя (J.Orsel; 1896–1978) — французского минералога, геохимика, в 1920-х годах сотрудника Минералогического музея в Париже. 1925. (АРАН).



Обложка дневника В.И.Вернадского и страница за 28 мая 1924 г. (АРАН).

Автограф В.И.Вернадского — черновик проекта создания Геохимического института или Биогеохимической лаборатории с припиской Вернадского «имени жертвователя» и пометой «1924 II Розенталью*». Бахметьевский архив русской и восточноевропейской истории и культуры Колумбийского университета (Нью-Йорк, США), фонд Г.В.Вернадского (Ver-nadsky Coll. Box 15). Публикуется впервые.

* По-видимому, этот документ предназначался непосредственно Леонарду Михайловичу Розенталью (1877–1955) — выходцу из России, французскому предпринимателю, «королю жемчуга». Для реализации проекта Вернадский предлагал Розенталью либо учредить фонд его имени при французской Академии наук (или при других научных учреждениях) для двух-трехлетнего финансирования окончания своих исследований, либо организовать постоянный геохимический институт при одном из больших французских государственных учреждений (например, при Музее естественной истории в Париже). В проекте специально акцентировалось внимание на международном характере деятельности будущего института, его автономии, оговаривались и права жертвователя. Задачу института Вернадский формулировал как «выяснение количественного и качественного состава живых организмов, растительных и животных, морских и наземных». 25 февраля 1924 г. в особняке Розенталя состоялся обед, положивший начало деятельности Фонда Розенталя (Foundation Rosenthal) — единственной организации на Западе, взявшей спонсировать реализацию идеи русского ученого об исследовании живого вещества планеты. Однако финансирование продлилось недолго: началось в сентябре 1924 г., но в ноябре 1925 г. Фонд Розенталя в новой дотации Вернадскому отказал. В марте 1926 г. он вернулся в Ленинград, а еще через год Комиссия СНК СССР по содействию работам АН СССР приняла решение о создании специально для него Биогеохимической лаборатории.

Убежденность Вернадского во вненациональной природе научного познания при сохранении национальных организационных форм научных практик была основным алгоритмом и его отношений с европейскими коллегами, и историко-научных штудий, независимым от изменений политического климата в России / СССР, Франции и Германии.

Когда в 1927 г. под редакцией В.И.Вернадского вышел первый сборник памяти академика К.М.Бэра (1792–1876), он открывался его статьей о личности ученого и его значении для российской и мировой науки. Создатель духовного уклада нашей академии — так коротко и всеобъемлюще Владимир Иванович определил значение Бэра для российской науки [14].

Связи с Гротом и Дришем Вернадский сохранял всю жизнь, хотя их интенсивность, конечно, менялась со временем. Так, личные встречи с профессором Гротом фактически прервались в 1913 г., но в целом Владимир Иванович переписывался с ним по-немецки более 30 лет — с 1888 по 1926 г., вплоть до кончины мюнхенского профессора. Их корреспонденция, сохранившаяся в Архиве РАН, насчитывает 40 листов.

К трудам и идеям Дриша, в том числе об энтелихии, Вернадский постоянно возвращался во время работы над проблемой «живого вещества», занимавшей его во второй половине жизни. Даже в разгар Гражданской войны, в январе 1920 г., эвакуируясь на пароходе «Ксения» в Крым, он читал «Витализм» Дриша [15, с. 13, 22, 28].

Академик считал энтелихию неудачной формой логического выражения реально существующей «особенности», но всегда подчеркивал исключительный научный и философский уровень исканий Дриша. Последний раз они общались 20 октября 1936 г., когда по дороге из Парижа в Прагу Вернадский — едва ли не единственный из «старых», еще с дореволюционным стажем академиков, кто после прихода нацистов к власти в Германии бывал в этой стране, — остановился в Лейпциге у своего старинного друга профессо-



Радиевый институт Кюри в Сорбонне, где Вернадский работал в 1923–1925 гг.

ра Федора Брауна* и «по телефону говорил с Дришем — неудачно, кажется, и к вечеру уехал в Прагу» [16, с.102].

Мы не знаем, о чем был этот последний разговор и почему он не удался. Но эта личная невестреча старых коллег и друзей в чем-то символично закрыла целую главу в российско-немецких научных связях в целом. Больше академик Вернадский в Германию не приезжал и писем от Дриша не получал, но продолжал очень внимательно следить за советским и немецким атомными проектами.

После начала Второй мировой войны, 19 ноября 1939 г., 76-летний Вернадский записал в дневнике: «Удивительно, как глубоко проникала в нас немецкая культура. Мне казалось, что меня более затронула англосаксонская и я весь проникнут славянством. <...> Хотя отец много мне дал — западноевропейского (Италия, Англия и Шотландия) — больше Германия и Франция. Польша и Украина. Здесь Гегель, Риттер, Бах, Лист» [16, с.74]. Так, подводя жизненные итоги, ученый воздал должное духу европейской культуры, который пронизал всю его судьбу. ■

* Браун Федор Александрович (1862–1942), филолог, член-корреспондент Петербургской академии наук.

Литература/ References

1. Владимир Иванович Вернадский. Переписка с украинскими учеными. Переписка: А–Г. Сост. А.С.Онищенко, Л.А.Дубровина, С.Н.Киржаев и др. Избранные научные труды академика В.И.Вернадского. Киев, 2011; 2(1): 31–32. [Volodymyr Ivanovych Vernadsky. Correspondence with Ukrainian Scientists. Correspondence: А–Н. Onyshchenko O.S., Dubrovina L.A., Kirzhayev S.M. et al. (auth.-comp.). Selected Scientific Works of Academician V.I.Vernadsky. Kyiv, 2011; 2(1). (In Ukr.-Russ.)]

2. Сорокина М.Ю. Вернадский в Париже, или О чем академик говорил с Анри Бергсоном. В.И.Вернадский и современность: Материалы торжественного заседания, посвященного 140-летию со дня рождения академика В.И.Вернадского (1863–1945). М., 2003; 211–220. [*Sorokina M.Yu. Vernadsky in Paris, or what the academician was talking about with Henri Bergson. V.I.Vernadsky and Modernity. Moscow, 2003; 211–220. (In Russ.)*.]
3. Sorokina M. Mythes et archives. La France et les chercheurs français dans la vie et l'oeuvre scientifique de l'académicien V.I.Vernadsky. Vernadsky, la France et l'Europe. Publications de la Maison des sciences de l'homme d'Aquitaine, 2017; 31–48.
4. Sorokina M. Schnittpunkt der Schicksale: Deutschland und deutsche Wissenschaftler in Leben und wissenschaftlichem Werk des Akademiemitglieds Vladimir Ivanovic Vernadskij (1863–1945). Riha O., Fischer M. (eds) Naturwissenschaft als Kommunikationsraum zwischen Deutschland und Russland. Aachen, 2011; 153–168.
5. Мочалов И.И. Владимир Иванович Вернадский (1863–1945). М., 1990. [*Mochalov I.I. Vladimir Ivanovic Vernadsky (1863–1945). Moscow, 1990; 84–86. (In Russ.)*.]
6. Вернадский В.И. Письма Н.Е.Вернадской: 1886–1889. М., 1988. [*Vernadsky V.I. Letters to N.E.Vernadsky: 1886–1889. Moscow, 1988. (In Russ.)*.]
7. Вернадский В.И. Труды по всеобщей истории науки. М., 1988. [*Vernadsky V.I. Works on General History of Science. Moscow, 1988. (In Russ.)*.]
8. Вернадский В.И. Письма Н.Е.Вернадской: 1893–1900. М., 1994. [*Vernadsky V.I. Letters to N.E.Vernadsky: 1893–1900. Moscow, 1994. (In Russ.)*.]
9. Вернадский В.И. Письма Н.Е. Вернадской: 1889–1892. М., 1991. [*Vernadsky V.I. Letters to N.E.Vernadsky: 1889–1892. Moscow, 1991. (In Russ.)*.]
10. Вернадский В.И. Письма Н.Е. Вернадской: 1901–1908. М., 2003. [*Vernadsky V.I. Letters to N.E.Vernadsky: 1901–1908. Moscow, 2003. (In Russ.)*.]
11. Юшкевич А.П., Яншина Ф.Т. В.И.Вернадский и ученые Франции. Вопросы истории естествознания и техники. 1991; 2: 80–91. [*Yushevich A.P., Yanshina F.T. Vernadsky V.I. and and the scientists of France. Voprosy istorii yestestvoznaniya i tekhniki.1991; 2: 80–91. (In Russ.)*.]
12. Сорокина М.Ю. «Аймек Гуарузим» — Fondation Rozenthal. Евреи России — иммигранты Франции. М.; Париж; Иерусалим, 2000. [*Sorokina M. "Aimek Guaruzim" — The Rosenthal Foundation. The Jews of Russia are immigrants of France. Moscow; Paris; Jerusalem, 2000. (In Russ.)*.]
13. «Любопытно, что будет через несколько лет»: Письма В.И.Вернадского Ф.И.Родичеву. Документы русской истории. 2002; 2: 28–40. ["It is curious what will happen in a few years": V.I.Vernadsky's letters to F.I.Rodichev. Documents of Russian history. 2002; 2: 28–40. (In Russ.)]
14. Вернадский В.И. Памяти академика К.М. фон Бэра. Труды Комиссии по истории знаний. Л., 1927; 1–9. [*Vernadsky V.I. In memory of Academician K.M. von Baer. Proceedings of the Commission on the History of Knowledge. Leningrad, 1927; 1–9. (In Russ.)*.]
15. Вернадский В.И. Дневники. 1917–1921. Т. 2: 1920–1921. Киев, 1997. [*Vernadsky V.I. The Diaries. 1917–1921. 2: 1920–1921. Kiev, 1997. (In Russ.)*.]
16. Вернадский В.И. Дневники 1935–1941. М., 2006. [*Vernadsky V.I. The Diaries. 1935–1941. Moscow, 2006. (In Russ.)*.]

«We are going through a curious time...»: Germany and France in the scientific biography of Vladimir Vernadsky

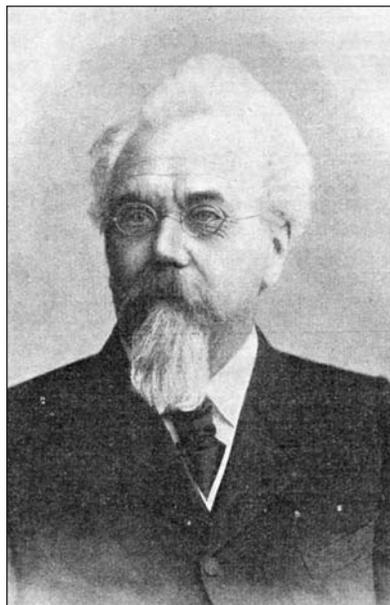
M.Yu.Sorokina
Alexander Solzhenitsyn Center for the Study of the Russian Diaspora (Moscow, Russia)

The article deals with the contacts of V.I.Vernadsky with German and French scientists who played an important role in the personal, scientific, and social fate of the academician. The letters of Vernadsky's colleagues — academicians F.N.Chernysheva and S.A.Chaplygin, revealing interesting details of the inner life of the academic community in pre-revolutionary and Soviet Russia — are published for the first time.

Keywords: V.I.Vernadsky, social history of science, archives.

Ф.Н. Чернышев — В.И. Вернадскому

Два письма известного русского геолога и палеонтолога, действительного члена Императорской Санкт-Петербургской академии наук, директора Геологического музея Академии и Геологического комитета, председателя Отделения физической географии Русского географического общества Федосия Николаевича Чернышева (1856–1914) посвящены подготовке избрания В.И. Вернадского адъюнктом Академии в 1905 г. вместо отказавшегося от своей позиции в Академии директора Петербургского горного института кристаллографа Евграфа Степановича Федорова (1853–1919). В это время отношения Федорова и Вернадского складывались весьма непросто. Евграф Степанович, ставший в 1905 г. первым вы-



Ф.Н. Чернышев и В.И. Вернадский.

борным директором Горного института, отказал в том же году Владимиру Ивановичу в праве пользования материалами музея Горного института для учета их в «Опыте описательной минералогии». Как видно из предисловия к этой работе, Вернадский болезненно пережил отказ. Он писал: «Я всюду встречал содействие и помощь, и только один раз (к сожалению, в России) встретил отказ в пользовании собраниями одного из публичных музеев, но и ими надеюсь воспользоваться для дальнейшей работы»¹. После отказа Федоровым от места адъюнкта Императорской академии наук именно Вернадский стал его преемником на академической кафедре, а в 1918 г. он поддержал официальное представление Федорова в действительные члены Российской академии наук².

¹ Вернадский В.И. Избранные сочинения. М., 1955; 2: 8.

² Подробнее см.: Раскин Н.М., Шафрановский И.И. Е.С. Федоров и В.И. Вернадский: (по материалам Архива Академии наук СССР) // Очерки по истории геологических знаний. М., 1959. Вып.8. С.165–176. Публикацию писем Е.С. Федорова В.И. Вернадскому см.: Евграф Степанович Федоров. Переписка. Незданные и малоизвестные работы / Сост. И.И. Шафрановский, В.А. Франк-Каменецкий, Е.М. Доливо-Добровольская // Научное наследие. Л., 1991. Т.16. С.156–161.

21 мая 1905 г.

Многоуважаемый Владимир Иванович, не отвечал на Ваше письмо, так как все надеялся, что в скором времени официально выяснится уход Федорова и будет возможность сделать представление о Вас в последних весенних заседаниях Отделения. Дело с отставкой Федорова застряло, однако, где-то в недрах канцелярии М<инистерства>ва народн<ого> просвещения и поэтому приходится отложить представление до осени. Тем не менее, желая Вас гарантировать от всяких

случайностей, я переговорил со всеми членами Отделения и частью из других отделений. Не подлежит сомнению, что в Отделении Вы пройдете почти единогласно, а в Общем собрании выборы также обеспечены. Сколько я понимаю, Ваши desiderata, изложенные в последнем письме, легко исполнить. В крайнем случае, если бы у М<инистерства>ва не оказалось средств на одновременную затрату, просимую Вами, Академия может наскоблить из своих экономических средств.

Я бы Вас просил несколько облегчить мне и Карпинскому¹ задачу представления, дав пол-

ный список Ваших работ. Конечно, такой список можно составить и нам, но Вам как автору, конечно, придется затратить на это меньше труда.

Около 10-го июня уеду на месяц за границу. Уж очень это неприятно при теперешних обстоятельствах. Но вся беда в том, что вся поездка заранее подготовлена и теперь отступать уже неудобно.

Крепко жму Вашу руку. Ваш Ф.Чернышев
АРАН. Ф.518. Оп.2. Д.36. Л.49–51.

¹ Карпинский Александр Петрович (1847–1936) — геолог, академик (с 1896), первый выборный президент Российской академии наук / Академии наук СССР.

СПб. 7 сентября 1905 г.

Многоуважаемый Владимир Иванович, давно собирался Вам ответить на Ваше любезное письмо, но откладывал, пока не выяснился порядок будущего Вашего избрания в среду Академии. Теперь уже официально было заявлено в первом осеннем Общем собрании о выходе Федорова. На будущей неделе в среду Отделением физико-математическим будет образована Комиссия для суждения о возможных кандидатах на замещение кафедры минералогии. Вероятно, ко 12-му октября успеем изготовить представление о Вас и внести в заседание отделения. Баллотировка в Отделении может быть 9-го ноября, в декабре пройдет представление Отделения в Общее собрание, и в январе 1906 года состоится окончательная баллотировка. Выбор я считаю вполне обеспеченным, так как с большинством из членов Конференции и я, и А.П. Карпинский переговорили. При представлении в Отделение надо будет выполнить еще одну маленькую формальность — это получить от Вас письменное согласие вступить в Академию, если выборы будут благоприятны. Такого рода согласие требуется Уставом, а потому не считайте это за формалистику. Музей наш¹ постоянно подвигается ко благоприятному виду. Ремонт всех зал закончен, и с осени начнем установку всей мебели. Минералогическое собрание за это лето [пополнилось], так как Воробьев², съездив на Урал, привез оттуда много интересных вещей, притом из новых месторождений. Когда будете писать согласие на избрание Вас адъюнктом в Академию, то упомяните о Ваших desiderataх по части обстановки для работы. Просите и денежных средств и укажите на необходимость иметь ученого хранителя минералогического собрания. Воробьев теперь заведует минералогическим отделением как приватный служащий, а потому желательно создать для него должность штатную. Я не сомневаюсь, что Конференция примет во внимание Ваши желания и постарается их осуществить. Читал я постанов-

ления съезда Союза профессоров, которые полностью отпечатаны были в «Слове», и очень порадовался, что часть тех условий, которые ставились как неперемennые требования возобновления лекций, были даны министерством уже в последний день Ваших заседаний. Хотелось бы верить, что занятия в учебных заведениях теперь пойдут³. Уж очень молодежь изголодалась, ничего не делая почти целый год, и теперь жаждет начать занятия. Во всяком случае можно поздравить Московский университет, который первый справился с задачей выбора ректора, и думается, весьма удачно⁴. В здешнем университете разбились на партии, и выбор ректора может дать неожиданный сюрприз⁵. Вероятно, в применении автономии будет большая путаница в петербургском Политехникуме. Совет хотел бы, чтобы директором остался Гагарин, но он не читает лекций и не имеет звания профессора, а потому, если строго держаться начал автономии, то его нельзя будет избрать. Как выйдут профессора из этой дилеммы — не знаю.

Любопытное время переживаем. Когда-то все пойдет в нормальную колею.

Пока до свидания. Крепко жму Вашу руку, преданный Вам Ф.Чернышев.

АРАН. Ф.518. Оп.3. Д.1795. Л.8–9об.

¹ Речь идет о Геологическом музее имени Петра Великого Императорской академии наук, директором которого был Ф.Н.Чернышев.

² Воробьев Виктор Иванович (1875–1906) — геолог, ученый хранитель Минералогического отделения Геологического музея имени Петра Великого Императорской академии наук с 1900 по 1906 г.

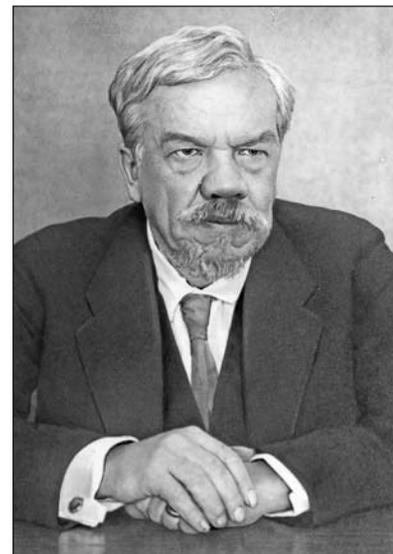
³ 27 августа 1905 г. был издан Высочайший Указ о «Временных правилах об управлении высшими учебными заведениями», создавших первые нормы университетской автономии: выборность ректора и профессуры, расширение прав профессорской коллегии — Совета университета. И хотя сам термин «автономия» указ не содержал, за ним должен был последовать новый университетский Устав.

⁴ Первым выборным ректором Императорского Московского университета стал князь С.Н.Трубецкой (1862–1905), скончавшийся 29 сентября 1905 г. от инсульта, который случился во время заседания в Министерстве народного просвещения. Его безвременная кончина потрясла В.И.Вернадского, он вспоминал: «О смерти С.Н.Трубецкого я узнал во время земского собрания в Моршанске, немедленно с вокзала отправился на похороны. Невольно расплакался. Эта смерть, мне кажется, смела человека, который мог бы направить в другую сторону ход событий», см.: «Ложные равновесия»: из переписки С.Н.Трубецкого и В.И.Вернадского 1901–1905 г. / Предисл., публ. и коммен. М.Ю.Сорокиной // Wiener Slavistisches Jahrbuch (Neue Folge). 2015. №3. С.229–258.

⁵ Первым выборным ректором Императорского Санкт-Петербургского университета стал физик Иван Иванович Боргман (1849–1914).

С.А. Чаплыгин — В.И. Вернадскому

Несмотря на четверть века, разделяющую даты публикуемых писем выдающегося математика и механика, одного из основоположников современной аэромеханики и аэродинамики, действительного члена АН СССР с 1929 г. Сергея Алексеевича Чаплыгина (1869–1942) Владимиру Ивановичу Вернадскому, они посвящены одной теме — реакции научного сообщества на произвол власти. Первое письмо написано в 1911 г., после ухода Вернадского и Чаплыгина из Московского университета вместе с большой группой профессоров и преподавателей (более 130 человек) в знак протеста против незаконного вмешательства министра народного просвещения Л.А.Кассо в дела университетской автономии. Второе — летом 1936 г., когда начало разворачиваться очередное академическое «дело» математика Н.Н.Лузина. В обоих случаях активная публичная позиция профессуры, среди которой были Чаплыгин и Вернадский, помогла защитить коллег и добиться, хотя и не сразу, их восстановления в прежнем статусе — после Февральской революции 1917 г. уволенные из Московского университета профессора вновь заняли свои должности в университете, а академик Лузин, хотя и подвергся жесточайшей политической травле, не был арестован и в дальнейшем работал по специальности.



С.А. Чаплыгин.

8 ноября 1911 г.

Пречистенский б., д. 21, кв. 5

Дорогой Владимир Иванович, я надеялся побывать в Петербурге в прошлом месяце повидать Вас, побеседовать с Вами — так непривычно не видеть Вас в Москве. К сожалению, пришлось отложить это намерение в связи с разными обстоятельствами, в частности вследствие болезни, от которой в настоящее время я вполне оправился. На юбилей Ломоносова¹ тоже не пришлось поехать, так как 7 ноября могли произойти осложнения в жизни курсов², по крайней мере, этого ожидали.

Но день этот прошел довольно благополучно — не состоялась часть лекций и практич<еских> занятий (правда, значительные). В общем все спокойно у нас в Москве. В университете влияние новых членов Совета сказалось пока только в уничтожении советской комиссии, но за это голосовал и ректор⁴; поделены перегородки в новом здании, чтобы воспрепятствовать общению между студентами разных факультетов — боюсь, что эти перегородки являются прообразом и будущего разграничения факультетов и развития университета... Поживем, увидим.

Я занят, как всегда, курсовыми делами — между прочим, постройкой аудиторного корпуса, заканчивается вчерне, а еще более работами научного характера. Хочется воспользоваться свободным

временем и привести к концу в разное время задуманные работы; с другой стороны, приходится заниматься редактированием собрания сочинений Жуковского⁵. Кроме сих дел читаю в Коммерческом институте (2 часа в неделю), где Павел Иванович <Новгородцев>⁶ неизменно хотел меня иметь.

С профессорами, оставшимися в университете, связи все слабеют; приходится встречаться с некоторыми из них лишь на курсах да в Леденцовском обществе⁷. Вчера, впрочем, видели группу их в университетской церкви, где присутствовали на панихиде по Ломоносову. Чувствуется значительное охлаждение между ушедшими и оставшимися, и я не уверен, можно ли ожидать, чтобы большинство оставшихся желало возвращения ушедших. Вообще, полагаю, что мы ушли надолго, если не навсегда. Не думайте, чтобы я хоть на минуту раскаивался в сделанном шаге: напротив, мне невозможно себя представить теперь в университете при настоящем положении дела. Но университет, конечно, жаль — несомненно, многое в нем омертвело, особенно учебно-вспомогательные учреждения, и из них Физический институт. О Вашей лаборатории не имею никаких сведений. <...>

РАН. Ф.518. Оп.3. Д.1776. Л.7–8об.

¹ Имеется в виду двухсотлетний юбилей со дня рождения М.В.Ломоносова (1711–1765), широко праздновавшийся в 1911 г. В.И.Вернадский был членом Юбилейной комиссии Императорской Академии наук.

² В 1905–1918 гг. С.А. Чаплыгин возглавлял Московские высшие женские курсы В.И. Герье.

⁴ Ректором Императорского Московского университета в это время был историк профессор Матвей Кузьмич Любавский (1860–1936).

⁵ Имеется в виду подготовка собрания сочинений профессора Московского университета, основоположника гидро- и аэродинамики Николая Егоровича Жуковского (1847–1921). В конце 1918 г. С.А. Чаплыгин был привлечен Н.Е. Жуковским к организации знаменитого Центрального аэрогидродинамического института, который и возглавлял в 1928–1931 гг. В последующие годы (1931–1941 гг.) Чаплыгин руководил созданием крупнейших аэродинамических лабораторий ЦАГИ.

⁶ Новгородцев Павел Иванович (1866–1924) — философ, директор Московского коммерческого института (1906–1918), член ЦК кадетской партии.

⁷ «Общество содействия успехам опытных наук и их практических применений», созданное по духовному завещанию вологодского купца 1-й гильдии Христофора Семеновича Леденцова (1842–1907).

11 июля <1936 г.>, Ессентуки

Дорогой Владимир Иванович!

Я чувствую себя таким усталым, что мне трудно заставить себя сделать даже необходимое дело. И вот прошло целых три дня со времени получения Вашего письма, пока я собрался, наконец, ответить Вам! А между тем вопрос, который Вы ставите, очень дюжий и серьезный. Статья о Лузине¹ прямо возмутительна: пусть он погрешил в оценках того или другого ученого, того или другого претендента на ученую степень, ученое звание; но как отсюда делать вывод о вредительстве, о злонамеренном засорении профессуры?! Покойный наш Н.Е. Жуковский благодаря своей доброте тоже частенько ценил молодых кандидатов на ученые степени выше, чем, казалось, они заслуживали; но отсюда, конечно, никаких иных выводов, кроме как о доброте Н.Е., никто не делал. Что касается обвинения в фашизме, проскальзывающем в статье, о принадлежности к старой московской реакционной школе математиков, то я этого уж совсем не понимаю. Правда, были в Москве когда-то так называемые крайне правые среди математиков, но их можно пересчитать по пальцам (Некрасов, Лахтин, Бугаев², последний, может быть, не вполне, я его меньше знаю); но зато когда разразилась история Касо, то ведь из математического отделения нашего факультета демонстративно вышло в отставку 7 профессоров, не считая прив<ат>-доц<ентов>.

Остается критическая оценка научных работ Н.Н. Лузина. Но по этому поводу приходится сказать только то, что здесь вполне обнаружилась полная несостоятельность авторов, доказывающая малое и поверхностное знакомство с его работами и их сознательное искажение правильной оценки. Стоит вспомнить хотя бы первую большую работу Н.Н., его диссертацию «Интеграл и тригонометрический

ряд», может быть, единственную магистерскую диссертацию по такой математике, сразу удостоенную степени докторской, чтобы признать за Н.Н. право на одно из ведущих мест в математике. По его работам Н.Н. знает весь математический мир, и, конечно, авторитет его не сравним с авторитетом Хинчина³, который ему противопоставляется.

Но что делать теперь?! Как помочь Н.Н.? Единственный путь, как мне кажется, обращение через делегацию к высоким правительственным инстанциям, т.к. в газете едва ли дадут место каким-либо возражениям без дополнительных комментариев, предвидеть которые едва ли удастся. Президиум Академии со своей стороны мог бы предпринять необходимые шаги. Не знаю только, захотят ли и сумеют ли?

Я сделал только одно: послал частную телеграмму Н.Н., копию которой прилагаю.

Жалею, что нескоро увижу Вас. А потому пожелаю Вам всего хорошего. Наталья Егоровна⁴ мой привет и наилучшие пожелания. Передайте мой привет и Вашей Ниночке, теперь уже Нине Владимировне⁵, которую я знал еще такой маленькой, что невозможно обмолвиться.

Если в Москве что-нибудь случится в связи с интересующим нас вопросом, не откажите черкнуть словечко. Если вообще захотите что-нибудь написать, то буду Вам, как всегда, признателен, так как имею претензию считать Вас одним из моих близких друзей, от которых радостно получать весточку.

Ваш С. Чаплыгин.

Поражен неожиданными совершенно незаслуженными газетными нападениями на Вас. Ваш высокий всемирно признанный научный авторитет не может быть поколеблен; твердо надеюсь, Вы найдете себе силы спокойно отнестись к малоавторитетной критике Ваших трудов, о совершенно необоснованных обвинениях другого порядка не говорю.

Академик Чаплыгин

АРАН. Ф.518. Оп.3. Д.1776. Л.31–33.

¹ Имеются в виду статьи в газете «Правда» 2 июля 1936 г. «Ответ академику Н. Лузину» и 3 июля 1936 г. «О врагах в советской математике», положившие начало публичной официальной политической травле известного математика, члена-корреспондента АН СССР Николая Николаевича Лузина (1883–1950) и возникновению «дела Лузина». Подробнее см.: Дело академика Николая Николаевича Лузина / Отв. ред. С.С. Демидов, Б.В. Левшин. СПб., 1999.

² Павел Алексеевич Некрасов (1853–1924), Леонид Кузьмич Лахтин (1863–1927) и Николай Васильевич Бугаев (1837–1903) — лидеры старой Московской философско-математической школы.

³ Хинчин Александр Яковлевич (1894–1959) — математик, профессор МГУ, член-корреспондент АН СССР (1939).

⁴ Вернадская (ур. Старицкая) Наталия Егоровна (1851–1943) — жена В.И. Вернадского.

⁵ Дочь В.И. Вернадского, психиатр, в то время жила в Чехословакии, затем в США.

Анатомия древних растений в ископаемых углях

доктор геолого-минералогических наук Л.Я.Кизильштейн
Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия)

При изучении под микроскопом одного из компонентов ископаемых углей — инертинита (фюзинита) использован метод ионного травления. Полированная поверхность образца угля (аншлиф) обрабатывалась (протравливалась) потоком заряженных частиц (ионов аргона или кислорода). В результате травления под микроскопом стало возможным наблюдать тончайшие элементы анатомии тканей растений-углеобразователей. Инертинит широко распространен в ископаемых углях, и его изучение открывает новые перспективы в исследовании строения древних растений и закономерностей их эволюции.

Ключевые слова: инертинит, уголь, торф, ионное травление, ядро клетки, фюзинит.

В начале прошлого века английский исследователь М.Стопс, изучая под микроскопом каменный уголь в тонких срезах (шлифах), описала слагающие его компоненты. Один из них она назвала фюзеном (от французского fusain — волокнистый). Позднее Стопс ввела и термин «мацералы», означающий составную часть угля (аналогично минералам — составным частям горных пород). Немецкий ученый Э.Штах разработал методику изучения углей под микроскопом в отраженном свете (в полированных пришлифовках — аншлифах), что позволило наблюдать строение не только прозрачных (бурых и каменных) углей, но и антрацитов (в тонких срезах совершенно непрозрачных), а также графитов. В международной номенклатуре компонентов углей фюзен включен в группу инертинита. Мы будем использовать именно этот термин.

Инертинит — постоянный компонент торфов и углей. В торфяных болотах штата Флорида (США) его содержание местами составляет десятки процентов. Угли некоторых месторождений практически целиком сложены инертинитом (например, Ангренский угольный бассейн в Узбекистане). В углях Донецкого бассейна содержание инертинита составляет от единиц до нескольких десятков процентов.

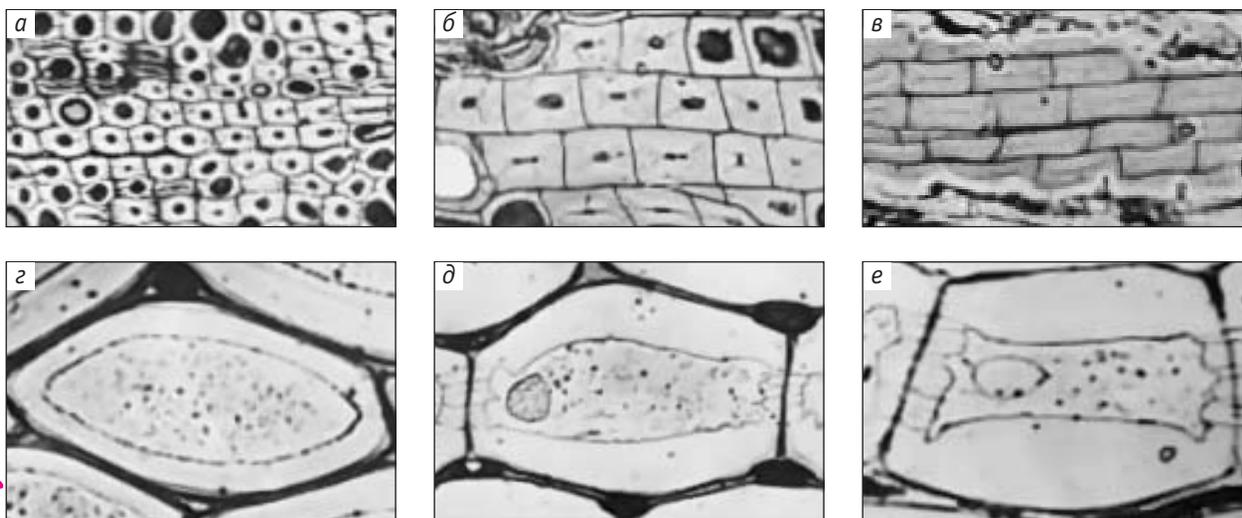
Внешние признаки инертинита (черный, мягкий, пачкает пальцы) делают его похожим на древесный уголь. Под микроскопом в проходящем свете он всегда непрозрачен, а в отраженном — наиболее светлый из мацералов (белый или светло-желтый).

По данным химического и технического анализов практически все параметры инертинита (с точки зрения потребительских качеств углей) характеризуют его негативно: он не обладает свойствами, необходимыми для превращения в металлурги-

ческий кокс, и его присутствие ухудшает качество коксующихся углей. Аналогичным образом он влияет на угли при получении каменноугольной смолы, горючего газа и жидкого топлива. Угольная пыль, которая образуется при работе шахтных комбайнов и другого специального оборудования, обогащается частицами инертинита и при дыхании травмирует ткани легких шахтеров значительно сильнее, чем частицы других мацералов. Инертинит увеличивает пожароопасность углей из-за того, что его пористая текстура способствует циркуляции воздуха в пластах. Единственное направление промышленного использования углей, в котором инертинит не играет существенной негативной роли, — сжигание (энергетика). Он горит, но (ложка дегтя!) его теплотворная способность ниже, чем у других мацералов. Все перечисленные особенности определяются природной химической инертностью инертинита, в чем он также сходен с древесным углем.

Но инертинит играет значительную роль в качестве индикатора палеогеографических условий, существовавших на торфяной стадии формирования углей. В отличие от других мацералов, которые образуются при разложении остатков растений в условиях малоподвижной и обедненной кислородом водной среды торфяного болота, он — результат высушивания (или сгорания при пожарах) растительных тканей. Наличие в угольных пластах прослоев инертинита указывает на перерывы торфонакопления вследствие наступления периодов засухи. Разрозненные его фрагменты в торфе обычно свидетельствуют о приносе этого мацерала поверхностными водами или (чаще) ветром, как это случается, например, в Подмосковье и в других районах, расположенных вблизи периодически горящих торфяных массивов.

Теперь о том, что стало известно сравнительно недавно. Было обнаружено, что фрагменты



Анатомические картины, возникающие при травлении инертинита углей: *а-в* — срезы тканей древесины и коры, *г-е* — содержимое внутренней полости клеток (цитоплазма): ядра клеток в цитоплазме, поры в оболочке клеток и плазмодесмы — тяжи, соединяющие соседние клетки (*д, е*); слоистость оболочек (*г-е*). Перечисленные анатомические элементы имеют размеры от нескольких микрометров (ядра клеток) до долей микрометра (плазмодесмы).

инертинита, находящиеся в угле, способны сохранять тонкие детали анатомического строения тканей и клеток растений, из которых уголь образован [1]. Увидеть это оказалось возможным благодаря использованию метода ионного травления (ионного распыления), который применяется в науке и технике.

При таких исследованиях выровненная, отшлифованная и полированная поверхность образца угля (аншлиф) размещается в потоке ионов инертного газа — аргона. Под воздействием ионов происходит дифференциальное разрушение (травление) поверхности органических мацералов угля в зависимости от индивидуальных особенностей их кристаллохимической структуры. Эти особенности определяются прижизненными различиями в анатомии и биохимии растительных тканей, которые (различия) не исчезли в последующих геологических процессах. Анатомические структуры сохранились в инертините углей разных стадий метаморфизма: бурых, каменных, антрацитов и даже графита [1–3]. Примеры возникающей при травлении картины приводятся на рисунках.

Удивительна сохранность элементов анатомических структур растительных тканей, превращенных в инертинит. Обратим внимание: ядра клеток состоят у живых растений в основном из белков и нуклеиновых кислот — органических соединений, легко и быстро разрушающихся микробами. Внимательно рассмотрев рисунки, мы понимаем, что полное обезвоживание (высушивание) — эффективный процесс сохранения органического вещества, в том числе его тончайших анатомических структур, в ископаемом состоянии. По-видимому, подобное относится и к дру-

гим высушенным органическим объектам, например, археологическим.

Попробуем предложить следующую интерпретацию демонстрируемых на рисунке анатомических картин. Основные биохимические соединения, образующие ткани высших растений, — целлюлоза и лигнин. В результате ионного травления происходит преимущественное удаление более легких атомов. В составе обоих соединений абсолютно преобладают кислород (атомный вес $O \approx 16$) и углерод (атомный вес $C \approx 12$). Атомное отношение углерода к кислороду у целлюлозы равно 0.75, у лигнина — 2.6, т.е. лигнин существенно обогащен «легкими» атомами углерода. Указанные характеристики исходных анатомических структур растительных тканей, несомненно, изменяются при преобразовании органического вещества растений в торфяниках и в последующих геологических процессах (метаморфизме) в недрах земли. Однако *относительные различия* в элементном составе и молекулярной структуре при этом могут сохраниться. И в результате оказывается возможным наблюдать кристаллохимическую реплику анатомической структуры тканей, принадлежавших углеобразующим растениям. Таким образом, ионное травление инертинита открывает перспективы в изучении анатомической эволюции (микроскопической цитологии) растительного мира, во всяком случае — мира растительных-углеобразователей. С практической точки зрения изучение инертинита при помощи этого метода расширяет возможности реконструкции палеогеографических условий, существовавших при образовании угольных пластов, их корреляции в геологических разрезах угленосных формаций и месторождений.

Известный ученый-биохимик, нобелевский лауреат М.Кальвин, основатель раздела биохимии «молекулярная палеонтология», считает, что ее предмет — молекулярные фрагменты древней жизни в составе ископаемого органического вещества. По таким фрагментам можно судить об их биохимических предшественниках. Ионное травление, вскрывающее анатомическую индивидуальность и биоразнообразие растительных тканей, может стать источником подобных сведений и предоставить новые данные для молекулярной палеонтологии.

Инертинит углей заслуживает внимания не только как новый объект палеонтологической и палеобиохимической информации. Электронная микроскопия и современные микроскопические и микрохимические методы, вполне вероятно, позволят изучать структурные элементы органелл цитоплазмы, которые на представленном рисунке выглядят темными включениями ($z-e$). Они, скорее всего, просто недоступны для изучения под световым микроскопом [4]. Учитывая возраст геологических объектов, мы не исключаем также возможность и обнаружения в цитоплазме ископаемых клеток морфо-

логических элементов, которые были присущи древней жизни, но исчезли в ходе эволюции. В связи с этим инертинит, как источник информации о мире древних растений, заслуживает внимания не только геологов и палеоботаников, но и специалистов в области гистологии и цитологии.

Отметим, что травление никогда не обнаруживало структур, которые не соответствовали известным анатомическим элементам растений. Учитывая, что все эти элементы имеют у живых растений индивидуальный биохимический состав, можно сделать принципиально важный вывод: ионное травление вскрывает унаследованные различия биохимического состава тканей и клеток, а также внутриклеточных структур древних растений. Это позволяет, в свою очередь, утверждать, что кардинальная перестройка органического вещества в геологических процессах не приводит к превращению биохимических соединений в некий однородный геополимер. Напротив, исходные биохимические соединения, превращаясь в «молекулярные ископаемые», сохраняют кристаллохимическую индивидуальность, которая не утрачивается даже на высоких стадиях метаморфизма. ■

Литература / Reference

1. Кизильштейн Л.Я., Шпицглюз А.Л. Атлас микрокомпонентов и петрогенетических типов антрацитов. Ростов-на-Дону, 1998. [Kizilstein L.Ya., Shpitsgluz A.L. Atlas of the Microcomponents and Petrogenetic Types of Anthracite. Rostov-on-Don, 1998. (In Russ.)]
2. Кизильштейн Л.Я., Шпицглюз А.Л. Анатомический атлас растений-углеобразователей палеозоя. Ростов-на-Дону, 1999. [Kizilstein L.Ya., Shpitsgluz A.L. Anatomical atlas of coal-forming plants of the Paleozoic. Rostov-on-Don, 1998. (In Russ.)]
3. Кизильштейн Л.Я., Шпицглюз А.Л. Инертинит — хранитель жизни. Наука и жизнь. 2016; (5): 42–44. [Kizilstein L.Ya., Shpitsgluz A.L. Inertinit — the keeper of life. Science and Life. 2016; (5): 42–44. (In Russ.)]
4. Фрей-Висслинг А., Мюлеталер К. Ультраструктура растительной клетки. М., 1968. [Frey-Wyssling A., Müblethaler K. Ultrastructural Plant Cytology. Amsterdam, 1965.]

Anatomy of ancient plants in fossil coals

L.Ya.Kizilshtein
Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia)

For microscopic study of the one of fossil coal components, inertinite (fusinite), the ionic corrodea method was used. The polished surface of the coal sample was pretreated by a stream of charged particles (argon or oxygen ions). As a result of etching, it became possible to observe the finest elements of the anatomy of the tissues of plants-carbon-forming agents under a microscope. Inertinite is widely distributed in fossil coals, and its study opens new prospects in the researches of the structure of ancient plants and the patterns of their evolution.

Keywords: inertinite, fossil, peat, ionic corroded, nucleus, fusinite.

Р.Э.Милликен: «Моя работа была работой чистого экспериментатора» К 150-летию со дня рождения

доктор педагогических наук Р.Н.Щербаков

Таллин, Эстония

Американский физик Роберт Милликен (1868–1953), применив метод капель, измерил заряд электрона, затем проверил уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и определил значение постоянной Планка. За совокупность этих работ ученый был удостоен в 1923 г. Нобелевской премии. Провел исследование космических лучей, установив в них наличие целой группы элементарных частиц. Успешно занимался воспитанием талантливых научных кадров, в том числе нескольких будущих нобелевских лауреатов.

Ключевые слова: история науки, измерение заряда электрона, проверка уравнения Эйнштейна для фотоэффекта, Нобелевская премия, космические лучи, развитие американской научной школы физиков.

*Я думаю, что мы, ученые, можем сказать:
теория — это хорошая вещь, но правильный
эксперимент остается навсегда.*

П.Л.Капица

В те годы, когда Р.Э.Милликен еще только намеревался заняться наукой, Э.Мах написал о роли эксперимента в познании природы следующее: *Человек накапливает опыт через наблюдение изменений в окружающей его среде. Но самыми интересными и поучительными являются для него те изменения, на которые он может оказать известное влияние своим вмешательством, своими произвольными движениями.* И далее: *К таким изменениям он может относиться не только пассивно, но активно приспособлять их к своим потребностям; они же имеют для него экономическое, практическое и умственное значение. На этом основана ценность эксперимента* [1, с.192]. С этим согласны были все те, кто в меру своего таланта и поставленной цели стремился постичь тайны природы посредством постановки экспериментов.

История физики полна блестящих примеров экспериментальной деятельности. У.Гильберт и Г.Галилей, Ш.О.Кулон, М.Фарадей и другие знаменитые ученые дали поучительные примеры постановки полноценных экспериментов ради установления научной истины, не забывая при этом и о теоретическом обосновании добытых опытных результатов, внося в конечном счете весомый вклад в развитие науки в целом.

В связи с усложнением задач науки ученые XX в., совершенствуя теоретические и опытные методы



Р.Милликен в 1923 г. Официальное фото Нобелевского комитета.

исследования, всю силу и энергию отдали эксперименту высокой точности. В.К.Рентген, Дж.Дж.Томсон, П.Н.Лебедев, Э.Резерфорд, П.Л.Капица, Э.Ферми достигли вершин экспериментального искусства. Среди них свое место занимает и Р.Э.Милликен — второй в США нобелевский лауреат по физике.

Непростая дорога в экспериментальную науку

Роберт Эндрюс Милликен родился 22 марта 1868 г. в Моррисоне (штат Иллинойс) в семье священника. С 18 лет изучал языки и литературу в Оберлинском колледже (штат Огайо). По окончании его в 1891 г., по просьбе руководства колледжа, он по переводным учебникам преподавал там физику. С этого момента у него формируются интерес к науке и понимание ее основ.

В то время физика в Америке была слабой, выдающихся ученых насчитывались единицы. Когда Милликену было всего 10 лет, ушел из жизни автор открытия явления самоиндукции Дж.Генри, спустя 23 года — создатель дифракционных решеток Г.-А.Роуланд, еще через два года — не признанный при жизни гений термодинамики Дж.У.Гиббс. Поэтому молодые американцы, лишь получив полноценное образование в Европе, начинали осознавать, каким образом следует вести исследования в физике XX в., чтобы сделать что-то стоящее в науке.

С 1893 г. Роберт продолжил учебу в Колумбийском университете, где в то время преподавал профессор М.Пьюпин, прошедший стажировку в Кембридже. Как ученый и преподаватель, он надолго очаровал нового студента своими знаниями физики и самой физической наукой. Вот как об этом написал Милликен: *Слушая курс оптики, который читал доктор Пьюпин, я все больше удивлялся. Впервые в жизни я встретил человека, который настолько хорошо знал аналитические процессы, что, не готовясь к занятиям, приходил ежедневно в аудиторию и излагал свои мысли в виде уравнений. Я решил попытаться научиться делать то же самое [2, с.106].* В 1896 г. Роберт получил степень доктора по физике и по совету Пьюпина отправился в Германию, где посетил лекции М.Планка, поработал у В.Г.Нернста и завел знакомства со многими учеными.

Перед отъездом молодой доктор физики познакомился с великим А.А.Майкельсоном



А.Майкельсон — учитель Р.Милликена. Снимок сделан в год получения им Нобелевской премии. Фото из коллекции Чикагского университета.

(в 1907 г. тот стал первым американским лауреатом Нобелевской премии по физике) и от него вскоре получил приглашение занять место ассистента в Чикагском университете. Майкельсон в конце XIX в. точно измерил скорость света, а в первые три десятилетия XX в. доказал своими



Дом Милликена в Чикаго.

Wikimedia Commons



Четвертая страница газеты «Chicago Sunday Tribune» от 1 января 1928 г., посвященная достижениям Чикагского университета. В верхнем ряду: профессора физики А.Х.Комптон (первый слева) и А.А.Майкельсон (в центре), профессор химии У.Д.Харкинс.

опытами отсутствие эфирного ветра. Он оказал на Роберта сильное впечатление — и как исследователь, и как личность — и остался до конца жизни самым близким Милликену коллегой. И хотя Майкельсон не любил и не хотел заниматься подготовкой научных кадров, он был рад передать свои учебные обязанности новому ассистенту.

В университете Милликен проработал четверть века. В 36 лет он женился, стал отцом трех сыновей, которые в будущем преуспели в науке. В 42 года стал профессором университета, написал учебники по физике, преподавал и впитывал в себя университетскую научную жизнь и одновременно занимался своими исследованиями. К ним, кстати, он

приступит довольно поздно — в 35 лет, когда по-настоящему заинтересуется измерением заряда электрона — проблемой, волновавшей в те годы многих ученых.

Согласно Дж.Холтону, изучавшему архивы Милликена, ученый не ограничивался преподаванием и ведением семинара, он знакомился с актуальными для науки и для него самого вопросами физики: исследованиями частей электромагнитного спектра, броуновским движением, эффектом Зеемана, законом Стокса для капель в облаках, катодными лучами Томсона и др. Как раз их тщательный анализ и осмысление стали для Милликена своеобразной подготовкой к исследованию проблемы электрона [3].

Полезными для будущих работ оказались и материалы, которые он подбирал для написания учебников (например, «Краткого университетского курса по электричеству, звуку и свету», изданного в 1908 г.). Анализируя их, размышляя над ними и увязывая их со своими научными интересами, Милликен интуитивно, а затем и целенаправленно подбирал способы и методы возможного решения избранной им проблемы.

Работа, ставшая делом его жизни

Идея квантования электрического заряда оформилась еще в первые годы жизни Милликена. В 1871 г. В.Э.Вебер заметил, что с атомом вещества связан электрический атом, с ним согласился и Дж.К.Максвелл. В 1874 г. Дж.Дж.Стони первым вычислил величину его заряда (хотя получил ее в 16 раз меньше истинной) и предложил в 1891 г. термин «электрон» для его носителя. Вычислением заряда, как *элементарного кванта электричества* [4, с.257], занимался и М.Планк в 1900 г.

Когда же Милликену исполнилось 29 лет, английский физик Томсон на опытах доказал существование электрона, получив для него соотношение e/m порядка 10^{-7} СГСМ*. После этого он вместе

* СГСМ (абсолютная электромагнитная система) — система единиц, основанная на законах магнитных взаимодействий токов.

с Ч.Т.Р.Вильсоном* попытался определить значение заряда электрона с помощью его камеры, позволяющей наблюдать треки (следы) электронов. Однако, по оценке Вильсона, после 11 различных экспериментов было получено 11 различных результатов [2, с.110], что лучше всего свидетельствовало о сложности измерения величины заряда.

В 1903 г. Р.Э.Милликен со своим студентом Л.Биджменом попытались измерить заряд электрона (вначале по методу Вильсона) по поведению облака капелек воды в конденсаторе, но даже после улучшения методики они получили, подобно Томсону и Вильсону, разноречивые результаты. Вторым этапом в измерениях Милликена стало обращение в 1906 г. к «методу капель», сводящемуся к наблюдению за поведением отдельных заряженных капелек воды в электрическом поле и выявлению тех из них, чьи заряд и масса находились в равновесии.

Установка Милликена включала в себя конденсатор с малым отверстием в верхней пластине (через него впрыскивались капли воды), батарею аккумуляторов (позволявшую подавать на конденсатор напряжение в 10^4 В), сильный источник света для освещения капель и зрительную трубу (со шкалой для наблюдения за поведением капель и отсчета пути их движения), а также кусочек радия (создающий ионы, необходимые для конденсации капель) со свинцовым экраном. В настоящее время такие опыты воспроизводятся уже и студентами.

После включения электрического поля облако водяных капель под его воздействием тут же распалось, что привело Милликена к выводу о несостоявшемся опыте. Но, как оказалось, несколько капель остались «живы» — как раз те, для которых отношение заряда к массе позволяло им уравновешивать свой вес электрическим полем. В самой практике экспериментаторов тех лет это был первый случай, когда внимание исследователя было сосредоточено на отдельной заряженной капельке, а не на облаке в целом.

В ходе опытов наблюдалось следующее. Если сила тяжести капле хотя бы немного превышала силу электрического поля, то они начинали медленно падать. Но, постепенно испаряясь, капли замедляли падение до нулевой скорости и надолго замирали в неподвижном состоянии. Однако с ростом напряженности поля они начинали медленно подниматься вверх. Под конец существования капле между пластинами их подъем становился заметно ускоренным, и в итоге они с большой скоростью притягивались к верхней пластине.

Результаты опытов Милликен доложил на конференции Американского физического общества в Чикаго, состоявшейся в начале января 1908 г. Ре-

ферат доклада был опубликован месяц спустя. Одобрив эти опыты как наиболее удачные на тот момент, Резерфорд вместе с тем предположил, что несоответствие между данными измерений элементарного электрического заряда у Томсона, Милликена и других исследователей объясняется невозможностью пока по-настоящему учесть испарение капле воды.

Завершив в 1909 г. опыты, Милликен сообщил о своих выводах Британской ассоциации содействия науке в Виннипеге (Канада), а в 1910 г. опубликовал статью в «Philosophical Magazine». Но еще в конце 1909 г., размышляя об устранении ошибок в измерении заряда электрона из-за испарения водяных капель, он пришел к выводу о целесообразности замены капель воды каплями масла, которые практически не испаряются и тем самым позволяют провести более точные измерения. Третий этап в работе привел его к успеху!

Об овладевших им в тот момент чувствах Милликен писал: *Меня зачаровывала та абсолютная уверенность, с которой можно было точно пересчитать количество электронов, сидевших на данной капле, будь это один электрон или любое их число, до сотни включительно. Для этого требовалось лишь заставить исследуемую каплю проделать большую серию перемещений вверх и вниз, точно измерив время, потраченное ею на каждое перемещение, а затем высчитать наименьшее общее кратное довольно большой серии скоростей* [2, с.112].

Итак, применив в 1906 г. метод капель, позволивший ему измерять заряд отдельных электронов, Милликен в 1910–1914 гг. провел целую серию экспериментов по возможно точному определению заряда электрона. Так, если в 1910 г. он получил



Прибор Милликена для наблюдения за движением капель масла в электрическом поле. Состоит из источника света, конденсатора и микроскопа.

Wikimedia Commons

* Ч.Т.Р.Вильсон (1869–1959) — английский физик, создатель метода визуального обнаружения траекторий электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара в камере Вильсона, лауреат Нобелевской премии по физике (1927).



Прибор Милликена для наблюдения за движением капель масла в электрическом поле. Примерно 1916 г. Устройство использовалось Р.Миллиkenом и Х.Флетчером в нескольких экспериментах по измерению значения заряда электрона. Экспонат Музея науки и промышленности в Чикаго (США).

значение $4.891 \cdot 10^{-10}$, то в 1913 г. — $4.774 \cdot 10^{-10}$ СГСЭ*, т.е. $1.592 \cdot 10^{-19}$ Кл. Таким образом, он доказал дискретность электрического заряда и впервые достаточно точно для того времени измерил его величину. Полученные Миллиkenом данные произвели впечатление на коллег.

Позднее он будет вспоминать: *Я наблюдал таким путем захват многих тысяч ионов, и во всех случаях захваченный заряд... был либо в точности равен наименьшему из всех захваченных зарядов, либо он равнялся небольшому целому кратному этой величине. В этом заключается прямое и неопровержимое доказательство того, что электрон не есть «статистическое среднее», но что все электрические заряды на ионах либо в точности равны заряду электрона, либо представляют целые кратные этого заряда* [5, с.55].

Однако анализ опытов Милликена другими учеными и их собственные опыты показали, что ошибочно взятая им вязкость воздуха в формуле

* СГСЭ (абсолютная электростатическая система) — система единиц, основанная на законах электростатических взаимодействий.

Стокса привела его к не вполне точному определению элементарного заряда. Закон Стокса стал предметом анализа крупнейших физиков и, разумеется, самого Милликена. Его новые, скрупулезные по точности, измерения с усовершенствованной аппаратурой привели в 1917 г. к значению $4.770 \cdot 10^{-10}$ СГСЭ. По данным 2005 г., элементарный заряд электрона равен $4.80 \cdot 10^{-10}$ СГСЭ, или $1.602 \cdot 10^{-19}$ Кл в системе СИ.

Итак, поставленные Миллиkenом эксперименты позволили сделать следующие выводы. Во-первых, величина изменения заряда на масляной капле всегда равна ne , где e — всегда одно и то же, а n — целое число. Во-вторых, независимо от знака заряда иона значение e всегда остается одним и тем же; следовательно, положительное и отрицательное изменения заряда одинаковы по абсолютной величине. В-третьих, величина элементарного заряда, обусловленного трением, при распылении совпадает с величиной заряда при облучении ионов.

На удачу в измерении заряда электрона газеты откликнулись интригующими заголовками: «Миллиken сделал великое научное открытие», «Секреты электричества наконец установлены», «Электричество понято. Вековая проблема решена» и т.д. Но для самого Милликена главным было, разумеется, мнение ведущих ученых. И действительно, уже на первом Сольвеевском конгрессе 1911 г. в поддержку полученных им результатов выступили Э.Г.Варбург, Г.Рубенс, В.Вин, А.Эйнштейн и особенно Ж.Б.Перрен.

В 1913 г. в статье об определении элементарного заряда Миллиken использовал термин «fundamental constants» по отношению к заряду, постоянной Планка и другим постоянным физической науки того времени. В применении этого термина за ним последовали А.С.Эддингтон (1918), Г.К.Г.Вейль (1928), П.Дирак (1937) и др. Распространение нового термина в физике в 1940–1950 гг. и особенно во второй половине XX в. означало признание учеными важнейшей роли физических постоянных в современной науке [6].

Начиная еще с 1910 г. венский ученый Ф.Эренгафт с учениками на опытах получали меньшие значения заряда электрона ($4.6 \cdot 10^{-10}$), чем представил Миллиken, и указали причины расхождения, которые были приняты научной общественностью. В 1914–1915 гг. Эренгафт повторил опыты. Он продолжил настаивать на своей точке зрения. Развернувшаяся между ними дискуссия, благодаря следующим опытам Милликена, подтвердила правоту последнего и стимулировала опыты других ученых, в том числе А.Г.Столетова и А.Ф.Иоффе.

Об отличии подходов (вместо капель масла использовались пылинки металла) Иоффе написал: *...В моих опытах заряд частиц определялся по уравновешивающей силу тяжести разности потенциалов на пластинах конденсатора... Миллиken же заставлял частицу для той же цели мно-*

гократно падать и подыматься и определял скорость ее перемещения. Но это чисто методическое преимущество моих опытов показалось Милликену столь удачным, что он сожалел, что оно не пришло ему в голову [7, с.86].

Бесспорному успеху Милликена в решении проблемы измерения заряда электрона способствовали обусловленные его качествами личности ученого и человека факторы: его способность взглянуть свежим взглядом на происходящее в мире науки, умение наглядно вообразить главные проявления физического явления, реализовать их на опытах и сделать соответствующие выводы, а также интуитивная уверенность в том, что эти выводы станут подтверждением теории электричества, которой он придерживался в ходе исследования.

Когда Милликена обвиняли в том, что он, оправдывая существование электрона как дискретной корпускулы, занимается построением гипотез, ученый в свое оправдание неоднократно прибегал к «зримому образу» электрона. Позднее в своей «Автобиографии» он вновь отметил: *Тот, кто видел этот эксперимент, а его наблюдали сотни исследователей, фактически видел электрон. Это новый экспериментальный факт, который впервые предстал перед глазами нашего поколения, но который отныне может видеть любой, кто пожелает* [3, с.224].

В итоге научные достижения Милликена были признаны не только на родине, но и в Европе, а результаты его работ стали внедряться в технику. В 1913 г. он стал консультантом по вакуумным приборам в компании «Вестерн электрик», 10 лет работал экспертом в патентном бюро (United States Patent and Trademark Office), а в 1917 г. трудился на постах вице-председателя и главы отдела исследований при Национальном совете по исследованиям — особой организации при Национальной академии наук, созданной американским правительством во время Первой мировой войны.

Будучи патриотом, Милликен поступил на военную службу (в войсках связи) и вместе с Э.Резерфордом и Дж.П.Томсоном координировал деятельность ученых и инженеров, в особенности в такой важной области военной техники, как радиосвязь с подводными лодками. По окончании войны профессор Милликен возвратился в Чикагский университет к своей прежней научной и педагогической деятельности, но, как показали дальнейшие события, лишь на короткое время.

От фотоэффекта — к квантовой теории света и постоянной Планка

Доказав реальность «атомов» электричества, Милликен вначале отрицал световые кванты, что совпадало на тот момент с представлениями большинства ученых. О квантовой теории Эйнштейна

Милликен с долей сомнения писал: *Здание стоит целое и, по-видимому, хорошо проверенное, но никаких подпорок не видно. Эти подпорки очевидно должны существовать, и самая увлекательная задача физики — найти их* [5, с.183].

Поэтому уже в 1912 г. Милликен обратился к еще одной проблеме, важной для новой науки и для него самого, — проверке уравнения Эйнштейна для фотоэффекта. В его основе лежала корпускулярная теория света, а само уравнение устанавливало связь между энергией поглощенного веществом кванта, энергией излучаемого электрона и работой выхода его из атома. Милликен попытался выяснить, действительно ли энергия кванта света равна nh , остается ли h постоянной для всех цветов спектра и соответствует ли уравнение Эйнштейна самой реальности.

В «Автобиографии» Милликен, как обычно, с присущей ему откровенностью вспоминает: *Я приступил к конструированию нового аппарата, при помощи которого можно было бы получить убедительное решение проблемы фотоэлектрического уравнения Эйнштейна. Я почти не надеялся, что решение, если только я его получу, будет положительным. Но вопрос был чрезвычайно важным, и найти какое-то решение было необходимо* [2, с.116]. Его талант и порядочность, несмотря на все сомнения, помогли ему в этом.

В опытах он измерял кинетическую энергию фотоэлектронов в зависимости от частоты света, вызывающего их эмиссию. Занился Милликен также проблемой зависимости энергии излучения от его частоты. В качестве мишени он использовал щелочные металлы, светочувствительные при длинах волн до 0.6 мкм. По окончании опытов и расчетов была получена кривая, показывающая зависимость энергии электрона от частоты. При этом выяснилось, что величина постоянной Планка соответствует реальности.

О результатах трехлетних исследований Милликен докладывал в 1914 и 1915 гг. на заседаниях Американского физического общества. В своей основной статье за 1916 г. он привел детали своих весьма изящных экспериментов и их результаты и сделал следующие выводы: уравнение Эйнштейна для фотоэффекта выполняется замечательно; постоянная Планка, входящая в него и измеренная тем же фотоэлектрическим способом с погрешностью 0.5%, составляет $6.57 \cdot 10^{-27}$ эрг·с.

После этой публикации результатов по фотоэффекту и определению постоянной Планка все больше физиков начали склоняться в пользу признания квантовой теории света. По словам Милликена, фотоэлектрический эффект *материализует, так сказать, величину «h», открытую Планком при изучении излучения абсолютно черного тела, и дает нам, как ни одно другое явление, уверенность в том, что исходные физические представления, лежащие в основе гипотезы Планка, соответствуют действительности* [8, с.104].

Итак, Милликен установил, что уравнение Эйнштейна объективно описывает фотоэффект для видимого и ультрафиолетового света, а саму концепцию кванта излучения следует считать справедливой. Уже в 1949 г. он напомнил, что потратил целых 10 лет своей жизни на проверку уравнения Эйнштейна и вопреки всему вынужден был в 1915 г. окончательно признать его справедливость. Хотя уравнение и казалось безрассудным, поскольку противоречило всему, что было известно тогда об интерференции света.

Следует подчеркнуть, что хотя Милликен сомневался в гипотезе квантов света (по его словам, *дерзкой, если не сказать безрассудной* и к тому же *несовместимой с самим понятием электромагнитного возмущения*), он, тем не менее, взялся за работу по ее проверке, *проявив те же энергию и упорство, какие отличали его предшествующую работу о дискретности заряда электрона* [3, с.262]. Любопытно, что даже после постановки своих экспериментов по проверке гипотезы Эйнштейна он продолжал какое-то время сохранять свое недоверие к ней.

Что же касается самого уравнения фотоэффекта Эйнштейна, то Милликен уже впоследствии оценил его очень высоко: *Если это уравнение справедливо вообще, то его, несомненно, нужно рассматривать как одно из самых основных уравнений физики и притом такое, которому суждено сыграть в будущем едва ли не менее значительную роль, чем та, какую уравнения Максвелла сыграли в прошлом, потому что оно должно управлять переходом всей электромагнитной энергии коротких длин волн в энергию тепловую* [9, с.173].

Благодаря тщательно проведенным экспериментам репутация Милликена среди коллег еще больше выросла. В 1916–1917 гг. он выполнял обязанности президента Американского физического общества, стал почетным членом многих академий и научных обществ. На Сольвеевском конгрессе 1921 г. «Атомы и электроны» после выступлений Х.А.Лоренца, А.Эйнштейна, Э.Резерфорда и других ведущих физиков Милликен доложил о продолжении своих работ по фотоэффекту и более точному определению постоянной Планка, что имело особую ценность для развития квантовой теории.

За работы по определению элементарного электрического заряда и по фотоэлектрическому эффекту Милликен в 1923 г. был удостоен Нобелевской премии по физике. При ее получении он подчеркнул: *...В обеих этих областях моя работа была работой чистого экспериментатора, чья благороднейшая задача состоит в постановке возможно безупречных *experimenta crucis** для того, чтобы проверить правильность теорий, выстав-*

ленных другими исследователями [10, с.7], прежде всего Томсоном, Планком и Эйнштейном.

В Нобелевской лекции ученый посчитал необходимым отметить тот бесспорный факт, что *естествознание движется вперед на двух ногах — теории и эксперименте... Иной раз то одна, то другая нога выдвигается вперед; но длительный прогресс возможен только тогда, когда обе они в ходу: путем ли установления теории и последующей проверки ее, или путем открытия новых экспериментальных соотношений и подтягивания затем теоретической ноги, которая при этом отстает, и так далее до бесконечности* [10, с.7].

Милликен стал вторым после Майкельсона нобелевским лауреатом в Америке, что свидетельствовало о начале дальнейшего развития физики у него на родине. С годами список лауреатов Нобелевской премии пополнился новыми именами физиков из США, и к концу жизни Милликена в 1953 г. он включал в себя девять имен. К настоящему моменту их число составило 91 (последними стали Райнер Вайсс, Бэрриш Барри и Торн Кип, получившие премию в 2017 г.) — ни одна страна не может похвастаться большим числом лауреатов.

Воспитание научных кадров и космические лучи

В 1921 г. директор обсерватории Маунд-Вилсон Дж.Э.Хейл пригласил Р.Милликена занять должность профессора и предложил ему возглавить новую лабораторию в небольшом частном исследовательском университете в Пасадене (штат Калифорния) — теперь это знаменитый Калифорнийский технологический институт (Калтех). Со временем Калтех стал одним из самых влиятельных учебных и научно-исследовательских центров США, гордостью американской физической (и не только) науки. Именно здесь Милликена нашла его Нобелевская премия по физике, и здесь же на протяжении четверти века он исполнял обязанности президента института.

Своим нобелевским титулом, успешной научной и педагогической деятельностью он повлиял на развитие Калтеха в такой мере, что заведение это позднее стали называть «университетом Милликена» (Millikan's school). Особой заслугой ученого перед Калтехом стало привлечение в него лучшей профессуры и самых способных студентов. И после ухода со своего поста в отставку Милликен продолжал свою деятельность выдающегося администратора.

В 1922–1928 г. Милликен вместе со своими сотрудниками выполнил опыты с электроскопами в воздухе и воде, на высотах и в глубинах. В итоге было показано, что ионизирующее действие космического излучения (его он назвал космическими лучами) уменьшается с глубиной (тем самым было подтверждено его внеземное происхождение).

* Experimentum crucis (лат.) — решающий эксперимент (по Ф.Бэкону).

ние). Милликен пришел к выводу, что эти лучи состоят главным образом из фотонов*, возникающих в межзвездном пространстве при слиянии протонов и нейтронов в ядра гелия.

Изучая поглощение космического излучения в атмосфере Земли в зависимости от высоты наблюдения, Милликен обнаружил, что в свинце это излучение поглощается так же, как и гамма-излучение ядер, и что рождение атомов происходит в межзвездном пространстве. Опыты же Д.В.Скобелъцына с помещенной в магнитное поле камерой Вильсона позволили за счет ионизации «увидеть» следы (треки) космических частиц. На примере этих исследований Милликен вновь убедился в значимости эксперимента.

По его словам, в познании *того медленного, шаг за шагом развивающегося процесса, при помощи которого наука двигается вперед... каждый экспериментатор основывается на прошлом и, если ему удастся, делает, по сравнению со своими предшественниками, небольшое движение вперед. Таким путем человечество в своем понимании природы почувствовало себя, наконец, на вершине могущества, не сознавая в то же время о тех отдельных моментах, в которых скрыты зачатки этого развития* [11, с.122].

Вывод о природе космического излучения был опровергнут А.Х.Комптоном, доказавшим, что большая часть этого излучения состоит из заряженных частиц, отклоняемых магнитным полем Земли и создающих широтный эффект. В ответ Милликен с сотрудниками в 1933 г. провел измерения на самолетах, и им пришлось согласиться с наличием указанного эффекта, а значит, и с тем, что доля космического излучения имеет корпускулярную природу. Дискуссия двух нобелевских лауреатов закончилась поражением Милликена.

Сотрудник Милликена К.Д.Андерсон в 1931 г. соорудил по примеру Скобелъцына камеру Вильсона с вертикальным поршнем



Главное здание Калифорнийского технологического института, ректором которого был Р.Милликен в 1921–1945 гг.

Wikimedia Commons

и поместил ее в сильное магнитное поле. Он обнаружил, что энергия частиц велика, причем половина из них отклонялась в поле в одну сторону (их заряд был отрицательным), вторая же — в другую (ее частицы имели заряд положительный). После этого Милликен, находясь в ноябре того же года в Европе, на своих лекциях в Кембридже и Париже допустил, что космические лучи, сталкиваясь с ядрами атомов газа в камере, выбивают из них оба вида частиц, а положительно заряженная частица — будто бы протон [12, с.37].



Представление королю Швеции нобелевских лауреатов 1936 г. В первом ряду стоят слева направо: О.Лёви и Г.Дейл (премия по медицине), П.Дебай, К.Д.Андерсон (ученик Р.Милликена) и В.Гесс (премия по физике). Стокгольм, 1936 г.

Wellcome Library

* Термин «фотон» был введен в научный обиход в 1929 г. американским физико-химиком Г.Н.Льюисом, лауреатом Нобелевской премии по химии (1932).

Дальнейшие исследования Андерсона, поощряемые Миллиkenом, показали, что на самом деле так называемый протон в данном случае оказался положительно заряженной частицей с массой, близкой к массе электрона. После наблюдений (проведенных независимо от сделанного в 1931 г. П. Дираком предсказания возможного существования в природе электронно-позитронных пар) Андерсон эту частицу назвал позитроном. За ее открытие он в 1936 г. был удостоен Нобелевской премии. В ее присуждении определенную роль сыграл и Милликен.

Вообще в Калтехе в разное время работали многие знаменитые физики: Дж.Р.Оппенгеймер, Р.Ч.Толмен, незадолго до смерти Милликена здесь появился Р.Ф.Фейнман, а после смерти Милликена — М.Гелл-Манн и наконец — Б.К.Бэриш и К.С.Торн. За свои открытия последние четверо были удостоены Нобелевских премий по физике. Все они в той или иной мере испытали на себе ближнее или дальнее влияние Милликена и традиций, заложенных им в процесс воспитания в стенах Калтеха ученых высочайшего класса или их привлечения со стороны.

В зените научной карьеры и славы

Величайшая заслуга Милликена как экспериментатора заключалась в том, что своими безупречными работами по определению заряда электрона и подтверждению реального существования квантов света он не только узаконил эти факты для атомной и ядерной физики, но и позволил им развиваться по намеченному пути. Важным было и то, что после его экспериментов Нобелевский

комитет решил присудить свои премии А.Эйнштейну (1921) и Н.Бору (1922).

Среди своих качеств Милликен выделял прагматичность и прямолинейность, включавшие в себя стремление к объяснению с помощью зрительных образов того, какими он как бы видит исследуемые им физические явления. Иными словами, он старался описать их как реально существующие в его представлении. Для ученого (как естествоиспытателя, так, впрочем, и гуманитария) эта способность — неотъемлемое качество для положительного решения поставленной задачи — как в науке, так и в искусстве или литературе.

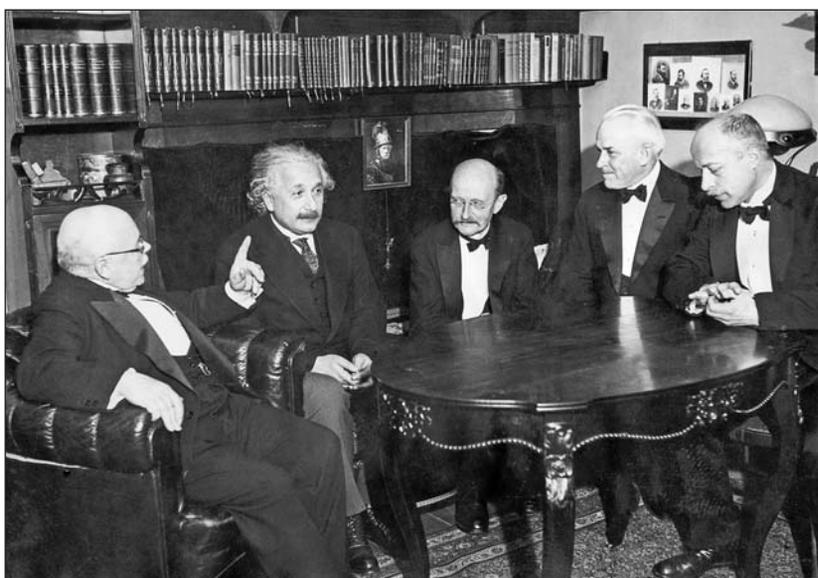
Согласно Дж.Холтону, в работе Милликена можно различить две тенденции. Одна — стандартное... поведение, заключающееся в стремлении к информации, настолько безличной или объективной, насколько это возможно... Но есть и другая сторона медали — стратегия; без нее исследование нового не сможет преодолеть тех первых препятствий, истинная природа которых может быть подробно определена только по завершении исследования [3, с.261].

Тот же Холтон считает важным подчеркнуть, что поразительная черта работы Милликена состоит в том, что она демонстрирует механизм укрепления убежденности в справедливости гипотезы, действующей достаточно долго для того, чтобы помочь этой гипотезе сохраниться до более поздней стадии проверки в публичной дискуссии [3, с.261]. Его опыты настроены на результат, и ученый делает все возможное, чтобы обосновать истинность гипотезы.

Милликен любил и считал нужным обсуждать интересующие его проблемы. Для распространения своей теории происхождения космических

лучей он обратился к популярным журналам и воскресным газетам. «Science» — уважаемый журнал, публикующий научные новости и имеющий массу читателей. Поэтому и заметку Андерсона о позитроне прочли многие, в том числе англичанин П.М.С.Блэккет и итальянец Дж.П.С.Оккиалини, которые в следующем же году подтвердили открытие позитрона.

Милликен неоднократно подчеркивал, что обобщение заявлений с неоправданной убежденностью в сферах, где они не были проверены экспериментально, несет вред для общества. Это приводит к догматизму в науке, сходному с догматизмом в теологии или в любой другой сфере, поскольку и в ней догматизм сводится к чрезмерной самоуверенности, не подкрепленной



В.Нернст, А.Эйнштейн, М.Планк, Р.Милликен и М. фон Лауэ на обеде, данном фон Лауэ. Берлин, 12 ноября 1931 г. Фото из Национального архива Нидерландов.

знаниями. Физики давно усвоили урок: наука не должна поддаваться влиянию других отраслей знаний.

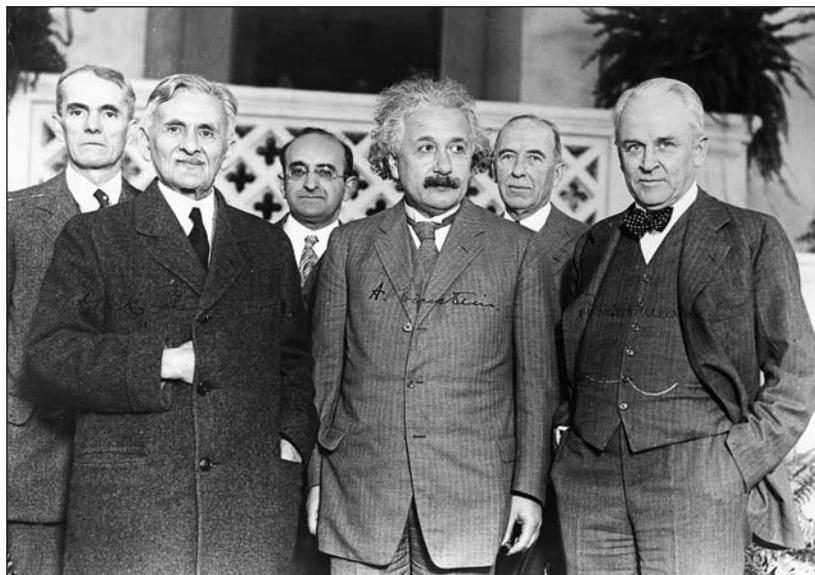
Что касается вопросов политики, то ученый придерживался консервативных взглядов, считал союз науки и промышленности средством помочь Америке справиться с Великой депрессией. Нельзя не упомянуть, что его склонность к замешанному на патриотизме милитаризму была столь же ярко выражена, как отвращение Эйнштейна ко всему связанному с войной [13, с.467]. Именно Милликен способствовал повороту науки Калтеха к военным нуждам во время Второй мировой войны.

Авторитет Милликена в мире науки был весьма высок. Капица* вспоминал, как в конце 1932 г. Резерфорд привел его в лабораторию со словами: *Позвольте вас представить Милликену, вы, несомненно, знаете, кто он. Покажите ему установку для получения сильных магнитных полей и расскажите о своих опытах, но вряд ли он будет слушать вас, он сам начнет рассказывать о своих опытах* [14, с.301]. Тогда Капица убедился в правоте слов Резерфорда.

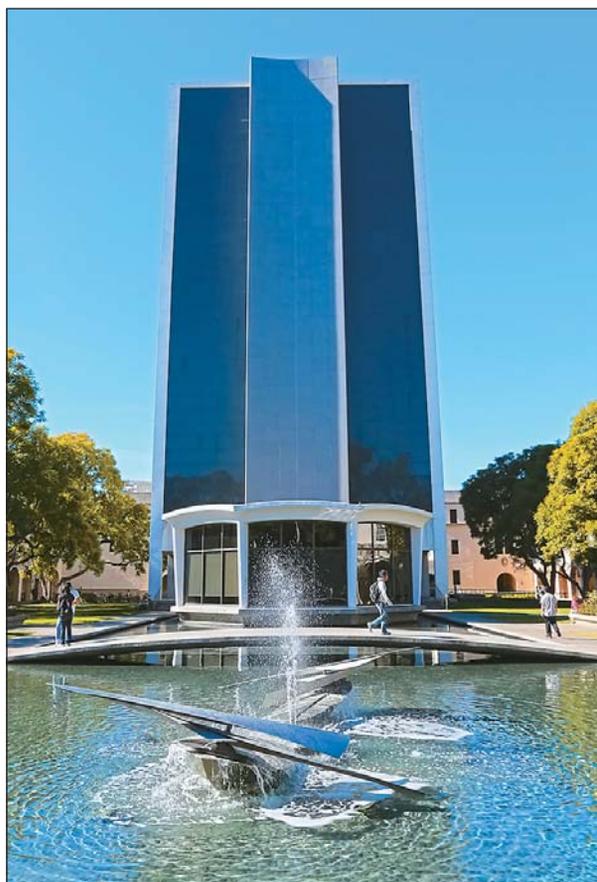
Милликен был удостоен многих наград, в том числе медали Хьюза Лондонского королевского общества (1923) и медали Фарадея Британского химического общества (1924). Он стал членом-корреспондентом АН СССР (1924), был командором ордена Почетного легиона и кавалером ордена Янтаря (награда правительства Китая). 25 университетов избрали его своим почетным доктором. К концу жизни Милликен был членом 21 научной академии мира.

В разные годы он был президентом Ассоциации содействия развитию науки и Физического общества, членом Философского общества, заместителем главного редактора журнала «American Physical Review». Милликен в целом немало сделал для становления и развития американского научного сообщества. К концу его жизни число лиц, занятых в Америке исследованиями, составляло около 200 тыс. научных работников, т.е. в четыре раза больше, чем в Англии.

По оценке историков науки, Милликен *в зените своей карьеры был, по-видимому, наиболее из-*



У.С.Адамс, А.Ф.Майкельсон, У.Мейер, А.Эйнштейн, М.Фарранд и Р.Э.Милликен в библиотеке Института Адама Смита, 1931 г. Коллекция фотографий Библиотеки Смитсоновского института.



Здание Библиотеки и Фонда Милликена в Калифорнийском технологическом институте, строительство завершено в 1967 г.

Wikimedia Commons

* В 1934 г. П.Л.Капице для продолжения своих работ не позволили вернуться в Англию. За него вступились многие зарубежные ученые, в том числе из США: А.Эйнштейн, Р.Милликен, братья Артур и Уильям Комптоны, Г.Н.Льюис и др. (всего около 60 подписей).

вестным и влиятельным ученым в Соединенных Штатах: физиком, администратором, педагогом и одним из творцов политики [3, с.216]. В 1921–1945 гг. он возглавлял лабораторию в Калифорнийском технологическом институте, а в последние годы жизни написал несколько книг о взаимоотношениях науки и религии.

Роберт Милликен умер 19 декабря 1953 г. в возрасте 85 лет в Пасадене (Калифорния). После него

остались 99 ящиков архивных материалов, его «Автобиография» и многочисленные учебники. А главное — он оставил истории свои эксперименты и традиции успешных занятий опытными исследованиями и воспитания кадров, способных развивать физическую науку.

В 1970 г. Международный астрономический союз присвоил имя Милликена кратеру на обратной стороне Луны. ■

Литература / References

1. Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. М., 2003. [*Mach E. Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung. Moscow, 2003. (In Russ.)*]
2. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели. М., 1964. [*Wilson M. American scientists and inventors. Moscow, 1964. (In Russ.)*]
3. Холтон Дж. Тематический анализ науки. М., 1981: 211–293. [*Holtom G. Thematic analysis of Science. Moscow, 1981: 211–293. (In Russ.)*]
4. Планк М. Избранные труды. М., 1975. [*Planck M. Selected papers. Moscow, 1975. (In Russ.)*]
5. Милликен Р. Электрон. М., 1924. [*Millikan R. The Electron. Moscow, 1924. (In Russ.)*]
6. Томилин К.А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. М., 2006. [*Tomilin K.A. Fundamental physical constants in historical and methodological aspects. Moscow, 2006. (In Russ.)*]
7. Иоффе А.Ф. Встречи с физиками. Мои воспоминания о зарубежных физиках. Л., 1983. [*Ioffe A.F. Meetings with physics. My memories of foreign physics. Leningrad, 1983. (In Russ.)*]
8. Тригг Дж. Решающие эксперименты в современной физике. М., 1974. [*Trigg G. Crucial experiments in modern physics. Moscow, 1974. (In Russ.)*]
9. Милликен Р. Электроны, протоны, фотоны, нейтроны и космические лучи. М.; Л., 1939. [*Millikan R. Electrons, protons, photons, neutrons and space beams. Moscow; Leningrad, 1939. (In Russ.)*]
10. Милликен Р.А. Электрон и световой квант с экспериментальной точки зрения (Нобелевская речь). Успехи физических наук, 1926; 6(1): 7–20. [*Millikan R.A. Electron and light quantum from the experimental point of view (Nobel speech). Physics-Uspekhi (Advances in Physical Sciences). 1926; 6(1): 7–20. (In Russ.)*]
11. Милликен Р.Э. Кэмерон Дж.Х. Новое о космических лучах. Успехи физических наук. 1928; 8(2): 121–140. [*Millikan R.A., Cameron J.H. New about space beams. Physics-Uspekhi (Advances in Physical Sciences). 1928; 8(2): 121–140. (In Russ.)*]
12. Дорман И.В. Теория Дирака и экспериментальное открытие позитрона. Поль Дирак и физика XX века. М., 1990: 34–44. [*Dorman I.V. Dirac's theory and experimental opening of a positron. Paul Dirac and physics of the XX century. Moscow, 1990: 34–44. (In Russ.)*]
13. Айзексон У. Альберт Эйнштейн: его жизнь и его Вселенная. М., 2016. [*Isaacson W. Einstein: His Life and Universe. Moscow, 2016. (In Russ.)*]
14. Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика. М., 1981. [*Kapitsa P.L. Experiment. Theory. Practice. Moscow, 1981. (In Russ.)*]

R.A. Millikan: My work was a work of the clear experimenter To the 150th anniversary since birth

R.N. Shcherbakov
Tallinn, Estonia

The American physicist Robert Millikan (1868–1953) applied method of drops and measured an electron charge; he checked Einstein's equation for photoeffect and defined value of Planck's constant. For the totality of these works the scientist was awarded Nobel Prize in 1923. He has conducted a research of cosmic rays, and determined presence of the group of elementary particles in them. He successfully participated in mentoring the talented scientific researchers, including several future Nobel laureates.

Keywords: history of science, measurement of a charge of an electron, check the Einstein's photoeffect equation, Nobel Prize, cosmic rays, development of the American scientific school of physicists.

Новости науки

Климатология

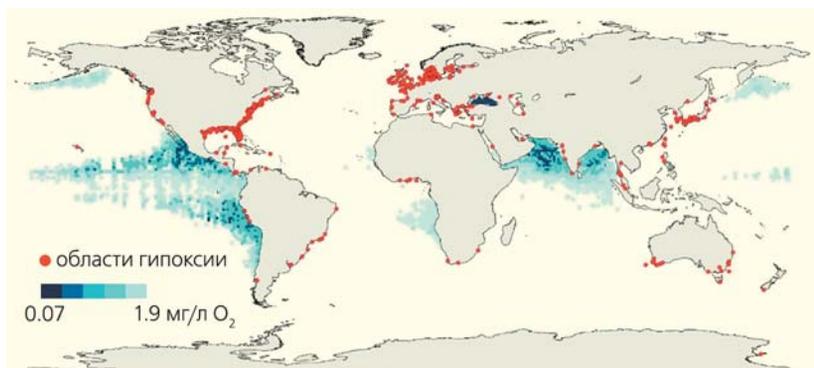
Угроза гипоксии мирового океана

Падение концентрации кислорода в мировом океане и прибрежных водах отмечается уже с середины XX столетия, но в последние годы оно стало усиливаться. Этой проблеме посвящена большая статья американских и европейских ученых в первом номере журнала *Science* за 2018 год*. По оценкам авторов статьи, концентрация растворенного кислорода в мировом океане за последние 50 лет снизилась примерно на 2%, а объем воды, полностью лишенной кислорода, за это время возрос примерно вчетверо. Гипоксия или кислородное голодание нарушает нормальное развитие живых организмов. Аноксия, т.е. полное отсутствие растворенного кислорода, приводит к массовому вымиранию. Многочисленные примеры этих явлений приводятся в статье.

Авторы указывают и на возможную причину снижения концентрации кислорода — это потепление климата. Несомненно, логика в этом утверждении есть: поверхностные теплые воды препятствуют перемешиванию, в результате содержание кислорода в более холодных подстилающих водах постепенно падает.

Однако существует и противоположное следствие того же потепления — конвекция атмосферы над теплым океаном возрастает, поэтому тайфуны и ураганы в последние годы происходят чаще, чем в прошлом веке. Интенсивные ветры приводят к более активному перемешиванию океанских вод и тем самым к обогащению их кислородом. Однако области экстремальных погодных явлений не повсеместны. На западных окраинах и Тихого и Атлантического океанов тайфуны происходят ежегодно, как правило, в осеннее время. И как видно на карте, гипоксии там нет. Правда, около Камчатки отмечено небольшое понижение концентрации кислорода — полагаю, это просто ошибка.

* *Breitburg D., Levin LA, Osblies A et al. Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. Science. 2018; 359: 46.*



Области пониженного содержания кислорода в открытом океане отмечены различными оттенками синего цвета; обедненные прибрежные воды показаны красными точками.

Наиболее тревожная ситуация складывается около Индии, где муссонный климат, по-видимому, способствует стратификации океана. Признаками гипоксии отмечены также экваториальные районы Тихого океана; это, надо полагать, статистическое следствие Эль-Ниньо, которое повторяется нерегулярно, но довольно часто.

Что будет происходить при дальнейшем потеплении климата, сказать достаточно трудно. Несомненно, необходимы дальнейшие исследования — с океаном шутки плохи.

© доктор физико-математических наук **А.В.Бялко**
Институт теоретической физики
имени Л.Д.Ландау РАН (Москва, Россия)

Цитология

Впервые *in vitro* выращены зрелые человеческие яйцеклетки

Результаты совместной работы исследователей из Эдинбургского университета, Королевского детского госпиталя Эдинбурга (Великобритания) и Центра репродукции человека в Нью-Йорке (США) доказали принципиальную возможность развития в пробирке человеческих ооцитов (яйцеклеток) с самой ранней фолликулярной стадии до созревания. Успешному эксперименту посвящен доклад профессора Э.Телфер из Института цитологии Эдинбургского университета и ее коллег, опубликованный 30 января 2018 г. в журнале *Molecular Human Reproduction* Оксфордского уни-

верситета и Европейского общества репродукции человека и эмбриологии.

Ученые получили *in vitro* 32 полностью созревшие женские яйцеклетки, обладающие правильным набором непарных хромосом, причем у девяти из этих ооцитов возникли полярные тельца, а конфокальный иммуногистохимический анализ показал наличие веретен деления, свидетельствующее о наступлении метафазы II мейоза.

Британские исследователи использовали биоматериал 10 женщин, давших согласие на эксперимент, а именно — клетки их однослойных примордиальных (первичных) яичниковых фолликулов (структур, в которых зреют яйцеклетки). Материал поместили в питательную среду для стимуляции роста. В процессе культивирования, которое в общей сложности длилось три недели, ученые производили отбор успешно формировавшихся ооцитарных комплексов и продолжали их выращивать, меняя состав питательной среды соответственно стадии развития.

Э.Телфер с 1993 г. проводила эксперименты с яйцеклетками мышей. Ею получено живое потомство из мышиных яйцеклеток, выращенных в пробирке. Опыт с женскими ооцитами пока не дает ответа на вопрос о полноценности выращенных яйцеклеток, нужно продолжить исследования. В опубликованном докладе ученые подчеркивают: «Необходима оценка потенциала оплодотворения яйцеклеток, чтобы определить, являются ли они нормальными».

Работа британских ученых открывает большие возможности для изучения процесса развития яй-

цеклеток и лечения бесплодия. Но в любом случае продолжение экспериментов с человеческим материалом потребует решения многих вопросов этического и юридического характера.

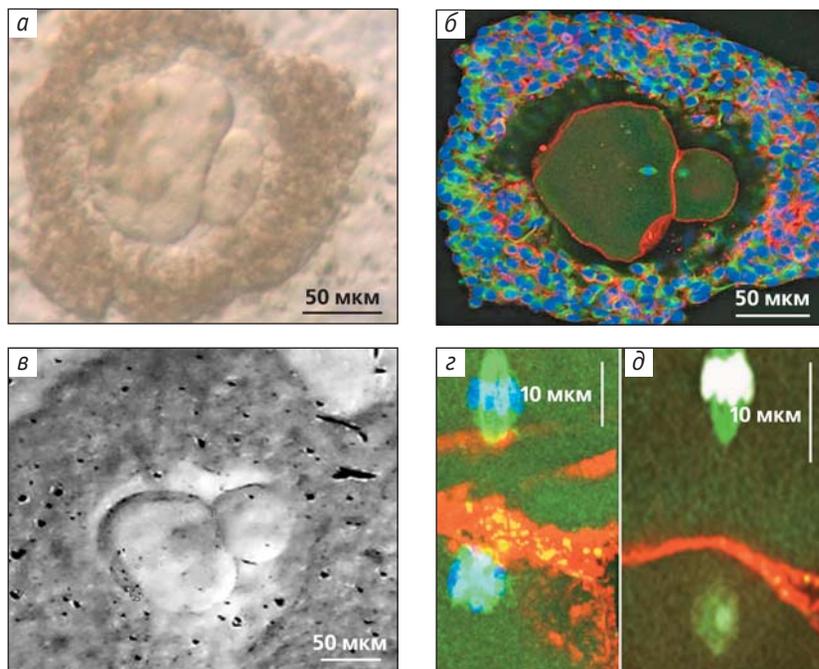
Molecular Human Reproduction. 2018; 1–8.
Doi:10.1093/molehr/gay002.

Ботаника

Новый виток дискуссии о строении древнейшего цветка

Около полугода назад, в августе 2017 г., в журнале Nature Communications участники международного исследовательского проекта eFLOWER опубликовали созданную ими реконструкцию облика древнейшего цветка нашей планеты*. Событие вызвало научную дискуссию об интерпретации данных, которыми располагают ныне специалисты, работающие над подобными моделями. Сотрудники кафедры высших растений биологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (МГУ) Д.Д.Соколов и М.В.Ремизова совместно с коллегами из Королевских ботанических садов Кью (Великобритания) в январе 2018 г. опубликовали в American Journal of Botany критический комментарий относительно подходов к анализу существующей информации о разнообразии цветков современных растений. Эта статья российских и английских ботаников заинтересовала коллег, и приведенные в ней аргументы были вкратце изложены, в частности, в новостной рубрике журнала Nature**.

Помочь ученым ответить на ключевые вопросы эволюции цветковых растений — главная цель проекта eFLOWER. Его участники собрали беспрецедентную базу данных о морфологии цветков (были каталогизированы свыше 20 признаков почти 800 видов растений), сопоставили эти материалы с молекулярно-филогенетическим древом цветковых растений, обратились к сложным статистическим моделям и предприняли амбициозную попытку воссоздать черты первого цветка. Цветковые растения — пример замечательного эволюционного про-



Микрофотографии выращенных *in vitro* яйцеклеток в метафазе II мейоза: а, в — оптическая микроскопия; б, г, д — конфокальная микроскопия. На рис.г, д видны веретена деления.

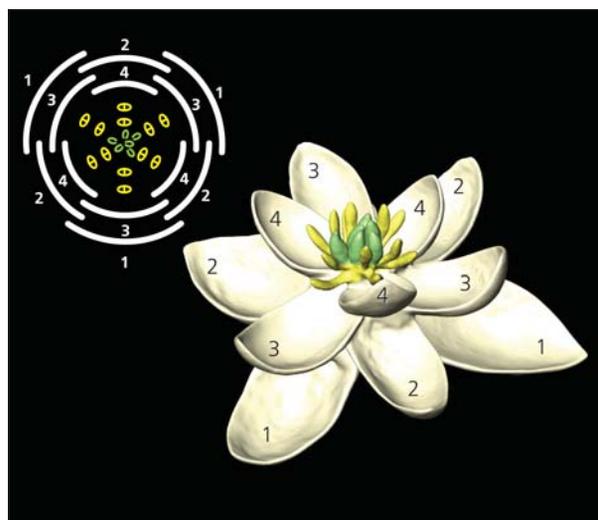
* Sauquet H., Baltazar M. von, Magallon S. et al. The ancestral flower of angiosperms and its early diversification. Nat. Commun. 2017; 8: 16047. Doi:10.1038/ncomms16047.

** Ledford H. Debate blooms over anatomy of the world's first flower. 2018; 554: 153–154. Doi:10.1038/d41586-018-01539-8.

рыва. Они появились около 140 млн лет назад — к тому времени история голосеменных растений насчитывала 200 млн лет, — но именно цветковые (покрытосеменные) ныне представляют около 90% всех современных растений. Ископаемых остатков, свидетельствующих о первых этапах эволюции репродуктивных органов покрытосеменных, мало, и ботаники должны понять, как выглядели самые первые цветки, располагая скудным фактическим материалом. По мнению многих специалистов, роль цветка в развитии огромного разнообразия растений основополагающая. Но ученым крайне сложно понять причины грандиозного эволюционного успеха покрытосеменных без знаний о том, как проходили самые первые этапы развития этой группы. «Отвратительная тайна» — так о происхождении цветковых растений написал Чарльз Дарвин, безуспешно пытавшийся найти рациональное объяснение их стремительного распространения с позиций теории происхождения видов.

Разногласия между учеными касаются тонкостей расположения репродуктивных органов самых древних цветковых. Кроме того, настоящая дискуссия отражает озабоченность исследователей по поводу использования статистических моделей и больших наборов данных для решения биологических вопросов. Модель, созданная в рамках проекта eFLOWER, представляет собой цветок симметричной формы, содержащий и тычинки, и пестики. Специалисты проекта также предположили, что элементы околоцветника и тычинки в древнейшем цветке располагались вокруг его центральной оси концентрическими кольцами (ботаники называют их кругами). Согласно классической точке зрения, вошедшей в большинство учебников, в древнейших цветках все части были расположены не кругами, а по единой спирали. Таким образом, новая реконструкция существенно отличается от традиционной, хотя авторы проекта eFLOWER отметили, что статистически их модель обоснована недостаточно.

Российские и британские ученые обратили внимание на то, что в модели проекта eFLOWER все органы цветка расположены кругами, а именно: при переходе от мужских органов цветка (тычинок) к женским (плодолистикам, или пестикам) характер их расположения меняется с кругового на спиральный. Ученые отметили, что в научной литературе такого сочетания кругового расположения мужских органов и спирального — женских не зафиксировано для цветков каких-либо современных или ископаемых видов покрытосеменных. Им удалось уточнить и отчасти исправить некоторые неточности в массиве исходных данных, использованных в проекте eFLOWER, что позволило еще ярче показать эту закономерность, на которую ранее не обращали должного внимания. Российские и британские ученые предполагают, что существует какой-то пока не установленный в явном виде



Объемная модель и диаграмма древнейшего цветка (проект eFLOWER). Цифры (1–4) показывают принадлежность листочков околоцветника четырем кругам. Тычинки также расположены кругами, а плодолистики (пестики) — по спирали.

аспект регуляции развития цветка, накладывающий эволюционный запрет на подобное сочетание двух типов расположения органов в одном цветке. Принципиальная проблема подхода специалистов eFLOWER заключается в индивидуальном анализе эволюции каждого органа цветка, тогда как следует рассматривать их развитие в комплексе. Некоторые из предложенных комбинаций признаков возможны лишь теоретически, но в реальности подпадают под те или иные эволюционные запреты, связанные с целостным характером развития и функционирования цветка.

American Journal of Botany. 2018. Doi:10.1002/ajb2.1003.

Океанология

Роль ученых в подготовке договора о защите открытого океана

В декабре 2017 г. положено начало официальным международным дипломатическим переговорам по вопросу сохранения и устойчивого использования территории открытого океана, находящейся вне юрисдикции государств. Более 130 стран поддержали резолюцию Генеральной Ассамблеи ООН, направленную, в частности, на создание глобальной системы морских охраняемых районов (МОР). Этому событию предшествовали 10 лет научных дискуссий, но и сегодня не вполне ясно, будут ли планы международного надзора над акваторией, составляющей две трети площади Мирового океана, подкреплены юридически.

Международный авторский коллектив статьи, опубликованной в журнале Nature в феврале 2018 г., полагает, что научное сообщество может вести оперативный сбор данных о биоразнообразии оке-



Экспедиция по изучению китов в Гренландском море (Норвежско-Российская Комиссия по охране окружающей среды, NRC ICE-whales).

ана и особенностях этой сложной среды обитания живых организмов, но необходима координация наблюдений, проводимых в рамках разных научных дисциплин, организация мониторинга и оценки состояния океана. Немаловажно продолжить изучение возможностей системы МОР и других инструментов, применяемых для сохранения морской биоты и ландшафтов. Разумеется, практическую сторону международных взаимодействий должны прорабатывать социологи, юристы и другие эксперты. Неправительственные организации и общественные экологические группы будут настаивать на организации новых заповедников и других природоохранных мерах. «Но именно наука об океане способна объединить интересы сторон и стать основой для нового международного соглашения, которое, как предполагается, будет подписано после 2020 г.», — отмечают в своей статье научный сотрудник Института устойчивого развития и международных отношений в Париже Г.Райт (G.Wright) и ее коллеги.

Обязательства по сохранению морского биоразнообразия неоднократно принимались на самом высоком политическом уровне. Например, в числе целей устойчивого развития, провозглашенных ООН, названа защита 10% территории Мирового океана (ряд ученых настаивает на расширении до 30%). Введение данной меры должно поддержать рыболовство и защитить экосистемы, регулирующие изменения климата. Тем не менее правительства стран не спешат действовать. Лишь 4% океана в настоящее время действительно защищено.

Всякая деятельность в морских районах, находящихся за пределами национальной юрисдикции, регулируется рядом соглашений и институтов. Большинство организаций отвечает за конкретный

ресурс или деятельность. Так, Международный орган по морскому дну (МОМД) осуществляет надзор за разработкой морского дна. Региональные рыбохозяйственные организации регулируют рыболовство в открытом море. Международная морская организация устанавливает нормы, связанные с торговым судоходством. Решения этих институтов очень политизированы, и при достижении консенсуса научные аргументы не ставятся во главу угла.

Некоторые из региональных инициатив позволили добиться определенного прогресса. Комиссия OSPAR*, учрежденная одноименной конвенцией в 1992 г. и включающая представителей 15 стран и Европейского Союза, определила 10 охраняемых морских территорий в северо-восточной акватории Атлантики.

Фото О.Шпак

Однако OSPAR не обладает полномочиями для регулирования многих видов деятельности — например, рыболовства.

В 2017 г. МОМД утвердил 15-летний контракт с Польшей на проведение геологоразведочных работ в районе Среднеатлантического хребта, где расположено гидротермальное поле Lost City — уникальный природный объект на дне океана с причудливыми постройками из карбоната кальция, достигающими высоты 60 м. ЮНЕСКО и Международный союз охраны природы (МСОП) подчеркнули: Lost City соответствует критериям статуса природного объекта Всемирного наследия. Однако, принимая решение, МОМД не консультировался с ЮНЕСКО, МСОП или OSPAR, в итоге ученые смогли высказать свою озабоченность лишь после подписания контракта.

С другой стороны Атлантики Комиссия Саргасова моря пытается защитить уникальный «плавающий лес» морских водорослей, признанный в соответствии с Конвенцией о биологическом разнообразии экологически и биологически значимым морским районом. Но даже этот статус не подразумевает каких-либо мер регулирования.

Работа международной природоохранной организации «Антарктический альянс» над созданием в Южном океане крупнейшего морского заповедника, охватывающего часть моря Росса (1549 тыс. км²), потребовала серьезных дипломатических усилий. Но с 2016 г. новые МОР не учреждались. «Между тем, — подчеркивают Г.Райт и ее соавторы, — исследования показали: морские охраняемые территории позволяют добиться значительно эффекта, если они организованы правильно».

* OSPAR (OSPAR) — Конвенция Осло—Париж.



Белуха, типичный представитель арктических морских вод.

Фото О.Шпак

В больших заповедниках биомасса рыбы возрастает пятикратно. Собрана доказательная база для организации охраняемых территорий в открытом океане. Ученые убедились в том, что даже глубоководные виды морских животных и виды с обширным ареалом собираются для кормления и нереста в определенных районах и используют для выращивания потомства особые места. Таким образом, стратегическая защита части ареала вида способна поддержать популяцию в целом.

Выбор основных МОР очевиден: ЮНЕСКО назвала пять возможных объектов Всемирного наследия в открытом море. Рыбохозяйственные органы, следуя требованиям резолюций ООН, определили «уязвимые морские экосистемы», восприимчивые к воздействию донного траления; а МОМД — «области, представляющие особый экологический интерес». Эти районы охватывают широкий диапазон мест обитания животных — от глубоководных коралловых земель до абиссальных равнин, и их выбор научно обоснован, с учетом уникальности, производительности, сложности и хрупкости экосистемы.

Однако это только начало. В дальнейшем требуется более широкая сеть МОР для обеспечения устойчивости к изменению климата и сохранения биоразнообразия посредством связей между миграционными маршрутами и нерестилищами. Пока не определено, в каких районах должны размещаться эти МОР, насколько глубоководными и обширными будут выбранные территории. Потребуются и дополнительные меры для более эффективного управления мероприятиями вне охраняемых территорий. По мнению ряда ученых, прекращение вылова рыбы в открытом океане позволит в целом увеличить объемы ее добычи. Фундаментальные исследования, расширение программ наблюдений позволят составить полное представление о том, как изменения климата влияют на экосистемы.

Определенный прогресс достигнут в разработке методов выращивания глубоководных организмов в лаборатории. Необходимо готовить молодых ученых к использованию новых техно-

логий молекулярного, компьютерного, телеметрического исследований. Неслучайно ООН объявила 2021–2030 гг. Десятилетием океанологии для устойчивого развития. Это должно помочь мобилизовать научное сообщество.

Разумеется, вопросы определения МОР будут политически заряжены. И защита морской среды — лишь часть проблематики будущего договора. Вопрос о том, как регулировать эксплуатацию морских генетических ресурсов, тоже очень сложен. Гены морских существ, обитающих в открытом море, используются для разработки новых фармацевтических препаратов и косметики. В настоящее время нет необходимости делиться прибылью, полученной от эксплуатации этого общего ресурса. И те немногие государства, которые уже сегодня обладают возможностями для проведения биоразведки, стремятся сохранить статус-кво. Но другие страны хотят создать механизм распределения прибыли, аналогичный системе, уже используемой при разработке минеральных ресурсов морского дна. Длинная и сложная цепочка открытий затрудняет захват любых денежных выгод. И зачастую трудно увидеть различия между биоразведкой и «чистым» научным исследованием, которое разрешено Конвенцией ООН по морскому праву.

Авторы статьи предупреждают: красота и ценность Мирового океана легко могут быть утрачены «в залах без окон штаб-квартиры ООН в Нью-Йорке, в путях прагматичной политики и тайной детализации международного права».

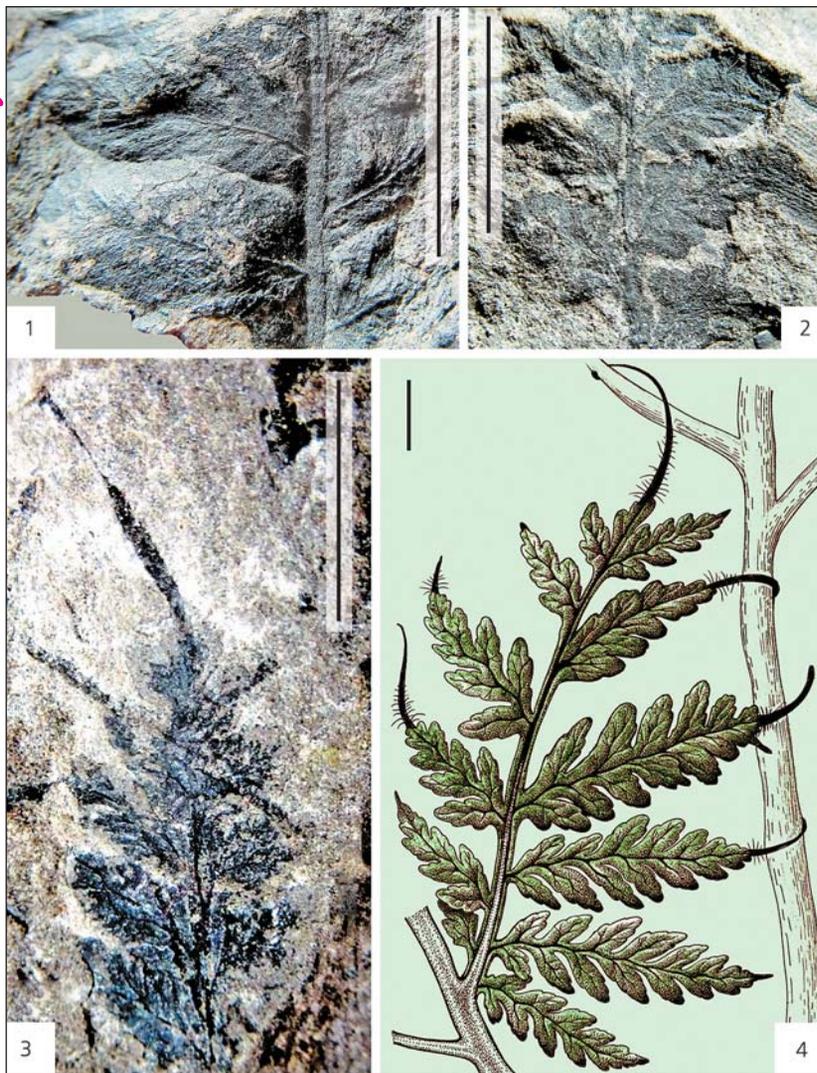
Nature. 2018; 554: 163–165. Doi:10.1038/d41586-018-01594-1.

Палеонтология

Первая находка лианоподобного птеридосперма в нижнем карбоне Урала

Птеридоспермы** каменноугольного периода демонстрируют широкий спектр адаптивных реше-

** Птеридоспермы, или семенные папоротники — отдел сосудистых растений, объединяющий таксоны вымерших палеозойских и мезозойских голосеменных растений.



Ископаемые остатки (1–3) и реконструкция (4) птеридосперма *Kizelopteris flexuosa* Naugolnykh из нижнекаменноугольных (визейских) отложений Кизеловского угольного бассейна, Пермский край, шахта Южная Коспашская. Длина масштабной линейки 1 см.

ний проблемы выживания в условиях высокой конкуренции, существовавшей в низкоширотной тропической растительности этого времени. Среди птеридоспермов известны и древовидные, и травянистые формы различного размера. Одна из форм роста каменноугольных птеридоспермов — лианы, то есть использование других растений для опоры во время роста. Благодаря этому лианоподобные птеридоспермы могли подниматься высоко над субстратом, ближе к солнечному свету для более интенсивной инсоляции листьев и, таким образом, для более эффективного фотосинтеза.

В визейских отложениях (нижний карбон) Западного Урала (Пермский край, Кизеловский угольный бассейн, шахта Южная Коспашская) об-

наружены ископаемые остатки нового каллистофитового птеридосперма*, обладавшего адаптациями к прикреплению к другим растениям и имевшего лианоподобную форму роста. Ископаемые остатки этого птеридосперма представлены углефицированными листьями и побегами с хорошо сохранившимися кутикулами, позволившими детально изучить эпидермально-кутикулярное строение растения, отнесенного к новому виду и роду *Kizelopteris flexuosa* Naugolnykh. Некоторые из сегментов последнего порядка (перышек) вайи кизелоптериса несли длинные модифицированные выросты — тендрилы, с помощью которых растение прикреплялось к опоре.

Особенности морфологии и эпидермально-кутикулярного строения кизелоптериса (в частности, наличие двух крупных побочных клеток устьиц с хорошо развитыми противопоставленными друг другу проксимальными папиллами) указывают на то, что это растение было близкородственно роду *Karinopteris*, характерному для более молодых отложений Евразии. Кизелоптерис, скорее всего, было непосредственным предком кариноптерисов.

Kizelopteris flexuosa — первая находка представителя лианоподобных птеридоспермов в отложениях раннекаменноугольного возраста на Урале. Она позволяет существенно расширить представления о таксономическом разнообразии визейских флор Урала и экологической структуре растительных сообществ раннего карбона.

Исследования выполнены в рамках госзадания №0135-2016-0001 Геологического института РАН и проекта Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

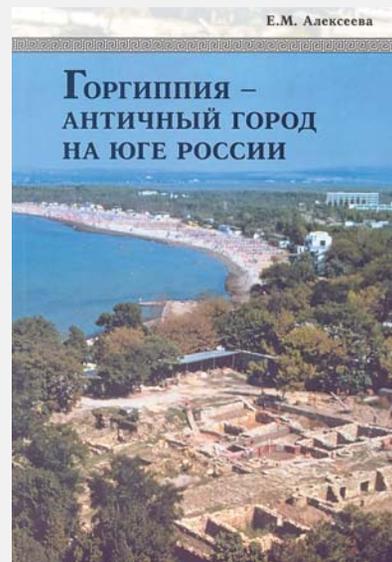
© доктор геолого-минералогических наук, профессор РАН **Наугольных С.В.**
Геологический институт РАН (Москва)
Казанский федеральный университет (Казань)

* Naugolnykh S.V. *Kizelopteris*, a new genus of climbing pteridospores from the Lower Carboniferous of the Urals, Russia. *Wulfenia*. 2017; 24: 241–257.

Археология

Е.М.Алексеева. ГОРГИППИЯ — АНТИЧНЫЙ ГОРОД НА ЮГЕ РОССИИ: Историко-археологический очерк. М.: ИА РАН, 2016. 56 с.

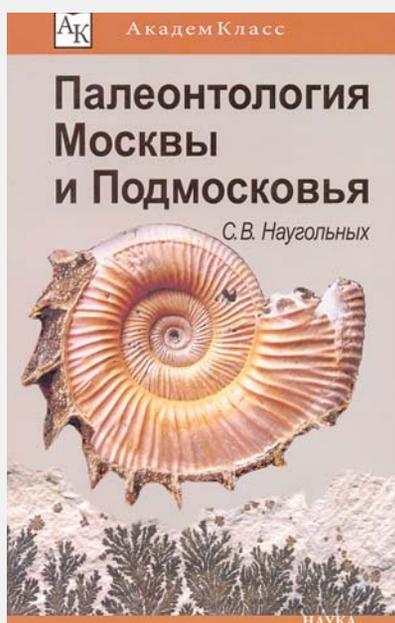
На юге нашей страны есть регион, который целое тысячелетие (от 2500 до 1500 лет назад) был частью античного мира. Это причерноморские земли Кубани (Таманский п-ов, окрестности Анапы и Новороссийска), низовья Дона и п-ов Крым. Греческий полис (на месте современной Анапы) на землях племен синдов был основан не позднее середины VI в. до н.э. переселенцами из Ионии. Ранний полис (отождествляемый с топонимом Синдская Гавань) был вытянут вдоль моря. Его не менее четырех раз глобально разрушали пожары, но каждый раз за этим следовало возрождение с перепланировкой и усилением обороноспособности. В IV в. до н.э. полис был переименован в честь Горгиппа (соправителя и брата царя Левкона I), присоединившего к Боспору земли Синдики. Сведения древних авторов о Горгиппии крайне немногочисленны и практически не выходят за рамки просто упоминаний. История города воссоздается на материалах археологии, полученных благодаря многолетним (1950–2000) исследованиям Анапской экспедиции Института археологии АН СССР (ныне РАН), которой с 1972 г. руководила автор книги*.



* Об истории Горгиппии и уникальных находках Анапской экспедиции также см.: Алексеева Е.М. Античные древности Анапы: История Горгиппии // Природа. 2015. №10. С.34–46; Алексеева Е.М. Античные древности Анапы: Склепы в Горгиппии // Природа. 2014. №11. С.50–63.

Палеонтология. Краеведение

С.В.Наугольных. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ МОСКВЫ И ПОДМОСКОВЬЯ: ЮНОМУ КРАЕВЕДУ. М.: Наука, 2017. 160 с. (Серия Академкласс).



В серии «Академкласс» вышла новая книга Сергея Владимировича Наугольных — доктора геолого-минералогических наук, профессора РАН, главного научного сотрудника Геологического института РАН. Подобное издание давно ждали краеведы, педагоги и школьники, занимающиеся в геологических и палеонтологических кружках, да и все любители естествознания. Книга состоит из трех разделов. В первом («По тропам геолога») рассказывается о геолого-палеонтологических памятниках Москвы и Подмосковья. Второй («Дневник юного геолога») представляет собой руководство для любителей геологии и их родителей. Названия глав говорят сами за себя: «Что взять с собой в геолого-палеонтологический маршрут?», «Знакомство с геологией и палеонтологией», «Как хранить коллекцию?», «Практические занятия», «Полевые экскурсии», «Техника безопасности при посещении естественных обнажений, карьеров и горных выработок». Будет полезен этот раздел и педагогам — при организации школьных геологического и палеонтологического кружков. Третий раздел — это альбом, состоящий из 50 фототаблиц. Он включает изображения наиболее важных геологических обнажений Москвы и Подмосковья, а также многочисленные фотографии различных окаменелостей и даже кремневых палеолитических орудий древнего человека. Подавляющее большинство украшающих книгу иллюстраций выполнено ее автором и публикуется впервые.

Озеро Толмачёва (Камчатка)

В.Е.Быкасов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
(Петропавловск-Камчатский, Россия)





Озеро Толмачёва (вид с юго-запада).
Здесь и далее фото автора

Расположенное в южной части Камчатки озеро Толмачёва было образовано вследствие формирования лавово-пирокластической плотины, перегородившей русло одноименной реки. Однако в результате строительства на реке каскада гидроэлектростанций и последующего подъема уровня воды озеро, по сути дела, стало антропогенным водохранилищем. Интереснейшая особенность водоема — либо зеленое цветение воды в отдельные годы за счет бурного размножения цианобактерий, либо окрашивание в красный цвет поверхности тающего льда и снега на его берегах вследствие интенсивного развития *Cblamydomonas nivalis*. Этому последнему явлению и посвящена данная статья.

Ключевые слова: Камчатка, Опала, Толмачёво озеро, река Толмачёва, нерка (кокани), «цветение» снега и льда, *Cblamydomonas nivalis*.

Озеро Толмачёва располагается в южной части Камчатского п-ова, на северо-западной периферии Толмачёва дола, представляющего собой лавово-пирокластическое плато, образованное в результате проявления ареального (площадного) вулканизма.

Происхождение озерной чаши этого одного из самых больших и красивых пресных водоемов Камчатки связано с подпрудой русла р.Толмачёва лавово-пирокластической плотиной, перегородившей западную оконечность тектонического прогиба (грабен-синклинали) земной коры в ходе извержений нескольких моногенных вулканов*, приуроченных к западной оконечности этого прогиба.

Согласно первому научному обследованию озера, проведенному в 1966 г. сотрудниками Камчатского отделения ТИНРО, его средняя глубина составляла 7.9 м, максимальная — 26.0 м, а площадь озерного зеркала достигала 11.2 км² [1]. Однако после строительства в 1997 г. каскада Толмачёвских ГЭС уровень воды значительно поднялся и площадь антропогенного водоема в 1999 г. достигла 24.7 км² [2].

Тем не менее изначальные параметры естественного озера были значительно большими, чем у современного водохранилища. Об этом свидетельствуют два береговых уступа (высотой около 1.5–2 и 4–5 м над современным пляжем) на южном борту озера, формирование которых объясняется двукратным прорывом естественной плотины и, следовательно, двукратным же понижением уровня воды в первичном водоеме.

* Моногенным называют вулканическое сооружение, образовавшееся в результате одноактного процесса поступления на дневную поверхность жидких (лав) и/или рыхлых (шлаков и пеплов) изверженных продуктов. Обычно это небольшой вулканический конус.



Береговые уступы древнего водоема.

Интересна и история появления имени этого озера. Первоначально оно называлось Опальским. Об этом позволяет судить легенда коренных жителей-ительменов (*...На самом верху горы [Опалы. — В.Б.] есть пространное озеро, а около его много китовых костей, которых мясом питаются, по их [камчадалов. — В.Б.] мнению... Гамулы**), записанная великим русским натуралистом С.П.Крашенинниковым [3, с.69]. Правда, на самом деле это «пространное озеро» располагается не на вершине вулкана, а в 15 км к востоку-северо-востоку от его подножия. Но, поскольку Крашенинников сам на озере не бывал, а показания местных жителей, к тому же в переводе с ительменского на русский, были очень туманными, он ограничился всего лишь изложением древней легенды.

Однако впоследствии это название было забыто, о чем свидетельствует другой великий натуралист, К.Дитмар: *В Карымчину впадает очень быстрая река Толмачёва, вытекающая из одного озе-*

* Гамулами в мифологии ительменов именуются злые духи такого исполинского роста, что они, выловив в море китов, приносили их в свои подземные жилища, расположенные внутри вулканов, нанизав на каждый палец своей руки по киту. Затем гамулы разжигали внутри вулкана-юрты костер и жарили свою добычу, отчего, как считали ительмены, и происходят вулканические извержения.

*ра у подошвы Апачинской сопки [вулкана Опала. — В.Б.], находящегося недалеко от истоков р.Апачи [ныне р.Опалы. — В.Б.], впадающей с р.Гольгиной в одну общую губу [4, с.440]. Спустя более полувека после него известный ботаник В.Л.Комаров, упомянув о реке Толмачёва, о названии озера также ничего не говорил [5]. Не приводил названия этого озера и геодезист Н.Г.Келль — другой участник известной Камчатской экспедиции Ф.П.Рябушинского [6]. И лишь в 1910 г. озеро получило свое нынешнее название**.*

Что же касается причин появления у озера этого имени, то камчатский краевед В.И.Воскобойников связал его происхождение с неким «толмачом» (переводчиком), якобы некогда проживавшим на его берегах. Так и закрепилось, по его мнению, за озером татарское название, а от озера — за грядой гор в этом районе***.

Однако это предположение Воскобойникова явно не соответствует реальности, ибо ниже озера, на р.Толмачёва, существовали довольно высокие водопады, препятствовавшие проходу рыбы в озеро, отчего до 1985 г. ее там не было вообще [2].

** Кусков В.П. Краткий топонимический словарь Камчатской области. Петропавловск-Камчатский, 1967.

*** Воскобойников В.И. Слово на карте. Петропавловск-Камчатский, 1962. С.34.



Один из участков наиболее интенсивного окрашивания снежного покрова. 30 июня 2017 г.

А потому проживание на его берегах, из-за отсутствия постоянного источника пропитания, было попросту невозможно. Так что даже если и признать, что в основе нынешнего названия озера лежит слово «толмач», то, скорее всего, это имя к озеру перешло от названия реки, в нижнем течении которой ловлей лосося мог промышлять этот самый переводчик.

Нечто похожее писал и В.П.Кусков*, по мнению которого название поначалу принадлежало реке, вытекающей из озера, и только потом от нее получили свои имена и само озеро, и гора, расположенная возле его берега. Другое дело, что происхождение этого названия он связывал не с мифическим толмачом, а с искажением русскими ительменского имени типа Хомучь или Греничь — наподобие того, как ительменское имя реки Тулуачь превратилось в русское название Толбачик.

Итак, как уже говорилось, в естественном состоянии озеро было безрыбным. Однако потенциально оно было вполне пригодно для обитания рыбы, что и было доказано в 1985 г., когда камчатские ихтиологи вселили в озеро 90 производителей пресноводной формы нерки (кокани) из озера Кроноцкого. В 1988 г. к ним добавили еще 800

сеголетков из озера Карымского [7]. Вселенцы на новом месте прижились настолько успешно, что с 1993 по 1997 г. в нем ежегодно добывалось 5–6 т этой деликатесной рыбы [8].

Вместе с тем преобразование озера в водохранилище с гидрологическими условиями, отличающимися от первично-озерных, характеризовалось изменением структуры фито- и зоопланктонных сообществ нового водоема [2].

В частности, в первые годы в диатомовом комплексе водохранилища произошла смена доминанты: ею стала *Asmerionella formosa*, относящаяся к широко распространенным видам-космополитам, которые заселяют водоемы с относительно высоким содержанием органического вещества и с большим летним периодом прогревания эвфотического слоя**. Однако после 2000 г. в микробиоте озера, в зависимости от погодных и прочих особенностей того или иного года, стали преобладать либо зеленые водоросли рода *Scenedesmus*, либо крупные представители золотистых водорослей, либо цианобактерии [2]. В последнем случае наблюдалось зеленое цветение воды.

** Эвфотический слой, фотическая зона — освещаемый солнцем верхний слой вод водоема, в котором благодаря фотосинтетической деятельности фитопланктона, бентосных водорослей и высших растений происходит фотосинтез.

* Кусков В.П. Краткий топонимический словарь Камчатской области. Петропавловск-Камчатский, 1967. С.85.



Начальный этап окраски снега на озерных берегах. 28 июня 2017 г.

Подобное же массовое размножение водорослей в конце июня 2017 года, но уже не в воде, а на поверхности льда и снега, привело к окрашиванию снега в красный цвет. Кстати, я наблюдал подобное «цветение» снега на Камчатке и ранее. Но в прошлые разы площади окрашенных участков были небольшими, да и интенсивность (всего лишь полупрозрачный налет) окраски особого не впечатления не производила. В этот же раз «цветение» снега и льда было настолько эффектным, что заслуживает специального описания.

Начну с того, что в 2017 г. окрашивание поверхности снега и льда на оз.Толмачёва скорее всего было связано с обилием выпавшего в зиму снега и с конкретными погодными условиями во время образования красного налета. При первом моем посещении озера, 28 июня, погода (низкая облачность и очень сильный холодный ветер) была близка к экстремальной для этого времени года. Поэтому начавшееся размножение водорослей приостановилось, а окрашивание снега было едва заметным. Но стоило 29 июня солнцу прогреть воздух в течение одного дня, как процесс таяния снега и размножения водорослей принял буквально взрывной характер, и уже к полудню следующего дня наиболее прогретая низменная часть побережья озера приобрела красновато-рыжую окраску. Ну а ближе к вечеру того же дня снег здесь рас-

таял почти полностью, и выпавшая в осадок хламидомонада на время украсила собой водно-прибойную рябь песчаных озерных отложений.

Впрочем, уже через считанные дни продолжающееся таяние снега и льда в Толмачёвском долу, а также повышенный сезонный подток грунтовых вод привели к заметному поднятию уровня воды, скрывшей и смывшей всю водорослевую окраску до следующего раза. И вовсе не факт, что подобное окрашивание снега и льда на озере непременно произойдет и в будущем году, ведь условия, благоприятные для столь же бурного размножения хламидомонады, могут и не сложиться (не говоря уже о том, что природа в тех или иных своих проявлениях также нуждается в отдыхе).

Кстати, нелишне, наверное, будет в связи с этим отметить и то, что иногда окрашенный водорослями снег имеет вкус арбуза. Попробовать снег на вкус я как-то не догадался. Но вот вода вблизи окрашенного снега слегка отдавала тухлятинкой. Вероятнее всего, это было следствием попадания в воду отмирающей водоросли.

Что же касается причины окрашивания снега и льда, то это произошло в результате бурного размножения зеленых одноклеточных водорослей рода хламидомонада (*Cblamydomonas*). Обычно водоросли этого рода обитают в пресных мелководных, а потому достаточно прогретых и загрязнен-

ных водоемах. Однако наряду с теплолюбивыми формами существуют и виды, которые могут жить в почве. А некоторые из них (так называемые криофилы) нередко прекрасно развиваются на поверхности снега и льда. К их числу и относится хламидомонада снежная (*Ch.nivalis*).

И в самом деле, обычно большую часть времени *Ch.nivalis* проводит в виде неподвижных шаровидных клеток (зигот), густо заполненных красным пигментом гематоксиком. Однако в отдельные годы, при бурном таянии снега, зиготы начинают очень быстро размножаться, образуя за счет нескольких последовательных делений до 32 неподвижных мелких клеток, а также типичные подвижные хламидомонады. В совокупности это и приводит к «цветению» снега.

Стоит отметить, что, помимо названной снежной, есть множество других водорослей, при интенсивном размножении которых снег и/или лед также могут приобретать самую разнообразную — вплоть до черной — окраску. Общее число водорослей, обнаруженных в криобиотопах, достигает 350, но истинных криобионтов, способных развиваться только в таких условиях, значительно меньше — немногим более 100 видов. Так, например, зеленый цвет снегу обычно придают десмиевые водоросли, тогда как коричневую окраску вызывают диатомовые. Но иногда коричневый окрас снега может появиться и в результате бурного развития тех же десмиевых водорослей. Что же



Выпавший после таяния снега осадок из клеток отмершей хламидомонады снежной. 30 июня 2017 г.

касается окраски льда арктических и антарктических бассейнов, то там развиваются преимущественно диатомовые водоросли, придающие льду грязно-бурый или желто-коричневый цвет. Другое дело, что такое «цветение» льда, в отличие от «цветения» снега, происходит за счет массового развития водорослей не на поверхности льда, а в нижних его частях*. Впрочем, это уже другая история, к нашему случаю имеющая лишь косвенное отношение. ■

* Жизнь растений: В 6 т. Т.3: Водоросли. Лишайники / Ред. М.М.Голлербах. М., 1977. С.68–70.

Литература

1. Крохин Е.М., Куренков И.И. Толмачёвское озеро (результаты рекогносцировки). Архив КамчатНИРО. Петропавловск-Камчатский, 1967. [Krokhin E.M., Kurenkov I.I. Lake Tolmachyova (results of reconnaissance). Archive of Kamchatka Research Institute of Fishery and Oceanography. Petropavlovsk-Kamchatsky, 1967. (In Russ.)]
2. Лепская Е.В., Базаркина Л.А., Уколова Т.К., Шагинян А.Э. Развитие гидрологических процессов в Толмачёвском водохранилище в период становления его экосистемы. Доклады IX Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский, 2009: 22–29. [Lepskaya E.V., Bazarkina L.A., Ukolova T.K., Schaginyan A.E. Development of Hydrological Processes in the Tolmachyovsky Reservoir During its Ecosystem Formation. Reports of the IX International scientific conference «Preservation of a Biodiversity of Kamchatka and Adjacent Seas». Petropavlovsk-Kamchatsky, 2009: 22–29. (In Russ.)]
3. Крашенинников С.П. Описание земли Камчатки. Т.1. СПб.; Петропавловск-Камчатский: 1994. [Krasneninnikov S.P. Exploration of Kamtschatka. Portland, 1972.]
4. Дитмар К. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851–1855 гг. Ч.1: Исторический отчет по путевым дневникам. Петропавловск-Камчатский, 2009. [Ditmar K. von. Reisen und Aufenthalt in Kamtschatka in den Jahren 1851–1855. St. Petersburg, 1890.]
5. Комаров В.Л. Путешествие по Камчатке в 1908–1909 гг. Петропавловск-Камчатский, 2008. [Komarov V.L. Travel Across Kamchatka in 1908–1909. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2008. (In Russ.)]

6. Келль Н.Г. Карта вулканов Камчатки. Камчатская экспедиция Ф.П.Рябушинского 1908–1911 гг. Л., 1928. [Kell N.G. Map of Kamchatka Volcanoes: Kamchatka Expedition of F.P.Ryabushinsky of 1908–1911. Leningrad, 1928. (In Russ.)]
7. Куренков И.И., Леман В.Н., Чебанова В.В., Упрямов В.Е. Антропогенные преобразования озерной и речной экосистемы в результате строительства электростанции на озере Толмачёва. Тезисы второй областной научно-практической конференции «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». Петропавловск-Камчатский, 2000: 139–141. [Kurenkov I.I., Leman V.N., Chebanova V.V., Upryamov V.E. Anthropogenic Transformations of the Lake and River Ecosystem as a Result of Power Plant Construction on the Lake Tolmachyova. Theses of the report of the regional scientific and practical conference «Problems of Protection and Rational Use of Bioresources of Kamchatka». Petropavlovsk-Kamchatsky, 2000: 139–141. (In Russ.)]
8. Куренков И.И. Результаты интродукции кокани в озера Камчатки. Доклады областной научно-практической конференции «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». Петропавловск-Камчатский, 1999: 30–38. [Kurenkov I.I. Results of Kokanee Salmon Introduction to the Lakes of Kamchatka. Reports of the regional scientific and practical conference «Problems of Protection and Rational Use of Bioresources of Kamchatka». Petropavlovsk-Kamchatsky, 1999: 30–38. (In Russ.)]

Lake Tolmachyova (Kamchatka)

V.E.Bykasov

Institute of Volcanology and Seismology, Far-East Branch of RAS (Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia)

Located in the southern part of Kamchatka, the Lake Tolmachyova is a glacial volcanogenic reservoir. However, after the series of hydroelectric power stations had been constructed on the lake outlet — Tolmachyova River, leading to water level rise, it has become an anthropogenic reservoir. One of the most interesting natural features of the lake, occurring from year to year, is either green blossoming of its water due to rough reproduction of cyanobacteria, or red coloring of the ice and snow on its coasts owing to the intensive development of *Cblamydomonas nivalis*. The presented article is also dedicated to this phenomenon.

Keywords: Kamchatka, Opala, Tolmachyova Lake, Tolmachyova River, kokanee salmon (blueback salmon), coloring of snow and ice, *Cblamydomonas nivalis*.

ПРИРОДА

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
М.Б.БУРЗИН
Т.С.КЛЮВИТКИНА
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Перевод содержания
Т.А.КУЗНЕЦОВА

Графика, верстка:
С.В.УСКОВ

Сдано в набор 29.01.2018 г.
Подписано к печати 05.03.2018 г.
Дата выхода в свет 26.03.2018 г.
Формат 60×88 1/8
Цифровая печать
Усл. печ. л. 11,16
Уч. изд. л. 12,2
Бум. л. 12
Тираж 24 экз.
Заказ 69а
Бесплатно

Адрес редакции: 117997,
Москва, ул.Профсоюзная, 90 (к.417)
Тел.: (495) 276-70-36 (доб. 4171, 4172)
E-mail: priroda@naukaran.com

Учредитель: Президиум Российской академии наук

Издатель: Российская академия наук
Исполнитель по контракту № 27-ЭА/17 ООО «Издательство РИПОЛ МЕДИА»
Оригинал-макет подготовлен ФГУП «Издательство «Наука»
Отпечатано в ФГУП «Издательство «Наука» по заказу ООО «Издательство РИПОЛ МЕДИА»

16+

в следующем номере



Большая часть эволюционной истории млекопитающих прошла практически под пятой динозавров. Что же позволило мелким зверькам не просто выжить, но и пережить Великое вымирание, после которого господствовать на Земле? В чем причина эволюционного успеха древнейших плацентарных млекопитающих? Палеонтологический анализ новых находок ископаемых остатков древнейших плацентарных млекопитающих, в первую очередь из нижнего мела Азии (130–110 млн лет назад), позволяет предположить, что начало такого успеха связано как с их физиологическими преимуществами — совершенствованием теплокровности, органов чувств и зубной системы, так и с особой стратегией размножения, включающей быстрый ювенильный рост детенышей, ускоренное взросление и развитую заботу о потомстве.

Лопатин А.В., Аверьянов А.О.

ДРЕВНЕЙШИЕ ПЛАЦЕНТАРНЫЕ: НАЧАЛО ИСТОРИИ УСПЕХА

