

ПРИРОДА

3 2019



ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАГАДКИ ЯНТАРНОГО КРАЯ

*Кто жил в Калининградской области до,
во время и после эпохи накопления янтаря?*

С.47



9 770032 874009

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ
ЖУРНАЛ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
Издается с января 1912 года

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.Батурин**, 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 ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ: Мезозойский морской ящер мозазавр в погоне за акулой
Рисунок-реконструкция А.А.Атучина

СМ. В НОМЕРЕ: Э.В.Мычко. Янтарный край: страницы ископаемой летописи



© Российская академия наук, журнал «Природа», 2019
© ФГУП «Издательство «Наука», 2019
© Составление. Редакция журнала «Природа», 2019

В НОМЕРЕ:

3 Интервью с А.Р.Хохловым
Век науки о полимерах

8 Интервью с Н.П.Тарасовой
**Таблица Менделеева —
универсальное звено культурного кода**

14 Р.К.Расцветаева, С.М.Аксенов
**Что в имени твоём?
Химические элементы,
открытые благодаря минералам**

Часто минералы носят названия, производные от химических элементов, из которых они состоят. Однако есть элементы, обнаруженные в уже известных минералах, и тогда, наоборот, эти элементы наследуют их имена.

22 И.И.Гордеев, Н.В.Кловач
**Вольный лосось:
трудности прогнозирования
уловов тихоокеанских лососей**

В 2018 г. примерно 19.5% от общего улова рыб на Дальнем Востоке составили тихоокеанские лососи. Их суммарный вылов в прошлом году превысил 677 тыс. т, что на 49.01% больше среднегодового улова лососей с начала XXI в., — это исторический рекорд за весь период промысловой статистики, которая ведется с 1911 г. Что же стало причиной такого взрывного роста численности? И почему это было сложно предугадать?

28 А.Н.Махинов
Ледяной покров Амура

Зимние исследования на Амуре показали, что речной лед имеет неоднородное строение и различную мощность, а также содержит огромное количество терригенного материала. Кроме того, потепление климата сказывается на сроках и продолжительности ледовых явлений.

39 В.А.Лобкина, А.А.Музыченко
Куда увозят снег?

На Сахалине каждую зиму выпадает огромное количество снега. В крупных городах остро стоит проблема его вывоза и утилизации. Попробуем разобраться, как организован этот процесс в разных населенных пунктах и с какими трудностями столкнулись жители острова в особенно многоснежную зиму 2017/2018 гг.

47 Э.В.Мычко

**Янтарный край:
страницы ископаемой летописи**

В самом западном регионе России есть интересные находки остатков ископаемых организмов. Большая часть их (беспозвоночные, рыбы, предки китов, шерстистые носорог и мамонт, тур) происходит из коренных кайнозойских отложений, но из валунов, принесенных ледником из Скандинавии, известны как палеозойские ископаемые беспозвоночные, так и мезозойские морские ящеры.

58 Л.А.Беляев

**На старой дороге:
работы 2015 года в Зарядье**

Раскопки, проведенные Институтом археологии РАН в 2015 г. в районе Мытного двора, на трассе Мокринского переулка (Великой улицы), стали ключом к пониманию роли прибрежной части ранней Москвы — ее Подола в черте будущего Китай-города — для формирования столицы Московского царства.

66 НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

С.В.Чудов

**Кимберлитовые трубки
и флюидный вулканизм**

70 ВЕСТИ ИЗ ЭКСПЕДИЦИЙ

А.А.Махров, В.С.Артамонова, В.В.Бобров,
Е.А.Коблик, В.С.Лебедев, С.В.Павлова,
Б.И.Шефтель

**От субтропиков до тайги и тундростепей:
путешествие по горам Циньлин
и восточной окраине Тибета**

84 А.В.Агафонов, Е.М.Панова, И.В.Логоминова
**Исследования черноморских дельфинов
продолжаются**

91 РЕЦЕНЗИИ

В.Н.Комаров

О единстве и разнообразии геосфер Земли
(на кн.: И.А.Стародубцева и др. Путеводитель по залам Государственного геологического музея им. В.И.Вернадского РАН)

94 НОВЫЕ КНИГИ

CONTENTS:

-
- 3** Interview with A.R.Khokhlov
A Century of Polymer Science

- 8** Interview with N.P.Tarasova
**Mendeleev's Table —
the Universal Link of the Cultural Code**
-

- 14** R.K.Rastsvetaeva, S.M.Aksenov
**What do Their Names Mean?
Chemical Elements Discovered by Minerals**
Often minerals' names are derived from the chemical elements of which they are composed. However, there are elements found in already known minerals, and then, on the contrary, these elements inherit their names.
-

- 22** I.I.Gordeev, N.V.Klovach
**Free Salmon: the Difficulty
of Forecasting the Catch of Pacific Salmons**
About 19.5% of the total fish catch in the Far East in 2018 was Pacific salmon. Last year their total catch exceeded 677 thousand tons, which is 49.01% more than the average annual catch of salmon since the beginning of the XXI century. It is a historical record for the entire period of the fishery statistics, which has been conducted since 1911. What was the reason for such an explosive growth in salmon number? And why was it so difficult to predict?
-

- 28** A.N.Makhinov
Ice Cover of the Amur River
Winter research on the Amur River showed that river ice is of a heterogeneous structure and different thickness, and also contains a huge amount of terrigenous material. In addition, climate warming affects the periods and duration of ice phenomena.
-

- 39** V.A.Lobkina, A.A.Muzychenko
Where Does the Snow Go?
Every winter a huge amount of snow falls on Sakhalin. In large cities, an acute problem of its removal and disposal arises. We are trying to understand how this process is organized in different localities and with what difficulties for the island inhabitants in the particularly snowy winter of 2017/2018.
-

-
- 47** E.V.Mychko
Pages of the Fossil Record of the Amberland
Very interesting finds from fossil organisms locates in the westernmost region of Russia. Most of them (invertebrates, fish, ancestors of whales, aurochs, woolly rhinoceros, and mammoth) come from primary Cenozoic deposits, but Paleozoic invertebrates and Mesozoic marine dinosaurs are known from boulders brought from the Scandinavian glacier.
-

- 58** L.A.Belyaev
**At the Old Road of Moscow:
Excavations of 2015 in Zaryadye**
The excavations carried out by the Institute of Archeology RAS in 2015 nearby the old Moscow Custom House (Mytnyi Dvor), along the Mokrinskiy Alley (Velikaya street), became the clue for understanding the role of the river zone of early Moscow — its Podol (Great Possad) within the rising Kitay-gorod — for the development of the capital of the Tsardom of Muskovi.
-

-
- 66** **SCIENTIFIC COMMUNICATIONS**
S.V.Chudov
Kimberlite Pipes and Fluid Volcanism
-

- 70** **NOTES FROM EXPEDITIONS**
A.A.Makhrov, V.S.Artamonova, V.V.Bobrov,
E.A.Koblik, V.S.Lebedev, S.V.Pavlova, B.I.Sheftel
**From Subtropics to Taiga and Tundra Steppe:
a Trip to the Qinling Mountains
and the Eastern Edge of Tibet**

- 84** A.V.Agafonov, E.M.Panova, I.V.Logominova
Studies of the Black Sea Dolphins Continue
-

- 91** **BOOK REVIEWS**
V.N.Komarov
Unity and Diversity of the Earth's Geospheres
(on the book: I.A.Starodubtsev et al. Guide to the Halls of the Vernadsky State Geological Museum of RAS)
-

- 94** **NEW BOOKS**
-

Век науки о полимерах

Интервью с академиком РАН А.Р.Хохловым

Кафедра физики полимеров и кристаллов физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (Москва, Россия)

Наука о полимерах — целый мир, динамично развивающийся и меняющий жизнь людей. По просьбе редакции «Природы» эксперт в области физикохимии высокомолекулярных соединений академик А.Р.Хохлов дал краткий обзор наиболее перспективных направлений исследований полимеров. Разговор коснулся также вопросов открытой публикации научных данных и их популяризации.

Алексей Ремович, несколько лет назад на телевидении записали ряд Ваших видеолекций об умных полимерах. Тогда же в «Природе» была опубликована серия статей об исследованиях в этой области [1–7]. Появились ли в последнее время серьезные успехи, о которых необходимо рассказать на страницах журнала? Не могли бы Вы назвать те направления, в которых сегодня происходят главные, прорывные исследования полимеров?

В настоящее время в области изучения полимеров ведется много интересных работ. Прежде всего давайте вспомним историю этих исследований.

Науке о полимерах в 2020 г. исполнится 100 лет. Ее рождение принято отсчитывать с момента опубликования Германом Штаудингером* статьи, в которой он предположил, что известные в то время вещества крахмал, целлюлоза, белки, резины состоят из длинных цепных молекул. (Напомним, что полимеры — длинные цепные молекулы, в которых атомные группы соединены валентными связями.) На протяжении 1920-х годов эта гипотеза постепенно входила в научный обиход и стала общепринятой. В 1930–1940-х годах началось бурное развитие полимерной промышленности. Были получены вещества, которые сегодня мы постоянно используем в быту (например, нейлон). Одновременно изобрели новые сорта синтетического каучука — этой задаче придавалось большое значение, потому что основные плантации каучуконосных растений были захвачены японцами во время Второй мировой войны. К 1950-м годам удалось синтезировать многие из



А.Р.Хохлов.

широко используемых сегодня полимеров. В дальнейшем развитие науки о полимерах пошло по двум направлениям, о которых нужно сказать несколько слов.

Первое направление исследований — синтез усовершенствованных полимерных материалов, которые помимо важных механических свойств имеют особую функцию: например, адсорбируют много воды, или обладают электропроводностью, или проявляют особые оптические свойства. Соответственно, так были изобретены подгузники, электропроводящие полимеры, жидкокристаллические — все эти вещества называют функциональными полимерами. В 1960–1970-е годы стали широко использоваться полимерные биоразлагаемые материалы.

Второй путь развития этой науки связан с открытием биополимеров. В 1953 г. Джеймс Уотсон и Френсис Крик описали структуру двойной спи-

* Герман Штаудингер (1881–1965) — немецкий химик-органик, в 1953 г. удостоен Нобелевской премии за работы в области химии полимеров.

рали ДНК (как известно, за это открытие в 1962 г. они были удостоены Нобелевской премии по физиологии или медицине), и стало понятно, что основные проявления жизни на молекулярном уровне связаны с полимерами — макромолекулами белков, нуклеиновых кислот и полисахаридов. Началось бурное развитие молекулярной биологии, а наука о полимерах явилась основой этой области исследований.

Физики всегда интересовались проблемой происхождения жизни и уделяли ей большое внимание. Так, в 1944 г. австрийский физик-теоретик Эрвин Шрёдингер (1887–1961), один из создателей квантовой механики, лауреат Нобелевской премии по физике (1933), написал книгу «Что такое жизнь?», которую в СССР издали в 1947 г. под названием «Что такое жизнь с точки зрения физики?» (оригинальное название забраковали по идеологическим причинам, поскольку Ф.Энгельс уже дал классическое определение: «Жизнь есть способ существования белковых тел»). В своей книге Шрёдингер высказал ряд гипотез о том, как могла бы быть устроена жизнь. Это действительно область неизведанного, мы до сих пор не до конца понимаем механизмы жизни на молекулярном уровне. Неслучайно в 1950–1960-е годы многие физики выбрали науку о полимерах, чтобы работать и применять методы физики для статистического описания полимерных макромолекул. В их числе был и мой научный руководитель, академик Илья Михайлович Лифшиц. В 1970–1980-е годы его подход развивали мы с Александром Юльевичем Гроссбергом* и, завершив работу, выпустили в 1989 г. книгу «Статистическая физика макромолекул» [8], в которой обобщили полученные данные и представили их в виде законченной системы. В тот период уже начали появляться новые экспериментальные методы изучения полимерных систем — нейтронное рассеяние, синхротронное излучение, в дальнейшем позволившие получить более полную информацию о структуре полимерных систем.

Между тем развивалась и биологическая линия науки о полимерах. Стало понятно, как устроены основные макромолекулы, ответственные за функционирование живой клетки на молекулярном уровне (считывание информации с ДНК на матричную РНК, ее передача в рибосому, где в соответствии с этой информацией синтезируется белок).

В 1990–2000-е годы два направления науки о полимерах, прежде развивавшиеся параллельно, начали сближаться. Свойства функциональных материалов усложнились и стали зависеть от внешних условий. Возник термин «умные поли-

меры». На их основе сделано много устройств. И стало также понятно, что наиболее умные полимеры — это биологические макромолекулы: даже на уровне отдельной клетки они выполняют гораздо более сложные операции, чем любые механизмы, созданные человеком. Возникла биомиметика — моделирование неживых биоинспирированных полимерных систем на основе наблюдений за природным полимерным ансамблем в живой клетке. В этом направлении работа ведется очень интенсивно.

Применение принципов функционирования живой материи для создания высокомолекулярных синтетических материалов — и есть первое прорывное направление в науке о полимерах.

В настоящее время экспериментальные исследования во многом уступили место компьютерному моделированию?

Верно, еще одно прорывное направление в науке о полимерах связано с использованием компьютеров, стремительно вошедших в нашу жизнь. Впервые я увидел персональный компьютер в 1985 г. в Германии у профессора В.Руланда, работавшего в Марбургском университете, теперь же это обычная вещь. Но замечу: моделирование полимеров началось значительно раньше: например, в 1970-е годы такие работы проводили ученые Ленинградской школы, создававшие простейшие полимерные системы методами молекулярной динамики и Монте-Карло. Это направление развивалось по мере совершенствования компьютерной техники, и в XXI в. стало очевидно: многие теоретические положения гораздо проще вывести на основе компьютерной модели, чем путем постановки серии экспериментов или методами статистической физики.

Сейчас развитие теории полимеров методами компьютерного моделирования доминирует. И в этом направлении ожидается серьезный прорыв: в ближайшее время станет возможно с атомной точностью моделировать процессы, происходящие в живой клетке. Ведь в настоящее время мы опираемся на существующие в биологии понятийные представления о делении ДНК — в действительности о деталях процесса почти ничего не известно. Мы понимаем, что РНК считывает информацию и передает ее в рибосому, но необходимо знать путь каждого атома. Тогда мы получим информацию об устройстве жизни на молекулярном уровне и сможем использовать ее в биомиметических исследованиях.

Третий прорыв в науке о полимерах связан с чрезвычайно высоким уровнем исследований новых полимерных композиционных материалов. Можно делать материалы, обладающие прежде недоступными качествами. Яркий пример — «Дрим-

* А.Ю.Гроссберг — советский, российский и американский физик, специалист в области биофизики и физики полимеров.

лайнера» (Boeing-787 Dreamliner), который на 80% построен из полимерных материалов, заменивших металлы. Это не обычные, а армированные полимеры — они наполнены углеродными волокнами, которые придают им прочность. Самолет из таких материалов легче, чем из металлов, и, соответственно, потребляет меньше горючего.

Есть и еще одно чрезвычайно перспективное направление в нашей области: в 2016 г. Жан-Пьер Соваж, Бернард Феринга и Фрезер Стоддарт получили Нобелевскую премию «за проектирование и синтез молекулярных машин» [9]. Речь идет также о макромолекулах. В механическом движении таких «машин» участвует много атомов. Авторы работали в биомиметическом плане: подсмотрели природные механизмы и сделали неживые молекулы, способные вращаться и перемещаться по заданным законам.

Какое место в исследованиях, о которых Вы рассказали, занимают российские ученые?

В области исследования полимеров работали ученые мировой величины, создавшие очень хорошую научную школу, — прежде всего это академики В.А.Кабанов и Н.А.Платэ. Мне посчастливилось много взаимодействовать с ними. Я уже говорил о научном направлении И.М.Лифшица в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. В Санкт-Петербургском университете школу мирового уровня основал член-корреспондент РАН М.В.Волькенштейн, его исследования продолжают доктор физико-математических наук Т.М.Бирштейн и ее ученики.

Наша работа развивалась в тесном контакте с ведущими мировыми учеными. Очень многие зарубежные исследователи полимеров — выпускники советских вузов. Например, наиболее вероятный претендент на Нобелевскую премию по химии — польский и американский ученый Крис Матяшевский — учился в Московском высшем техническом училище (ныне государственном университете) имени Н.Э.Баумана. Он предложил новые методы полимеризации — контролируруемую радикальную полимеризацию. Многие воспитанники советской школы науки о полимерах остались в России и успешно работают.

Междисциплинарным исследованиям сопутствовало возникновение особых сообществ — например, в науке о полимерах есть Жидко-



Академики РАН А.Р.Хохлов, А.Г.Литвак и А.М.Сергеев на заседании Президиума РАН.

кристаллическое общество «Содружество», под эгидой которого проводятся научные конференции. Сохраняется ли роль таких центров и будут ли возникать новые сообщества «на стыке наук» — например, биомиметическое?

В 1970-е годы в МГУ проходили всесоюзные конференции по теории полимеров — фактически собиралось сообщество специалистов в нашей междисциплинарной области. Тогда же И.М.Лифшиц основал семинар по теории полимеров, где встречались физики, химики, биологи. В 1980–1990-е годы мы поддерживали эту традицию, и подобные центры кристаллизации в науке сохранялись. Со временем сообщество настолько разрослось, стало разветвленным... Проводятся большие Всероссийские Каргинские полимерные конференции, где специалисты обсуждают интересующие их вопросы на соответствующих сессиях.

В настоящее время уже невозможна та консолидация, которую поддерживали И.М.Лифшиц и другие ученые, создавая междисциплинарные семинары?

Наша ситуация кардинально отличается от 80-х годов прошлого века, даже от 1990-х. Тогда люди обменивались идеями, встречаясь на конференциях. Сейчас они могут общаться в любое время по всем видам связи. Я вообще считаю, что роль конференций и очных семинаров уменьшается, потому что ученые погружены в Интернет, черпают из этого безбрежного океана информации и на основе одного только ее статистического анализа получают довольно интересные результаты, даже не проводя собственного эксперимента. Что же касается традиции собираться на семинарах — она остается, но роль семинаров постепенно уменьшается.

Вы упомянули о возможности свободно анализировать научную информацию, размещенную в электронных источниках. В связи с этим такой вопрос. На Вашей странице сайта «Истина msu.ru» приведена ссылка на обзор по жидкокристаллическим полимерам [10], опубликованный с использованием свободной лицензии (CC-BY-лицензии) согласно новому плану Еврокомиссии. Как Вы относитесь к реализации инициативы открытого доступа к научной информации?

Модель открытого доступа означает, что за публикацию статьи в электронном источнике должен заплатить ее автор, читать же ее можно свободно. Институт рецензирования при этом сохраняется, т.е. издание несет ответственность за качество материала, как и раньше. Но есть два момента, с которыми хочется поспорить.

Во-первых, автор затрачивает усилия на подготовку статьи, а затем почему-то должен взять на себя еще и затраты на публикацию. Это в корне неправильно: если продукт качественный, покупатель его приобретает — вот понятная модель рынка, и на этом построено все развитие цивилизации. Если в журналы статью не принимают, автор всегда может поместить ее в Интернете и обеспечить тем самым свободный доступ.

Во-вторых, модель открытого доступа приведет к злоупотреблениям: за большие деньги журналы начнут публиковать материалы, не заботясь об их качестве. Нам легко представить, как этот процесс будет развиваться в России.

Инициатива Еврокомиссии связана с желанием создать противовес монополии трех крупнейших издательств — Elsevier, Springer Nature, John Wiley & Sons — на рынке интеллектуальной информации, не так ли?

Такой монополии не существует. Помимо этих издательств есть национальные научные общества — Королевское общество Великобритании, Американское физическое общество и т.д. Они издают журналы очень высокого уровня. В области изучения полимеров наиболее авторитетные журналы издает American Chemical Society.

Чем тогда объяснить начавшуюся дискуссию?

В настоящее время распространяется модель менеджмента, когда планы разрабатываются, исходя из общих принципов. Менеджер, который должен был бы детально разбираться в доверенном ему деле, таких знаний не имеет. Люди, пропагандирующие открытый доступ, сами, как правило, статей не писали и исходят из общих соображений. Представьте, к чему это приведет: чем более продуктивно работает ученый, тем больше он должен платить за свои публикации. Парадиг-

ма совершенно неверная. И вне Евросоюза ее не поддерживают.

Переход к открытому доступу приведет к тому, что старые журналы с устоявшейся репутацией понесут издержки, ну а если к движению присоединятся Китай и США, то эти издания будут разрушены. Сейчас мы имеем определенные стандарты оценки качества, и не хотелось бы их потерять. Переводная версия наших журналов входит в пакет *Springer Nature*. Понятно, что при гипотетической ситуации отказа от прежней модели публикации научных статей европейские журналы не выживут, и периодические издания переместятся в Китай, где выпускать их дешевле. Какие всходы произрастут на этой почве? Я считаю, что говорить о реформе, связанной с открытым доступом, пока рано.

Алексей Ремович, позвольте задать Вам вопрос как вице-президенту РАН. В День российской науки в одной из телепередач с участием президента РАН и министра просвещения РФ рассказали, что в связи с низким уровнем отечественного школьного образования нарастает угроза кадрового дефицита в высокотехнологичных областях, в научной сфере, и РАН начинает курировать работу ряда средних школ. Как будет организовано взаимодействие со школами?

Этому вопросу было посвящено заседание Президиума РАН 26 февраля. При выборе школ мы опирались на официальные рейтинги. Выбрано 192 школы, показавшие лучшие результаты на Всероссийской и международных олимпиадах и имеющие высокие показатели сдачи единого государственного экзамена, поступления в ведущие вузы. Эксперимент охватывает 32 региона, исключая Москву и Санкт-Петербург.

В каждом регионе РАН определила ответственную организацию и кураторов данного проекта — эти люди составят совет, который и будет планировать работу в базовых школах. Например, молодые ученые и профессора РАН начнут читать для учеников лекции по современным направлениям науки, проводить семинары. Должна быть обновлена материальная база школ. Будут организованы практикумы, и дети смогут выполнять лабораторные работы, ставить эксперименты. Кроме того, потребуется повышение квалификации учителей. Но повторюсь: это касается только педагогов из 192 отобранных школ. Сейчас идут последние согласования списка, составленного на основе рейтингов.

В расставленную «региональную сеть» не попадут многие талантливые дети, не имеющие возможности поступить в избранные

школы. Это не беспокоит организаторов эксперимента?

РАН делает то, что можно сейчас реализовать. Мы выбирали только хорошие школы, нет смысла вкладывать силы в слабые.

Когда-то школы выписывали журналы «Природа», «Наука и жизнь», другие научно-популярные издания, которые ценились как источник научных новостей из первых рук. Не планируется ли возродить эту традицию в рамках нового совместного проекта РАН и Минпросвещения?

Президиум РАН будет всемерно поддерживать научно-популярные издания. Думаю, это неплохая идея — чтобы журналы Академии наук поступали в библиотеки школ, по крайней мере тех, где работают учителя высокой квалификации и учатся талантливые дети.

Вы уделяете много внимания вопросам научной популяризации. Сейчас в России развивается просветительская программа «Всенаука», участники которой хотят собрать некий каркас фундаментальных знаний, формирующих научную картину мира современного человека. Если бы Вам пришлось обосновывать важнейшую роль науки о полимерах в целостном осмыслении мира, в какую форму Вы бы облекли свой ответ?

Можно написать хорошую, лаконичную научно-популярную статью и в занимательной форме рассказать обывателю о том, что полимеры везде: они определяют свойства живых систем; из них мы создаем все синтетические волокна; подавляющее количество вещей, нас окружающих, изготовлены из полимеров.

Интервью подготовила
Е.В.Сидорова

Литература / References

1. Вольнский А.Л. Эффект Ребиндера в полимерах. Природа. 2006; 11: 11–18. [Volynsky A.L. Rebinde effect for polymers. Priroda. 2006; 11: 11–18. (In Russ.)]
2. Атовмян Е.Г., Бадамшина Э.Р., Эстрин Я.И. Зачем полимерам фуллерен? Природа. 2008; 10: 16–22. [Atovmyan E.G., Badamshina E.R., Estrin Y.I. Why do polymers need fullerene? Priroda. 2008; 10: 16–22. (In Russ.)]
3. Музафаров А.М., Василенко Н.Г. Дендримеры — новый способ организации полимерной материи. Природа. 2011; 6: 3–10. [Muzafarov A.M., Vasilenko N.G. Dendrimers — a new way of organizing polymeric material. Priroda. 2011; 6: 3–10. (In Russ.)]
4. Шибает В.П. Жидкие кристаллы — «кентавры» природы. Природа. 2012; 1: 61–69. [Shibaev V.P. Liquid crystals — «centaurs» of nature. Priroda. 2012; 1: 61–69. (In Russ.)]
5. Шибает В.П. Полимерные кентавры. 2012; 6: 12–24. [Shibaev V.P. Polymer centaurs. Priroda. 2012; 6: 12–24. (In Russ.)]
6. Букреева Т.В., Фейгин Л.А. Нанокapsулы из полимеров. Природа. 2013; 12: 78–84. [Bukreeva T.V., Feigin L.A. Nanocapsules of polymers. Priroda. 2013; 12: 78–84. (In Russ.)]
7. Вольнский А.Л. Как смешать полимеры? Природа. 2014; 3: 44–52. [Volynsky A.L. How to mix polymers? Priroda. 2014; 3: 44–52. (In Russ.)]
8. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р., Статистическая физика макромолекул. М., 1989. [Grosberg A.Yu., Khokhlov A.R. Statistical physics of macromolecules. Moscow, 1989. (In Russ.)]
9. Вацадзе С.З. Лауреаты Нобелевской премии 2016 года по химии — Ж.-П.Соваж, Ф.Стоддарт, Б.Феринга. Природа. 2017; 1: 71–76. [Vatsadze S.Z. Nobel prize Winners of 2016 in chemistry — Zh.P.Sauvage, F.Stoddart, B.Feringa. Priroda. 2017; 1: 71–76. (In Russ.)]
10. Khokhlov A.R., Emelyanenko A. Nanostructured liquid crystal systems and applications. Beilstein journal of nanotechnology. 2018; 9: 2644–2645. Doi:10.3762/bjnano.9.245.

A Century of Polymer Science

Interview with A.R.Khokhlov
Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

The science of polymers is a whole world, dynamically developing and changing people's lives. At the request of the editorial board of «Priroda» an expert in the field of physical chemistry of high-molecular compounds academician A.R.Khokhlov gave a brief overview of the most promising areas of polymer research. The conversation also cover the issues of open publication of scientific data and their popularization.

Keywords: functional polymers, biopolymers, DNA, biomimetics, liquid crystal systems, molecular machines, open access.

Таблица Менделеева — универсальное звено культурного кода

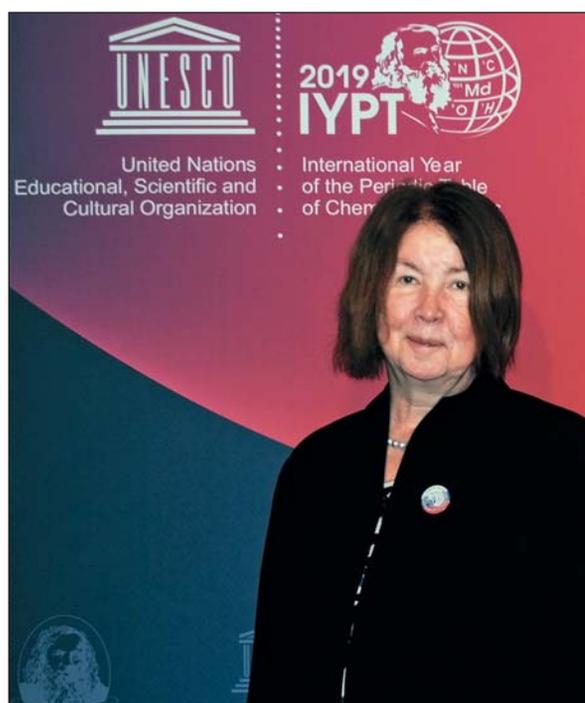
Интервью с членом-корреспондентом РАН Н.П.Тарасовой

Кафедра ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» Института химии и проблем устойчивого развития
Российского химико-технологического университета имени Д.И.Менделеева (Москва, Россия)

Для огромного числа людей во всем мире Периодическая таблица Д.И.Менделеева — воплощение могущества человеческого интеллекта. Подобный выбор символа Международного года ООН свидетельствует о росте ожиданий, связанных с естественными науками. Своими мыслями на эту тему сопредседатель оргкомитета Международного года Периодической таблицы химических элементов, директор Института химии и проблем устойчивого развития Российского химико-технологического университета имени Д.И.Менделеева член-корреспондент РАН Наталия Павловна Тарасова поделилась с редактором «Природы».

Наталия Павловна, сегодня цивилизованный мир с необыкновенным единодушием отмечает 150-летие открытия Д.И.Менделеева, и понятно, что была проделана большая подготовительная работа. Вы приняли самое непосредственное участие в организации проведения Международного года Периодической таблицы химических элементов. Расскажите, пожалуйста, как все начиналось.

29 июля 2016 г. я получила письмо от британского химика, иностранного члена РАН, профессора Ноттингемского университета Мартина Полякова. Поляков — член Лондонского королевского общества и всемирно известный популяризатор науки: так, он снял 118 фильмов, посвященных всем элементам Периодической таблицы. В своем письме Мартин напомнил о приближающемся 150-летию открытия Дмитрия Ивановича Менделеева и предложил отметить великое событие: «Весь мир поддержит». Я тогда занимала пост президента Международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC), и мы с коллегами немедленно откликнулись. Самой значительной поддержкой стал для нас Менделеевский съезд, собравшийся в сентябре 2016 г. в Екатеринбурге: три тысячи его участников проголосовали за то, чтобы просить Российское химическое общество имени



Н.П.Тарасова. Париж, 29 января 2019 г.

Фото предоставлено А.А.Заниным

Д.И.Менделеева и Министерство иностранных дел Российской Федерации поддержать нашу инициативу и обратиться в ЮНЕСКО с предложением посвятить 2019 год юбилею открытия периодического закона. Резолюция съезда была поддержана и Российской академией наук.

Хотя символом 2019 года в итоге стала Периодическая таблица химических элементов, но фундаментален периодический закон — его применяют астрономы, математики, биологи, развитием представлений о периодичности занимаются физики. Неслучайно все крупные научные организации поддержали наше начинание. В их числе Международный астрономический союз (IAU), Европейское химическое общество (EuChemS), Между-

народный союз истории и философии науки и технологии (IUHPS), Международный совет по науке (ICSU), ныне объединенный с Международным советом социальных наук и преобразованный в Международный научный совет (ISC), Международный союз теоретической и прикладной физики (IUPAP). Когда я от имени IUPAC обратилась в IUPAP, там моментально подхватили нашу инициативу (хотя физики и убеждены, что имеют больше «прав» на периодический закон после открытий лауреата Нобелевской премии по химии 1908 г. Э. Резерфорда и последующих достижений в области атомной физики). Периодическая таблица химических элементов стала основанием для консолидации представителей всех фундаментальных наук о природе. И такое единение позволило провести подготовительную работу за полгода, тогда как обычно для согласования темы Международного года требуется не менее трех лет.

В рамках Международного года в разных странах проходят конференции с участием ведущих ученых. Какие вопросы стоят наиболее остро и вызывают дискуссии?

Жаркая, даже ожесточенная дискуссия развернулась вокруг расположения элементов третьей группы Периодической таблицы: специалисты расходятся в вопросе размещения лантанидов и актинидов*; это семейство сейчас вынесено из таблицы и представлено отдельным блоком. Создана специальная группа в IUPAC, рассматривающая проблему. Обсуждается вопрос: что должно быть первичным в формировании Периодической таблицы — электронное строение атомов или химические свойства элементов. В январе 2019 г. в американском журнале «Chemical and engineering news» вышла статья, посвященная этой ситуации**, и автор — научный журналист С. Лемоник — сетует, что ученые «никак не могут договориться».

Иными словами, научные журналисты «разжигают» тему?

Ученые относятся ко всему спокойно. Ведь надо понимать, что многие вещи становятся доступны только после появления новых методов исследований, связанных с открытиями в физике, с развитием математического анализа.

Я полагаю, что дискуссии состоятся и между историками науки, ведь систематизацией элементов в середине 19-го столетия занимались одно-

временно ученые разных стран — британские химики Джон Ньюлендс и Уильям Одлинг, французский геолог Эмиль де Шантукруа и его соотечественник Поль Эмиль Лекок де Буабодран, американский исследователь немецкого происхождения Густавус Хинрикс и, наконец, немец Лотар Мейер, ближе всех подошедший к разгадке закономерности изменения свойств химических элементов. Он так же, как Менделеев, присутствовал на первой Международной конференции химиков в Карлсруэ в 1860 г., и тогда стало понятно, что поиски исследователей ведутся в одном направлении.

Когда мы в своей профессиональной среде обсуждали тему Международного года и готовили к Генеральной ассамблее ООН брошюру, содержащую соответствующие аргументы, то не настаивали на включении имени Менделеева в название года, так как в этом случае было бы сложно получить консенсус при голосовании, учитывая вклад ученых разных стран в создание Периодической системы химических элементов. Тем не менее на международном уровне есть отчетливое понимание: для развития науки исключительно важно появление человека, который способен аккумулировать существующие идеи и подняться на высоту обобщения — в XIX в. таким человеком стал наш великий соотечественник Менделеев. Его открытие определило будущее химии и многих других естественных наук, и имя Менделеева упомянуто в резолюциях ЮНЕСКО и ООН. Это создает благоприятную атмосферу не только для научного международного сотрудничества, но и для научной дипломатии.

При принятии решения о проведении Международного года Периодической таблицы химических элементов удалось достигнуть консенсуса, несмотря на то что ЮНЕСКО испытывает финансовые затруднения в связи с выходом из состава этой организации США и Израиля, прекративших финансирование ряда проектов. В определенной мере на настрой представителей государств повлияло проходившее в 2016–2017 гг. празднование открытия четырех сверхтяжелых элементов — нихония (^{113}Nh), московия, (^{115}Mc), теннесина (^{117}Ts), оганесона (^{118}Og). В честь России, российских городов и ученых названо шесть (!) элементов Периодической таблицы: рутений, менделеевий, дубний, флеровий, московий, оганесон. Такой чести не удостоилась ни одна страна. Тем не менее на высшем уровне это событие у нас практически не было замечено. А вот в Японии торжества 2017 г. состоялись под патронажем наследного принца Нарухито. Ожидается, что в 2019 г. он станет императором, сменив своего отца. Увековечение имени Страны восходящего солнца в названии 113-го элемента Периодической таблицы нихония*** для

* Лантаниды и актиниды — семейство, состоящее из 15 радиоактивных химических элементов III группы 7-го периода Периодической системы с атомными номерами 89–103.

** *Lemonick S.* The Periodic table is an icon. But chemists still can't agree on how to arrange it. *Chemical and Engineering news.* 2019; 97(1).

*** Нихон в переводе означает «Страна восходящего солнца».



Ю.Ц.Оганесян, С.Н.Дмитриев, М.Г.Иткис, М.Поляков. Париж. Январь 2019 г.

Фото предоставлены
пресс-службой Всероссийского Фестиваля науки НАУКА 0+

японцев — дело национального престижа, и закрытие Международного года Периодической таблицы химических элементов состоится в Токио. Между прочим, японские ученые трижды объявляли об открытии нового сверхтяжелого элемента, но в первых двух случаях они получили изотопы ранее известных элементов.

Изучая свойства сверхтяжелых элементов, специалисты Института ядерных исследований в Дубне получают данные, которые указывают на существование границ применимости периодического закона. Об этом научный руководитель Лаборатории ядерных реакций Ю.Ц.Оганесян говорил в интервью нашему журналу в преддверии открытия Международного года. Вероятно, на предстоящих научных конференциях специалисты будут детально обсуждать полученные свидетельства?

Я бы сказала, что мы приблизились не к границам действия периодического закона, а, скорее, к точке бифуркации — моменту, когда может произойти «разделение траектории». Мы не знаем точно, как устроен мир. Поиск истины продолжается. Менделеев увидел нюансы, которых не замечали до него. Открытие в XX в. строения атома подтвердило его теорию. То, что в настоящий момент может восприниматься как конец, — просто предел наших сегодняшних знаний.

В настоящее время директор Лаборатории ядерных реакций (ЛЯР) — выпускник Российского химико-технологического университета (РХТУ) имени Д.И.Менделеева доктор физико-математических наук Сергей Николаевич Дмитриев. В декабре

2018 г., когда на Фабрике сверхтяжелых элементов в Дубне был получен первый пучок ускоренных тяжелых ионов, он позвонил и сообщил об этом событии. Теперь коллеги смогут накапливать более значительные количества атомов сверхтяжелых элементов — этим займется фабрика. Наверное, не все читатели догадываются о том, что открытие нового сверхтяжелого элемента означает получение всего нескольких его атомов (например, четырех атомов нихония). И еще только предстоит идентифицировать их химические свойства. Мы не знаем пока, какими свойствами обладает оганесон. Химические свойства — это не два или четыре атома, а целый ансамбль: нужно определить, в какие реакции они будут вступать.

Хочется надеяться, что в Дубне будут синтезированы и более тяжелые элементы — со 119-го по 122-й. Ожидания очень большие. Неслучайно на специальной сессии «Подношение молодых ученых мира Периодической таблице» в рамках открытия Международного года в Париже европейскую науку представлял Патрик Стейнеггер (швейцарец по национальности), занимающийся в ЛЯР исследованием химических свойств сверхтяжелых элементов.

Юрий Цолакович Оганесян — ученый уникальный. Когда в 2017 г. он делал доклад в РХТУ имени Д.И.Менделеева после утверждения в IUPAC названия «оганесон», присвоенного 118-му элементу, Большой актовый зал университета вместимостью свыше 800 человек был набит до отказа. Послушать его пришли студенты, профессора. Такой аншлаг я видела в этом зале лишь однажды — во время выступления знаменитого поэта и автора песен Владимира Семеновича Высоцкого.

Невольно вспоминаешь, о том, что существуют универсальные языки человечества: поэзия и музыка доступны всем, кто может их слышать, но и алфавит химии, собранный в Периодическую таблицу, могут освоить очень многие.

Красоте языка химии посвящена книга академика РАН Анатолия Леонидовича Бучаченко «Химия как музыка». Ее название стало крылатой фразой. Продолжая мысль об универсальном языке, замечу: в 2019 г. мы не только отмечаем юбилей фундаментального открытия, но и одновременно говорим о результатах усилий

всего человечества формализовать накопленные знания. Универсальный язык очень важен для дальнейшего развития науки. (Как известно, человек выделился из животного мира в большой степени благодаря тому, что был выработан язык общения.)

Возвращаясь к вопросу о темах дискуссий в рамках Международного года, назову еще одну очень важную и интересную проблему — возникновение химических элементов в космическом пространстве. Во время открытия Международного года в Париже на специальной сессии, посвященной рождению элементов, прозвучали три доклада; один из них — «Элементы: от колыбели до могилы» — подготовил заместитель директора Института космических исследований РАН член-корреспондент РАН А.А.Лутовинов.

Вы по специальности радиационный химик?

Да, мое базовое образование — радиационная химия, т.е. поведение веществ под действием излучений. Мы работали с химическими системами, испытывающими влияние ионизирующих излучений, источник которых — радиоактивные изотопы. Сильным потрясением для нашей страны стала чернобыльская авария 1986 г. Почти все мои аспиранты уехали добровольцами-ликвидаторами в район катастрофы, многих, к сожалению, уже нет в живых. После тех событий Геннадий Алексеевич Ягодин, член-корреспондент РАН, выпускник Менделеевской, многое сделал для организации экологического образования в СССР. Он был специалистом в области радиоактивных и редких элементов. И Деннис Медоуз, который в 1970-е годы возглавил проект Римского клуба «Пределы роста», по первому образованию химик. Люди нашей профессии часто встречаются с проявлениями хемофобии. Наверное, поэтому развилось такое направление, как зеленая химия. Ведь не существует, к примеру, «зеленой физики».

Хемофобия, связанная с разными экологическими проблемами, имеет глубокие корни. Удастся ли использовать Международный год Периодической таблицы химических элементов для изменения ситуации к лучшему?

Для IUPAC и Международного научного совета одно из важнейших направлений деятельно-

сти — популяризация науки. И очень важно показывать политикам краткосрочные и отдаленные последствия разных воздействий, чтобы они понимали цену своих решений. Об этом особенно уместно говорить в контексте личности Менделеева. Он писал: «какой я химик, я — экономист», и он первым сказал о необходимости сбережения исчерпаемых ресурсов. Менделеев фактически изобрел первый танкер для транспортировки нефти, заменивший бочки, благодаря чему уменьшились ее разливы. В книге «Сокровенные мысли» ученый уделил особое внимание вопросам народосбережения, образования. Можно сказать, что он предвосхитил глобальные задачи сегодняшнего дня.

В январе 2019 г. EuChemS организовало в Европейском парламенте в Брюсселе специальную сессию, чтобы рассказать депутатам об истории открытия Периодической таблицы химических элементов, о ее значении и о доступности элементов. Ученые подготовили таблицу исчерпаемости элементов с информацией об их получении и использовании (для производства гаджетов, в энергетике и т.д.). Ряд элементов извлекают из отходов — например, редкоземельные. Если дефицитные элементы добывают в зонах вооруженных конфликтов, они становятся еще менее доступными.

Просветительские и научные мероприятия проходят в разных странах. Невозможно перечислить их все. В Индии только к моменту открытия Международного года уже состоялось три конференции, посвященные Периодической таблице химических



Периодическая таблица Европейского химического общества (EuChemS), изображающая дефицит элементов (по: W.F. Sheehan. Periodic Table with EMPHASIS. Chemistry, 1976; 49: 17–18).



Научный руководитель ЛЯР имени Г.Н.Флёрова ОИЯИ Ю.Ц.Оганесян и генеральный директор ПАО «ФосАгро» А.А.Гурьев перед церемонией открытия Международного года химических элементов в Париже. Январь 2019 г.

Фото предоставлено «ФосАгро»

элементов. Министерство образования Южно-Африканской Республики придерживается следующего принципа: «Периодическую таблицу химических элементов — в каждую семью». Позволив детям изучить стройную систему химических элементов, можно затем рассказывать им о свойствах разных веществ. В этой стране таким видят путь к всеобщей грамотности, образованию и в итоге — к достижению Целей устойчивого развития.

В нашей стране 8 февраля — в День науки и день рождения Менделеева — во всех школах прошел урок, посвященный Периодической таблице химических элементов. Главным научным форумом в рамках Международного года в нашей стране станет XXI Менделеевский съезд в Санкт-Петербурге, на котором будут обсуждены вопросы, связанные с Периодической таблицей химических элементов.

В Испании на химическом факультете Университета Мурсии 11 февраля, в Международный день женщин и девушек в науке, состоялся специаль-

ный симпозиум, посвященный вкладу женщин в развитие Периодической таблицы химических элементов.

Франция объявила 2019 г. Национальным годом химии. Около 2.5 тыс. французских школьников участвовали в мероприятиях открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов. Министерство образования Франции приняло решение в течение трех дней провести открытые уроки, посвященные Периодической таблице. Международная химическая олимпиада школьников также пройдет в этом году в Париже и будет посвящена двум юбилеям — 150-летию периодического закона и 100-летию IUPAC.

На протяжении многих лет профессия химика не привлекала молодых людей. Возможно, виной тому пресловутая хемофобия. Меняется ли эта тенденция?

Действительно, в этом отношении положение дел было катастрофическим во всех странах, не только в России. Но показательно, что в последние годы конкурс на физические и химические специальности резко возрос. Возникают интересные задачи на стыке химии и других дисциплин. Например, изучая гуминовые вещества почвы, химики Московского университета взаимодействуют с географами, физиками, почвоведом. В Институте химии и проблем устойчивого развития РХТУ имени Д.И.Менделеева до недавнего времени существовала кафедра социологии, и ее выпускники были очень востребованы — как специалисты, получившие комплексное образование. Многие из них работают в отделах по связям с общественностью в химических и агрохимических компаниях — например, в российском химическом холдинге «ФосАгро». Эта компания на протяжении четырех лет ведет совместный проект с ЮНЕСКО «Зеленая химия для жизни», выделяя гранты молодым ученым для исследований в сфере сельского хозяйства и промышленности. У руководства холдинга есть четкое понимание необходимости популяризации науки, образовательных проектов, поэтому он стал генеральным спонсором открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов, а также будет поддерживать XXI Менделеевский съезд в Санкт-Петербурге в сентябре 2019 г.

Междисциплинарные исследования свидетельствуют о том, что границы между разными науками размываются. Неслучайно в рамках открытия Международного года прошел круглый стол «Периодическая таблица и междисциплинарное образование будущего».

Не могу не задать вопрос о задачах Международного научного совета, в правление которого Вы избраны. Он создан в 2018 г. в результа-

те слияния Международного совета по науке, объединявшего организации в области точных и естественных наук и Международного совета социальных наук. Какова была цель реформирования?

Этой реорганизации предшествовало обсуждение, длившееся не меньше 15 лет. Необходимость объединять усилия была очевидна. В правление вновь образованного Международного научного совета входят медики, психологи, биологи, физики, геологи, другие специалисты. Наша функция — доносить голос науки до лиц, принимающих решения, до обществности. Посол Международного научного совета будет работать в ООН. Есть консультационные группы, помогающие взаимодействовать с политиками в Восточной Азии; группы, работающие с образовательными системами.

Как Вы полагаете, изменится ли лицо периодических научных изданий на фоне расширения междисциплинарных связей? Может быть, должна усилиться роль научно-популярных журналов?

Я думаю, что должно сохраниться научное редактирование, потому что иначе не избежать элементарных ошибок. Если же их становится много, это действительно угроза научному знанию.

Сейчас широко обсуждается вопрос открытой публикации научных данных (Open Access), и Международный научный совет будет серьезно рассматривать инициативу США, Китая и ряда других стран, состоящую в том, что, если исследо-



Участники Всероссийского открытого урока «Менделеев? Элементарно!»

Фото предоставлено пресс-службой Всероссийского форума профессиональной ориентации «ПроеКТОриЯ»

вания проводятся на деньги налогоплательщиков, результаты должны быть доступны для всех. Такой подход в корне меняет всю ситуацию: во-первых, пошатнется финансовое положение журналов: подписка станет не нужна; с другой стороны, утратят силу индексы цитирования, превращенные сегодня в абсолютный показатель эффективности научной работы.

Популяризация научной работы должна развиваться. И очень важно сохранить традиции журнала «Природа»: на его страницах публиковали свои статьи ученые широчайшего кругозора — от великого мыслителя В.И.Вернадского до наших выдающихся современников Г.А.Заварзина, Н.П.Лаврова, Ю.А.Израэля, Г.И.Марчука. Это издание — настоящее явление, ведь журнал опередил время.

Интервью подготовила **Е.В.Сидорова**

Mendeleev's Table — the Universal Link of the Cultural Code

Interview with N.P.Tarasova

UNESCO Department "Green chemistry for sustainable development", Institute of chemistry and problems of sustainable development of D.Mendeleev University of chemical technology of Russia (Moscow, Russia)

For a huge number of people around the world Mendeleev's Periodic table is the embodiment of the power of human intelligence. This choice of a symbol for the International Year is an evidence of the rising expectations associated with the natural sciences. Co-chair of the organizing Committee of the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements, the Director of the Institute of Chemistry and Problems of Sustainable Development of the Russian D.Mendeleev Chemical-Technological University, the corresponding member of RAS Natalia Tarasova, discloses her ideas to this topic with the editor of "Priroda".

Keywords: International Year of the Periodic Table of Chemical Elements, D.I.Mendeleev, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, International Union of Pure and Applied Chemistry, European Chemical Society, International Science Council.

Что в имени твоём?

Химические элементы, открытые благодаря минералам

Р.К.Расцветаева¹, С.М.Аксенов¹

¹Институт кристаллографии имени А.В.Шубникова РАН (Москва, Россия)

Хорошо известно, что минералы состоят из химических элементов — одного (железо Fe), двух (галит NaCl), трех (кальцит CaCO₃) и более. Как правило, природные соединения многокомпонентны и содержат десятки элементов. Часто минералы носят названия, производные от химических элементов, из которых они состоят. Однако есть такие химические элементы, которые были открыты благодаря исследованию минералов, и тогда, наоборот, эти элементы наследуют имена минералов. Название элемента в таких случаях представляет интерес в отношении истории его открытия. В данном очерке приводятся основные данные о свойствах некоторых таких элементов и их роли в структуре минералов.

Ключевые слова: химический элемент, минерал, кристаллическая структура, названия минералов.

Известно, что минералы состоят из химических элементов — одного (железо Fe), двух (галит NaCl), трех (кальцит CaCO₃) и более. Как правило, природные соединения многокомпонентны и состоят из десятков элементов. К примеру, в эвдиалите содержится половина элементов таблицы Менделеева [1].

С древнейших времен в природе известны некоторые из существующих химических элементов. Это самородные золото, серебро, медь, олово, железо, сера, ртуть. В дальнейшем опыты ученых (в основном алхимиков) увеличили число найденных элементов, и к началу XIX в. человечеству было известно их около 50. За последующие десятилетия количество химических элементов выросло более чем в два раза, чему способствовали, в частности, спектроскопические методы исследования. Они позволили открывать элементы, присутствующие даже в мизерных количествах.

В XX в. научились синтезировать элементы. Многие из них впоследствии определили и в минералах, но 26 элементов в природе не встречаются. Первым искусственным химическим элементом стал полученный в 1937 г. технеций. Синтез новых трансактиноидов и суперактиноидов, которые отсутствуют в природе, продолжается до сих пор.



Рамиза Кераровна Расцветаева, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института кристаллографии имени А.В.Шубникова РАН, соавтор открытий более 80 минералов. Область научных интересов — структурная минералогия, кристаллохимия, рентгеноструктурный анализ. Постоянный автор «Природы».
e-mail: rast.crys@gmail.com



Сергей Михайлович Аксенов, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник того же института. Специалист в области кристаллохимии и рентгеноструктурного анализа. Неоднократно публиковался в «Природе».
e-mail: aks.crys@gmail.com

Часто минералы носят названия, произведенные от названий химических элементов, из которых они состоят. Например, алюминит, борациит, ванадит, галлит, титанит, хромит, цинкит и многие другие. Иногда названия охватывают несколько элементов: алванит (алюминий и ванадий), аурастибит (золото и сурьма), армангит (мышьяк и марганец), моурит (молибден и уран), плюмбоферрит (свинец и железо), калкурмолит (кальций, уран, молибден), плюмалсит (свинец, алюминий и кремний), цирсианит (цирконий, кремний и натрий), фосинаит (фосфор, кремний и натрий) и др.

Однако есть такие химические элементы, которые изначально открыты благодаря исследованию минералов, и тогда, наоборот, они наследуют их имена [2]. Название элемента в таких случаях представляет интерес в отношении истории его открытия (иногда полной драматизма). Несколько химических элементов, открытие и название которых связаны с минералами, описаны в этом очерке в алфавитном порядке.

Барий (Ba) — химический элемент с атомным номером 56. В 1774 г. шведские химики Ю.Ган и К.Шееле исследовали один из самых тяжелых минералов — $BaSO_4$ (тяжелый шпат) и установили, что в нем содержится оксид неизвестного элемента. Несколько позднее, в 1779 г., французский химик Л.Б.Гитон де Морво назвал этот оксид баритом, а в дальнейшем **баритом** (от греческого $\beta\alpha\rho\upsilon\varsigma$ — тяжелый). И только в 1808 г. британский химик Г.Дэви, подвергнув электролизу этот оксид, получил из него новый неизвестный металл, который стали называть барием.

Барий — щелочноземельный металл, мягкий, ковкий, серебристо-белого цвета. В большинстве соединений он проявляет максимальную степень окисления +2. В структурах минералов встречается в различной координации (от 6 до 12) с ионными радиусами (r) в пределах 1.35–1.61 Å. В структуре барита [3] барий может формировать 12-вершинник с расстояниями Ba–O от 2.7657 до 3.3148 Å; либо, если ограничить его сферу расстояниями Ba–O до 2.8154 Å, он образует шестивершинник. Атомы серы находятся в тетраэдрах, объединяющих полиэдры бария в каркасную постройку (рис.1).

Минералы, содержащие барий, как правило, имеют указание на этот элемент в своих названиях: барит $BaSO_4$, барилит $BaBe_2Si_2O_7$, баритокальцит $BaCa(CO_3)_2$, бариоолгит $Ba(Na,Sr,REE)_2Na[PO_4]_2$, бариомикролит $Ba(Ta,Nb)_2(O,OH)_7$, бариоферрит $BaFe_{12}O_{19}$ и др.

Мы открыли новый минерал набалампрофиллит $Ba(Na,Ba)_2Na_3Ti_3[Si_2O_7]_2O_2(OH,F)_2$ из Ков-

дорского массива [4]. Названия еще двух наших новых минералов также говорят о присутствии в них бария: леммлейнит- $Ba Na_2K_2Ba_{1-x}Ti_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_4 \cdot 2H_2O$ и парацепинит- $Ba (Ba,Na,K)_2(Ti,Nb)_2[Si_4O_{12}](OH,O)_2 \cdot 4H_2O$ [5, 6].

Бериллий (Be) — элемент с атомным номером 4 — был открыт в 1798 г., когда при исследовании зеленовато-голубых кристаллов **берилла** из Лиможа французский химик Н.Л.Воклен понял: минерал содержит не только оксиды алюминия и кремния (что было известно и раньше), но и оксид неизвестного химического элемента. Название *бериллий* ввели известные химики М.Г.Клапрот и А.Экеберг. Академик А.Е.Ферсман еще в начале XX в. предсказал исключительное значение этого элемента в решении многих важных научно-технических проблем*.

Бериллий — легкий светло-серый щелочноземельный металл, весьма широко распространенный в природе. Он двухвалентен и координирован атомами кислорода по тетраэдру или октаэдру (ионные радиусы 0.16–0.45 Å). Чаще всего в минералах бериллий находится в тетраэдрах. Названия некоторых содержащих его минералов включают приставки *берилл* или *бер*: берилл $Be_3Al_2Si_6O_{18}$, бериллит $Be_3SiO_4(OH)_2 \cdot H_2O$, бериллонит $NaBePO_4$, бергслагит $CaBe(AsO_4)(OH)$, берборит $Be_2(BO_3)(OH,F) \cdot H_2O$.

Структура берилла состоит [7] из шестичленных колец тетраэдров кремния и 12-членных колец из чередующихся тетраэдров Be и октаэдров Al (рис.2).

Бор (B) — элемент с атомным номером 5 — впервые получен в 1808 г. французскими химиками Ж.Гей-Люссаком и Л.Тенаром при нагревании борного ангидрида B_2O_3 с металлическим калием. А позже Дэви получил его электролизом расплавленного B_2O_3 . Название элемента произошло от арабского слова *бурак* или персидского *бурах*, обо-

* См., например: Кизильштейн Л.Я. Бериллий в ископаемых углях: геохимия, ресурсы, экология // Природа. 2018. №8. С.67–69.

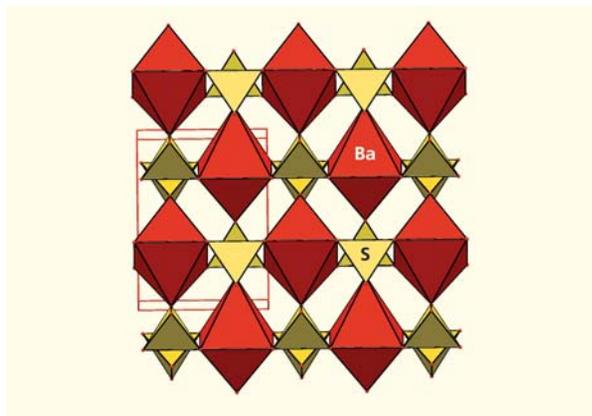


Рис.1. Структура барита.

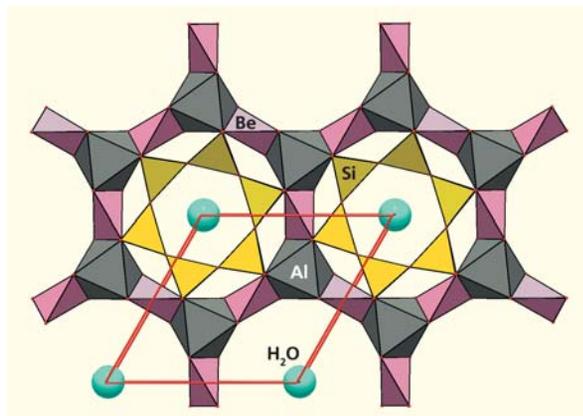


Рис.2. Структура берилла.

значавших **буру**. Известно более 10 аллотропных модификаций бора, образование и взаимные переходы которых определяются температурой, при которой этот элемент был получен.

Бор — либо кристаллическое вещество (бесцветное, серое или красное), либо аморфное (темное). Содержание его в земной коре невысоко, а элементарный бор в природе не встречается. Несмотря на это, известно около 100 собственных минералов бора. Почти во всех них он связан с кислородом. В виде боросиликатов и боратов, а также как изоморфная примесь бор входит в состав многих изверженных и осадочных пород. Основные его минералы — боросиликаты (датолит CaBSiO_4OH , данбурит $\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) и бораты (ашарит $\text{MgBO}_2(\text{OH})$, бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot (\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, гидроборациит $(\text{Ca,Mg})\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Присутствие бора (наряду с кальцием и бериллием) отражено и в названии открытого нами минерала калькибоборосилита $(\text{REE,Ca})_2(\text{B,Be})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH,O})_2$ [8].

Бор проявляет степень окисления +3, его уникальная особенность — способность находиться в двух типах координации: в виде тетраэдра, где ионный радиус 0.11 Å, и в виде треугольника с исчезающе малым радиусом (0.01 Å). Часто оба типа полиэдров присутствуют в одной структуре, в том числе в буре [9], где тетраэдры бора соединены вершинами в диортогруппы, которые вместе с двумя треугольниками образуют изолированные кластеры. В объединении кластеров в трехмерную постройку участвуют атомы натрия в октаэдрах, сгруппированных в зигзагообразные ленты, и водородные связи молекул воды в вершинах октаэдров и OH-групп в свободных вершинах B-полиэдров (рис.3).

Вольфрам (W) — химический элемент с атомным номером 74 — унаследовал название от минерала **вольфрамит**, который был известен еще в XVI в. Минерал получил свое имя от немецкого

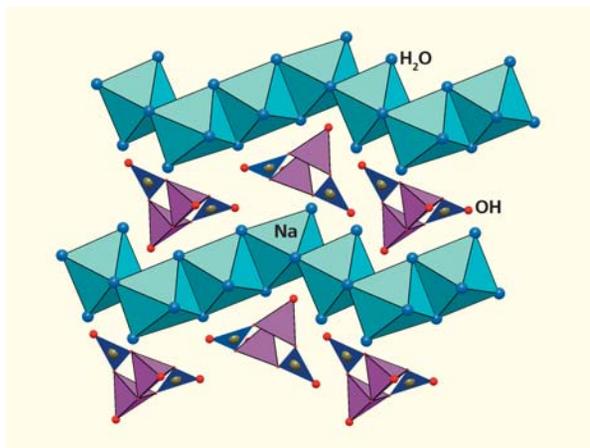


Рис.3. Структура буры.

Wolf Rahm (волчьи сливки, волчий крем) из-за того, что его присутствие мешало выплавке олова (он «пожирал олово, как волк овцу»). В 1783 г. испанские химики братья Х. и Ф. д'Эльгуйяр получили из вольфрамитового оксида нового металла, а затем и сам металл. Сейчас в Великобритании, США и Франции для вольфрама используют название *tungsten* (от шведского *tung sten* — тяжелый камень), а для минералов вольфрама — *тангстаты*.

Твердый блестящий серебристо-серый переходный металл вольфрам встречается в природе главным образом в шестивалентном состоянии с оксидами железа, марганца и кальция, а иногда — свинца, меди, тория и других редкоземельных элементов. Промышленное значение имеют вольфрамит марганца $n\text{FeWO}_4 \cdot (1-n)\text{MnWO}_4$, ферберит $\text{Fe}^{2+}\text{WO}_4$, гюбнерит MnWO_4 и шеелит CaWO_4 . Средняя концентрация вольфрама в земной коре невысока — всего $1.3 \cdot 10^{-4} \%$.

Вольфрам проявляет переменную степень окисления: +4, +5 и +6, но чаще всего входит в структуру минералов как 6-валентный ($r = 0.60 \text{ \AA}$) и в октаэдрическом окружении. В структуре ферберита зигзагообразные колонки из реберносвязанных октаэдров Fe^{2+} и колонки из W-октаэдров располагаются в шахматном порядке и объединяются вершинами в каркасную постройку [10] (рис.4).

Кальций (Ca) — элемент с атомным номером 20. Его соединения встречаются в природе повсеместно. Человечество знакомо с ними с древнейших времен. Издавна в строительном деле находила применение известь. А в 1808 г. Дэви сумел получить из нее электролизом новый металл, который и назвал кальцием (от латинского *calx* — известь).

Кальций — химически активный щелочноземельный металл, мягкий, серебристо-белого цвета. Он проявляет валентность +2, а его ионный радиус варьирует от 1.00 до 1.34 Å в зависимости от координационного полиэдра с вершинами от 6 до 12. Кальций входит в состав большого числа минералов. Из них около 20 включают в свое название приставку *кальцио* (например, кальционилерит $\text{CaZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), *кальци* (кальциборит CaB_2O_4), *каль* (кальцитит $\text{CaZr}_3\text{TiO}_9$). Недавно с нашим участием в вулканических породах горы

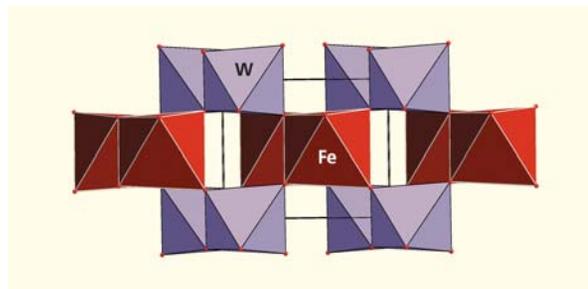


Рис.4. Структура ферберита.

Айфель (Германия) был открыт новый минерал $\text{KNa}[\text{CaH}_2\text{O}][\text{Si}_4\text{O}_{10}]$, который мы назвали кальцинакситом [11].

Наиболее известный минерал кальция — кальцит CaCO_3 . В его структуре Ca находится в октаэдрах, объединенных карбонатными треугольниками в слой, а вершинами октаэдров и треугольников слои соединяются в каркасную постройку [12].

Кобальт (Co) — химический элемент под номером 27. В 1735 г. шведский минералог Г.Брандт выделил из минерала **кобальтина** (CoAsS) неизвестный ранее металл, который и назвал кобальтом. Ученый также выяснил, что соединения именно кобальта окрашивают стекло в синий цвет (этим свойством пользовались еще в древности (в Ассирии и Вавилоне)).

Кобальт — серебристо-белый, слегка желтоватый металл с розоватым или синеватым отливом. Его валентность переменна (+2, +3, +4), но в большинстве соединений он проявляет степень окисления +2 (ионный радиус 0.58 Å в тетраэдре и 0.90 Å в 8-вершиннике). Но в структуре минералов кобальт чаще всего формирует октаэдры, где его ионный радиус равен 0.65 Å. В названиях кобальтсодержащих минералов часто присутствует приставка *кобальт*: кобальтпентландит Co_9S_8 , кобальтциппеит $\text{Co}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)\text{O}_2 \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$, кобальтартурит $\text{CoFe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и др.

В структуре кобальтартурита октаэдры кобальта дискретны, а октаэдры Fe соединяются друг с другом ребрами в тетрамеры [13]. Оба октаэдрических фрагмента через вершины As-тетраэдров объединяются в трехмерную постройку (рис.5).

Литий (Li) — химический элемент с атомным номером 3 — был открыт в 1817 г. шведским химиком и минералогом И.Арфведсоном сначала в минерале петалите $(\text{Li},\text{Na})[\text{Si}_4\text{AlO}_{10}]$, а затем в лепидолите $\text{K}_2\text{Li}_3\text{Al}_5[\text{Si}_6\text{O}_{20}](\text{F},\text{OH})_4$ и в сподумене $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Лепидолит уже дискредитирован, поскольку установили, что он представляет собой промежуточный член ряда полилитионита — трилитионита. Свое название литий получил из-за того, что был обнаружен в «камнях» (от греческого λίθος — камень). Сначала он именовался литион, а современное название предложил выдающийся шведский химик Й.Я.Берцелиус.

Литий — серебристо-белый щелочной металл, мягкий и пластичный. Это литофильный элемент, распространенный в верхней части земной коры. Однако большие скопления лития обнаружены и в некоторых гигантских звездах. Степень окисления лития +1. Чаще всего в структуру минералов он входит в тетраэдрическом (ионный радиус 0.58 Å) или в октаэдрическом ($r = 0.78 \text{ Å}$) окружении и реже в виде изоморфной примеси в 8-вершинниках ($r = 0.92 \text{ Å}$) совместно с крупными одновалентными

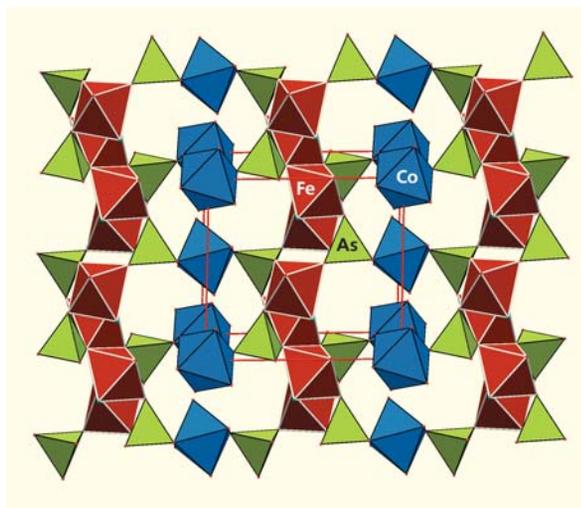


Рис.5. Структура кобальтартурита.

ми катионами Na, K, Rb и Cs. В структуре петалита атомы Li и Al находятся в тетраэдрах [14], чередуясь, соединяются ребром в цепочки, а тетраэдрами кремния объединяются в трехмерную постройку (рис.6).

Минералы линтисит $\text{Na}_3\text{LiTi}_2[\text{Si}_4\text{O}_{14}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и налипоит NaLi_2PO_4 (открытый А.П.Хомяковым в пегматитах горы Аллуайв Ловозерского щелочного массива на Кольском п-ове) в своих названиях также содержат указание на присутствие в их составе лития [15, 16].

Магний (Mg) — элемент с атомным номером 12 — входит в состав соединений, которые были известны человеку с давних времен. **Магнезитом** называли мягкий белый минерал (мыльный камень), который находили в районе древнего города Магнезии в Малой Азии. В 1792 г. малоизвестный австрийский химик А. фон Рупрехт выделил из белой магнезии неизвестный металл, названный им австрием. В 1808 г. Дэви из магнезии получил амальгаму неизвестного металла, которому дал название

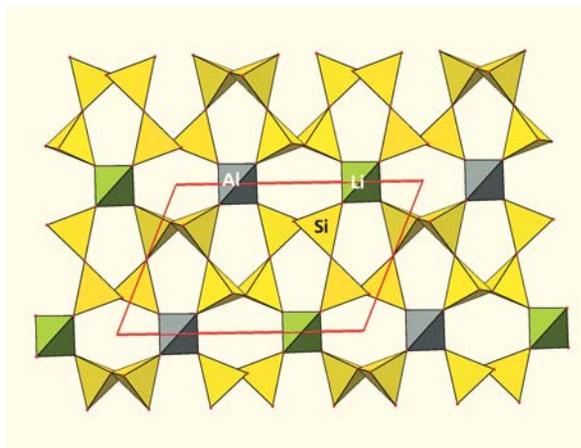


Рис.6. Структура петалита.

магнезиум, сохранившееся до сих пор во многих странах. В России принято наименование *магний*.

Магний — легкий, ковкий металл серебристо-белого цвета, Двухвалентный, с ионным радиусом 0.57–0.89 Å. В структурах магний окружают 4, 5, 6 или 8 атомов кислорода, но в минералах он чаще всего образует октаэдры, которые в структуре магнезита $MgCO_3$, как и в кальците, соединяются вершинами в слои, а треугольниками — в трехмерную постройку [17] (рис.7).

Около 30 минералов, в состав которых входит магний, добавили к своему названию приставку *магнезио*: магнезиоаксинит $Ca_2MgAl_2BSi_4O_{15}(OH)$, магнезиокарфолит $MgAl_2Si_2O_6(OH)_4$, магнезиоферрит $MgFe_2O_4$, магнезиохромит $MgCr_2O_4$ и ряд других. А в 2015 г. открытый нами минерал состава $K_2Mg_3Fe_3Al(SO_4)_{12} \cdot 18H_2O$ из месторождения Алкапарроса (Чили) был назван магнезиовольтаитом [18].

Никель (Ni) — химический элемент под номером 28. История его открытия растянулась почти на полвека. Руда, похожая на медную, была известна саксонским горнякам давно. Ее применяли для получения стекол зеленого цвета, но все попытки выплавить из нее медь оказались неудачными — по мнению рудокопов, из-за вмешательства гнома. Руду стали называть купферникелем, что примерно означает *медный дьявол* (Kupfer по-немецки — медь, а Nickel — имя гнома). В 1751 г. молодой шведский металлург и минералог А.Ф.Кроншtedт выделил из этой руды неизвестный ранее металл и назвал его никелем. Открытие более 20 лет оспаривалось: современники полагали, что никель — не самостоятельный элемент, а сплав уже известных металлов с мышьяком и серой. И только в 1775 г., через 10 лет после смерти Кроншtedта, его соотечественнику химику Т.Бергману удалось убедить ученых в том, что никель — действительно новый металл. Но окончательно в качестве элемента он утвердился только в начале XIX в.

Никель — переходный металл, пластичный, ковкий, серебристо-белого цвета. Известно более

100 минералов никеля, и те, в которых никель преобладает над другими элементами, сохраняют приставку *никел(ь)* в своих названиях: никелин $NiAs$, никельаустинит $Ca(Ni,Zn)(AsO_4)(OH)$, никельскуттерудит $NiAs_{2-3}$, никельфосфид Ni_3P , никельциппеит $Ni_2(UO_2)_6(SO_4)_3(OH)_{10} \cdot 16H_2O$ и др.

Никель в природе чаще всего двухвалентный, с ионным радиусом 0.55–0.69 Å. Он находится либо в тетраэдрической, либо в октаэдрической координации атомов кислорода. Например, в структуре никельаустинита Ni-октаэдры объединяются в пары, которые соединяются тетраэдрами мышьяка в трехмерную постройку [19]. А в ее каналах располагаются крупные 8-вершинники Ca, укрепляющие структуру (рис.8).

Самарий (Sm) — элемент с атомным номером 62. На протяжении всего периода открытия редкоземельных элементов (*REE*) оставалось неясным, сколько же их существует в природе. Из-за своего исключительного химического сходства они содержатся в рудах и минералах, как правило, совместно. Растянувшаяся на полтора века история открытия *REE* (с момента обнаружения иттрия в 1794 г.) связана с совершенствованием методики разделения смесей на составляющие и с последовательным выделением отдельных элементов (точнее, их оксидов). Самарий — один из таких элементов.

Он был выделен из минерала **самарскита** $(Y,Ce,U,Fe)_3(Nb,Ta,Ti)_5O_{16}$, который нашли в XIX в. на Урале, в Ильменских горах, близ г.Златоуста. Немецкий химик Г.Розе переименовал минерал уранотантал (названный по содержанию урана и тантала) в самарскит — в честь русского горного инженера полковника В.Е.Самарского-Быховца, приславшего ему образцы данного минерала. Позднее самарскит нашли в Северной Америке, в штате Северная Каролина. Многие химики занимались анализами этого минерала. Новый, ранее неизвестный элемент был обнаружен французскими химиками М.Делафонтемом в 1878 г. и Л. де Буабодраном в 1879 г. спектроскопически (по неизвестным ранее двум голубым линиям в спектре). Конечно

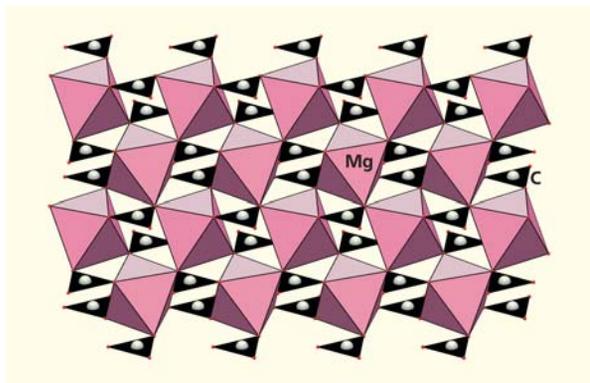


Рис.7. Структура магнезита.

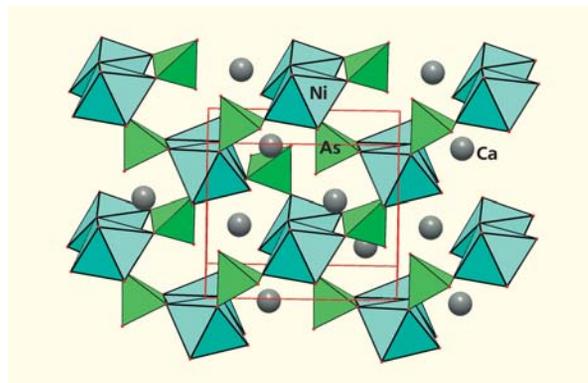


Рис.8. Структура никельаустинита.

же, повезло полковнику, в честь которого назвали не только минерал, но и химический элемент, хотя он и не принимал участие в исследовании ни того, ни другого...

Самарий — твердый металл белого цвета. Наряду с другими редкоземельными элементами он присутствует в таких минералах, как бастнезит $\text{Ce}(\text{CO}_3)\text{F}$, лопарит $(\text{Ce}, \text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$, гадолинит $\text{Y}_2\text{FeBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$, монацит-(Sm) SmPO_4 , флоренсит-(Sm) $\text{SmAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$. И хотя в формуле самарскита этот элемент не «прописан» из-за его малого содержания (как и в некоторых других минералах), он входит в качестве примеси в первую скобку (радиус иона Sm^{3+} равен 1.24 Å). А в структуре флоренсита-(Sm) 12-вершинники самария (ионный радиус Sm^{2+} равен 1.32 Å) заполняют каналы в каркасе из Al-октаэдров, соединенных вершинами в цепочки и объединенных P-тетраэдрами [20] (рис.9).

А какие тайны скрывает в своем имени элемент семейства актиноидов — торий?

Торий (Th) — элемент с атомным номером 90. История его открытия сложна и запутана. Первоначально Берцелиус ошибочно назвал торием несуществующий элемент (Thorium — имя древнескандинавского божества Тора). Спустя 10 лет, в 1828 г., тот же Берцелиус, анализируя образец минерала, найденного в сиенитах на о.Левен (Норвегия), обнаружил, что он состоит из кремнезема и оксида неизвестного металла, который снова получил название торий, а новый минерал назвали торитом ThSiO_4 . Таким образом, оба открытия случились одновременно — находка нового минерала и выделение из него нового элемента. Первый чистый препарат металлического тория, который оказался радиоактивным, получил в 1882 г. шведский химик Л.Ф.Нильсон.

Степень окисления тория +4, а ионный радиус меняется в пределах 0.94–1.21 Å. В соответствии с этим координационные полиэдры варьируют от 6- до 12-вершинников.

Торий в свободном виде не встречается. Однако известно более 30 его минералов. Среди них — торнасит $\text{Na}_{12}\text{Th}_3(\text{Si}_8\text{O}_{19})_4 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, торианит ThO_2 , торит ThSiO_4 , торутит $(\text{Th}, \text{U}, \text{Ca})\text{Ti}_2(\text{O}, \text{OH})_6$. Основной промышленный источник этого элемента — монацит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th})\text{PO}_4$. Содержится торий также в ильменитовых, рутиловых и касситеритовых рудах.

В структуре минералов торий часто находится в крупных полиэдрах совместно с редкоземельными элементами. Так, в структуре монацита [21] он занимает позицию в 9-вершинниках, которые соединяются по ребру в ленты, объединенные P-тетраэдрами в трехмерную постройку (рис.10).

Фтор (F) — элемент №9 — непосредственно связан с минералом **флюоритом** CaF_2 . Название минерала (который иначе называется плавиковым

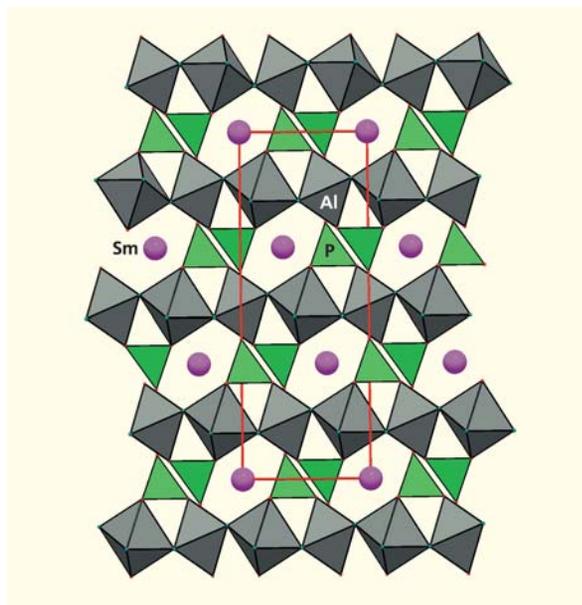


Рис.9. Структура флоренсита-(Sm).

шпатом) происходит от латинского fluo — течь. Его добавка понижает температуру плавления руды. И за новым элементом укрепилось название *флюор* — текучий.

История открытия фтора полна трагизма из-за высокой активности этого газообразного элемента. Никогда еще при попытках обнаружения новых элементов не было принесено столько жертв (таких исследователей называли «мучениками фтора»), как при экспериментах, имевших целью выделить свободный фтор. Вероятно, поэтому в 1816 г. для нового элемента было предложено хотя и сходное по звучанию, но совершенно иное по смыслу название *фтор* (от греческого φθορα — разрушающий). Это название элемента принято только в русском языке, французы и немцы продолжают называть его fluor, англичане — fluorine.

Фтор — двухатомный газ (F_2) бледно-желтого цвета с резким запахом, напоминающим озон или хлор. Структура флюорита [22] состоит из атомов

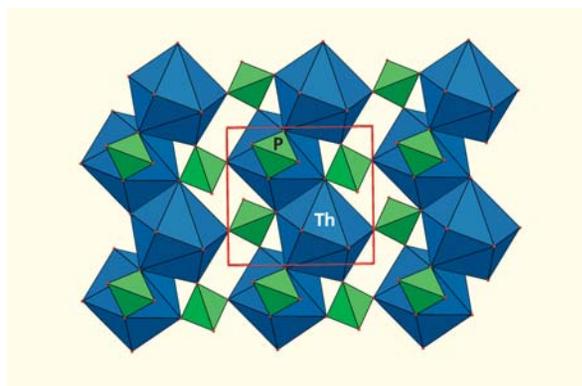


Рис.10. Структура монацита.

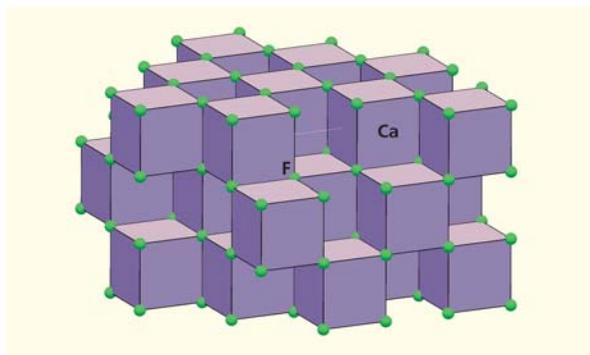


Рис. 11. Структура флюорита.

кальция в окружении атомов фтора, образующих кубы (рис.11).

Многие природные соединения содержат фтор. Приставка *флюо* или *фтор* участвует в названии более 60 минералов — это фторapatит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, флюоцерит $(\text{Ce}, \text{La})\text{F}_3$, флюоборит $\text{Mg}_3(\text{BO}_3)(\text{F}, \text{OH})_3$, и др. Данный список пополнили открытые нами минералы фторкафит $\text{Ca}(\text{Sr}, \text{Na}, \text{Ca})(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ce})_3(\text{PO}_4)_3\text{F}$ (со структурным мотивом апатита) и фторканасит $\text{K}_3\text{Na}_3\text{Ca}_5[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}](\text{F}, \text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ из Хибинского щелочного массива (Кольский п-ов) [23, 24]. А недавно в статусе минерального вида утверждён ещё один минерал, также открытый при нашем участии. В его названии отражено содержание и бария, и фтора. Это — фторбаритолампрофиллит $(\text{Ba}, \text{Sr})_2[(\text{Na}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{Ti}, \text{Mg})\text{F}_2][\text{Ti}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_2]$ [25].

Цирконий (Zr) — химический элемент с атомным номером 40 — впервые выделил в 1789 г. немецкий химик Клапрот при анализе минерала **циркона**, привезенного с берегов Цейлона. Полученное Клапротом вещество не было новым элемен-

том, но оказалось оксидом нового элемента, который впоследствии занял в таблице Менделеева серую клетку. Чистый цирконий в виде блестящего металла серебристо-серого цвета удалось получить Берцелиусу лишь спустя 35 лет, в 1824 г.

Происхождение слова *циркон* неясно, но элемент унаследовал это имя и стал называться цирконием. Это литофильный элемент. Его соединения широко распространены в литосфере. В природе практически всегда он встречается с кислородом, преимущественно в виде оксидов и силикатов (хотя также есть фосфаты и даже один сульфат — циркосульфат $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Несмотря на то что цирконий — рассеянный элемент, насчитывается более 120 минералов, в которых отмечено его присутствие.

Цирконий четырехвалентен, ионный радиус 0.59–0.89 Å. В структурах он образует полиэдры с координационными числами от 4 до 9. Самые распространенные минералы циркония — циркон (ZrSiO_4), бадделейт (ZrO_2) и минералы со сложным переменным составом (например, эвдиалит). В структуре самого циркона Zr находится в крупном восьмивершиннике, но наиболее часто он встречается в октаэдрическом окружении, как в эвдиалите, который может служить потенциальным сырьем на цирконий [1].

Итак, элементы, синтезированные или найденные в природе, по-разному получали свои названия. Из нашего краткого обзора видно, что элементов, обнаруженных в уже известных минералах и унаследовавших их имена, не очень много, но они свидетельствуют о существенном вкладе минералогии в открытие новых химических элементов. ■

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках Государственного задания ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН в части сравнительного кристаллохимического анализа минералов и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-29-12005) в части сбора материалов по химическим элементам.

Литература / References

1. Растветаева Р.К., Чуканов Н.В., Аксенов С.М. Минералы группы эвдиалита: кристаллохимия, свойства, генезис (монография). Нижний Новгород, 2012. [Rastsvetaeva R.K., Chukanov N.V., Aksenov S.M. Minerals of the eudialyte group: crystal chemistry, properties, genesis (monograph). Nizhny Novgorod, 2012. (In Russ.).]
2. Митчелл Р.С. Названия минералов. Что они означают? М., 1982. [Mitchell R.S. Mineral Names. What do they mean? New York, 1979.]
3. Cobville A. A., Staudhammer K. A refinement of the structure of barite. Amer. Mineral. 1967; 52: 1877–1880.
4. Чуканов Н.В., Моисеев М.М., Пеков И.В., Лазебник К.А., Растветаева Р.К. и др. Набалампрофиллит $\text{Ba}(\text{Na}, \text{Ba})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH}, \text{F})_2\}$ — новый слоистый титаносиликат группы лампрофиллита из щелочно-ультраосновных массивов Инагли и Ковдор, Россия. Записки РМО. 2004. (1): 59–72. [Chukanov N.V., Moiseev M.M., Pekov I.V., Lazebnik K.A., Rastsvetaeva R.K. et al. Nabalamprophyllite $\text{Ba}(\text{Na}, \text{Ba})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH}, \text{F})_2\}$, a new layer titanosilicate of the lamprophyllite group from Inagli and Kovdor alkaline-ultrabasic massifs, Russia. Zapiski RMO. 2004; (1): 59–72. (In Russ.).]
5. Чуканов Н.В., Пеков И.В., Растветаева Р.К. и др. Леммлейнит-Ва $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ba}_{1-x}\text{Ti}(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал группы лабунцовита. Записки РМО. 2001; 130(3): 36–43. [Chukanov N.V., Pekov I.V., Rastsvetaeva R.K. et al. Lemmleinite-Ba $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ba}_{1-x}\text{Ti}(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a new mineral of the labuntsovite group. Zapiski RMO. 2001; 130(3): 36–43. (In Russ.).]
6. Чуканов Н.В., Пеков И.В., Задов А.Е., Растветаева Р.К. и др. Новые минералы цепинит-К $(\text{K}, \text{Ba}, \text{Na})_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и парацепинит-Ва $(\text{Ba}, \text{Na}, \text{K})_{2-x}(\text{Ti}, \text{Nb})_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и их соотношения с другими минералами группы лабунцовита. Записки РМО. 2003; (1): 38–51. [Chukanov N.V., Pekov I.V., Zadov A.E., Rastsvetaeva R.K. et al. New minerals tsepinite-K

- (K,Ba,Na)₂(Ti,Nb)₂(Si₄O₁₂)(OH,O)₂·3H₂O and pararsepinitite-Ba (Ba,Na,K)_{2-x}(Ti,Nb)₂(Si₄O₁₂)(OH,O)₂·4H₂O and their relationship with other labuntsovite group members. *Zapisky RMO*. 2003; (1): 38–51. (In Russ.)]
7. *Artioli G., Rinaldi R., Stahl K., Zanazzi P.F.* Structure refinements of beryl by single-crystal neutron and X-ray diffraction. *Amer. Mineral*. 1993; 78: 762–768.
 8. *Расцветова Р.К., Пуцаровский Д.Ю., Пеков И.В., Волошин А.В.* Кристаллическая структура калькибеборосилита и ее место в изоморфной серии дагалит—гадолинит. *Кристаллография* 1996; 41(1): 65–69. [*Rastsvetaeva R. K., Pushcharovsky D.Yu., Pekov I.V., Voloshin A.V.* Crystal structure of calcybeborosilite and its place in the datolite—gadolinite isomorphous series. *Kristallografiya*. 1996; 41: 235–239.]
 9. *Gainsford G.J., Kemmitt T., Higham C.* Redetermination of the borax structure from laboratory X-ray data at 145 K. *Acta Cryst*. 2008; 64: 24–25.
 10. *Ulku D.* Untersuchungen zur Kristallstruktur und magnetischen Struktur des Ferberits FeW04. *Z. Krist.* 1967; 124: 192–219.
 11. *Chukanov N.V., Aksenov S.M., Rastsvetaeva R.K. et al.* Calcinaksite, KNaCa(Si₄O₁₀) H₂O, a new mineral from the Eifel volcanic area, Germany. *Miner. Petrol*. 2015; 109(4): 397–404.
 12. *Markgraf S. A., Reeder R. J.* High-temperature structure refinements of calcite and magnesite. *Amer. Mineral*. 1985; 70: 590–600.
 13. *Kampf A. R.* The crystal structure of cobaltarthurite from the Bou azzer district, Morocco: the location of hydrogen atoms in the arthurite structure-type. *Can. Mineral*. 2005; 43: 1387–1391.
 14. *Tagai T., Ried H., Joswig W., Korekawan M.* Kristallographische untersuchungen eines petalits mittels neutronenbeugung und Transmissionselektronenmikroskopie. *Z. Krist.* 1982;160: 159–170.
 15. *Ercit T.S.* The crystal structure of nalipöite. *Can. Mineral*. 1991; 29: 569–573.
 16. *Хомяков А.П., Полежаева Л.И., Мерлино С., Пазеро М.* Линтисит Na₃LiTi₂Si₄O₁₄·2H₂O — новый минерал. *Записки ВМО*. 1990; CXIX(3): 76–80. [*Khomyakov A.P., Polezhaeva L.I., Merlino S., Pazerо M.* Linitisit Na₃LiTi₂Si₄O₁₄·2H₂O — a new mineral. *Zapisky VMO*. 1990; CXIX(3): 76–80. (In Russ.)]
 17. *Oh K., Morikawa H., Iwai S., Aoki H.* The Crystal Structure of Magnesite. *Amer. Mineral*. 1973; 58: 1029–1033.
 18. *Chukanov N.V., Aksenov S.M., Rastsvetaeva R.K. et al.* Magnesiovoltaite, K₂Mg₅Fe₃Al(SO₄)₁₂·18H₂O, a new mineral from the Alcarparosa mine, Antofagasta region, Chile. *European Journal of Mineralogy*. 2016; 28: 1005–1017.
 19. *Cesbron F.P., Ginderow D., Giraud R. et al.* La nickelaustinitite Ca(Ni,Zn)(AsO₄)(OH): nouvelle espece minerale du district cobalto-nickeliferе de Bou-Azzer, Maroc. *Can. Mineral*. 1987; 25: 401–407.
 20. *Репина С.А., Попова В.И., Чуринов Е.И. и др.* Флоренсит-(Sm), (Sm,Nd)Al₃(PO₄)₂(OH)₆ — новый минерал группы алунита-ярозита с Приполярного Урала. *Записки РМО*. 2010; (4): 16–25. [*Repina S.A., Popova V.I., Churin E.I. et al.* Florencite-(Sm), (Sm,Nd)Al₃(PO₄)₂(OH)₆ — a new mineral of alunite-jarosite group from the Subpolar Urals. *Zapisky RMO*. 2010; (4): 16–25. (In Russ.)]
 21. *Ni Y., Hughes J.M., Mariano A.N.* Crystal chemistry of the monazite and xenotime structures. *Amer. Mineral*. 1995; 80: 21–26.
 22. *Palache, C., Berman H., Frondel C.* Dana's system of mineralogy. 7th edition. 1951; II: 29–37.
 23. *Хомяков А.П., Куликова И.М., Расцветова Р.К.* Фторкафит Ca(Sr,Na,Ca)(Ca,Sr,Ce)₃(PO₄)₃F — новый минерал со структурным мотивом апатита. *Записки РМО*. 1997; 126(3): 87–97. [*Khomyakov A.P., Kulikova I.M., Rastsvetaeva R.K.* Fluorcapthite Ca(Sr,Na,Ca)(Ca,Sr,Ce)₃(PO₄)₃F — a new mineral with the apatite structural motif. *Zapisky RMO*. 1997; (3): 87–97. (In Russ.)]
 24. *Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Кривоконева Г.К., Расцветова Р.К. и др.* Фторканасит, K₃Na₃Ca₅Si₁₂O₃₀(F,OH)₄·H₂O — новый минерал из Хибинского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) и новые данные о канасите. *Записки РМО*. 2009; 138(2): 52–66. [*Khomyakov A.P., Netchelustov G.N., Krivokoneva G.K., Rastsvetaeva R.K. et al.* Fluorcanasite K₃Na₃Ca₅Si₁₂O₃₀(F,OH)₄·H₂O — a new mineral from Khibiny alkaline massif (Kola Peninsula, Russia) and new data of canasite. *Zapisky RMO*. 2009; (2): 52–66. (In Russ.)]
 25. *Filina M.I., Aksenov S.M., Sorokhtina N.V. et al.* The new mineral fluorbarytolamprophyllite, (Ba,Sr)₂[(Na,Fe²⁺)₃(Ti,Mg)F₂][Ti₂(Si₂O₇)₂O₂] and chemical evolution of lamprophyllite-group minerals in agpaaitic syenites of the Kola Peninsula. *Mineral. Petrol*. 2019. In press.

What do Their Names Mean?

Chemical Elements Discovered by Minerals

R.K.Rastsvetaeva¹, S.M.Aksenov¹

¹Shubnikov Institute of Crystallography, RAS (Moscow, Russia)

It is well-known that the minerals consist of chemical elements — one (iron Fe), two (halite NaCl), three (calcite CaCO₃), or more. As a rule natural compounds are multicomponent and contain dozens of elements. Very often minerals are named after chemical elements they consist of. But there are such chemical elements which originally were discovered due to minerals' investigation and then otherwise these minerals transmit their names to elements. Element name in such case is of particular interest because of its discovery history (sometimes very dramatically). Chemical elements which discovery and names are related to minerals are considered in this article. Main data about the properties of these elements and their role in the mineral structure is given.

Keywords: chemical element, mineral, crystal structure, mineral names.

Вольный лосось: трудности прогнозирования уловов тихоокеанских лососей

И.И.Гордеев^{1,2}, Н.В.Кловач¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (Москва, Россия).

²Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова (Москва, Россия)



Анадромная миграция горбуши.
Фото М. Casselman

На Дальнем Востоке России одним из важнейших и традиционных объектов промысла являются тихоокеанские лососи. В настоящее время, несмотря на пристальное к ним внимание и наличие современных методов оценки численности и биомассы будущих поколений лососей, ученым не удается дать точный прогноз вылова. В особенности это касается горбуши: каждый год ее реальная численность во время подхода на нерест становится сюрпризом. В отличие от остальных лососей, охватываемых промыслом (кеты, нерки, кижучи, сима, чавычи), горбуша наиболее зависима от условий среды в силу особенностей биологии данного вида. В 2018 г. был побит исторический рекорд вылова лососей — более 677 тыс. т, и причина тому, на наш взгляд, кроется в сочетании благоприятных факторов. Среди них — повышенная выживаемость лососей на всех этапах жизненного цикла (особенно в морской период жизни), хорошее технологическое оснащение промысловых компаний и экологически грамотное управление запасами биоресурсов.

Ключевые слова: лосось, прогноз улова, анадромные виды.

Тихоокеанские лососи — одни из важнейших объектов промысла на Дальнем Востоке России, составляющие основу экономики Камчатского края и Сахалинской области. Кроме того, для населения огромного региона — от Чукотки до Владивостока — лососи определяют этническое и культурное единство: у разделенных сотнями километров жителей морских побережий и верховьев рек сформировались общие обычаи и традиции [1].

В 2018 г. примерно 19.5% от общего улова рыбы на Дальнем Востоке составили тихоокеанские лососи. Их суммарный вылов в прошлом году превысил 677 тыс. т, что на 49.01% больше среднегодового улова лососей с начала XXI в., — это исторический рекорд за весь период промысловой статистики, которая ведется с 1911 г. (рис.1). Что же стало причиной такого взрывного роста численности? И почему это было сложно предугадать?

Жизненный цикл лососей

В настоящее время промыслом осваивается шесть видов тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus*): горбуша (*O.gorbuscha*), кета (*O.keta*), нерка (*O.nerka*), кижуч (*O.kisutch*), сима (*O.masou*) и чавыча (*O.tshawytscha*). Лососи наряду с осетрами относятся к анадромным (от греч. *ανα* — вверх) видам. Это значит, что ранние этапы жизни они проходят в пресноводных водоемах, после чего скатываются вниз по течению в море, т.е. осуществляют катадромную (от греч. *κατα* —



Илья Иванович Гордеев, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории тихоокеанских лососей Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»); старший научный сотрудник кафедры зоологии беспозвоночных биологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — морская паразитология, биология и физиология рыб.
e-mail: gordeev@vniro.ru



Наталья Владимировна Кловач, доктор биологических наук, начальник отдела тихоокеанских лососей ФГБНУ «ВНИРО». Занимается изучением биологии тихоокеанских лососей и промыслового прогнозирования.
e-mail: klovachn@vniro.ru

вниз), или покатную, миграцию. В процессе ската у лососей происходит комплекс процессов перестройки организма для перехода к обитанию в соленой воде — смолтификация (трансформация моло-

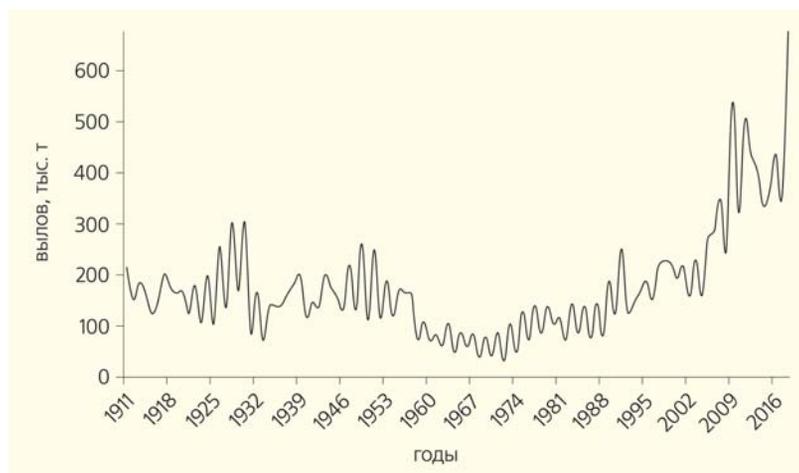


Рис.1. Динамика вылова лососей в 1911–2018 гг.

ди из пестрянки в серебрянку, или смолту). После нагула в море, где лососи проводят от одного года (горбуша, кижуч) до нескольких лет (кета, нерка, чавыча, сима), они возвращаются в устья тех рек, где вылупились из икринок. Двигаясь против течения (анадромная миграция), лососи откладывают икру, давая начало новому поколению, и завершают свой жизненный цикл. Анадромная миграция представляет собой редчайший для биосферы процесс: аллохтонное (от греч. *αλλο* — другой и *χθων* — земля, почва) органическое вещество возвращается из моря, обогащая не только пресноводные, но и наземные экосистемы.

Сроки нагула и подхода на нерест варьируют в зависимости от вида рыб и района воспроизводства. Горбуша относится к короткоцикловым видам и во многих районах представлена двумя сезонными формами — летней и осенней. Она проводит в море одну зиму и на следующую после ската год возвращается в район своего происхождения. Нерестится горбуша в июле—сентябре, а покатная миграция происходит в мае—июне следующего года при очень маленькой (относительно других лососей) массе личинок — 200–300 мг. По этой причине горбуша наиболее зависима от условий среды.

Кета может проводить в море от двух до пяти лет, а по срокам нереста делится на весеннюю (малочисленную и представленную только на Камчатке), летнюю (на Камчатке летнюю раннюю и летнюю позднюю) и осеннюю формы. Летняя кета нерестится на подруловом потоке, осенняя — на выходах грунтовых вод, поэтому летняя форма более уязвима в период эмбриогенеза из-за возможных неблагоприятных условий (промерзания или обсыхания нерестилищ). Осенний эмбриогенез происходит, напротив, в стабильных по температуре и водности условиях.

Молодь нерки может проводить до трех лет в пресных водоемах, однако большинство покатинок (смолтов) представлено одно- и двухгодовалыми особями. Продолжительность пресноводного нагула нерки лимитируется кормовой базой озер, где проходит нагул молоди. Самым значительным нерестово-нагульным нерочьем водоемом в Азии считается оз. Курильское с обильной кормовой базой, что обуславливает двухлетний нагул молоди. Из большинства других азиатских озер и рек нерка обычно скатывается в годовалом возрасте. Нагул нерки в море длится, как правило, два—три года. Помимо проходной формы у нерки существуют еще и жилые — кокани, весь жизненный цикл которых проходит в пределах одного пресноводного водоема (в озерах Кроноцком, Азабачьем и др.), но для промышленного рыболовства они не представляют интереса.

Кижуч проводит в реках и озерах один-два года, после чего скатывается в море, где живет, как

и горбуша, только одну зиму. Жизненный цикл си-мы, которая нерестится в мае—сентябре, длится от четырех до семи лет и проходит в основном в морской среде. Чавыча на Дальнем востоке нерестится в июле—августе, чему предшествует длительный период нагула — от четырех до семи лет.

Вылов лососей: регулирование и прогнозы

В России разработкой прогноза вылова лососей занимаются подведомственные Федеральному агентству по рыболовству (Росрыболовство) бассейновые институты (с 16 января 2019 г. — филиалы Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии), а регулированием промысла — Росрыболовство на основании статьи 29.1 Федерального закона о рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов (166-ФЗ). Биологические обоснования объемов прогнозируемого вылова составляются на основании современных представлений о биологии видов и внутривидовых форм (сезонных рас, локальных популяций и др.), а также с учетом состояния запасов отдельных видов и стад. Все методы определения численности возврата лососей опираются на последовательные количественные учеты рыб на разных этапах их жизненного цикла. Наиболее репрезентативными оказываются учеты, проведенные после прохождения критических этапов онтогенеза, на которых показатель смертности наиболее велик и вариабелен.

Многолетние наблюдения позволили разработать математические модели возврата, учитывающие количество отнерестившихся производителей, численность покатной молоди и ее выживаемость. Не остаются без внимания и такие параметры, как состояние кормовой базы, температура воды, количество осадков в разные месяцы года, потребление лососей хищниками и патогенное воздействие гельминтов, бактериальных и вирусных инфекций [2]. В ранний морской период жизни (первый критический период жизни в море, согласно терминологии Р.Бимиша и Д.Бульона [3]), смертность максимальна. По данным Карпенко, она составляет 83–98% от численности скатившейся молоди и зависит главным образом от развития кормовой базы, болезней и обилия хищников [4]. Именно поэтому наиболее точные прогнозы возврата лососей можно разработать на основе учетных съемок, проведенных после откочевки молоди из прибрежных районов. В первую зиму в океане (для горбуши единственную) высокая естественная смертность может быть в отдельные годы обусловлена нехваткой кормовых ресурсов. Особенно высок дефицит в суровые зимы, когда лососи концентрируются в пределах изотерм своей температурной толерантности на меньшей, чем в теплые зимы, акватории.

Прогнозы численности кеты, нерки, кижуча и чавычи могут содержать ошибку [5], но она, как правило, не превышает 30%, поскольку возврат этих рыб складывается из числа рыб нескольких поколений, в каждом из которых наблюдается расщепление по возрасту созревания рыб (возврат, соответственно, в возрасте 2+, 3+, 4+, 5+, 6+). Иначе обстоят дела у горбуши. Все поколение возвращается единовременно — через две зимы после нереста родителей. Значительная смертность какого-либо поколения того или иного стада и, напротив, очень высокая его выживаемость могут быть связаны с условиями среды в период эмбриогенеза, а также в пресноводный, эстуарный (в затопляемых устьях рек), прибрежный и морской (океанический) периоды жизни лососей. При этом биомасса вернувшегося стада на 99% формируется в морской период жизни. В связи с этим от года к году происходят значительные (в десятки раз) колебания численности вернувшейся рыбы. Так, вылов горбуши на востоке Камчатки в 2013 г. составлял 24.5 тыс. т, в 2015 г. — 89.3 тыс. т, а в 2017 г. — 153.3 тыс. т. Прогнозы же численности подходящей на нерест горбуши делаются в ноябре—январе — после откочевки молоди из прибрежных районов. Таким образом, зимние условия, определяющие в значительной степени численность «возврата», во время прогнозирования еще неизвестны.

С практической точки зрения прогнозы имеют информационную ценность для рыбодобывающих компаний, которые должны заблаговременно подготовить орудия лова и приемно-перерабатывающую базу в зависимости от ожидаемой численности «подходов» горбуши к районам воспроизводства и промысла. При значительных ошибках в прогнозах (рис.2) компании несут большие убытки в случае как завышенных, так и низких прогнозов, которые потом не подтверждаются реальной численностью «подходов». Точное совпадение прогнозируемой и фактической величин, отмечаемое время от времени, — это или случайное совпадение, или результат манипулирования материалами [6]. В настоящее время, по нашему мнению, в качестве критерия адекватного понимания процессов, происходящих в промысловых стадах, следует рассматривать правильное предсказание

тенденций изменения численности: рыбы на следующий год придет больше, столько же или меньше, чем в этом году. Если тенденция будет предсказываться безошибочно на протяжении достаточно длительного времени (скажем, 15–20 лет), это станет свидетельством того, что мы правильно учитываем численность и имеем верные представления о динамике запаса. Такое предсказание трендов изменения численности мы рассматриваем как нижний предел точности прогнозов. Эти прогнозы уже позволяют вести эффективное управление рыболовством в долгосрочном периоде.

Отдельный вклад в состояние популяций вносят лососевые рыболовные заводы (ЛРЗ), где из икры выводят личинок, которых затем выпускают в реки. В дальнейшем заводская молодь попадает в те же условия, что и природная после естественного нереста. Согласно статистике Комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана (North Pacific Anadromous Fish Commission, NPAFC), суммарный годовой выпуск молоди лососей Россией, США, Канадой, Японией и Кореей составляет около 5 млрд особей, при этом на долю России (67 ЛРЗ) приходится около 1 млрд (рис.3) [7]. Наиболее эффективными оказались ориентированные на воспроизвод-

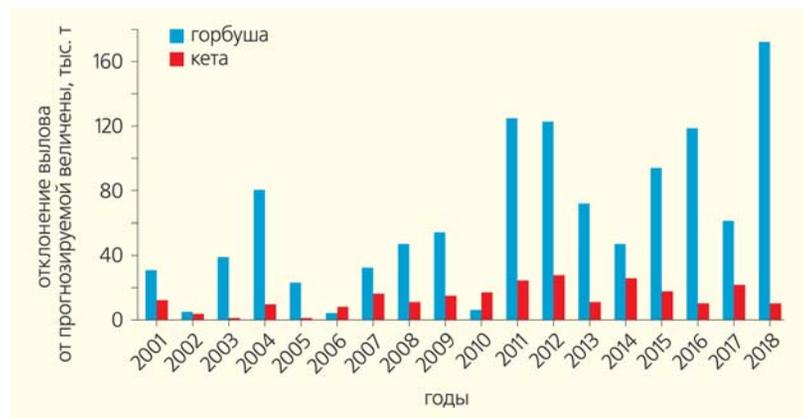


Рис.2. Отклонение фактического вылова от прогнозируемого в 2001–2018 гг., тыс. т.

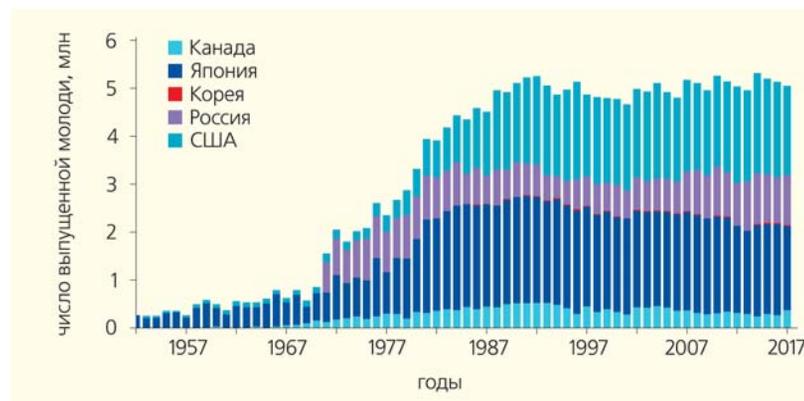


Рис.3. Выпуск молоди лососевыми рыболовными заводами в северной части Тихого океана (по данным NPAFC [7]).



Рис.4. Ледовая обстановка в апреле в Беринговом море в 2013 г. и в 2018 г. (по данным NASA; eathobservatory.nasa.gov).

ство кеты лососевые рыболовные заводы, расположенные на южных островах Курильского архипелага — Сахалине и Итуруп.

Влияние среды

В 1977–1978 гг. произошли климатические изменения (англ. regime shift — изменение режима, по Бимишу и Бульону [3]), которые с тех пор несколько раз меняли свой вектор на фоне общего потепления (от потепления к похолоданию и вновь к потеплению [8]) и влияли на запасы лососей. В северных регионах эти запасы в основном выросли, а в южных, напротив, снизились. Особенно негативно потепление сказалось на самых южных стадах. Так, несмотря на стабильный выпуск японскими ЛРЗ около 2 млрд молодых кеты в год, ее уловы в настоящее время на о.Хоккайдо упали более чем два раза по сравнению с серединой 1990-х годов. В то же время на о.Итуруп после периода снижения запасов горбуши и кеты, наблюдавшегося в начале 2010-х годов, вновь начался рост их численности. Это произошло в значительной степени благодаря благоприятному гидрологическому режиму прибрежных морских вод у о.Итуруп, который определяется взаимодействием разнородных водных масс — холодным течением Ойясио с северо-востока, теплым течением Куроисио с юга и течением Соя с запада [9, 10]. Вокруг о.Итуруп отмечается антициклоническое вращение вод, формирующее локальную фронтальную зону с характерными для

нее высокими концентрациями кислорода и биогенных солей, которые способствуют развитию зоны с повышенной продуктивностью [11].

Климатические факторы, на наш взгляд, оказали первостепенное влияние на выживаемость лососей северных стад в ходе нагула в море и стали причиной многочисленных подходов на нерест горбуши и кеты в 2018 г. Так, впервые за всю историю наблюдений в зимний период 2017/2018 гг. Берингово море было свободно ото льда, что привело к значительному повышению продуктивности его вод — до пяти раз по сравнению с аналогичными периодами в 2013–2017 гг. (рис.4) [12].

* * *

Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что даже пристальное внимание и наличие современных методов оценки численности и биомассы будущих поколений не позволяет разрабатывать точный прогноз вылова лососей. В особенности это касается горбуши, которая, по-видимому, так и останется тем самым «вольным лососем», реальная численность подхода на нерест которого каждый год будет для нас сюрпризом. Причина рекордного улова, на наш взгляд, кроется в сочетании благоприятных факторов среды, приведших к повышенной выживаемости лососей на всех этапах жизненного цикла, и в особенности в морской период жизни, а также хорошего технологического оснащения промысловых компаний и экологически грамотного управления запасами биоресурсов. ■

Литература / References

1. Кловач Н.В. Тихоокеанские лососи — чудесный дар природы. Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов: материалы Первой научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 100-летию со дня рождения проф. П.А.Моисеева. Звенигород, 15–19 апреля 2013 г. Ред. А.М.Орлов, О.А.Булатов. М., 2013; 175–189. [Klovach N.V. Pacific salmon — a wonderful gift of nature. Topical issues of rational use of aquatic biological resources: materials of the First Scientific School of Young Scientists and Specialists in Fisheries and Ecology, dedicated to the 100th anniversary of the birth of prof. P.A.Moiseev. Zvenigorod, April 15–19, 2013. Orlov A.M., Bulatov O.A. (eds). Moscow, 2013; 175–189. (In Russ.)]
2. Фельдман М.Г., Шевляков Е.А. Выживаемость камчатской горбуши как результат совокупного воздействия плотностной регуляции и внешних факторов среды. Известия ТИНРО. 2015; 182: 88–114. [Feldman M.G., Shevlyakov E.A. Survival rate of Kamchatka pink salmon as a result of the combined influence of density regulation and environmental factors. Izvestiya TINRO. 2015; 182: 88–114. (In Russ.)] Doi:10.26428/1606-9919-2015-182-88-114.
3. Beamish R.J., Bouillon D.R. Pacific salmon production trends in relation to climate. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 1993; 50(5): 1002–1016. Doi:10.1139/f93-116.
4. Карпенко В.И. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М., 1998. [Karpenko V.I. The early sea life of pacific salmon. Moscow, 1998. (In Russ.)]
5. Шунтов В.П., Темных О.С., Иванов О.А. Об устойчивости стереотипов в представлениях о морской экологии тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus* spp.). Известия ТИНРО. 2017; 188: 3–36. [Shuntov V.P., Temnykh O.S., Ivanov O.A. On steadyness of stereotypes in conceptions on marine ecology of pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.). Izvestiya TINRO. 2017; 188: 3–36. (In Russ.)] Doi:10.26428/1606-9919-2017-188-3-36.
6. Котенев Б.Н., Гриценко О.Ф., Кловач Н.В. Об организации промысла тихоокеанских лососей. Водные биологические ресурсы, их состояние и использование: аналитическая и реферативная информация М., 2006; 1: 3–27. [Kotenev B.N., Gritsenko O.F., Klovach N.V. About the organization of the Pacific salmon fishery. Vodnye biologicheskie resursy, ikh sostoyanie i ispolzovanie: obzornaya informatsiya, Moscow, 2006; 1: 3–27. (In Russ.)]
7. NPAFC Hatchery Statistics: North Pacific Anadromous Fish Commission (NPAFC). NPAFC Pacific salmonid hatchery release statistics (updated 31 July 2018). North Pacific Anadromous Fish Commission, Vancouver, 2018. Available at: npafc.org/statistics.
8. Котенев Б.Н., Кровнин А.С., Кловач Н.В. и др. Влияние климато-океанологических факторов на состояние основных запасов горбуши в 1950–2015 гг. Труды ВНИРО. 2015; 158: 143–161. [Kotenev B.N., Krovnin A.S., Klovach N.V. et al. Impact of climatic and oceanographic factors on the state of main pink salmon stocks, 1950–2015. Trudy VNIRO. 2015; 158: 143–161. (In Russ.)]
9. Чернявский В.И., Жигалов И.А., Матвеев В.И. Океанологические основы формирования зон высокой биологической продуктивности Охотского моря. Гидрометеорология и гидрохимия морей. СПб., 1993; 9(2): 157–160. [Chernyavsky V.I., Zhigalov I.A., Matveev V.I. Oceanological basis for the formation of zones of high biological productivity of the Sea of Okhotsk. Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. St. Petersburg, 1993; 9(2): 157–160. (In Russ.)]
10. Верхунов А.В. Развитие представлений о крупномасштабной циркуляции Охотского моря. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. Ред. В.В.Сапожников. М., 1997; 8–19. [Verkhunov A.V. Development of the ideas on the large-scale circulation of the Sea of Okhotsk. Complex Studies of Ecosystem of the Sea of Okhotsk. Sapozhnikov V.V. (ed.). Moscow, 1997; 8–19. (In Russ.)]
11. Uda M. Oceanography of the Subarctic Pacific ocean. J. Fish. Res. Board Can. 1963; 20(1): 119–179. Doi:10.1139/f63-011.
12. Frey K.E., Comiso J.C., Cooper L.W. et al. Arctic Ocean primary productivity: the response of marine algae to climate warming and sea ice decline. Arctic Report Card. 2018; 37–45. Available at: <https://www.arctic.noaa.gov/Report-Card>.

Free Salmon: the Difficulty of Forecasting the Catch of Pacific Salmons

I.I.Gordeev^{1,2}, N.V.Klovach¹

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (Moscow, Russia)

²Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Pacific salmon are one of the main target species of fishery in the Far East of Russia. In 2018, the historic maximum of their catch was reached; it was amounted of more than 677 thousand tons. Despite close attention and the availability of modern methods of census the abundance and biomass of future salmon generations, scientists are unable to develop an accurate forecast of salmon catch. This is especially true for pink salmon. Every year the number of pink salmon that will take part in spawning is a surprise for us. Unlike other commercially valuable salmon (chum salmon, sockeye salmon, coho salmon, cherry salmon, and chinook salmon), pink salmon mostly depends on environmental conditions due to the characteristics of its biology. The cause of the record catch of 2018, in our opinion, is the quintessence of favorable environmental factors that led to increased survival of salmon at all stages of the life cycle (especially in the marine period of life), good technological equipment of fishery companies, and environmentally conscious bioresource management.

Keywords: salmon, catch forecast, anadromous species.

Ледяной покров Амура

А.Н.Махинов^{1,2}

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН (Хабаровск, Россия)

²Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск, Россия)





Амур в начале марта.
Здесь и далее фото автора

В статье представлены результаты многолетних исследований строения льда и ледового режима р.Амура в условиях глобального потепления климата. Рассмотрены особенности формирования ледовой толщи. Установлено, что ледяной покров в нижнем течении реки на различных участках русла неоднороден. Выявлены основные типы строения льда. Определено количество терригенного материала, установлены источники его поступления. Показано, что в результате потепления изменились сроки основных ледовых явлений и продолжительность ледостава.

Ключевые слова: Амур, строение льда, торосы, терригенные включения, ледовые явления.



Алексей Николаевич Махинов, доктор географических наук, заместитель директора по научной работе Института водных и экологических проблем Дальневосточного отделения РАН, профессор Тихоокеанского государственного университета. Область научных интересов — экзогенные процессы формирования рельефа, оценка воздействия природных и антропогенных факторов на окружающую среду.

Когда мы говорим о реках, то обычно представляем стремительные пенные потоки в ущельях гор или плавные излучины с медленным, едва заметным течением на равнинах. Очень редко реки ассоциируются с природными ледовыми дорогами, протянувшимися на сотни километров. Однако именно так значительную часть года выглядят многие водотоки нашей страны, когда их сковывает прочный ледовый панцирь. На большей части России зимы отличаются особенной суровостью, поэтому толщина льда на реках бывает очень велика. В течение длительного времени сохраняется опасность возникновения различных ледовых явлений и их воздействия на инфраструктуру в береговой зоне и в пойме.

Ледовый режим рек в значительной степени зависит от климата. Основным показателем, определяющим толщину речного льда, считается сумма среднесуточных отрицательных температур воздуха. Однако и другие факторы, такие как высота снежного покрова, скорость течения, глубина реки, расход воды и особенности осеннего ледохода, также влияют на льдообразование, вызывая неравномерность строения льда в поперечном профиле русла и по длине водного потока.

Мы изучаем особенности формирования и строения ледяного покрова на реках для того, чтобы понимать закономерности их гидрологического режима, а также определять степень влияния глобальных изменений климата на ледовые явления (толщину льда, сроки его появления и разрушения, продолжительность ледостава, распространение полыней и др.). Исследования в этой области помогут прогнозировать опасные процессы, в частности возникновение ледовых заторов, зажоров, полыней и наледей, регулярно образующихся на многих реках России. Кроме того, изучение речного льда важно для обеспечения безопасной хозяйственной деятельности на берегах. Особенно важно знать ледовый режим и строение льда на реках Сибири и Дальнего Востока. Зимой они часто используются в качестве дорог и ледовых переправ. В таких местах ежегодно фиксируются опасные гидрологические явления, которые приводят к гибели людей и проваливанию под лед техники.

Лед Амура, как и многих других рек нашей страны, изучен недостаточно подробно. Наблюдения на постах Гидрометеослужбы проводятся лишь в отдельных пунктах и по короткой программе.

В последние годы исследованиями льда в русле Амура занимаются в Институте водных и экологических проблем ДВО РАН. Благодаря экспедиционным и лабораторным работам получены данные о строении речного ледяного покрова, стратиграфии толщи, количестве включенного терригенного материала и о других характеристиках.

Как изучают лед

Изучение льда проводилось в среднем и нижнем течениях Амура на участке протяженностью около 950 км (от Хабаровска до Николаевска-на-Амуре). Река здесь имеет преимущественно разветвленное русло с большим количеством рукавов разного размера, называемых на Амуре протоками. Их ширина может меняться от 30 м до 2–3 км.

Надо сказать, что зимние экспедиционные работы на Амуре сопряжены с некоторыми трудностями. Несмотря на южное положение среднего и части нижнего течения реки, зимы здесь суровые. Средняя температура января составляет минус 21–26°C. В декабре—феврале на реке почти постоянно дуют сильные ветры. Кроме того,

вследствие интенсивного осеннего ледохода вдоль фарватера каждую зиму широкой полосой протягивается зона высоких торосов. Местами они образуют протяженные гряды высотой до 2 м, преодолеть которые на снегоходе или любом другом транспорте невозможно. Пересекать их приходится пешком, с большим трудом перенося на себе оборудование и снаряжение для работы.

Работы непосредственно на реке проводятся обычно в конце февраля и начале марта, когда ледяной покров достигает максимальной толщины. По поперечному профилю с использованием кольцевого ледового бура через каждые 50 м (при ширине русла до 400 м) или 100 м бурятся скважины. На отдельных участках количество скважин может достигать 12. С помощью вертушки, опускаемой под лед, измеряется скорость течения на разных глубинах.

Из каждой скважины вынимается керн диаметром 15 см, и после осмотра производится его описание. Определяется цвет и прозрачность льда, наличие и характер включений в каждом слое. Для количественной оценки содержания терригенного материала ледовый керн послойно распиливается на части через каждые 10–20 см — с учетом характера включений. Из каждого керна обычно получается 9–12 проб. Затем образцы маркируются и доставляются в лабораторию.



Гряды высоких торосов. Преодолеть их можно только пешком.



Бурение речного льда.

В лаборатории каждый образец льда растапливается в стеклянной емкости, после чего фильтруется. Фильтр высушивается при температуре 105°C до постоянного веса. Для определения массы терригенного материала определяется вес фильтра и объем полученной после фильтрации воды.



Кольцевой бур. Позволяет получить керн льда любой толщины.

Местами на участках быстрого течения всю зиму сохраняются полыньи, вокруг которых на большой площади лед остается тонким до весны. Максимальная же толщина льда, которую мы зафиксировали на участках интенсивной торосистости, достигала 2.2 м.

Толщина льда

В нижнем течении Амур поворачивает на северо-восток, постепенно приближаясь к холодному Охотскому морю. В этом же направлении возрастает суровость климата, поэтому средняя продолжительность ледостава на реке изменяется от 152 дней в Хабаровске до 185 дней в Николаевске-на-Амуре [1]. Устойчивый ледяной покров устанавливается во второй половине ноября при относительно высоком уровне воды. Максимальная толщина льда к концу зимы достигает 1.1–1.3 м, а в особенно суровые сезоны – 1.6–1.8 м. В целом по длине реки этот показатель меняется мало из-за господствующих в пределах всего Нижнего Приамурья низких зимних температур, вызванных влиянием обширного Сибирского антициклона (табл.1). К тому же на постах Гидрометеослужбы выбираются близкие по характеристикам русла участки наблюдений.

Однако, по данным наших измерений, толщина льда весьма изменчива как в поперечном сечении русла, так и вдоль реки.

Таблица 1

Толщина льда в нижнем течении Амура [1]

Пункт	Расстояние от устья, км	Средняя температура за декабрь–январь, °С	Толщина льда, см	
			Средняя	Максимальная
г.Хабаровск	966	–19.0	117	148
с.Елабуга	875	–19.6	108	156
с.Троицкое	770	–19.7	107	149
с.Малмыж	707	–20.8	116	149
г.Комсомольск-на-Амуре	614	–22.6	128	188
с.Нижнетамбовское	514	–22.9	103	156
с.Циммермановка	407	–22.7	112	139
с.Богородское	238	–22.8	129	181
г.Николаевск-на-Амуре	48	–21.1	117	174



Протяженная полынья у Хабаровска в марте 2012 г.

Таблица 2

Изменение толщины льда в нижнем течении Амура (рассчитано по данным наблюдений 2015–2016 гг. на постах Дальневосточного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды)*

	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
Хабаровск	3.7/32	1.3/73	0.9/99	0.6/115	0.2/117	–0.5/108
Комсомольск-на-Амуре	3.5/33	1.5/78	1.1/111	0.5/126	0.1/128	–0.3/122
Николаевск-на-Амуре	2.1/33	1.2/70	0.9/96	0.7/115	0.1/117	–0.2/111

* В числителе — скорость изменения толщины льда (см/сут), в знаменателе — толщина льда (см).

Мощность льда увеличивается в течение всей зимы. Обычно он нарастает снизу за счет кристаллизации на нижней кромке (табл.2). Наибольшие значения скорости нарастания льда характерны для ноября и достигают 3.7 см/сут. Однако по мере увеличения толщины льда темп его нарастания постепенно снижается. В марте лед прирастает со средней скоростью всего 0.1–0.2 см/сут, а в апреле начинает таять. Скорости нарастания слабо изменяются на протяжении нижнего течения реки, что, вероятно, связано с примерно одинаковой суровостью зим на всей территории Приамурья. Весной же внутриконтинентальные районы самой южной части бассейна прогреваются значительно раньше и сильнее по сравнению с приустьевой областью. Поэтому в апреле на южном участке Амура (у Хабаровска) лед тает быстрее, чем на северном (у Николаевска-на-Амуре).

На отдельных участках реки лед может нарастать сверху за счет намерзания на его чистой поверхности наледного слоя, а под снежным покровом — при образовании снегового льда. Наледи формируются обычно в конце зимы, поэтому их роль в увеличении ледовой толщи в целом невелика.

Толщина льда в значительной степени зависит от скорости течения воды. Вдоль вогнутых берегов излучин, где в потоке шириной 200–300 м сосредотачивается основной сток, а скорость течения достигает 1.1 м/с, толщина льда уменьшается в 1.5–2.0 раза по сравнению со средними значениями для поперечного сечения реки [2]. Именно на таких участках нередко возникают полыньи, сохраняющиеся в течение всей зимы. Крупные полыньи могут существовать на одном месте несколько десятков лет. На некоторых излучинах они образуются периодически — один раз в 3–7 лет, а в остальные годы здесь формируются участки тонкого льда.

Снежный покров оказывает утепляющее влияние на реку, однако на ледовой поверхности он обычно распределен неравномерно. Сильные ветры часто сдувают снег в широком основном русле и почти не уносят его из узких извилистых протоков. Так, по наблюдениям в марте 2016 г., при отсутствии снега в основном русле Амура в районе Хаба-

ровска толщина льда составляла 115 см, а в протоке Крестовой (шириной 80 м), засыпанной снегом слоем 20 см, — всего 90 см.

На формирование ледовой толщи также оказывает влияние водность реки в летне-осенний период. Летом 2013 г. на Амуре случился экстремальный паводок*. Температура воды в августе в районе Хабаровска превышала среднюю многолетнюю на 1.4°C. В октябре она все еще была существенно выше обычной. И даже в ноябре вода в Амуре оставалась теплой: в первой декаде ее температура составила 3.5°C вместо средней для этого времени 1.1°C. Такая аномалия была вызвана большой водностью реки после медленного спада наводнения. Высокий предледоставный уровень воды (выше среднего на 0.8–1.2 м) стал причиной отодвигания сроков начала ледовых явлений. Ледяной покров в районе Хабаровска установился 1 декабря — на семь суток позже средних многолетних значений. Зимой 2013/2014 гг. лед был на 20–30 см тоньше, чем в 2012/2013 гг. при близких показателях суровости этих двух сезонов.

Строение льда

Детальное исследование стратиграфии кернов показало, что амурский лед отличается существенной неоднородностью. В результате изучения нескольких сотен кернов установлено пять основных типов ледовой толщи, каждый из которых характерен для определенных частей русла.

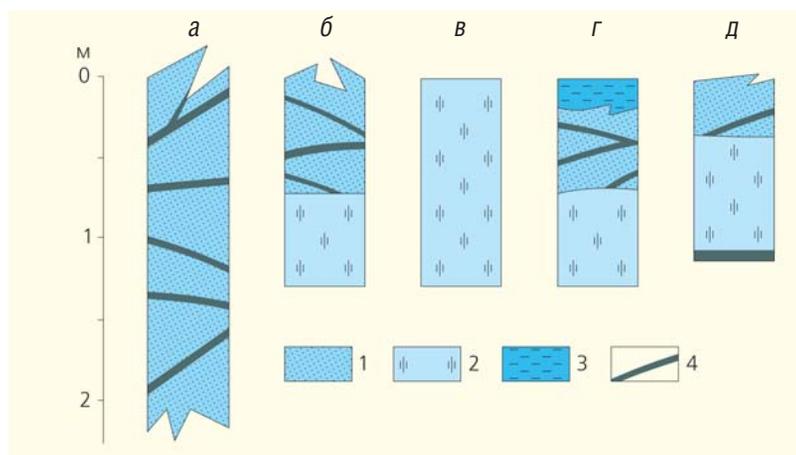
Торосистый лед полностью состоит из смерзшихся обломков битого льда. Его толщина изменяется от 1.0 до 2.2 м и достигает максимальных значений в зонах особенно сильного торошения. Лед на таких участках образует неровную поверхность с хаотичным нагромождением довольно больших обломков, направленных острыми углами в разные стороны. Обычно встречаются продольные гряды торосов высотой до 2.0 м и протяженностью в сотни метров. Иногда ледовые валы

* Подробнее см.: Махинов А.Н. Наводнение на Амуре в 2013 году: причины, масштабы, последствия // Природа. 2016. №3. С.26–36.

протягиваются поперек русла. В этом случае они образованы столкновением ледовых полей или их прижиманием к участкам стационарного льда.

Наиболее крупные торосы формируются в стрежневой части потока на последней стадии осеннего ледохода, когда широкие забереги вызывают самое сильное сжатие плывущих в узком потоке обломков льда. Ширина зоны сильного торосения на Амуре составляет обычно 60–90 м. В течение всей зимы толщина льда в этой зоне не меняется, она остается такой, какой была в начале ледостава. Лед обычно насыщен мелкими пузырьками воздуха, поэтому он непрозрачный, матовый. В керне прослеживается косая слоистость разной направленности и наклона. Толща сцементирована прозрачным льдом, который образовался из воды, заполнявшей пространство между обломками. Вся толща льда одного возраста — она образуется в короткий период осеннего ледохода и не меняется в течение всей зимы.

Вторая разновидность амурского льда — двучленная толща. Она состоит из двух резко отличающихся слоев: торосистого (верхнего) и однородного прозрачного, намерзающего в течение всей зимы (нижнего). Толщина такого льда колеблется от 0,8 до 1,4 м и зависит от суровости зимы и скорости течения воды. Двучленный лед формируется в зоне относительно более слабого торосения с обеих сторон стрежневой части речного потока. Верхний слой одновозрастный и состоит из смерзшихся к моменту окончания ледохода непрозрачных обломков разного размера. Здесь также встречаются наклонные разнонаправленные прослои терригенного материала. Ниже этот слой сменяется прозрачным, как стекло, плотным однородным льдом без включений. Его образование на-



Основные типы строения амурского льда: торосистый (а), двучленный торосисто-намерзший (б), однородный (в), с наледным слоем (г), залегающий на грунте (д). 1 — смерзшиеся обломки льда, 2 — прозрачный лед, 3 — наледный лед, 4 — прослой льда с высоким содержанием терригенного материала.



Гряды торосов вблизи стрежня речного потока.



Ледяная стена, образованная на последней стадии осеннего ледохода.



Керн двухслойного льда: слева — верхний торосистый слой, справа — нижний прозрачный однородный.

чинается после ледостава и продолжается непрерывно вплоть до окончания зимы в направлении от нижней кромки вниз. Толщина нижнего слоя льда обратно пропорциональна мощности верхнего. Чем больше верхний слой, тем медленнее лед нарастает снизу и тем меньше оказывается мощность нижней части толщи к концу зимы. Иногда

она составляет всего 10–15 см. Таким образом, возраст нижнего слоя неодинаков — лед становится моложе по направлению сверху вниз к нижней кромке. Это имеет большое значение, поскольку позволяет определить время образования прослоев с повышенной концентрацией загрязняющих веществ и, что важно, даже в условиях кратковременного сброса сточных вод.

Следующий тип льда — однородный прозрачный. Он имеет такую же максимальную толщину, что и двучленный, так как формируется в тех же температурных условиях. Небольшие изменения его мощности даже в пределах одного участка реки бывают связаны с влиянием второстепенных факторов. Образование и дальнейшее нарастание такого льда происходит на месте обширных полей, возникших во время осеннего ледохода вследствие неровного примыкания отдельных ледовых полей непосредственно перед ледоставом. Участки с таким типом льда иногда достигают в длину сотен метров при ширине до 50 м.

Однородный лед также образуется в узких рукавах со спокойным течением. В таких местах он отличается особенной прозрачностью и однородностью в пределах всей толщи. На участках длительно



Трещины на ровной поверхности льда.

существующих полыней толщина льда составляет всего несколько сантиметров. Покрытый снегом, особенно на полностью закрывшихся полынях, такой лед представляет большую опасность.

На гладкой поверхности однородного льда часто видны многочисленные трещины, в направлениях которых какая-либо закономерность отсутствует. Они резко выделяются за счет преломления света в ледовой толще. Вдоль берегов встречаются крупные трещины, заполненные водой. Их ширина достигает нескольких сантиметров. При падении уровня воды по таким трещинам местами происходит оседание льда.

Четвертая разновидность льда на Амуре — ледовая толща с наледным слоем в верхней части. Она может формироваться на всех типах льда. Ее отличие в том, что верхний слой (обычно толщиной 10–15 см) образуется вследствие выдавливания воды по трещинам при повышении уровня реки (например, при попусках из водохранилищ). Чаще всего наледный лед образуется вдоль берегов.

В низовьях Амура на участке протяженностью около 200 км (от с. Богородского до Николаевска-на-Амуре) во время приливов лед взламывается и вода изливается по трещинам на поверхность, образуя обширные наледные поля [3], толщина которых может достигать 30 см. Лед имеет молочно-матовый оттенок и часто содержит мелкие растительные остатки (детрит). Если вода выходит на лед под снегом, то снежная масса (она нередко содержит тонкий терригенный материал, принесенный ветром) пропитывается водой и образует корку с неровной поверхностью. Такой лед совершенно непрозрачен.

И наконец, особое строение имеет лед, лежащий на дне и берегах реки. В течение зимы уменьшается сток, и уровень воды в реке падает. В результате на обширных отмелях вдоль берегов и на осередках лед ложится на грунт. Ширина этой части русла может достигать 400 м, а на отдельных участках — превышать 1 км [2]. Такой лед отличается небольшой толщиной — от нескольких сантиметров до 0,7–0,8 м. Он образуется в первые месяцы ледостава, еще при больших расходах воды, и поэтому торосистость его минимальна. Отдельные обломки, залегающие местами на поверхности, имеют небольшую толщину и субгоризонтальное залегание. Как только нижняя кромка льда касается грунта, нарастание толщи прекращается. Нижняя часть ледовой толщи нередко имеет слоистость, выраженную чередованием прослоев с разной насыщенностью терригенным материалом, преимущественно песчано-илистого состава. Это вызвано неоднократными в течение зимы колебаниями уровня воды в реке и, соответственно, касаниями льдом дна. При каждом таком касании грунт примораживается к нижней кромке ледяной толщи.



Вдольбереговые трещины и оседание по ним ледяного покрова реки.

Терригенные включения

Во льду Амура всегда содержится большое количество терригенного материала, поступающего из разных источников. Обилие включений связано с природными особенностями долины — высокой активностью осеннего ледохода, сильными ветрами, низкими зимними температурами и преимущественно песчаным составом рыхлых отложений на прибрежных отмелях и береговых уступах.

Механизмы включения терригенного материала в лед весьма разнообразны. Среди них примерзание к нижней кромке при контакте с дном, эоловый перенос с берегов и кос, всплытие донного льда, а также падение на лед больших обломков с обрывистых береговых склонов. Поэтому включения имеют различный гранулометрический состав — от глинистых частиц до крупных глыб.

Распределение терригенного материала в ледовой толще на разных участках реки и по ее разрезу практически не изучено. В то же время данные о количестве включений в лед нужны для уточнения величины стока наносов, переносимых Амуром в эстуарий и Амурский лиман. Это имеет



Илистые включения на нижней кромке льда, лежащего на дне реки у берега.



Галька и гравий, принесенные ветром по гладкому льду с прибрежной косы.

большое значение для оценки заносимости устьевой области, что, в свою очередь, необходимо для прогнозирования судоходных условий и разработки мероприятий по их улучшению.

Большое количество включений попадает в лед в результате примерзания к его нижней кромке слоя грунта толщиной 1–3 см. В этом случае во льду встречаются не только песок и гравий, но и галька, и даже мелкие валуны. Поскольку весной лед тает и сверху, и снизу, этот материал по реке далеко не переносится.

Наиболее загрязнены терригенным материалом льды, образовавшиеся в условиях сильного торошения. Включения, которые представлены наклонными слоями льда, сильно обогащенными песком и илом, распределены беспорядочно в различных частях ледовой толщи. Они образуются при кратковременном контакте обломка льдины с дном реки на мелководных участках или подводных грядах. Некоторую роль играют, вероятно, обломки донного льда с галькой, гравием и песком, всплывающие и вмораживающиеся в ледовую толщу. Об этом свидетельствуют гравийные и мелкогалечные включения без илисто-песчаной фракции, которые не могут быть перенесены течением.

Большую роль в поступлении терригенного материала на лед играют эоловые процессы. Песок выдувается преимущественно с высоких прибрежных кос и из отвесных уступов поймы, сложенных в основном тонкозернистым песчаным материалом. В конце зимы при аэровизуальных наблюдениях на ледяной поверхности Амура фиксируются обширные песчаные шлейфы, вытянутые в направлении господствующих ветров. По лишенной снега поверхности гладкого льда ветер переносит песок, гравий и мелкую гальку на сотни метров.

Установлено, что в торосистых льдах содержание терригенного материала составляет в среднем 0.5–1.5 г/дм³. В наиболее загрязненных слоях льда его количество достигает 14.48 г/дм³. В прозрачном однородном льду, нарастающем в течение всей зимы, включений мало — от 0.001 до 0.096 г/дм³.

Мы оценили общее содержание терригенного материала во льду в нижнем течении Амура, условно допустив, что на этом участке реки строение льда примерно одинаковое [2]. Оказалось, что в речном льду заключено 2.3 млн т терригенных частиц! Значительная часть этого материала весной попадает в Охотское море, существенно увеличивая общий сток наносов реки, что ранее не учитывалось.

Глобальное потепление и изменение сроков ледовых явлений

По данным более чем столетних метеорологических наблюдений в южных районах Дальнего Востока, как и в других регионах умеренных широт, установлено существенное увеличение среднегодовой температуры воздуха. Особенно значительным оно было в последние десятилетия. Потепление проявилось в основном за счет повышения зимних температур, составившего за период 1991–2010 гг. в нижнем течении Амура 0.56°C [4].

Для того чтобы выявить изменения в сроках наступления различных ледовых явлений и продолжительности ледостава, необходимы длительные ряды наблюдений. В низовьях Амура такие ряды имеются для трех пунктов — Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре и Николаевска-на-Амуре, где среднегодовая температура воздуха составляет 1.6°C, –0.6°C и –2.2°C соответственно [5]. В качестве современного теплого периода [5] был выбран интервал 1991–2015 гг., а предшествующе-



Экспедиционные работы на Амуре. Завершение рабочего дня.

го холодного — 1932–1990 гг. Сравнилось время начала и конца основных ледовых явлений [6].

Одно из наиболее легко и надежно определяемых событий — появление первых ледовых образований — заберегов. У Хабаровска они в среднем стали отмечаться 8 ноября, в то время как в предшествующий период появлялись 5 ноября. Следовательно, сроки здесь сдвинулись на три дня (в Комсомольске-на-Амуре и в Николаевске-на-Амуре — на два и шесть дней соответственно). Наибольшие изменения в сроках появления заберегов отмечаются в низовьях реки. Это может быть связано не только с увеличением температуры воздуха, но и, вероятно, с отепляющей ролью воды, которая поступает сверху по течению с южных участков реки.

Менее существенные изменения произошли в сроках наступления ледостава. В окрестностях Хабаровска и Комсомольска-на-Амуре лед теперь встает на один день позже, чем раньше, а в низовьях реки — на два дня. Интересно, что при этом увеличился разброс в сроках. Например, в последние годы река у Хабаровска замерзает сравнительно поздно: в 2012 г. — 1 декабря, а в 2013 г. — 3 декабря. В среднем же это обычно происходит 24 ноября.

Весенние подвижки льда и ледоход в последние годы стали начинаться на три дня раньше у Хабаровска и Комсомольска-на-Амуре и на два — у Николаевска-на-Амуре. Все чаще отмечаются еще более ранние сроки. Так, у Хабаровска в 2008 г. ледоход начался 7 апреля, а в 2017 г. — 13 апреля при средних сроках 21 апреля. В целом продолжительность ледостава на разных участках нижнего течения Амура сократилась на три-четыре дня.

Толщина льда в нижнем течении Амура не изменилась. Это может быть связано с небольшим изменением сумм средних отрицательных температур за холодный период или же со сложностями в точном определении толщины льда, которая на Амуре зависит не только от температуры воздуха, но и от активности осеннего ледохода, торосистости льда, снежности зимы, величины зимних расходов воды и других факторов.

Установленное смещение сроков ледовых явлений в нижнем течении Амура, несомненно, связано с реакцией на глобальные климатические изменения, которые отражаются на температуре речной воды. В этом случае особенно важны осенние и весенние характеристики. Зимние температуры

оказывают заметно меньшее влияние на параметры льда в период ледостава. Следует отметить, что в верховьях Амура также отмечается влияние изменений климата на продолжительность ледостава и другие характеристики льда на реках [7].

Таким образом, благодаря многолетним трудоемким экспедиционным работам мы имеем пред-

ставление об особенностях строения ледовой толщи Амура, о количестве содержащегося в ней терригенного материала, о сезонном и многолетнем ледовом режиме и о влиянии на речной лед современных климатических изменений. Эти знания исключительно важны для экономики региона и безопасности его жителей. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (проекты 16-I-1-033э и 0294-2018-0001) и Правительства Хабаровского края (грант 150/2017-ХК).

Литература / References

1. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Л., 1986; 1(19). [Long-term data on the regime and resources of surface waters of the land. Leningrad, 1986; 1(19). (In Russ..)]
2. Махинов А.Н., Ким В.И. Ледяной покров реки Амур и его влияние на русловые процессы. Водные ресурсы. 2013; 40(4): 359–366. [Makhinov A.N., Kim V.I. Ice cover of the Amur River and its impact on channel processes. Water Resources. 2013; 40(4): 391–398.]
3. Иванов А.В., Махинов А.Н., Чукмасова Т.Г. Гигантские наледи на ледяном покрове приустьевом участка Амура. Советско-китайский симпозиум «Геология и экология бассейна реки Амур». Тезисы докладов. Благовещенск, 1989; III(1): 69–71. [Ivanov A.V., Makhinov A.N., Chukmasova T.G. Giant icings on the ice cover near the mouth of the Amur River. The Soviet-Chinese Symposium «Geology and ecology of the Amur River basin». Abstracts. Blagoveshchensk, 1989; III(1): 69–71. (In Russ..)]
4. Новороцкий П.В. Современные климатические изменения в бассейне Амура и на побережье Японского моря. Известия РГО. 2011; 143(1): 41–48. [Novorotsky P.V. Recent climatic changes in the basin of Amur River and on the shore of Sea of Japan. Proceedings of the Russian Geographical Society. 2011; 143(1): 41–48. (In Russ..)]
5. Петров Е.С., Новороцкий П.В., Ленишин В.Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток; Хабаровск, 2000. [Petrov E.S., Novorotsky P.V., Lenishin V.T. Climate of Khabarovsk Krai and Jewish Autonomous Region. Vladivostok; Khabarovsk, 2000. (In Russ..)]
6. Махинов А.Н., Ким В.И., Матвеев Д.В. Строение и многолетняя динамика ледяного покрова в нижнем течении реки Амур. Лед и снег. 2018; 58(1): 117–126. [Makhinov A.N., Kim V.I., Matveenko D.V. The structure and long-term dynamics of the ice cover in the lower reach of the Amur River. Ice and Snow. 2018; 58(1): 117–126. (In Russ..)] Doi:10.15356/2076-6734-2018-1-117-126.
7. Обязов В.А., Смакхин В.К. Ледовый режим рек Забайкалья в условиях изменяющегося климата. Водные ресурсы. 2014; 41(3): 227–234. [Obyazov V.A., Smakhtin V.K. Ice regime of Transbaikalian rivers under changing climate. Water Resources. 2014; 41(3): 225–231.] Doi:10.7868/S0321059614030134.

Ice Cover of the Amur River

A.N.Makhinov^{1,2}

¹Institute of Water and Ecological Problems, Far East Branch of RAS (Khabarovsk, Russia)

²Pacific National University (Khabarovsk, Russia)

The results of long-term studies of the ice structure and regime of the Amur River under conditions of global climate warming are presented in this article. The features of the ice mass formation are discussed. It has been established that the ice cover in the lower reaches of the river on different sections of the channel is heterogeneous. The main types of ice structure are revealed. The amount of terrigenous material was determined; the sources of its receipt were established. It is shown that warming results in the changes of periods of the main ice phenomena and the duration of ice cover.

Keywords: Amur River, ice structure, hummocks, terrigenous inclusions, ice phenomena.

Куда увозят снег?

В.А.Лобкина¹, А.А.Музыченко¹

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (Южно-Сахалинск, Россия)

Расчистка городской территории от снега приводит к необходимости организации специальных мест для его складирования — снежных полигонов. Выбор территории под эти объекты — сложная инженерно-экологическая проблема, которая в настоящее время не решена. В статье описываются снежные полигоны, функционирующие зимой 2017/2018 гг. на юге Сахалина. Рассматриваются экологические последствия их работы. Приводится описание альтернативных вариантов размещения снега.

Ключевые слова: геоэкология, загрязнение снега, Сахалин, снежный полигон.

Зимой в большинстве населенных пунктов России неизбежно выпадает снег. Улицы расчищают, а огромные массы снега вывозят на специальные площадки — так называемые снежные полигоны. Однако в федеральном законодательстве нашей страны отсутствуют нормативные акты, регулирующие отношения в сфере утилизации снежных масс с городских улиц и содержащие технические рекомендации к обустройству полигонов. Даже само понятие «снежный полигон» действующим законодательством России не предусмотрено. Вопросы расчистки улиц отнесены к благоустройству территории населенных пунктов и должны решаться по усмотрению органов местного самоуправления.

Обзор информации об опыте эксплуатации снежных полигонов в различных регионах страны показал, что такие участки испытывают существенную антропогенную нагрузку. В зону воздействия полигонов попадает прилегающая территория, на которой могут развиваться опасные процессы: затопление, заболачивание, засоление, эрозия и др. Особенно опасной бывает ситуация, когда талые воды, минуя стадию очистки, поступают в водные объекты. Это приводит к значительному увеличению площади негативного воздействия полигонов на окружающую природу.

Обратимся к Сахалину — российскому региону, где зимой выпадает особенно большое количество осадков [1–3]. Рассмотрим, как на острове организуется уборка снега и как обстоят дела с размещением и функционированием снежных полигонов. Нам необходимо определить, где расположены эти объекты, какую площадь они занимают и сколько



Валентина Андреевна Лобкина, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН. Занимается исследованием физических свойств снежного покрова, снеговых нагрузок, метелевого режима и нивальных процессов на урбанизированных территориях Сахалина.
e-mail: valentina-lobkina@yandex.ru



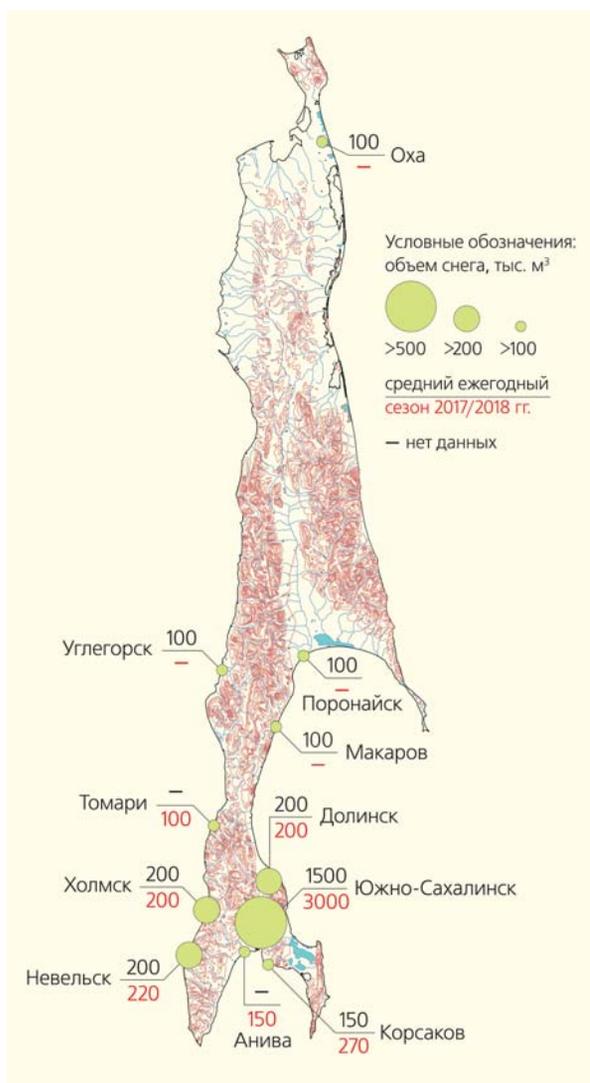
Александра Александровна Музыченко, младший научный сотрудник той же лаборатории. Область научных интересов — снежный покров и закономерности снегонакопления, экзогенные геодинамические процессы природного и техногенного характера на Сахалине.

снега складывается на каждом из них. Особенно интересно изучить районы, прилегающие к крупным городам, а также определить возможные альтернативные варианты размещения снежных масс, вывозимых с городских улиц. Для нашего исследования мы выбрали зиму 2017/2018 гг.

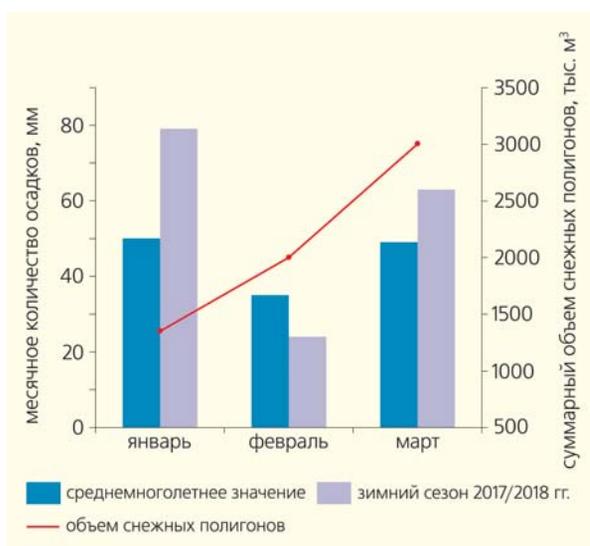
Размещение снежных полигонов

При расчистке небольших населенных пунктов снег обычно сваливают по обочинам дорог или на пустырях, специальных территорий под него не выделяется. Такие антропогенные снежники в отдельные годы могут таять до июня.

В крупных населенных пунктах, занимающих большую площадь и/или имеющих высокую плотность населения, расчистка улиц и выбор места для складирования снега вызывают намного большие сложности. Практически все города располо-



Снежные полигоны Сахалина.



Объем снежных полигонов Южно-Сахалинска в сравнении с количеством атмосферных осадков.

жены на юге Сахалина. На острове официально действует 13 снежных полигонов в 11 городах.

Полигоны обычно функционируют в течение многих лет, но на их налаженную работу может повлиять изменение количества выпадающих осадков. Так, в многоснежные и среднеснежные зимы в случае особенно сильных, продолжительных снегопадов полигоны часто не справляются с возросшей нагрузкой. Это приводит к экономическому ущербу из-за простоя транспорта, а также к необходимости организовывать новые площадки для складирования снега либо искать альтернативные способы его удаления.

Зимний сезон 2017/2018 гг. на юге острова выдался многоснежным. Сумма выпавших здесь с ноября по март осадков составила 120–180% от среднегодовое значений. По данным гидрометеорологической станции (ГМС) «Южно-Сахалинск», в г.Южно-Сахалинске выпало 368 мм твердых осадков при среднемноголетнем значении 208 мм [3].

Мы проводили снегомерные работы на контрольной площадке, заложенной в окрестностях Южно-Сахалинска, в 3,6 км восточнее ГМС. Наши данные показали, что эта зима стала самой многоснежной за 16 лет наблюдений (с 2002 г.). Высота снега составила 88 см при средних значениях 68 см, он лежал 148 дней, что на пять дней дольше среднего, а запас воды в снежном покрове в период максимальных снегозапасов составил 400 мм (в среднем – 262 мм).

Попробуем проследить, как же справлялись с такой нагрузкой снежные полигоны в некоторых населенных пунктах на юге Сахалина.

Южно-Сахалинск – крупнейший город на острове. С 2010 г. здесь работают два полигона для складирования снега – «Северный» и «Южный». Их площадь на момент открытия составляла 9,3 га и с тех пор увеличивается с каждым годом [4]. Большое количество осадков, выпавшее зимой 2017/2018 гг., также не могло не отразиться на работе этих полигонов. Снег сюда начали привозить в ноябре. К концу месяца здесь уже накопилось 13 тыс. м³ снего-песчаной массы.

В середине декабря (12–13 числа) 11 центральных и южных районов острова накрыл мощный циклон. По данным ГМС «Южно-Сахалинск», за 12 ч на улицы города выпала половина месячной нормы осадков (32 мм), а за весь снегопад – 48 мм. По сообщениям городской администрации, на расчистке улиц во время и после прохождения циклона одновременно работало более 200 единиц техники. За сутки на полигоны вывезли 40 тыс. м³ снега. В пиковый период на них каждую минуту прибывало шесть груженых снегом грузовиков. Работающая на полигоне техника не успевала распределять и утрамбовывать снежные



Полигон «Северный» в третьей декаде ноября 2017 г.

Здесь и далее фото автора

массы. Это привело к тому, что 16 декабря департамент городского хозяйства Южно-Сахалинска вынужден был остановить прием снега на «Северном» — меньшем из двух полигонов. В результате на дороге образовалась пробка из более чем

50 грузовиков. Полигон смог возобновить работу только 21 декабря.

К 25–26 декабря подошел следующий циклон, на этот раз затронувший 15 районов острова. Он привел к выпадению в Южно-Сахалинске 23 мм



Полигон «Южный» во второй декаде ноября 2017 г.



Полигоны «Северный» (вверху) и «Южный» во второй декаде января 2018 г.



Полигон «Северный» в первой декаде февраля 2018 г.

осадков, и наложение последствий этого снегопада на остатки предыдущего вновь вынудило городские коммунальные службы перейти на аварийный режим работы. Количество снегоуборочной техники увеличилось с 50 до 200 единиц. За сутки 26 декабря с территории города было вывезено 1800 машин снега общим объемом 30 тыс. м³.

Циклон, прошедший над семью южными районами Сахалина в первой декаде января (9–10 числа), принес 36 мм осадков, что составило около 70% от месячной нормы. По данным ГМС «Южно-Сахалинск», всего за январь выпало 79 мм осадков (158% от нормы).

Проведенная в конце января аэрофотосъемка показала, что на южно-сахалинских полигонах складировано 1350 тыс. м³ снежной массы: на «Северном» — 350 тыс. м³, на «Южном» — около 1 млн м³. Средняя высота снега на обоих полигонах составила 5 м, максимальная на «Северном» — 13 м, а на «Южном» — 15 м.

В феврале количество осадков в Южно-Сахалинске было ниже нормы (69%). При этом объем снега на полигонах увеличивался из-за непрекращающейся расчистки города. К концу месяца этот прирост составил примерно 35%.

В первой декаде марта над югом Сахалина прошли еще два циклона. За снегопад 2 марта в городе выпало 30 мм осадков. На расчистку улиц снова вышли 200 единиц техники. 5 марта полигон «Северный» ввел ограничения на прием снега, а с 7-го закрылся на технические работы. Второй циклон подошел 9 марта и принес 19 мм осадков.

По данным аэрофотосъемки, к концу марта суммарный объем снега на полигонах составил примерно 3 млн м³ (на «Северном» — 1 млн м³, на «Южном» — 2 млн м³), в то время как в среднем этот показатель обычно со-

ставляет 1.5–2 млн м³. Высота снега на «Южном» достигла 15 м (в среднем — 5 м), а на «Северном» — 30 м (в среднем — 15 м). Для вывоза такого объема было выполнено более 180 тыс. рейсов грузовых автомобилей (если принять средний объем кузова равным 16 м³).

Снежные полигоны Южно-Сахалинска закрылись в конце апреля. За первый месяц снеготаяния «Северный» потерял 20% объема, «Южный» — 40%. Общий объем снега на момент закрытия полигонов составил 2 млн м³.

Площадь снежных полигонов в Южно-Сахалинске зимой 2017/2018 гг. резко возросла, составив 46 га, что соответствует, например, 66 футбольным полям. Это в три раза больше, чем в 2016/2017 гг., и в пять раз больше, чем на момент открытия. Общая площадь увеличивается за счет полигона «Южный», который расположен на заброшенных сельскохозяйственных полях и ограничен объектами инфраструктуры только с восточной стороны: здесь вблизи находятся дорога, складские помещения и линия электропередачи.

На территории города работали еще две мини-площадки для складирования снега. Одна из них — в городском парке, на нее вывозили снег с его же территории. Вторая — в частном секторе в западной части города. В апреле талые воды с этой площадки затопили расположенные рядом дома, возникли перебои с водоснабжением.

Рост объема снега, складированного на полигоне, зафиксирован еще в одном южносахалинском городе — в Корсакове. Зимой 2017/2018 гг. с его улиц вывезли 271.3 тыс. м³ снега (в предыдущем сезоне этот показатель составил 11 тыс. м³). Вся эта масса заняла около 3 га. Общий объем снега, по данным на 26 апреля, составил 118 тыс. м³. Площадь занятых под снежный



Полигон «Южный» в первой декаде февраля (вверху), во второй декаде марта (в середине) и во второй декаде апреля 2018 г.

полигон земель с начала периода снеготаяния (с конца марта по апрель) сократилась до 2,4 га.

Снег с улиц Корсакова привозили на два участка, расположенные на городском полигоне твердых бытовых отходов (ТБО). Первый участок находился в его северо-восточной части. На момент осмотра максимальная толщина снего-ледовой массы здесь достигла 12 м, средняя — 4–5 м. Поверхность была покрыта слоем вытаявшего грунта мощностью от 3 до 20 см. Площадь участка, по данным аэрофотосъемки, составила 1,3 га, объем снега — 49 тыс. м³, средняя плотность снего-ледовой массы с учетом содержащихся в ней примесей — 650 кг/м³. Второй участок расположен в южной части полигона ТБО, частично занимая рекультивированную террасу. Максимальная высота снега достигла 25 м, средняя оценивалась в 8–9 м. Поверхность полигона также была покрыта слоем грунта мощностью 2–10 см. Площадь участка составила 1,1 га, объем снега — 69 тыс. м³, а средняя плотность с учетом примесей — 700 кг/м³.

В Анивском р-не снег обычно вывозят на три полигона, расположенных в г.Аниве и селах Ново-Троицкое и Таранай. В штатном режиме в работах по расчистке территории г.Анивы задействованы 15 единиц техники. За сутки на полигон вывозится более 1 тыс. м³ снега. После снегопадов начала марта 2018 г. (2–3 марта — 26 мм; 9–10 марта — 21 мм) на улицах работали 90 машин. На полигоне Анивы складировали более 110 тыс. м³ снега, его площадь составила около 1,5 га.

На анивский полигон должны были свозить и снег из с.Рыбацкого, расположенного в 2 км от центра города. Однако грузовики ссыпали снег прямо на выезде из села, в 300 м от жилых домов, на автодорогу Рыбацкое–Анива, после чего грейдер сдвигал снежную массу на пустырь. По предварительной оценке, сюда было вывезено порядка 5–6 тыс. м³ снега.

Снежные полигоны Анивского р-на закончили работу в первой декаде апреля.

В Невельске для складирования снежных масс выделили два участка в северной и южной частях города, причем участок в северной части был использован в этих целях впервые. Администрация города приняла решение открыть эту площадку после январских снегопадов, когда южный полигон перестал справляться с объемом свозимого на него снега.

Снег с улиц Холмска вывозят в северную часть города. Здесь находится полигон площадью 3,7 га. В декабре 2017 г. на нем складировали 20–25 тыс. м³ снега, в начале января 2018 г. — 25 тыс. м³. Расчистка города велась ежедневно. В целом за сезон на полигон вывезли 200 тыс. м³ снега, что соответствует среднегодовым значениям.

Альтернативные площадки складирования снега

Во многих населенных пунктах нет специальных полигонов для складирования снежных масс или же существующие не справляются с нагрузкой. Проблема вывоза снега в таких случаях может решаться по-разному. Так, в поселке городского типа Ноглики (север Сахалина) его сгружают в шламовые амбары на объектах нефтедобычи. Там он смешивается с нефтепродуктами и таеет.

В городах, расположенных на морских побережьях (например, в Невельске и Холмске), снег часто сваливают на морской лед. В Поронайске (центральная часть острова) его вывозят на городской пляж. Известно, что в Южно-Курильске (на о.Кунашир) снежные массы сбрасывают на пляж с морской террасы. Весной из них вытаскивает бытовой мусор, попадающий в конечном итоге в океан, а на месте снеговых куч остается песок, которым зимой посыпают улицы.

В Горнозаводске (Невельский р-н) зимой 2017/2018 гг. при расчистке базы электриков снег складировали в русло р.Лопатинки. От затопления окрестные территории спасло лишь то, что работы велись вблизи устья и талые воды сразу попали в море, не вызвав подпруживания реки.



Поверхность морской террасы после стаивания снега, складированного на нее после зимней расчистки улиц Южно-Курильска. Июнь 2017 г.

Фото С.Балдина

Складирование снега на лед водоемов без создания снежных полигонов практикуется в ряде европейских стран и в Японии. Однако в этих странах, в отличие от России [5], практически не применяются снегоплавящие реагенты. Кроме того, в соответствии со статьей 65 Водного кодекса РФ в нашей стране сброс снега в водоемы запрещен [6].

В снег, собираемый с городских улиц, часто попадает бытовой мусор, тротуарная плитка, песок и т.п., поэтому полигоны фактически становятся несанкционированными свалками в черте города.

Иногда снег вывозят на полигоны ТБО, хотя законодательно это не регулируется. Вместе с тем в состав проекта любого полигона должна входить гидрогеологическая записка с указанием гидрологических характеристик (объемов поверхностного стока, средней высоты снежного покрова и др.), по которым рассчитываются конструкции водоотводящих и водособирающих сооружений, а также величина фильтрации [7]. Складирование снега на такие площадки существенно влияет на гидрологический режим окружающей территории.

Загрязнение среды

Для многих городов снежные полигоны становятся экологической проблемой, так как хранящаяся на них масса снега содержит, кроме бытовых отходов, различные загрязняющие вещества. Их основные источники — снегоплавильные реагенты, используемые в городах для зимней уборки улиц, а также выбросы автотранспорта. После таяния снега загрязнители попадают в почву и грунтовые воды.

Мы провели исследования талой воды и грунта, отобранных по периметру снежных полигонов в Южно-Сахалинске. Результаты показали, что содержание многих веществ превышено по сравнению с фоновыми и предельными показателями.

В 2012 г. в снеге выявили превышение ПДК пяти веществ четвертого класса опасности: Al — в 12 раз, Fe — в восемь раз, Mn — в пять раз, NO₂⁻ и Br⁻ — в шесть раз [2]. В 2013 и 2014 гг. содержание в талой воде общего железа было больше ПДК в три раза, в 2014 г. концентрации NO₂⁻ и SO₄²⁻ оказалось выше допустимых более чем в два раза [4, 8].

В 2013 г. в пробах грунта были превышены ориентировочно допустимые концентрации (ОДК):



Работы по складированию снега с территории Горнозаводска в русло р.Лопатинки. 11 марта 2018 г.

i.sakh.com/info

Ni — в 1.8 раза, As — в 4.8 раза, V — в 1.1 раза, Cu — в 1.2 раза, Zn — в 1.5 раза [9, 10].

Анализ грунта, проведенный в 2017 г., показал превышение фоновых показателей: Cl⁻ — в 3 раза, SO₄²⁻ — в 5.5 раза, Na⁺ — в 11 раз, Ca²⁺ — в 3.6 раза. Были превышены ОДК тяжелых металлов: Zn — в 1.7 раза, Ni — в 1.5 раза (норма рассчитывалась для наименее устойчивых к загрязнению почв).

В настоящее время ни на одном из 13 снежных полигонов Сахалина не выполняются элементарные природоохранные мероприятия. Не выполнена гидроизоляция основания полигонов, не сделана обваловка мест складирования снежных масс для уменьшения негативного воздействия на водные объекты, не оборудован сток талых вод, не организован сбор бытового мусора, остающегося после стаивания снега.

Многоснежная зима 2017/2018 гг. показала, что организация снежных полигонов в городской черте приводит к загрязнению окружающей среды, формированию антропогенных снежников, способных сохраняться в течение нескольких лет, и провоцирует активизацию опасных природных процессов.

Эксплуатация существующих площадок, занятых снежными полигонами, должна сопровождаться обязательным сбором мусора, оставшегося после снеготаяния. Принимая во внимание ограниченность в выборе площадей под размещение снега в пределах населенного пункта, необходимо избегать днищ речных долин, а также ликвидировать мелиоративные каналы для предотвращения

прямого сброса талой воды в водные объекты. Данная мера ограничит зону воздействия снежных полигонов. Размещение снега на площадках ТБО категорически недопустимо!

Мы продолжаем работать над решением этих проблем и надеемся, что в конечном итоге сможем найти приемлемый путь безопасной утилизации снега из населенных пунктов. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-35-00127).

Литература / References

1. Генесина А.С. Основные синоптические процессы в зимний период над Сахалинской областью. Снег и лавины Сахалина. Ред. В.Е.Барабаш, А.К.Дюнин. Л., 1975; 5–12. [Genesina A.S. Main synoptic processes in winter period over the Sakhalin Region. Snow and avalanches in Sakhalin. V.E.Barabash, A.K.Dyunin (eds). Leningrad, 1975; 5–12. (In Russ.).]
2. Генсиоровский Ю.В. Периодичность метелевых зим на острове Сахалин и проблемы снегозаносимости урбанизированных территорий. Геориск. 2010; 4: 32–36. [Gensiorovskiy Yu.V. Periodicity of snowstorm winters on the Sakhalin island and problems of snowboundness of the urbanized territories. Georisk. 2010; 4: 32–36. (In Russ.).]
3. Климат Южно-Сахалинска. Ред. Ц.А.Швер, Д.Ф.Лазарева. Л., 1982. [Climate of Yuzhno-Sakhalinsk. Ts.A.Shver, D.F.Lazarev (eds). Leningrad, 1982. (In Russ.).]
4. Лобкина В.А., Генсиоровский Ю.В., Ухова Н.Н. Геоэкологические проблемы участков, занятых снежными полигонами в городах (на примере г. Южно-Сахалинск). Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2016; 6: 510–520. [Lobkina V.A., Gensiorovskii Yu.V., Ukhova N.N. Geoecological problems of snow-disposal areas in cities (by the example of Yuzhno-Sakhalinsk). Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology. 2016; 6: 510–520. (In Russ.).]
5. Королев В.А., Горняков А.К. Оценка влияния противогололедных реагентов на городские территории при инженерно-экологических изысканиях. Инженерные изыскания. 2018; XII(1–2): 66–78. [Korolev V.A., Gorniyakov A.K. Impact assessment of the anti-icing reagents application when conducting engineering-ecological surveys in cities. Engineering survey. 2018; XII(1–2): 66–78. (In Russ.).]
6. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683, дата обращения 24.04.2018). [Water Code of the Russian Federation of June 3, 2006 № 74-ФЗ. (In Russ.).]
7. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М., 2016 (<http://docs.cntd.ru/document/456045544>, дата обращения 15.05.2018). [SP 47.13330.2016. Engineering survey for construction. Basic principles. Moscow, 2016. (In Russ.).]
8. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения от 18.01.2010. М., 2011; 20. [Water quality standards for water bodies of fisheries significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water bodies of fisheries value dated January 18, 2010. Moscow, 2011; 20. (In Russ.).]
9. СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве (http://snipov.net/database/c_4294943489_doc_4293852447.html, дата обращения 10.04.18). [SanPiN 42-128-4433-87. Sanitary norms of permissible concentrations of chemicals in the soil. (In Russ.).]
10. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве (https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/217651, дата обращения 17.04.18). [GN 2.1.7.2511-09. Estimated permissible concentration (ODC) of chemicals in the soil. (In Russ.).]

Where Does the Snow Go?

V.A.Lobkina¹, A.A.Muzychenko¹

¹Far East Geological Institute, Far East Branch of RAS (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia)

The systematic removal of snow from the city streets and its storage at the specific sites has led to the formation of the snow dump sites. One of the difficult geological and environmental problems is the selection of the areas for the snow dump sites; currently this problem is not solved. This article describes the snow dump sites that function in the winter season of 2017–2018 in the south part of Sakhalin, environmental impact of their operation, and the alternative snow disposal options.

Keywords: geoecology, snow dump sites, Sakhalin.

Янтарный край: страницы ископаемой летописи

Э.В.Мычко^{1,2,3}

¹Институт океанологии имени П.П.Ширшова РАН (Москва, Россия)

²Музей Мирового океана (Калининград, Россия)

³Палеонтологический институт имени А.А.Борисяка РАН (Москва, Россия)

Калининградская область — самый западный регион России — богата палеонтологическими находками. Первые научные описания этих окаменелостей восходят к работам европейских ученых середины XIX в. Многие из собранных ими коллекций, по всей видимости, были утрачены во время Второй мировой войны. Лишь несколько экземпляров недавно удалось обнаружить в музеях и частных коллекциях Калининградской области и стран Европы и дать им «новую жизнь» для дальнейших исследований. Сегодня снова возник интерес к изучению палеонтологии региона, после почти пятидесятилетнего перерыва публикуются работы с описаниями новых находок остатков ископаемых организмов.

Ключевые слова: Калининградская область, палеонтология, эрратические валуны, кайнозой, морские рептилии, древние киты, мамонты.

До Второй мировой войны ископаемые Восточной Пруссии активно изучались европейскими учеными. С началом советского периода, когда историческое ядро этой провинции стало Калининградской областью, палеонтологи больше фокусировались на вопросах стратиграфии, не всегда уделяя должное внимание весьма любопытным палеонтологическим материалам, которые аккумулировались в музеях. Фактически с середины XX в. не было публикаций, посвященных палеонтологии края. Важно отметить, что продолжалось изучение инклюзов (включений в янтаре), которым так богата Калининградская земля: публикации о фауне и флоре балтийского янтара выходят с завидной периодичностью. Поэтому в данной статье я намеренно опустил эту обширную тему и попытался отразить сведения о наиболее интересных, заслуживающих внимания, а также о новых палеонтологических находках анклава, но другого типа сохранности и иного стратиграфического интервала, чем биота инклюзов.

Зоценовый зоопарк

На морском побережье Калининградской обл. обнажаются мощные толщи коренных пород кайнозоя. Эти высокие и отвесные утесы, сложенные, как правило, рыхлыми породами (песками, глинами и алевролитами), начали изучать с середины 19-го столетия. Первым, кто описал геологическое стро-



Эдуард Вагифович Мычко, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Института океанологии имени П.П.Ширшова РАН и главный научный сотрудник Музея Мирового океана (Калининград). Научные интересы связаны с изучением трилобитов карбона и перми, ископаемых ракообразных, палеонтологии и стратиграфии Прибалтики.
e-mail: eduard.mychko@gmail.com

ение данных отложений, был известный немецкий естествоиспытатель Э.Г.Цаддах. Его исследования, посвященные геологии и геоморфологии Самбийского п-ова, были опубликованы в нескольких работах [1, 2], в которых ученый детально описал все обнажения на побережье полуострова, сделал первые попытки сопоставления с отложениями других регионов Европы и выделил основные формации, в частности древнюю (зеленых глауконитовых песков) и молодую (бурокаменную). Благодаря тем исследованиям геологи смогли отнести эти образования к двум геологическим системам — третичной и четвертичной.

Первой же исключительно палеонтологической работой, посвященной изучению окаменелостей Самбии, была публикация швейцарского палеонтолога К.Майера-Эймара. В ней [3] ученый описал 35 видов различных ископаемых, обнаруженных в ожелезненных песках и песчаниках фации, так называемой земли кранта, вскрытой на морском побережье между небольшими деревнями Кляйн Курен и Гросс Курен (ныне — поселки Филино и При-

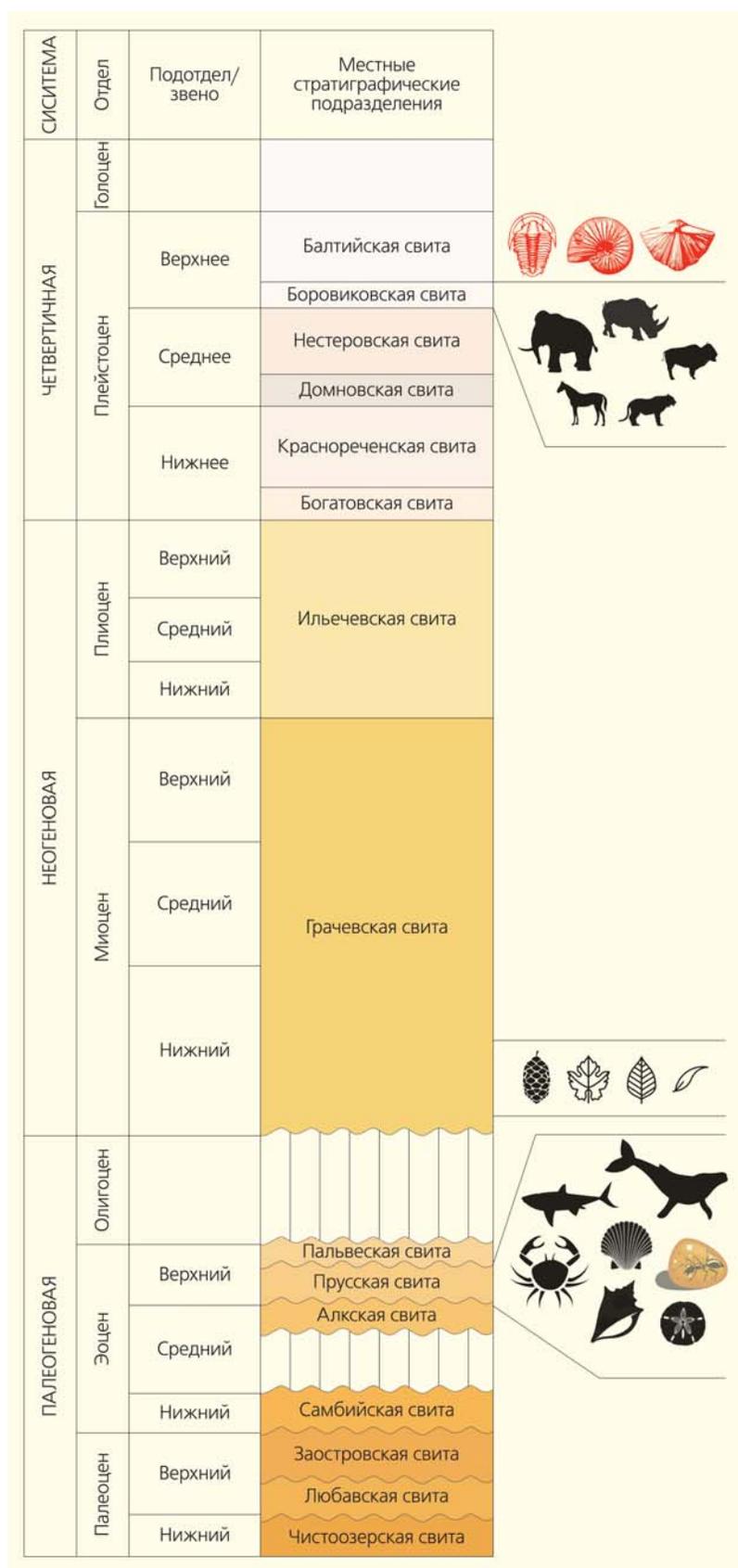


Кайнозойские отложения и карта Калининградской области. Утесы на побережье Самбийского п-ва Калининградской области, сложенные кайнозойскими отложениями: мыс Таран, пески грачевской свиты (а), обрыв у п.Приморье, эоценовый слой оже-
 лезненных песчаников и песков «земля кранта» (б); приморский карьер Янтарного комбината: контакт слоев «зеленая стена»
 и «белая стена» прусской свиты (v) и размыв «голубой земли», основного янтареносного горизонта (r); дочетвертичные отло-
 жения у п.Отрадное (д); карта-схема Калининградской области (е).

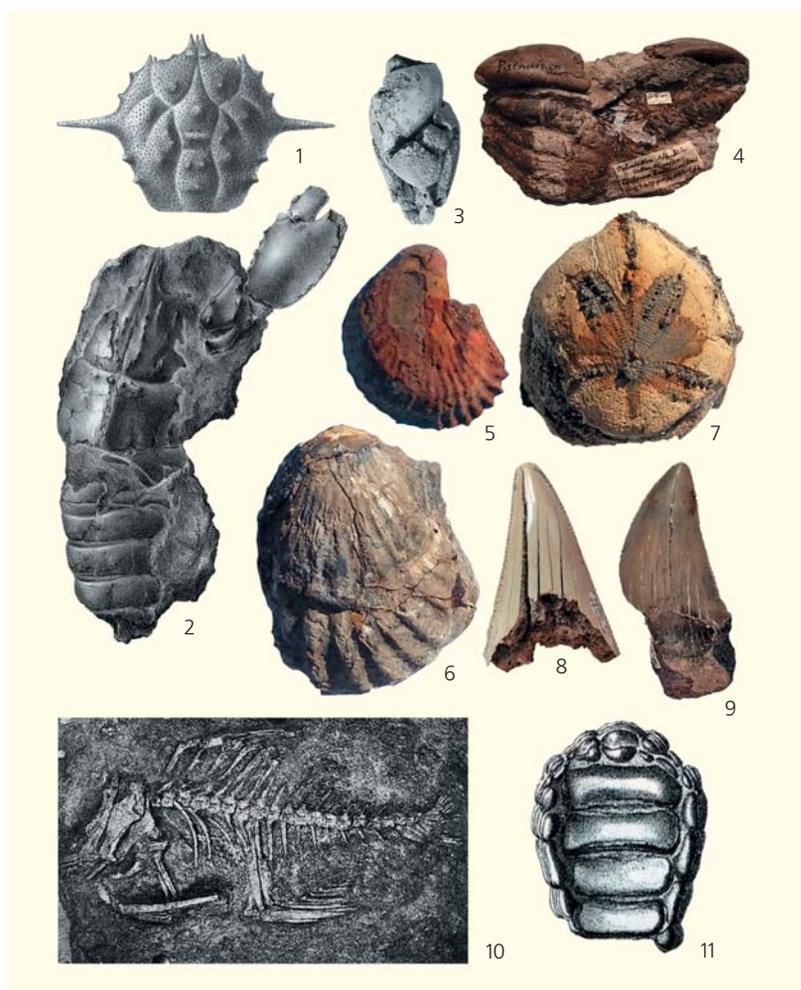
Здесь и далее фото автора

морье). Ископаемые остатки организмов из этих отложений, сформированных в эоцене в мелководных условиях на окраине океана Паратерис, представлены различными беспозвоночными: устрицами и другими двустворчатыми моллюсками, гастроподами и морскими ежами. Обнажения «земли кранта» частично сохранились и в настоящее время доступны для изучения.

Многим известно, что в Калининградской обл. сконцентрированы большие запасы (почти 90% мировых) янтаря-сукцинита. Его россыпи приурочены к отложениям, близким по возрасту к «земле кранта», но залегающим несколько ниже. Этот янтареносный слой имеет собственное название — «голубая земля» — и представлен алевритами зеленовато-голубого цвета. Оба эти образования входят в состав прусской свиты. Помимо многочисленных янтарей окаменелости встречаются также в глиняных катунах и конкрециях. Ключевой фигурой в изучении этих окаменелостей был профессор Кёнигсбергского университета Ф.Нётлинг, опубликовавший фундаментальный труд [4, 5, 6] о фауне «голубой земли» и считавший ее возраст раннеолигоценным. Он описал более 120 видов, ряд из которых представлен новыми таксонами. Фотоснимки во второй половине XIX в. были дорогими, поэтому в палеонтологических работах почти не использовались. Но профессионально нарисованные (с высокой степенью детализации) изображения, приведенные в его работах, дают возможность определить систематическую принадлежность и даже рассмотреть морфологические особенности многих экземпляров. Разделы труда Нётлинга посвящены семи основным группам: брюхоногим и двустворчатым моллюскам, мшанкам, ракообразным (вместе с червями), иглокожим и позвоночным. Коллекция, в которой должны были



Упрощенный стратиграфический разрез кайнозойских отложений Калининградской обл. с отметками концентрации окаменелостей. Красным цветом показаны окаменелости, принесенные ледником (по: [16, 22], с изменениями и дополнениями).



Некоторые ископаемые из эоценовых отложений Самбийского п-ова: 1 — реконструкция панциря краба *Psammocarcinus multispinatus* (Пальникенская шахта, слой «голубая земля» [5, табл.3, фиг.4]); 2 — реконструкция панциря рака *Hoploparia klebsii* («голубая земля» [5, табл.9, фиг.1]); 3 — остатки рака-отшельника *Pagurus damesii* в раковине гастроподы («голубая земля» [20, рис.11]); 4 — панцирь краба *Coeloma balticum* («голубая земля», коллекция Палеонтологического института имени Штеймана, Бонн); 5, 6 — раковины устриц *Ostrea ventilabrum* (фация «земля Кранта»); 7 — морской еж *Maretia grignonensis* (фация «земля Кранта»); 8, 9 — крупные зубы (без корней) ламноидных акул, предположительно принадлежащие представителям рода *Carcharodon* (побережье Самбии, фонды Музея Мирового океана); 10 — скелет рыбы семейства Percidae (Пальникенская шахта, пальвеская свита [12, табл.1]); 11 — костная пластина с глоточными зубами губановой рыбы *Phyllodus sambiemsis* («голубая земля» [11, рис.42]).

находиться описанные им экземпляры, зарегистрирована в фондах Института геологических наук и природных ресурсов в Берлине [7, с.65]. К сожалению, обнаружить ее там не могли ни предыдущие исследователи [8], ни я. Но недавно коллега из Нидерландов, Б.ван Бакель, любезно передал фотографии крабов, которые находятся сейчас в Брюсселе, в личной коллекции бельгийского палеонтолога В.ван Штраалена. Они, несомненно, происходят из сборов Нётлинга. Как эти экземпляры попали к Штраалену, остается загадкой. Но значит, есть на-

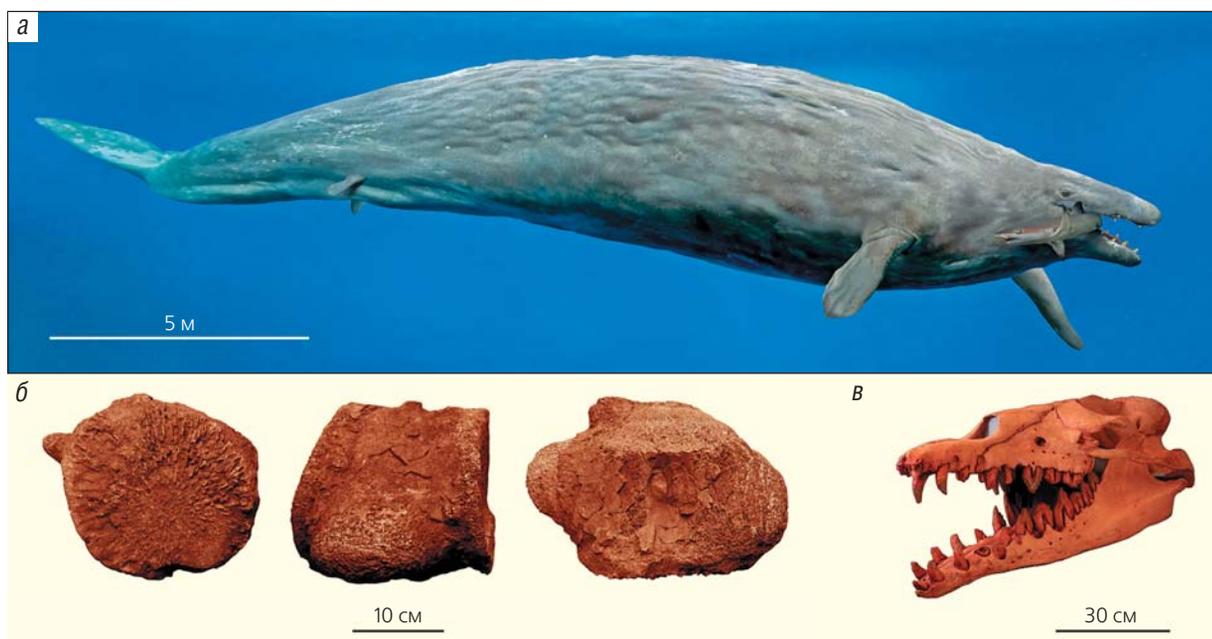
дежда на ревизию и восстановление этой уникальной коллекции.

Комплекс ископаемых остатков позвоночных из «голубой земли», установленный Нётлингом, весьма разнообразен и представлен зубами различных морских животных: химер (два вида), акул (около 27 видов), лучеперой рыбы (один вид) и даже крокодила (один вид). Отдельного внимания заслуживают крупные зубы ламноидных акул, описанные как *Carcharocles angustidens*, *Carcharodon obliquus* и *Carcharodon* sp. Эти таксоны относятся к семейству Otodontidae, некоторые представители которого известны (например, большая белая акула и мегалодон). Вид *Carcharocles angustidens* жил ранее мегалодона и немного уступал размерами этому гиганту. Есть находки целых скелетов представителей этого вида акул, достигавших 9.3 м в длину [9], что больше, чем длина большой белой акулы, самцы которой вырастают до 4.8 м.

Описанные Нётлингом формы — это далеко не полный список ископаемых позвоночных, известных из эоценовых отложений Самбии. Так, в отчетах Физико-экономического общества Кёнигсберга [10, с.43] опубликовано, что в октябре 1892 г. профессор Э.Кокен прочитал лекцию, посвященную позвоночным палеогена Восточной Пруссии. В ней он обратил внимание на уникальные, но неопубликованные находки Э.Цаддаха, хранившиеся на тот момент в Геолого-минералогическом институте при Кёнигсбергском университе-

те. Среди прочего в этой коллекции были отолиты (органы равновесия) костных рыб вида *Arius crassus*, остатки панцирей черепах, крокодилов и даже позвонки питонов! Дальнейшая судьба этих ископаемых тоже неизвестна. Скорее всего, они были утрачены при бомбардировке города в конце Великой Отечественной войны.

В работе профессора А.Йенча приводится изображение редчайшей костной пластины с глоточными зубами губановой рыбы *Phyllodus sambiemsis*, также обнаруженной в «голубой земле» [11].



Реконструкция и фрагменты скелета базилозавра (*Basilosaurus*): а — реконструкция внешнего облика в естественной среде (рисунок Р.В.Евсеева); б — позвонок, обнаруженный в одном из карьеров Янтарного комбината (фонды Калининградского областного историко-художественного музея); в — некрупный целый череп (фонды Музея палеонтологии Мичиганского университета, США).

С начала XX в. изучение макрофаунистических остатков из палеогеновых отложений Самбии практически прекратилось. На это повлияли губительные для науки мировые войны. Более чем за сто лет были опубликованы лишь единичные работы по этой теме. Так, например, Э.Фойгт в янтарной шахте у г.Пальмникен (ныне поселок Янтарный) обнаружил целый скелет рыбы из семейства окуневых и описал его в небольшой статье [12].

Уже в послевоенное время коренные отложения области снова начали изучаться — теперь советскими геологами. В 1970-х годах они выделили различные свиты, детально разработали стратиграфию и провели сопоставление с другими формациями Евразии. Благодаря микропалеонтологическим исследованиям возраст «голубой земли» удревился и стал определяться как позднеэоценовый (приабонский век). Но за это время не вышло ни одной публикации о макрофоссилиях этого возраста и региона. Лишь в совместной работе по стратиграфии [13] известный специалист по ископаемым хрящевым рыбам Л.С.Гликман определил несколько зубов акул из палеогена Самбии.

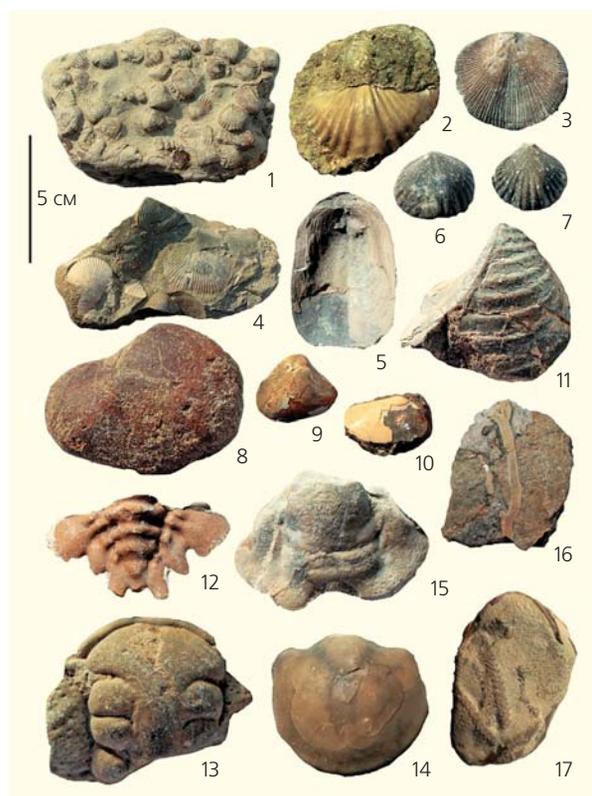
Неизученный материал накапливался и ждал своих исследователей. Так, оказалось, что в фондах Калининградского областного историко-художественного музея (КОИХМ) хранится совершенно уникальная окаменелость, обнаруженная в одном из карьеров Янтарного комбината. Она представляет собой позвонок гигантского ископаемого кита базилозавра. Слои, откуда происходит находка, несомненно, относятся к янтареносным тол-

щам «голубой земли». Это первая и пока единственная находка китообразных в палеогене Прибалтики. Базилозавры достигали гигантских размеров — более 21 м в длину. Они населяли почти все теплые моря планеты, в том числе и северную окраину океана Паратетис, ставшую через 35 млн лет территорией Калининградской обл. Тело базилозавров было более вытянутым и суженным, чем у любых из современных китов. А самая интересная особенность — наличие небольших рудиментарных задних ног, унаследованных от их сухопутных копытных предков — пакицетов*.

Экзотические окаменелости из ледниковых отложений

Если пройтись по пляжам Самбийского п-ова, особенно в окрестностях мыса Таран или г.Светлогорска, можно заметить большое количество валунно-галечного материала, представленного как магматическими, так и осадочными породами. Нередко последние содержат окаменелости, относящиеся к разным геологическим системам: поблизости друг от друга можно обнаружить валуны известняка с ордовикским трилобитом и валуны песчаника с юрским аммонитом. Как же могло образоваться такое палеонтологическое «попурри»? Чтобы от-

* О базилозавре и об эволюции китообразных см.: Лопатин А.В. Эволюционная история китообразных: морское путешествие продолжительностью 55 миллионов лет // Природа. 2018. №5. С.32–42.



Окаменелости из ледниковых отложений с побережья Самбийского п-ова: 1–7 — брахиоподы (1, 6, 7 — *Cameralla* sp., ордовик, 2 — *Cytopsirifer* sp., девон, 3 — *Dalmanella* sp., ордовик, 4 — *Protochonetes* sp., силур, 5 — *Lingula* sp., ордовик); 8–11 — двустворчатые моллюски, средняя юра (9 — *Nucula* sp., 10 — *Grammatodon* sp., 11 — *Trigonia* sp.); 12–15 — трилобиты, ордовик (12 — пигидий *Paraceraurus aculeatus*, 13 — цефалон *Paculeatus*, 14 — пигидий *Illaenus*?, 15 — гипостома, предположительно представитель семейства *Cheiruridae*); 16, 17 — мшанки, ордовик; 18–20 — аммониты, средняя юра, келловейский ярус (18 — представитель подсемейства *Cardioceratinae*, 19 — *Quenstedtoceras* sp., 20 — *Subvertebriceras zenaidae*); 21–24 — роостры белемнитов, верхний мел, сеноманский ярус (21 — *Hibbolites* sp., 22–25 — *Belemnitella* sp.); 25–30 — наутилоидеи и ортоцератоидеи, ордовик (25 — отпечаток раковины *Trocholites*?, 26 — *Armenoceras*?, 27 — *Proterovaginoceras*?, 28–30 — «*Orthoceras*»).

ветить на этот вопрос, нам придется перенестись в плейстоценовую эпоху, когда территория всей Северной Евразии была покрыта ледником.

Господствовавший в раннем кайнозое теплый и влажный климат уже в раннем олигоцене сменился более прохладным. С каждым тысячелетием климат планеты становился холоднее, пока около 3 млн лет назад не наступил ледниковый период, характеризующийся чередованием относительно теплых межледниковых и холодных ледниковых эпох. Последняя ледниковая эпоха, или, как называют ее для Восточно-Европейской равнины, валдайское оледенение, началась около 115 тыс. лет назад и закончилась примерно 11,7 тыс. лет назад. За это время большая часть Северного полушария неоднократно покрывалась многокилометровыми толщами ледников, медленно двигавшихся из арктических областей. Они выпаживали, а затем переносили на тысячи километров значительные объемы горных пород. Не один раз ледник наступал на территорию Прибалтики, принося с собой тонны каменного материала из Скандинавии и с террито-

рии, которая позже стала дном Балтийского моря. Во время потеплений ледник отступал, тая и формируя такие формы рельефа, как морены и зандры. Весь перемешанный материал, принесенный ледником, остался на новом месте, за сотни километров от материнских отложений.

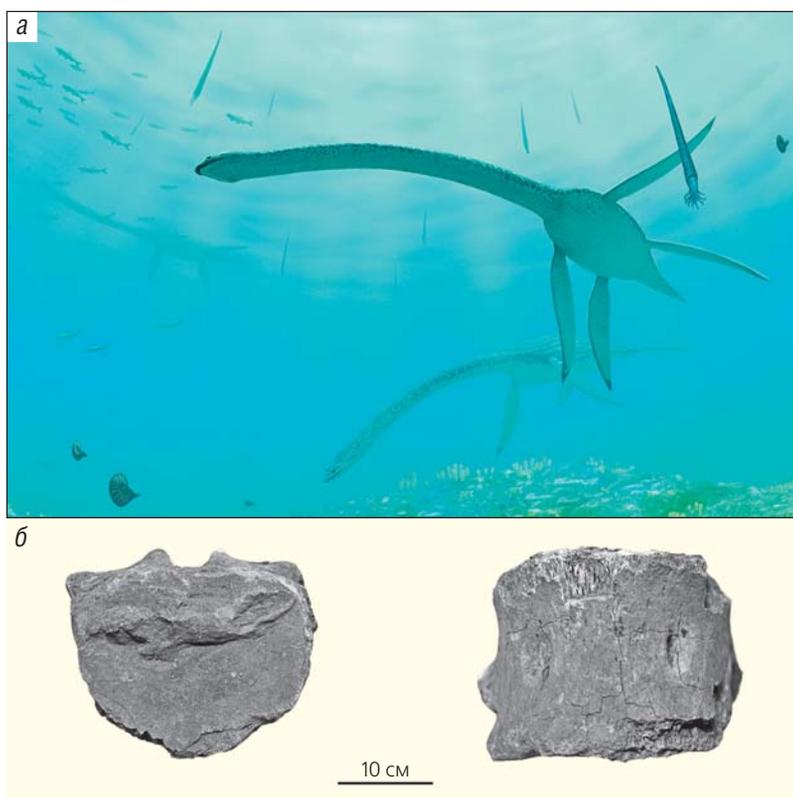
Палеонтологическое «попурри». Исследования ископаемых из морен проводились рядом ученых [4, 14, 15 и др.], а естественнонаучная коллекция Провинциального музея в Кёнигсберге насчитывала тысячи разнообразных и редких фоссилий из ледниковых отложений Восточной Пруссии [11]. К большому сожалению, интерес к изучению этих окаменелостей угас в послевоенное время, когда не было опубликовано ни одной серьезной работы, посвященной этой теме. Материал отбирался лишь любителями палеонтологии или случайными людьми, а коллекции музеев Калининграда крайне редко пополнялись такими находками. В то же время немецкие и польские палеонтологи издали немало работ, посвященных изучению окаменелостей из ледниковых отложений Балтики.

Благодаря деятельности ледника на территории области повсеместно развиты мощные (до 270 м) плейстоценовые образования — чередование отложений межледниковых (речные и озерные отложения) и ледниковых (морены) эпох, которые подразделяются на ряд горизонтов [16]. Наиболее важен куршский горизонт, распространенный почти повсеместно. Его отложения вскрыты в долинах рек, оврагов и на морском побережье. По данным В.А.Загородных с соавторами, в этих толщах отмечено высокое содержание обломков осадочных пород (до 75%), и, как следствие, большое количество окаменелостей [16].

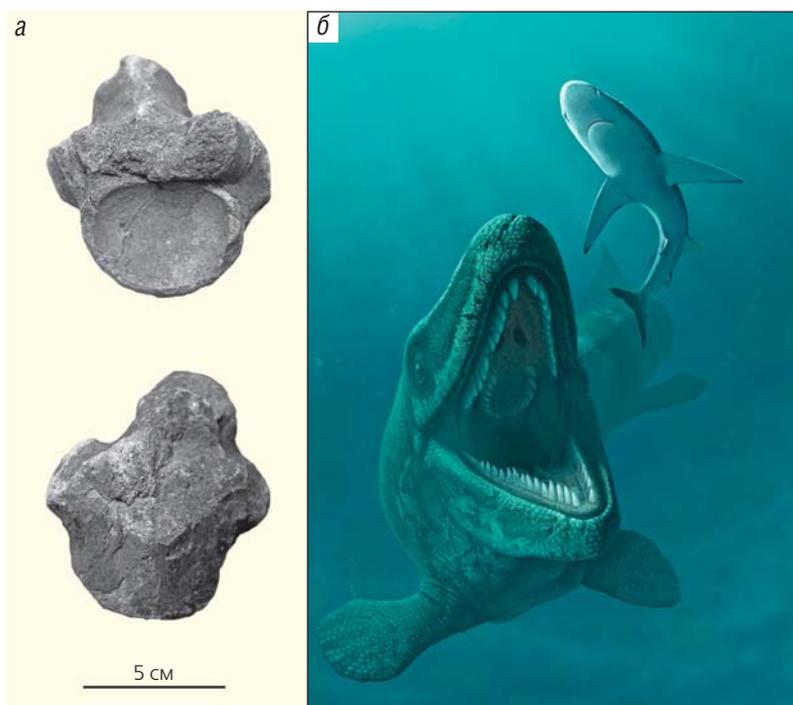
По моим наблюдениям, возраст и тип пород, содержащих палеонтологический материал, очень разнообразен. Очень часты находки серых ордовикских известняков, силурийских ракушечников и криноидных известняков, светло-розовых и желтоватых доломитов девона, юрских песчаников светло-бурой окраски, многочисленных серых алевролитов и кремнистых конкреций мелового возраста. Эти породы содержат много ископаемых остатков, среди которых часто встречаются губки, кораллы, брахиоподы, двустворки, трилобиты, мшанки, граптолиты, аммониты, белемниты и другие головоногие моллюски.

Выяснить точно происхождение этих ископаемых вполне возможно, поскольку понятна примерная траектория движения ледника, возраст искомым окаменелостей и стратиграфия дна Балтийского моря. Этого объема данных хватает для подобной реконструкции.

Морские ящеры из ледниковых отложений. В ходе изучения позвонков ископаемого кита (о котором я рассказывал в главе «Эоценовый зоопарк») обнаружилось три любопытных окаменелых позвонка без этикеток и номеров. Откуда происхо-



Эласмозавр: а — реконструкция эласмозавра в естественной среде обитания (рисунок А.А.Атучина); б — шейный позвонок, обнаруженный около г.Гумбиннен (ныне г.Гусев) и описанный Г.Шрёдером как вид *Plesiosaurus Helmersenii* (фонды КОИХМ).



Мозазавр: а — хвостовой позвонок мозазавра из окрестностей г.Пройшиш-Холланда (ныне г.Пасленк, Польша, в 40 км от южной границы Калининградской обл.), описан Г.Шрёдером как вид *Plesiosaurus ichthyospondylus* (фонды КОИХМ); б — реконструкция мозазавра в погоне за акулой (рисунок А.А.Атучина).

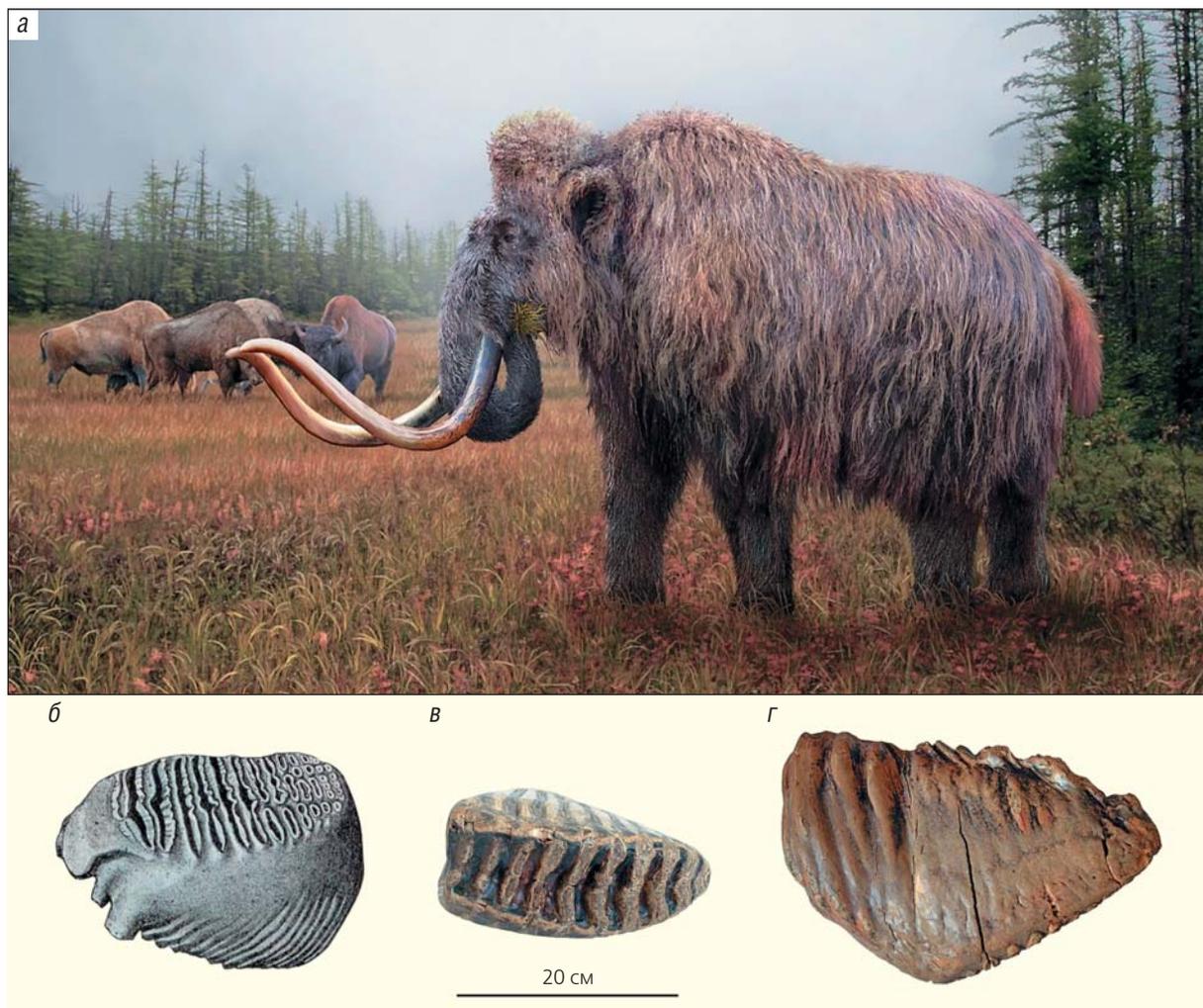
дили эти экземпляры, никто из сотрудников музея не знал. Их фотографии отправили российским специалистам по морским рептилиям мезозоя. Спустя непродолжительное время пришел ошеломляющий ответ от Н.Г.Зверькова: позвонки происходят из коллекции немецкого палеонтолога Г.Шрёдера, до того времени считавшейся полностью утраченной! Нет сомнений, что именно эти позвонки изображены в его работе [15] и описаны им как три разных вида *Pliosaurus ? gigas*, *Plesiosaurus Helmersenii* и *Plesiosaurus ichthyospondylus*. По современным данным, первые два вида — это представители эласмозавров, а третий, небольшой позвонок принадлежит мозазавру.

Удивительно, что эти окаменелости были найдены не в коренных отложениях Восточной Пруссии, а в моренных отложениях! Невероятное везение позволило Шрёдеру обнаружить эти уникальные фоссилии в разрозненном валунно-галечном материале, принесенном ледником.

Большая часть коллекции Шрёдера, скорее всего, утрачена. В ней имелись и очень ценные экземпляры. Например, голотип вида *Plesiosaurus balticus*, представленный шейным позвонком с сохранившемся остистым отростком. Этот экземпляр был обнаружен в морене в окрестностях г.Мальборк (Польша) [15] и изображен в более поздних работах [11, рис. 49].

Калининградская тундростепь

Обширный плейстоценовый биом, названный тундростепью, занимал некогда большую часть площади Северного полушария, включая территорию современной Калининградской обл. Климат, в котором существовал этот биом, был сухим и холодным, растительный мир представлен злаками и разнотравьем. Тот мир был непохож на современную тундру, где господствует влажный климат, травяной ярус формируют мхи, а самое крупное



Шерстистый мамонт (*Mammuthus primigenius*): а — реконструкция внешнего вида (рисунок Р.В.Евсеева); б — рисунок зуба мамонта, обнаруженного у дер.Пушдорф (ныне пос.Пушкарево Черняховского р-на) [11, рис. 7]; в — зуб ювенильной особи, обнаружен в карьере у г.Гусева, г — крупный зуб (фонды Музея Мирового океана).

животное — северный олень. Древнюю тундростепь населяли иные животные, намного крупнее и разнообразнее нынешних представителей фауны Крайнего Севера. Комплекс животных тундростепи ученые объединяют под термином «мамонтовая фауна».

Редкие находки этой фауны в Восточной Пруссии известны еще с XIX в., но, к сожалению, основательно они не изучались. Стоит отметить публикацию А.Йенча [11, с.24–25], в которой упоминаются ископаемые остатки плейстоценовых животных, найденные в Восточной Пруссии, а также изображен зуб шерстистого мамонта, обнаруженный около дер.Пушдорф (ныне пос.Пушкарево). Замечательно, что в последние годы, по прошествии весьма продолжительного периода времени, начали вновь выходить работы [17–19], посвященные этой тематике.

Приведу сведения о наиболее значимых находках мамонтовой фауны на территории Калининградской обл.

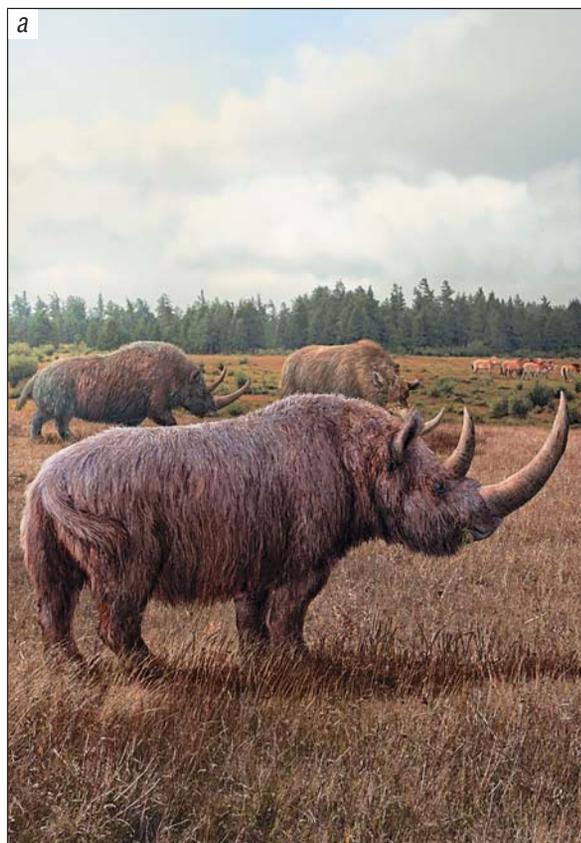
В 2014 г. в фонды Музея Мирового океана попал проксимальный фрагмент лопатки шерстистого носорога, который обнаружили на территории заброшенных карьеров у пос.Ровное. А в 2015 г. в одном из карьеров у пос.Талпаки были найдены почти полная лучевая и полная третья пястная кости такого животного [19].

На территории области зарегистрировано не менее четырех местонахождений шерстистого мамонта [18], остатки которого представлены как костями, так и зубами различной сохранности. Недавно опубликована заметка [17] об определении изотопного возраста костей мамонтов из Калининградской обл. Установлено, что животные жили ранее 45 тыс. лет назад, а их распространение совпадает с потеплением во время валдайского оледенения. Отложения, из которых происходят эти ископаемые остатки, относятся к боровиковской свите.

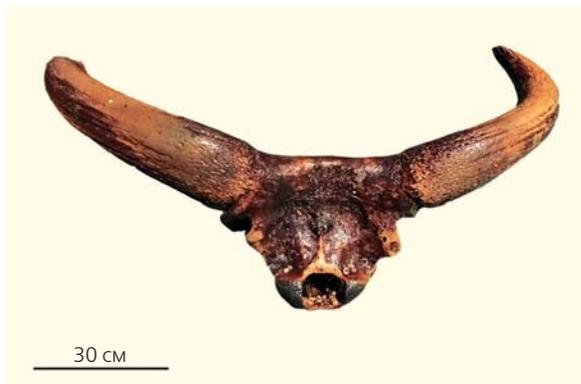
В июне 2018 г. на дне Балтийского моря (на глубине 24 м) напротив г.Зеленоградска водолазы обнаружили задний фрагмент черепа евразийского тура. По мнению некоторых специалистов Атлантического отделения Института океанологии имени П.П.Ширшова РАН (г.Калининград), на такой глубине этот фрагмент оказался в позднем плейстоцене — раннем голоцене. Этот любопытный экземпляр пока еще не описан и ждет своего изучения.

* * *

С каждым годом растет число новых интересных находок ископаемых в Калининградской обл. Так, недавно были обнаружены кости пещерного льва, которые скоро будут описаны в отдельной публикации. В июне 2018 г. рыбаки передали Музею Мирового океана затылочную кость синего



Шерстистый носорог (*Coelodonta antiquitatis*): а — реконструкция внешнего вида (рисунок Р.В.Евсеева), б — проксимальный фрагмент лопатки, обнаруженный у пос.Ровное Гвардейского р-на (фонды Музея Мирового океана).



Фрагмент задней части черепа тура (*Bos primigenius primigenius*), обнаруженный на дне Балтийского моря у г.Зеленоградска в июне 2018 г. (фонды Музея Мирового океана).



Затылочная кость синего кита, обнаруженная на дне Балтийского моря в июне 2018 г.

кита, вероятней всего голоценового возраста, поднятую тралом со дна Балтийского моря.

Есть ряд любопытных данных, требующих дополнительной проверки, но нуждающихся в предании огласке. К примеру, ныне покойный В.А.Загородных опубликовал небольшую заметку, которая посвящена находкам янтарей в отложениях каменной соли позднепермского возраста, поднятой в одной из скважин области, но не указал место хране-

ния материала. Если информация подтвердится и удастся обнаружить образцы, то можно будет считать эти янтари самыми древними на планете.

За долгие годы, как в фондах музеев Калининграда, так и в частных коллекциях накопилось много нового материала, еще не изученного. Поэтому предстоит долгий и увлекательный процесс исследований и, как следствие, новые открытия в палеонтологической истории Калининградской обл. ■

Выражаю искреннюю благодарность М.А.Поповой за предоставленные для изучения материалы из фондов Калининградского областного историко-художественного музея; художникам Р.В.Евсееву и А.А.Атучину, любезно позволивших проиллюстрировать статью своими картинками; палеонтологам М.В.Рогову, А.В.Бродскому, М.В.Григорьеву, К.К.Тарасенко, Н.Г.Зверькову и Е.С.Казанцевой за помощь в определении некоторых ископаемых, упомянутых в работе; Л.Д.Башировой, Н.К.Семенову и П.А.Безносову за ценные замечания по тексту статьи.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института океанологии имени П.П.Ширшова РАН (тема №0149-2019-0013).

Литературы / References

1. Zaddach E.G. Über die Bernstein- und Braunkohlenlager des Samlandes. Schriften der Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. 1860; 1: 1–44.
2. Zaddach E.G. Das Tertiärgebirge des Samlandes. Schriften der Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. 1867; 8: 85–197.
3. Mayer K. Faunula des marinen Sandsteines von Kleinkubren bei Königsberg. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gessellschaft in Zürich. 1861; 6: 1–109.
4. Noetling F. Ueber das Alter der samländischen Tertiärformation. Zeitschrift der deutschen geologischen Gessellschaft. 1883; 35: 671–694.
5. Noetling F. Die Fauna des Samländischen Tertiärs. Teil I (Vertebrata, Crustacea und Vermes, Echinodermata). Abhandlungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. 1885; 6(3): 1–216.
6. Noetling F. Die Fauna des Samländischen Tertiärs. Teil II (Gastropoda, Pelecypoda, Bryozoa, Geologischer Theil). Abhandlungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. 1888; 6(4): 1–109.
7. Daniels C.H. von, Heinke A., Heunisch C. et al. Wissenschaftliche Originale in den Sammlungen BGR/NLFB Hannover und BGR Berlin. Berlin, 1999; 93.
8. Busulini A., Beschin C., Tessier G. A re-evaluation of extinct European crabs referred to the genus *Calappilia* A.Milne Edwards in Bouillé, 1873 (Brachyura, Calappidae). Proceedings of the 5th Symposium on Mesozoic and Cenozoic Decapod Crustaceans, Krakow, Poland, 2013: A tribute to Pál Mihály Müller. Scripta Geologica. 2014; 147: 193–219.
9. Gottfried M.D., Fordyce R.E An associated specimen of *Carcharodon angustidens* (Chondrichthyes, Lamnidae) from the Late Oligocene of New Zealand, with comments on *Carcharodon* interrelationships. Journal of Vertebrate Paleontology. 2001; 21(4): 730–739.
10. Bericht über die in den Sitzungen der Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg in Pr. gehaltenen Vorträge im Jahre 1892. Schriften der Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. 1892; 33: 1–414.

11. *Jentzsch A.* Führer durch die geologischen Sammlungen des Provinzialmuseums der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. Königsberg, 1892.
12. *Voigt E.* Ein Fischskelett aus dem unteroligozänen Grünsand von Palmnicken im Samland. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. 1937; 89(2): 72–76.
13. *Жарков М.П., Гликман Л.С., Каплан А.А. и др.* О возрасте палеогена Калининградской области. Известия АН СССР: Сер. геологическая. 1976; 1: 132–135. [*Zharkov M.P., Glikman L.S., Kaplan A.A. et al.* O vozraste paleogena Kaliningradskoy oblasti. Proceedings of the USSR Academy of Sciences: Ser. Geological. 1976; 1: 132–135. (In Russ.).]
14. *Schröder H.* Ueber senone Kreidageschiebe der Provinzen Ost- und Westpreussen. Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft. 1882; 34: 243–287.
15. *Schröder H.* Saurierreste aus der baltischen oberen Kreide. Jahrbuch der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin. 1884; 5: 293–333.
16. *Загородных В.А., Довбня А.В., Жамойда В.А.* Стратиграфия Калининградского региона. Калининград, 2001. [*Zagorodnykh V.A., Dovbnya A.V., Zhamoyda V.A.* Stratigrafiya Kaliningradskogo regiona. Kaliningrad, 2001. (In Russ.).]
17. *Кузьмин Я.В., Плихт Й. ван дер, Мартынович Н.В., Гришанов Г.В.* Первые радиоуглеродные даты по костям мамонтов (*Mammuthus primigenius*) в Калининградской области (Россия). Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры: Материалы международной конференции. Иркутск, 2016; 38–42. [*Kuzmin Ya.V., Plikht Y. van der, Martynovich N.V., Grishanov G.V.* Pervyye radiouglerodnyye daty po kostyam mamontov (*Mammuthus primigenius*) v Kaliningradskoy oblasti (Rossiya). Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy, paleoecology, culture. Materials international conference. Irkutsk, 2016; 38–42. (In Russ.).]
18. *Мартынович Н.В., Гришанов Г.В.* Остатки мамонтовой фауны в Калининградской области. Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Иркутск. 2015; 303–305. [*Martynovich N.V., Grishanov G.V.* Ostatki mamontovoy fauny v Kaliningradskoy oblasti. Fundamental problems of the Quarter, the results of the study and the main directions of further research. Irkutsk, 2015; 303–305. (In Russ.).]
19. *Мартынович Н.В., Гришанов Г.В.* Шерстистый носорог (*Coelodonta antiquitatis*) в Калининградской области. Байкальский зоологический журнал. 2016; 2(19): 44–47. [*Martynovich N.V., Grishanov G.V.* Sherstistyy nosorog (*Coelodonta antiquitatis*) v Kaliningradskoy oblasti. Baikal Zoological Journal. 2016; 2(19): 44–47. (In Russ.).]
20. *Jagt J.W.M., Bakel B.W.M. van, Fraaije R.H.B., Neumann C.* In situ fossil hermit crabs (Paguroidea) from northwest Europe and Russia. Preliminary data on new records. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 2006; 23: 364–369.
21. *Rosentau A., Bennike O., Uścińowicz S., Miotk-Szpiganowicz G.* The Baltic Sea Basin. Submerged Landscapes of the European Continental Shelf: Quaternary Paleoenvironments. Hoboken (NJ, USA), 2017; 103–133. Doi: 10.1002/9781118927823.ch5.
22. *Лукьянова Н.В., Богданов Ю.Б., Васильева О.В. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N-(34). Калининград. Объяснительная записка. СПб., 2011. [*Lukyanova N.V., Bogdanov Yu.B., Vasileva O.V. et al.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 1 000 000 (tretye pokoleniye). Seriya Tsentralno-Evropeyskaya. List N-(34). Kaliningrad. Explanatory note. Saint-Petersburg, 2011. (In Russ.).]

Pages of the Fossil Record of the Amberland

E.V. Mychko^{1,2,3}

¹Shirshov Institute of Oceanology, RAS (Moscow, Russia)

²Museum of the World Ocean (Kaliningrad, Russia)

³Borissiak Paleontological Institute, RAS (Moscow, Russia)

The most western region of Russia, Kaliningrad oblast, is very rich in paleontological findings. Their first scientific descriptions are traced into the works of European scientists of the mid-XIX century. Many of the picked by them collections were apparently lost during the Second World War. However, several specimens recently were found in some museums and private collections of Kaliningrad oblast and European countries. This allows to give them new lease of life for further research. These days the interest to the studies of the region's paleontology has reappeared — for the first time in almost half-a-century, the works dedicated to the descriptions of new fossils of Kaliningrad oblast have been published.

Keywords: Kaliningrad oblast, paleontology, erratic boulders, Paleogene, Pleistocene, marine reptiles, ancient whales, mammoths.

На старой дороге: работы 2015 года в Зарядье

член-корреспондент РАН Л.А.Беляев

Институт археологии РАН (Москва, Россия)

В статье интерпретируются сведения о раскопках, проведенных Институтом археологии РАН в 2015 г. в районе Мытного двора, на трассе Мокринского переулочка (Великой улицы). Эти работы стали ключом к пониманию роли прибрежной части ранней Москвы — ее Подола в черте будущего Китай-города — для формирования столицы Московского царства. Стратиграфия и состав находок указывают на максимальное развитие этой части посада во второй половине XIV — первой половине XVI в. Приведены наиболее важные находки (в их числе новая берестяная грамота). Анализ дан на фоне открытий, совершенных в Зарядье в конце 1940–1950-х годов, выводы которых существенно пересмотрены: так, первичное освоение приречной полосы отнесено теперь не к XI–XII вв., а к XIII в. Охарактеризована приречная зона, городская топография, особенности городской инфраструктуры, ландшафт в эпоху до возникновения Москвы.

Ключевые слова: развитие ранней Москвы, археология XIII–XVII вв., освоение приречного ландшафта, дороги и городская инфраструктура, берестяные грамоты.

Зарядье — колыбель московской археологии. Именно здесь впервые был систематически изучен «мокрый слой», т.е. насыщенная влагой толща культурных отложений. Изначально влажный, такой слой сохраняет органические вещества, включая дерево — важнейший природный материал, определявший образ жизни древнерусского человека. Постепенно слой

начинает и сам притягивать воду: рыхлые отложения, полные древесной коры и щепы, всасывают ее, как губка, а отдают неохотно.

В топографическом отношении Зарядье — продолжение Кремля в его приречной части Подола. Это самая низменная часть торгово-ремесленной и усадебной зоны Москвы, главного городского Посада. Посад рос от нынешней Красной площади по плато, зажтому между реками Москвой и Неглинной; их долины постепенно расходились к востоку. Плато разрезали три главные улицы Посада, тянувшиеся от ворот Кремля: северная — Никольская, центральная — Ильинская и южная — Варварская (Варьская). Зарядье лежало еще южнее, оно как бы прижато к берегу Москвы-реки и «всползает» по косограм на край надпойменной террасы. На этом склоне сложился особый район, получивший в конце XV в. свое название как участок за «рядами» — торговой зоной с лавками и складами, лежавшей ближе к современной Красной площади.

Приречная территория не была удобна для жизни — здесь слишком сыро, да и рельеф неров-



Леонид Андреевич Беляев, доктор исторических наук, член-корреспондент РАН, заведующий отделом археологии Московской Руси Института археологии РАН, главный редактор журнала «Российская археология». Область научных интересов — средневековая археология, археология и искусство авраамических религий, гнесеология археологии.
e-mail: labeliaev@bk.ru

ный. Но в XIV–XV в. тут можно было ловить рыбу и запасать сено (в пойме реки имелись еще луга), заниматься пожароопасными ремеслами (кузнечное, гончарное), а также потреблявшими много воды (кожевенное). Здесь проще было огородничать — многие культуры нужно постоянно поливать. По реке удобнее было перевозить товары и вообще перемещаться — летом по воде, зимой по льду (на замерзшей реке даже устраивали специальный торг).

Надежный документ 1430-х годов «Запись о душегубстве» назвал здесь четыре топонима: зону ограничивали *Варьская улица* и *Вострый конец*, его центром была *церковь Николы Мокрого на Великой улице*. Улица Варварка и храм сохранялись до XX в., а Острый конец упомянут во множестве текстов, поэтому Великую улицу легко идентифицировать — это переулок, известный в XVII–XX вв. как Мокринский. За словом Великая, кстати, нет указания на особую историческую значимость — его лучше понимать как «большая», «очень большая» (иногда так и писали: Большая; почтовых правил

не было, и нашу улицу часто называли по престолам церквей: Всехсвятская, Знаменская, Большая Покровка).

Великую улицу у реки упоминали примерно 200 лет, до середины XVI в., но затем топоним исчез. Почему, спрашивается? Ведь на известных видах-планах города, «Годуновом» и «Петровом», отчетливо видна приречная трасса, даже мощенная деревом. Дело в том, что в органичный рост города вмешалась военная логика: богатый Посад нужно было защитить. Для этого в регентство Елены Глинской итальянский архитектор Петрок Малой возвел в 1535–1538 гг. новую городскую крепость, названную Китай-городом*. Ее стены охватили плато вдоль рек и образовали с востока внешнюю по отношению к Кремлю линию обороны. Фортификация была передовой: сравнительно невысокие толстые стены с выдвинутыми башнями выдерживали огонь мощной осадной артиллерии, а с раскатов было удобно обстреливать осаждающих.

Новая крепость помогла развитию Посада, но для его южной приречной части стала препятствием: стена Китай-города перекрыла подход к реке и движение вдоль нее. Варварка, с ее дворами знати, богатых купцов и иностранных представителей (Английский двор), в XVI–XVII вв. оттеснила Великую, и Зарядье превратилось в тесные, грязные задворки, имевшие в городе дурную славу (именно здесь гнездились сообщники знаменитого уголовника XVIII в. — Ваньки Каина).

Историки и археологи привлекали к Великой улице особенности топографии. Полагали, что жизнь столицы началась «с воды», а эта трасса была самой близкой к Москва-реке. Престол главной церкви Зарядья посвящен покровителю путешественников и торговцев, Николаю Мирликийскому, что наводило на мысль о связи района с торговом, а прозвище «Мокрый» — на идею навигации (или на то, что его участок заливало в половодье). Рядом разместили древнюю пристань, считая путь от нее до Кремля одной из первых городских дорог. Наконец, на улице стояла одна из городских таможен — Мытный двор. Следовательно, улица могла называться Великой потому, что была одним из устойчивых путей в Кремль? А если так — не древнейший ли это район Москвы?

Немудрено, что археологи охотно работали в Зарядье. Они пришли сюда еще до Великой Отечественной войны, продолжив исследования к празднованию 800-летия города. В середине 1940-х Институт истории материальной культу-

* Стена была сначала временной деревянной, затем каменной: в 1534 г. заложиша град землен, от каменного града [Кремля. — Л.Б.] възле Неглиману к живоначальной Троицы на площадку, а оттоле на Васильевской луг х Козме и Дамьяну, к Москве реке, и възле реку Москву х каменной же стене приведоша [1, с.82].



Культурный слой Зарядья — нижняя часть, слой XIV–XV вв. (фото 2015 г.).

Здесь и далее фото
Московской археологической экспедиции
Института археологии РАН



План Китай-города с основными улицами, начало XIX в. Российский государственный исторический архив.



Вид на Зарядье в 1911 г. (часть картины К.Ф.Юона «Москворецкий мост»).



б



Церковь Святого Николая Мирликийского на Великой улице: а — реконструкция художника В.А.Рябова; б — иконка святого Николая из раскопа №7/2015. Медный сплав, литье, цветная эмаль (утрачена), размеры 2×3 см. Конец XIV — XV в.



Раскоп №7/2015. Верхний настил бревенчатой мостовой Великой улицы — вид с севера.

ры* АН СССР учредил Московскую археологическую экспедицию, в том числе для изучения Зарядья. Во главе встал молодой энергичный ученый М.Г.Рабинович**. Именно в Зарядье сформировалась школа московской археологии***, были заложены основы представлений о раннем периоде развития города, написаны первые диссертации и книги. Здесь корректировали керамическую стратиграфию Москвы и составляли таблицы типовых изделий из дерева (в их числе даже хронологическую таблицу гробов), кожи, стекла, металлов (включая важные для датировки замки, ключи, предметы вооружения). Завершение строительства гостиницы «Россия» приостановило исследования, но после ее сноса начался новый этап (2006–2017), так что археологи 75 лет почти не уходили из Зарядья.

* После 1959 г. — Институт археологии АН СССР, ныне РАН.

** В период борьбы с «космополитизмом» известный историк, этнограф и археолог Михаил Григорьевич Рабинович (1916–2000) был снят с должности руководителя экспедиции и уволен из института. Но его книга о древней Москве [2] в большой мере основана на материалах Зарядья.

*** До этого археологи в Москве почти не работали. История московской археологии описана в работах А.А.Формозова и моих (см.: [3]).

Из десятков раскопов особую роль сыграл раскоп №7/2015 на древней трассе Мокринского переулка (Великой улицы), в районе Мытного двора, хотя на нем было изучено не более полутора десятков метров самой улицы.

В верхних частях (соответствуют XVI–XVIII вв.) Великая была вымощена поперечными бревнами по лагам. Она оказалась весьма широкой — не менее 4.5–5 м в поперечнике. Но ниже мощение исчезало, улица тогда была еще грунтовой дорогой, вдоль края которой шли оси водоводов (от деревянных XIV–XV вв. до чугунных и керамзитовых труб), столетиями не менявшие направления. Слой, оставленный дорогой, — это коричнево-серый суглинок, насыщенный мелкой щепой, веточками и другой органикой: шерстью, мелкими костями животных, фрагментами текстиля и кожи. В такой однородной среде, как рыбы в аквариуме, висели многочисленные мелкие находки. А вот крупных почти не было. Даже вездесущая в городских слоях керамика представлена только мелкими и редкими фрагментами. Обилие монет позволило установить хронологию, ведь на дороге не бывает перекопов. Большую коллекцию образовали другие предметы из металла — украшения, части книжных переплетов, оружие, свинцовые «грузики», замки и ключи, но крупных орудий труда среди них мало.



Раскоп №7/2015. Зачистка предматерикового слоя: лунки от копыт животных с втопанной в них щепой.

Монеты исчезли на уровне около 1 м над материком* — эта линия отметила последнюю четверть XIV в. — время, когда чеканка русских удельных княжеств стала более-менее регулярной. Ниже еще встречались находки «ордынского слоя», но вскоре исчезли и они. По материком была отмечена масса мелких лунок, непохожих на ямки сада или огорода. Это — следы копыт крупного рогатого скота в светло-серой глине материкового грунта, место скотопрогонной тропы над берегом реки. На ней найдены части трех украшений: решетчатого перстня, трехбусинного височного кольца и пластинчатого браслета. Эти характерные для домонгольской Руси вещи, как будто подобранные «по учебнику», первые москвички потеряли в XIII в.

Спорово-пыльцевой анализ материкового грунта (проведенный Е.Г.Ершовой в лаборатории геоботаники и экологии растений кафедры геоботаники Биологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова) показал, что до эпохи формирования культурного слоя (т.е. не позднее XII–XIII вв.) в пойме Москвы-реки росли леса, в которых доми-

нировали липа, ель, и позднее сосна. С началом освоения поймы и формированием культурного слоя древесный полог резко сократился и распространилась луговая растительность; с тем же периодом связаны первые признаки земледелия. Вероятно, ему предшествовал недолгий период сильных разливов, вследствие чего верхний слой лесной почвы был размыв и переотложен. Таким образом, раскоп №7/2015 представил полную хронологическую шкалу от XII–XIII вв. до нашего времени и во многом изменил картину, нарисованную археологами в XX в.

В 1940-х годах, когда Рабинович, изучая Зарядье, открыл в толще «мокрого слоя» целый деревянный город, наука осознала и ценность влажных слоев Великого Новгорода: раскрытие «Руси деревянной» началось в обоих городах почти одновременно. Наслоения в 4–5 м вызвали изумление мощностью и обилием сооружений, а также сложной, явно городской инфраструктурой. Археологи знали тогда об остальных районах Москвы мало и потому преувеличили значение открытого ими «клондайк». Они восприняли его как городской район, плотно застроенный уже в XII — начале XIII в. Ремесленное производство сочли ранней индустрией, работавшей на рынок. Заселение возводило к докняжеской эпохе — к XI в. Казалось, что об этом говорят впервые найденные тогда

* Материком в археологии называют слой почвы или напластования, располагающиеся под культурным слоем и не содержащие следов деятельности человека.

в Москве южные завозные товары: пряслице из красноватого пирофиллита, кусочки стеклянных браслетов (их тогда считали исключительно домонгольскими) и др.

Сегодня ясно, что первый набросок был сделан слишком широкими мазками. Стеклянных браслетов в Зарядье найдены многие десятки, но лежат они не повсеместно, а пятнами, на первых освоенных участках; изменилась дата (пик встречаемости — XIII в.) и топография (их много на сельских поселениях, например, в Суздальском Ополе). Так что плотно заселенный приречный посад XI–XII вв. исчез, вместо него появились первые редкие дворы XIII в.

Раскопки Зарядья развеяли старые гипотезы, господствовавшие до начала археологического изучения Москвы, например идею «первой Москвы» вне Кремля. В застройке легко читалась изначальная «кремлецентричность», движение городских поселений от крепости на восток и через речные долины, где город порождал и сам же поглощал деревни и ремесленные районы. Таково и Зарядье — ремесленная периферия, которую со временем заполняют усадьбы.

Внутреннее устройство Москвы как города оказалось изощренной в своей простоте инфраструктурой, эффективно приспособленной к гидрогеологическим особенностям ландшафта. Водосборники и водоотводы убирали лишнюю сырость. Дренажное продуманно соединили с производствами, где нужно было получать и удалять большие количества воды. Эксплуатировать хозяйственные и бытовые сооружения было относительно комфортно. Мощенные деревом улицы и дворы, погреба и подклетки, ледники и бани, колодцы и даже производственные чаны не тонули в грязи, как часто думают, но осушались вкопанными тут и там бочками-сборниками с тянувшимися от них деревянными трубами, дренажными канавами, укрепленными плетнями, вдоль улиц, а иногда и крытыми магистральными деревянными водоотводами.

Выявились этнографические особенности древней Москвы. Владения здесь часто делили не частоты, а плетни — более южная, а не северная традиция. Размеры построек отличались разнообразием: наряду с крупными домами встречались клетушки, похожие больше на чуланы (их порождала городская жизнь и экономия тепла). Площадь стандартного сруба была скромной, около 16–20 м² (2×2 сажени и более), а часто меньше — 2×3 м. Это зависело от длины бревен, обычно пятиметровых (хотя известны и восьмиметровые стволы). В срубе стояла глинобитная печь на специальном опечке, развернутая устьем от входа, который располагался, как принято на севере (известен случай, когда при перестройке дома печь переставили, а сначала она стояла по южнорусской мо-

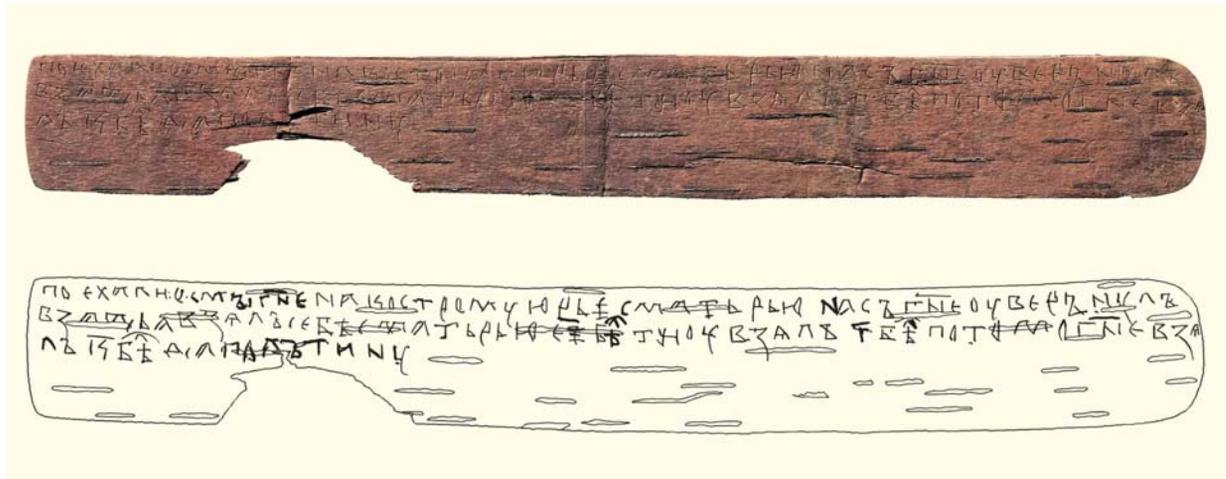


Дренажный канал XV в., огражденный плетнями и укрепленный бревнами. Раскопки 1951 г.

дели — устьем ко входу). Во дворе помещались погреб (иногда с кирпичным полом), часто колодец (с прямым, а с XVII в. и более сложным пирамидальным срубом) и другие сооружения, в том числе хозяйственные (летние кухни, коптильни), мастерские (дубильные чаны).



Сруб колодца XV–XVI вв. Раскопки 1951 г.



Берестяная грамота «Москва-4»: фотография и прорисовка.

Золотым веком для Зарядья и его Великой улицы стала эпоха расцвета Москвы после монгольского разорения, в XIV—XV вв. Именно тогда здесь возникла сплошная застройка и не осталось порожней земли. Теперь сюда действительно везли рулоны тканей (в основном сукна) из Бельгии, Голландии, Германии — от них остались круглые свинцовые пломбы с гербами городов. Их особенно много около таможни (Мытного двора), где княжьи люди собирали ввозные пошлины, опечатывали мелкими свинцовыми пломбами с русскими буквами связки мехов на вывоз и, возможно, кусочки шкурок («меховые деньги»). Возможно, здесь собирали штрафы и недоимки, ведь именно возле двора найдена редкая для Москвы берестяная грамота («Москва-4»).



Свинцовая печать для рулона сукна из г.Попперинге (Фландрия) с изображением перчатки и посоха. XV—XVI вв.

Три найденные ранее (также экспедициями Института археологии РАН) грамоты — в 1988 г. в Воскресенском проезде и две в 2007 г. в Кремле — были совсем другими. Они написаны на крупных, мало выделанных «берестяных листах», причем поперек волокон. Новая находка — прекрасно подготовленный горизонтальный свиток с заранее обрезанными краями и гладкой поверхностью и надписью вдоль волокон. По содержанию московские тексты — это черновики или копии (два из них относятся к легальным документам), и у них нет адресата. «Москва-4» — самостоятельная деловая записка или часть письма. Все это сближает ее с классическими берестяными грамотами Новгорода.

Уверенным и очень разборчивым книжным почерком заполнены две с половиной верхних строки, остальная поверхность листа чистая. Приветствие, обычное в новгородских письмах, опущено; имя и статус автора неизвестны. Он начал прямо с сути дела, неоднократно перемежая свой «доклад» обращением к господину: *Поехали есмы, господине, на Кострому. Юрьи с матерью нас, господине, увернул взад. А взял себе с матерью 15 бел; ти увзял 3 беля; потомо, господине, взял 20 бел да полтину. Счет идет на древнерусские «белы» и московские «полтины», сумма в 38 бел с полтиной — не слишком внушительная, но и не мелочь.*

Стратиграфически грамота датируется рубежом XIV и XV вв. и лежит в верхнем уровне «безмонетного» слоя: существенно выше нее появляются монеты великого князя Василия Дмитриевича. Со временем, возможно, прояснится личность упомянутых в тексте *Юрия с матерью* (это необязательно князь Юрий Дмитриевич Звенигородский (1374–1434) и его мать Евдокия (умершая в 1407 г.), оставшаяся в 1389 г. вдовой князя Дмитрия Донского).

Интересные находки свидетельствуют о ведении дел с Востоком или о прямом присутствии

в городе жителей Золотой Орды: в раскопе № 7/2015 выделен (единственный случай в городе) особый слой, где ориентальные завозные товары, в Москве редкие, встречаются систематически. Среди них части бронзового браслета, зеркала с пожеланием славы хозяину, чаш с цветной поливой и рельефным орнаментом, да и самая ранняя из найденных монет хана Узбека.

* * *

История Великой улицы не восходит к XII в., да и в XIII в. она не выделялась как особо значимая, а едва существовала как одна из приречных троп, возможно, более крупная, чем остальные. Но с XIV в. Москва стала столицей крупного княжества, ведущего борьбу за главенство в Северо-Восточной Руси и оспаривавшего власть Орды. Теперь Подол ожил. К XV в. его потенциал использовался максимально — бурно развивалось ремесло и торговля, жители активно участвовали в жизни богатой Варварки, заселенной купцами, которые вели международную торговлю. Улица сохраняла особое значение до начала XVI в., но после 1530-х годов потеряла оживленность, в торгово-ремесленном предместье выросли усадьбы (так сейчас в Москве жилая застройка замещает фабричные районы). Эти богатые дворы (стоявшие вдоль мощенной бревнами улицы) показаны на первых планах Москвы, отражающих ситуацию конца XVI — начала XVII в. В XVIII в. улицу уже называ-

ли Мокринским переулком, а о ее прежнем значении забыли.

Земля Зарядья сохранила следы множества мельчайших, но ярких эпизодов жизни рядовых семей, отдельных событий в пределах дня или месяца, т.е. «микроисторию». Найденные там и сям части оружия, склады ядер, воткнувшаяся в плетень и там оставшаяся стрела оживляют скупые хроникальные записи о штурмах города и рисуют картины общества, жившего в постоянной опасности. Мы знакомимся с именами, хозяйствами, погребениями горожан. Узнаем о жизни какого-то Ивана по прозвищу Корова, которому принадлежала костяная печать (найденная в сгоревшем срубе, оказавшемся баней). Она величиной с ноготь, но надпись *Печать Ивана Карови* и фигура святого Иоанна Воина вполне поместились. Узнаем о смерти Ивана Ширияева, «человека» князя Василия Евшеевича Сулешова, выходца из Крыма (имена обоих нанесены в начале 1630-х годов на плиту с его могилы). О том, что некая Федора была владелицей чернолощеного кувшина (мы и этого о ней не узнали бы, не оставь она своего имени в надписи-граффити XVI в.: *кувшинъ Федорин*).

Таким образом, археология Зарядья объясняет москвичам (а заодно и русским вообще — ведь русские, конечно, и есть москвичи, их так называли достаточно долго) их исторические, психологические, культурные — словом, национальные особенности. ■

Литература / References

1. Никоновская летопись. Полное собрание русских летописей: Т.13(1). М., 1965. [Nikonovskaia letopis'. Polnoe sobranie russkich letopisei: V.13(1). Moscow, 1965. (In Russ.)]
2. Рабинович М.Г. О древней Москве: Очерки материальной культуры и быта горожан в XI–XVI вв. М., 1964. [Rabinovich M.G. The Old Moscow: Case studies of her citizens' culture and everyday life in the 11th–16th centuries. Moscow, 1964. (In Russ.)]
3. Беляев Л.А. Развитие археологической мысли и археологические памятники Москвы. Москва: Наука и культура в зеркале веков. М., 2013; 29–71. [Belyaev L.A. The progress of the archaeological thought and the archaeological heritage of Moscow. Moscow: Science and Culture in the Mirror of Centuries. Moscow, 2013; 29–71. (In Russ.)]

At the Old Road of Moscow: Excavations of 2015 in Zaryadye

L.A.Belyaev

Institute of Archaeology, RAS (Moscow, Russia)

The paper deals with the results of the excavations (2015) of the Institute of Archaeology RAS at the plot nearby the old Moscow Custom House (Mytnyi Dvor), along the Velikaya street (Mokrinskiy Alley). The exploration appeared to be one of the clues for understanding of the river zone of the Early Moscow (within the rising fortress of Kitay-gorod) as the nucleus of the Russian capital development. The stratigraphy as well as the deposits point out the late 14th — early 16th c. as the heydays of the river-side settlement. The most important finds, such as the 4th birch-bark letter of Moscow (late 14th — early 15th c.), are described. The discoveries of the previous excavations (late 1950s — 1960s) are heavily re-interpreted. The earliest settlement is dated back to the 13th c. instead of the 11th–12th cc. Also, the landscape and topography, city layout and urban infrastructure are examined.

Keywords: the history of medieval Moscow; archaeology of the 13th–17th cc.; the land development of the river zone landscape; roads and the urban infrastructure, birch-bark letters.

Кимберлитовые трубки и флюидный вулканизм

С.В. Чудов

Москва (Россия)

Предложен возможный физический механизм образования кимберлитовых трубок, основанный на механических свойствах сверхкритических флюидов при их взаимодействии с породами и минералами. Низкая вязкость и отсутствие поверхностного натяжения позволяют сверхкритическим флюидам проникать в горные породы и зерна минералов в зонах пересечения тектонических разломов. Это приводит к механическому разрушению и измельчению горных пород и минералов до кимберлитовых глин, начиная с подошвы кристаллического фундамента и до осадочного чехла.

Ключевые слова: сверхкритические флюиды, эффект Ребиндера, механика разрушения горных пород.

Происхождение практически единственного известного ныне типа коренных месторождений алмазов — кимберлитовых трубок — до сих пор вызывает множество вопросов. Геологи почти единодушно считают их неким особым видом вулканизма, но отличия этих образований от всех прочих проявлений вулканической активности столь многочисленны и так ярко выражены, что привычные представления о ее механизмах оказываются неприменимыми.

Загадки кимберлитовых трубок

Обычно под вулканизмом понимают прорыв магматического расплава сквозь толщу земной коры на поверхность суши или морского дна. Естественно, что подобные прорывы происходят лишь там, где кора тонкая или существенно ослаблена разрывными нарушениями: в рифтовых областях, на материковых окраинах в зонах субдукции, а также в горячих точках морского дна, где восходящие мантийные плюмы проплавливают тонкую океаническую кору.

Однако кимберлитовые трубки обнаруживаются в совсем иных геологических обстановках: в срединных областях материковых платформ, где консолидированные блоки кристаллического фундамента имеют наибольшую (до 150 км) толщину и на их поверхности отсутствуют какие-либо видимые нарушения целостности*. А вот в традиционных районах вулканической активности (современной или древней) ничего похожего на кимберлитовые трубки не находят. Нет там не только самих трубок, но и горных пород, хоть в чем-то аналогичных кимберлитам.

* См.: *Портнов А.М.* Кимберлиты — мантийные флюидизиты // Природа. 2012. №12. С.42–48.

Еще одна яркая особенность кимберлитовых трубок — «сухие» контакты с вмещающими породами. Совершенно непонятно, как магматический расплав мог почти не повлиять на них — ни термически, ни химически, ни даже механически. Единственные следы метаморфизма в кимберлитах и вмещающих породах — изменение изотопного состава и спектров люминесценции. Но их обнаружение требует специального оборудования и в полевых условиях невозможно. На глаз даже в нескольких метрах от края трубки не видно никаких аномалий состава, структуры или особенностей залегания вмещающих пород, что очень затрудняет поиск таких геологических образований. И хотя почти во всех популярных или не очень описаниях «трубок взрыва» можно найти упоминания о некой гипотетической «кимберлитовой магме», из которой якобы образовалась «начинка» кимберлитовых трубок, невольно возникает вопрос: «А была ли здесь магма? Может, и магмы никакой не было?»

Главное затруднение, с которым сталкивается гипотеза о синтезе алмазов коренных месторождений из газовой фазы при подъеме мантийных флюидов ближе к поверхности, заключается в отсутствии правдоподобного механизма, который может объяснить их массивный прорыв сквозь многокилометровую толщу консолидированных базальтов материковой коры древних платформ архейского возраста, где обычно и находятся кимберлитовые трубки.

Кроме того, отсутствует и объяснение их специфической морфологии. Попробуем разобраться в этих вопросах с позиций механики сплошных сред и физических свойств мантийных флюидов при определенных температурах и давлениях, характерных для границы верхней мантии и материковой коры.

Сверхкритический флюид

В последние годы геологи и геофизики стали все чаще обсуждать агенты, влияние которых на геодинамические процессы прежде практически не рассматривалось. Прежде всего, это флюиды, всегда содержащиеся в магматических расплавах и вулканических выбросах, — водяной пар, углекислый и сернистый газы, метан, водород и другие газообразные вещества, которые выделяются при дегазации мантии. Здесь необходимо отметить, что «обычными» жидкостями и газами они становятся лишь после подъема к поверхности, а при давлениях и температурах, характерных для глубоких слоев земной коры и тем более для верхней мантии, это не жидкости и не газы, а своеобразное агрегатное состояние вещества, называемое сверхкритическим флюидом (СКФ). Такие среды сочетают в себе особенности как жидкостей, так и газов, обладая при этом удивительными физическими и химическими свойствами, без учета которых нельзя реалистично описать их взаимодействие с горными породами. Подобные свойства при определенных обстоятельствах приводят к весьма драматическим последствиям. Так, эксплозивные извержения вулканов, порой выбрасывающих в воздух (вплоть до стратосферы) миллионы тонн вулканического пепла, вызваны именно содержанием в резервуарах магматического расплава больших количеств СКФ.

Чем же отличаются сверхкритические флюиды от привычных для нас газов и жидкостей и почему их внедрение в горные породы может так резко изменить механические свойства твердых тел? Газы отличаются от жидкостей тем, что не имеют фиксированного объема и свободно расширяются при падении давления. При сжатии их объем уменьшается, а давление возрастает. У жидкостей же объем почти не изменяется при уменьшении или увеличении давления, т.е. жидкости несжимаемы. Расстояния между молекулами жидкости определяются силами межмолекулярного притяжения и отталкивания (вандерваальсовыми), причем силы отталкивания очень быстро возрастают при уменьшении расстояния между молекулами ниже некоторого значения. При небольшом же увеличении этого расстояния, напротив, преобладают силы притяжения, которые быстро уменьшаются с расстоянием. Тем самым расстояния между молекулами жидкости оказываются близкими к некоему фиксированному значению и отклоняются от него слабо — лишь за счет флуктуаций кинетической энергии молекул. А от внешнего давления они почти не зависят. Если средняя кинетическая энергия молекул жидкости меньше точки закипания, то лишь немногие из них могут покинуть жидкость. Образуется поверхность раздела между жидкой и газовой фазой. Но если газ сжимать, то можно сблизить его молекулы настолько, что вандерваальсовых сил притяжения станет

достаточно, чтобы удерживать молекулы на близком расстоянии друг от друга. Тогда возникнет жидкая фаза. Это называется конденсацией.

Давление, при котором начинается конденсация, зависит от температуры и химической природы газа. Однако есть такая критическая температура, выше которой никаким давлением данный газ превратить в жидкость невозможно. Как его ни сжимай, удерживать молекулы газа от разбегающих вандерваальсовых сил притяжения уже не смогут. Это означает отсутствие границы раздела жидкой и газовой фаз из-за исчезновения поверхностного натяжения, порождаемого вандерваальсовыми силами межмолекулярного притяжения. Вот такие и не жидкости, и не газы и представляют собой сверхкритические флюиды. При падении давления или температуры ниже критических значений они превращаются в обычные жидкости и газы.

Какие физические свойства следуют из этого сверхкритического состояния? Во-первых, СКФ смачивает любые поверхности. Для него не существует различия между гидрофобными и гидрофильными поверхностями, которое как раз определяется соотношением сил межмолекулярного взаимодействия между молекулами самой жидкости, с одной стороны, и молекулами твердой поверхности и молекулами жидкости, с другой. Такой флюид, подобно газу, проникает в любые трещины, тогда как нормальная жидкость не может затечь в узкие трещины, если она не смачивает материал их стенок. Капиллярные силы не позволяют.

Во-вторых, СКФ обладает крайне низкой вязкостью. Действительно, вязкость жидкостей определяется сдвиговыми напряжениями при деформации жидкого объема, вызванными на микроскопическом уровне разрывом — воссоединением межмолекулярных связей. Но для СКФ энергия таких связей эффективно равна нулю, так как кинетической энергии движения молекул уже достаточно для их разрыва. Диссипации механической энергии и ее перехода в тепло в данном случае не происходит. Это делает СКФ идеальной смазкой, облегчающей проскальзывание блоков земной коры друг по другу в зонах разрывных нарушений. Вполне вероятно, что подвижки по разломам и надвижки могут провоцироваться внедрением сверхкритических флюидов в разломы и горизонтальные границы раздела слоев осадочных пород.

В-третьих, высокая плотность СКФ по сравнению с «нормальными» газами приводит к тому, что поверхностная энергия твердого тела, на котором адсорбирован сверхкритический флюид, снижается на величину энергии взаимодействия его молекул с молекулами поверхности. Тем самым СКФ эффективно представляет собой поверхностно-активное вещество, способное значительно (в несколько раз) снижать пороговые значения

сдвиговых напряжений, при которых происходит хрупкое разрушение горных пород (эффект Ребиндера). Этот же эффект приводит к окатыванию (галтовке) ксенолитов, т.е. обломков пород и отдельных зерен твердых минералов (цирконов, пиропов, кварца и оливина), содержащихся в кимберлитовых глинах. Геологов всегда удивляло, почему в них твердые включения неизменно имеют окатанную, гладкую (как у морской гальки) поверхность, ведь кристаллы, выпадающие из магматического расплава при его охлаждении, всегда правильной геометрической формы, с плоскими гранями и прямолинейными ребрами. А среди ксенолитов кимберлитовых трубок такая правильная форма присуща только алмазам и некоторым другим особо твердым минералам (хромшпинелидам, цирконам, иногда оливинам).

То, что разгрузка содержащихся в магме флюидов происходит по разломам и другим разрывным нарушениям материковой коры, известно давно [1]. Разломы кристаллического фундамента, скрытые под ненарушенным осадочным чехлом, можно обнаружить с помощью радоновой или гелиевой съемки. Однако просачивающиеся по глубинным разломам мантийные газы и флюиды обычно не оказывают разрушительного воздействия ни на изверженные, ни на осадочные, ни на метаморфические породы. Обнаружить присутствие таких флюидов можно только геохимическими методами.

В случае же кимберлитовых трубок дело обстоит совершенно по-другому: их содержимое состоит из раздробленных и перемешанных горных пород, явно подвергшихся массивному механическому воздействию. В чем же причина таких различий? Как можно представить себе образование кимберлитовых трубок с точки зрения гидродинамики флюидов и механики разрушения горных пород?

Механизм образования кимберлитовых трубок

Разгадка, возможно, кроется в геометрии разрывных нарушений. Одно дело — линейное нарушение, т.е. просто длинная трещина кристаллического фундамента. Здесь нигде нет достаточно широкого канала, по которому флюид мог бы разогнаться, подхватывать минеральные зерна и, подобно струе из пескоструйного аппарата, подвергать абразии стенки канала. Флюид просто медленно просачивается и в конце концов рассеивается в рыхлых породах осадочного чехла. Но если два разлома пересекаются (обычно под углом, близким к прямому, — в силу законов распределения напряжений в твердом теле), то место их пересечения — почти вертикальная линия, пронизывающая весь кристаллический фундамент снизу доверху, от нижней мантии до осадочного чехла. И если пересечение разломов окажется над

горячей точкой, то события могут начать разворачиваться по иному, весьма драматическому сценарию.

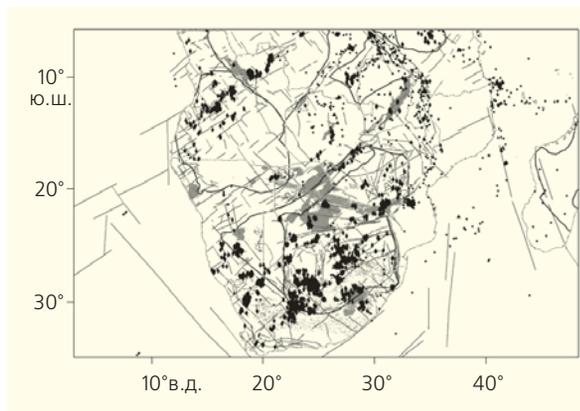
С точки зрения механики твердого тела пересечение двух разломов — очень специфическая зона, поскольку даже минимальный сдвиг по одному из них создает «ступеньку», блокирующую подвижки по перпендикулярному разлому. Значит, это пересечение будет местом концентрации напряжений и растрескиваний. При этом такой очаг разрушения распространится вверх и вниз, на какой бы глубине он ни возник, и вся окрестность вертикальной линии пересечения разломов окажется пронизанной трещинами. Просачивание флюидов по ним еще больше ослабит механическую прочность пород в этой области благодаря эффекту Ребиндера, что, в свою очередь, приведет к дальнейшему разрастанию трещин и усилению потока флюидов. Таким образом, запускается каскад событий дальнейшего разрушения и разупрочнения пород в окрестности вертикальной линии пересечения разломов, в конечном счете приводящий к формированию кимберлитовой трубки. А именно может быть достигнут порог перколяции, когда СКФ проникает по большинству границ зерен минералов, образующих породы. Последние при этом уже не могут нести касательные (сдвиговые) напряжения, и вся эта порода фактически превращается в плавун, подобный обводненным пескам. Возможность такого фазового перехода твердой породы в пластичную массу под воздействием флюидов иллюстрируется дольменами Западного Кавказа, словно «отлитыми в граните»*.

С этого момента события приобретают все более разрушительный характер. По мере продвижения наверх поток флюида будет ускоряться, а из-за падения горного давления — увеличиваться в объеме и подвергать абразии стенки канала, который он заполняет. В результате зона разрушения приобретет характерный вид расширяющегося вверх конуса. Вследствие низкой вязкости и высокого числа Рейнольдса течение флюида из ламинарного станет быстро превращаться в турбулентное. Это приведет к окатыванию минеральных зерен и обломков горных пород, а также к их перемешиванию и выносу некоторых глубинных минералов в вышележащие слои. При выходе флюида в рыхлые, проницаемые для газов и жидкостей породы осадочного чехла он будет диффузно рассеиваться в стороны за пределы канала выхода основного потока. Давление флюида начнет падать, а механическое воздействие — уменьшаться. Тем самым процесс разрушения в большинстве случаев затихает, не выходя на поверхность.

* См.: Шариков Ю.Н., Якобсон К.Э., Комиссар О.Н. Геологические аспекты строительства дольменов Кавказа // Природа. 2012. №9. С.49–57.

Вероятно, как и для многих вулканов, где один и тот же канал прорыва магмы используется в целой серии последовательных извержений, флюидный вулканизм может включать многократные извержения в пределах одной кимберлитовой трубки. Наиболее интенсивное разрушение и окатывание пород происходит при этом в так называемом «кипящем слое» — на горизонтальной фазовой границе в основном жидкого флюида и выше находящегося потока газа. Сама же эта граница способна перемещаться вниз или вверх вдоль трубки в зависимости от меняющегося напора и расхода флюида — как в рамках одного извержения, так и в их последовательной серии. Это объясняет перемешивание кимберлитовой глины и ксенолитов по всей трубке (по крайней мере, в пределах осадочного чехла).

Как же выше описанными процессами объясняется минеральный и гранулометрический состав кимберлитов? Значительный объем пород базальтового кристаллического фундамента составляют минералы, обладающие совершенной спайностью, например слюды и полевые шпаты. Сверхкритический флюид способен внедряться в структуру таких минералов по плоскостям спайности, а затем при падении внешнего давления разрывать их по этим направлениям. Результат такого измельчения — вещество, во всех отношениях похожее на мелкодисперсную глину. Зерна минералов, кристаллическая решетка которых не допускает подобного внедрения (гранаты пиропы, кварц, оливин, цирконы и др.) будут просто окатываться. Алмазы возникают вследствие химической реакции. Окислительная активность кислорода при падении давления резко возрастает, и он отрывает атомы водорода от молекул метана с образованием воды и элементарного углерода, который тут же кристаллизуется в наиболее компактную кристаллическую структуру алмаза. Высокотемпературный турбулентный поток га-



Расположение тектонических разломов в районе распространения кимберлитов в Южной Африке. Тонкими сплошными линиями показаны разломы, черными точками — кимберлитовые месторождения [2].

зовой смеси окатывает обломки пород и зерна минералов, кроме самого алмаза, превосходящего по твердости все прочие минералы.

Предположение о связи кимберлитовых трубок с тектоническими нарушениями легко проверить. На приведенном рисунке показано расположение тектонических разломов в наиболее изученном кимберлитовом регионе мира — южной части Африки. Видно, что разрывные нарушения образуют два взаимно перпендикулярных семейства разломов: направленных с юго-запада на северо-восток и с юго-востока на северо-запад. А выходы кимберлитов формируют кластеры, вытянутые в тех же направлениях вдоль сравнительно узких коридоров. Такая их приуроченность к известным или предполагаемым тектоническим разломам древних платформ представляется убедительным свидетельством в пользу изложенного выше механизма образования кимберлитовых трубок. ■

Литература / References

1. Кузин А.М. Флюид в зонах разрывных нарушений. Четвертая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле». 2016; 1: 451–460. [Kuzin A.M. Fluid in the zones of tectonic faults. Fourth tectonophysical conference in Shmidt Institute RAS “Tectonophysics and actual problems of Earth Sciences”. 2016; 1: 451–460. (In Russ.).]
2. Jelsma H., Barnett W., Richards S., Lister G. Tectonic setting of kimberlites. *Lithos*. 2009; 112(1): 155–165.

Kimberlite Pipes and Fluid Volcanism

S.V.Chudov
(Moscow, Russia)

A possible physical mechanism for the formation of kimberlite pipes based on the mechanical properties of supercritical fluids and the features of their interaction with rocks and minerals is proposed. Low viscosity and insufficient surface tension allow supercritical fluids to penetrate the rocks and mineral grains in the zones of intersection of tectonic faults. This leads to mechanical destruction and grinding of rocks and mineral grains to kimberlite clays, starting from the base of the crystalline basement to the sedimentary cover.

Keywords: fluid volcanism, kimberlite pipes, tectonic faults.

От субтропиков до тайги и тундростепей: путешествие по горам Циньлин и восточной окраине Тибета

кандидаты биологических наук А.А.Махров¹, В.С.Артамонова¹, В.В.Бобров¹,
Е.А.Коблик², В.С.Лебедев², С.В.Павлова¹, Б.И.Шефтель¹

¹Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н.Северцова РАН (Москва, Россия)

²Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова (Москва, Россия)

e-mail: makhrov12@mail.ru



В статье описаны результаты наблюдений, сделанные во время третьей научной экспедиции российских зоологов в Тибет в сентябре 2017 г. Основное внимание было уделено уточнению границ ареалов млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных и рыб. Были собраны уникальные материалы для характеристики морфологического и генетического разнообразия ряда групп позвоночных и беспозвоночных животных. Эти сборы уже частично послужили материалом для описания новых видов. Обсуждаются проблемы формирования фауны Тибетского плато, взаимодействия этой фауны с растительными и животными сообществами других регионов, а также положение границы между Палеарктической и Индо-Малайской зоогеографическими областями в исследованном районе.

Ключевые слова: зоогеография, Тибет, Китай, горы, Палеарктика, фауна, границы ареалов, распространение видов.



Тибетское плоскогорье — суровое и прекрасное.
Фото С.В.Павловой

В этом году ученые готовятся отметить 250-летие со дня рождения великого немецкого натуралиста и путешественника Александра фон Гумбольдта (1769–1859), который известен как ботаник и географ, совершивший «второе открытие Америки», создатель географии растений, открывший новую эру в естествознании. Более 200 лет назад Гумбольдт обратил внимание на сходство флор северных широт и гор умеренного пояса, а также тропических регионов [1]. С тех пор ученые обсуждают вероятные причины этого сходства. Одни считают, что северные виды распространились в ледниковый период далеко на юг и заселили подходящие для них прохладные горные склоны, а другие полагают, что все было наоборот: холодолюбивые виды появились сначала в горах, а уже потом заселили северные территории.

Особенно много растений и животных, сходных с нашими северными, обитает в Центральной Азии. Для изучения этого феномена мы с 2011 г. организовывали экспедиции* на северо-восток Тибетского плато и даже побывали в самом сердце Тибета — в окрестностях Лхасы [2]. Однако записки предшественников и книги китайских исследователей (некоторые из нас уже начали понимать иероглифы!) заставляли задуматься о том, что виды животных, родственные сибирским, обитают, похоже, не только на самом Тибетском плато, но и за его пределами, значительно ближе к центру Китая.

Многим Китай представляется огромной равниной, покрытой рисовыми полями. Однако значительную часть страны занимают горы, и в самом ее центре, между бассейнами великих рек Хуанхэ и Янцзы, проходит горный хребет Циньлин. Гумбольдт считал этот хребет продолжением величественных гор Куньлунь, обрамляющих Тибетское плато с севера. Эту огромную горную систему он образно назвал «позвоночным столбом» Азии. И хотя современные исследования указывают на различное геологическое происхождение горных хребтов Куньлунь и Циньлин, романтический взгляд

* Подробнее см.: Шефтель Б.И., Махров А.А., Бобров В.В. и др. Затерянный мир «Лианхуашаня» // Природа. 2013. №7. С.56–65; Коблик Е.А., Банникова А.А., Махров А.А. и др. Тибет: последняя пастораль Земли // Природа. 2014. №5. С.78–88.



Вид на долину Далунгоу — основное место наших работ в горах Циньлин.

Фото В.С.Артамоновой

Гумбольдта на горные системы Китая тоже имеет право на существование.

Маршруты знаменитых путешествий Н.М.Пржевальского и П.К.Козлова проходили западнее гор Циньлин, а первыми исследователями этого хребта стали участники двух экспедиций Г.Н.Потанина [3] в 1884–1886 и 1892–1893 гг. Геолог В.А.Обручев, который был членом одной из них, так описал это замечательное место: «Циньлиншань, богатый крутыми склонами, ущельями, красивыми утесами, проточной водой и растительностью, напоминает Швейцарию, но без вечных снегов» [4, с.205]. А другой участник экспедиции, М.М.Березовский, был столь восхищен богатством фауны Циньлина, что задержался в этих удивительных горах на два года и написал по результатам своих исследований книгу о птицах, которая используется специалистами по сей день [5].

Особый интерес для нас представляла гипотеза о том, что именно по хребту Циньлин проходит зоогеографическая граница* первостепенной важ-

ности — к северу от нее лежит Палеарктическая область, к югу — Индо-Малайская, или Ориентальная [6]. Иногда эти области называют биогеографическими подцарствами.

Для проверки этой гипотезы мы подготовили совместный научный проект с коллегами из Института зоологии Китайской академии наук (Пекин) и подали заявку на конкурс, проводимый Российским фондом фундаментальных исследований совместно с Государственным фондом естественных наук Китая. Проект был одобрен, и мы начали собираться в путешествие! Перед самым началом поездки мы с тревогой слушали сообщения о сильном землетрясении в районе Циньлина, которое произошло в июле 2017 г.: удастся ли попасть в эти интереснейшие места?

К счастью, наши китайские коллеги нашли возможность даже в этих сложных условиях организовать запланированную экспедицию. И вот мы в Пекине, осматриваем удивительный Запретный город, но мыслями уже в самом сердце Китая, среди гор, рек и лесов...

Вот он, долгожданный Циньлин!

Сентябрьским утром мы прибыли поездом из Пекина в г.Тяншуй, который находится в хорошо знакомой нам провинции Ганьсу, и грузимся в экспедиционный автомобиль. Наш путь на юг

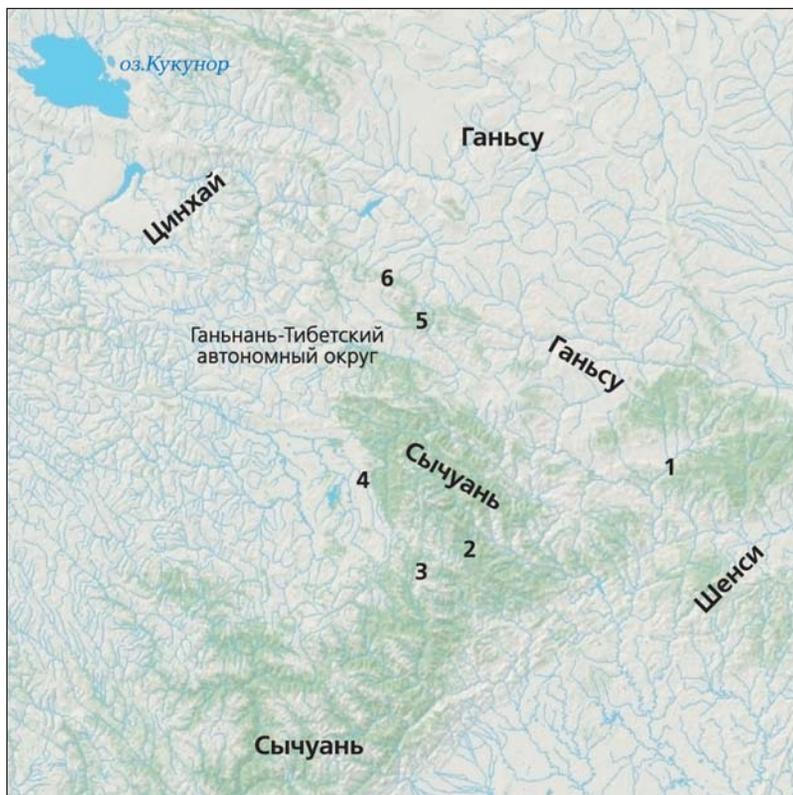
* О зоогеографическом районировании территории Китая, разделенной горной цепью Циньлин на две области (Палеарктическую — на севере и Восточную — на юге), 60 лет назад писал профессор пекинского Института зоологии Академии наук КНР Чжэн Цзо-синь. Его статью «Звери и птицы Китая» (Природа. 1959. №10. С.45–50) можно найти на странице архива Природы: prigoda.ras.ru. — *Примеч. ред.*

начинается по прекрасной шоссейной дороге, которые в Китае теперь практически повсюду. Через некоторое время переезжаем мост через Вэйхэ — крупный приток Хуанхэ.

Ихтиологи провожают реку глубокими вздохами. В ее бассейне живет редкая и загадочная лососевая рыба, эндемичный вид ленка — *Brachymystax tsinlingensis*. Его ближайшие родственники, обитающие в Сибири, уже полностью охарактеризованы (определен генотип и проведен морфометрический анализ). Остались непонятны эволюционные взаимоотношения «сибиряков» с китайским представителем рода: ленок пришел из Сибири в Китай в ледниковое время или, наоборот, из сердца Китая расселился по Сибири? Увы, у нас нет разрешения на работу с этим особо охраняемым видом, и мы продолжаем путь.

Местность становится все более гористой. Наш автомобиль движется по многокилометровым туннелям, пересекает глубокие ущелья, взбирается по склонам и наконец спускается вниз. По обочинам дороги мелькают ряды пальм. Мы едем вдоль большой реки, текущей на юг, это — Цзялинцзян. Значит, по одному из туннелей мы пересекли водораздел и оказались в бассейне Янцзы! Сворачиваем в боковое ущелье, откуда вытекает маленькая, но бойкая речка с чистой водой — Далунгоу (она же Сунджахэ). Асфальт кончается, и мы поднимаемся все выше в горы по новому серпантину из бетонных плит. В последние годы власти Китайской Народной Республики прокладывают дороги даже в самые отдаленные горные селения, благодаря чему их жители получают возможность с большой прибылью вывозить все выращенное на полях и в садах на продажу в города, а также принимать туристов.

Мы въезжаем в маленькое селение (точка 1 на карте) и становимся первыми постояльцами еще не вполне достроенной мини-гостиницы. Дальше дороги нет, над деревней вздымаются кручи, покрытые лесом, пылает тревожный закат, обещающий завтрашнее ненастье. А на террасированном склоне ниже рыжих черепичных крыш — образцовые сельскохозяйственные угодья: делянки с соей, перцем и кукурузой, плодовые сады, раскидистые



Места работ экспедиции: 1 — окрестности пос. Шан-Тан (Ганьсу), высоты 1280–1500 м над ур. м., 8–10.09.2017; 2 — окрестности пос. Ву-Джиао-Си (Сычуань), высоты 2240–2330 м над ур. м., 12–13.09.2017; 3 — окрестности г.Чуан-Джу-Си (Сычуань), высоты 3320–3360 м над ур. м., 13–14.09.2017; 4 — окрестности г.Руо-Эр-Гай, р.Баньюхэ (Сычуань), высоты 3400–3520 м над ур. м., 14–15.09.2017; 5 — национальный парк «Линьхуашань» (Ганьсу, Ганьнань-Тибетский АО), высоты 2520–3250 м над ур. м., 16–17 и 19–20.09.2017; 6 — национальный парк «Тайзишань» (Ганьсу, Ганьнань-Тибетский АО), высоты 2300–2490 м над ур. м., 17–18.09.2017.

деревья грецкого ореха. Ходят куры, пасутся коровы и ослы, в загонах довольно хрюкают поросята. Время осеннего сбора урожая, самая страда. Снуют крестьяне с мотыгами и коническими плетеными корзинами: во дворах, на залитых бетоном площадках, сушатся початки, орехи и стручки; ползет синеватый дымок от сжигаемых листьев. Утром здесь обычно ясно, затем сверху и снизу наползают облака, начинается дождь, стихающий лишь в сумерки.

Местные жители, трудолюбивые и доброжелательные люди, с удовольствием рассказывают о живом мире окрестных гор. Лучшее всего они знают рыб: по их словам, в здешних холодных горных потоках их по крайней мере четыре вида.

Очень быстро мы становимся счастливыми обладателями рыбок двух разновидностей — из речки и из ручья, который в нее впадает. Рыбки из речки маленькие и изящные, они неотличимы от голянов, столь обычных в наших северных реках. Рыбы из ручья — довольно крупные, формой напоминают торпеды. Однако самым удивительным



У гостиницы в китайской деревушке. Слева направо: Чуй Джи, В.В.Бобров, С.В.Павлова, В.С.Лебедев, Е.А.Коблик, А.А.Махров, В.С.Артамонова, Б.И.Шефтель, местные жители, Фанг Юн.

Фото В.С.Артамоновой

впоследствии окажется то, что генетически эти рыбы идентичны: обе формы принадлежат к одному и тому же виду рода *Rhynchocypris*, широко распространенному на Дальнем Востоке. Здесь, в го-

рах Циньлин, мы нашли еще один пример высокой фенотипической пластичности у рыб*.

С реки Цзялинцзян местные жители привозят нам крупного змееголова (*Channa* sp.) — у него то-

же есть родственник на нашем Дальнем Востоке. А вот четвертая рыба до последнего момента остается загадкой. Хозяин гостиницы утверждает, что она похожа на змею и местным рыбакам попадает очень редко. Может быть, это минога? Выручает ловушка, сделанная из обычной пластиковой бутылки. За час до нашего отъезда рыба-змея попадает. Это щиповка, *Cobitis* sp.! Представители данного рода — тоже обычные обитатели российских рек. Мы чувствуем несомненное удовлетворение от того, что смогли познако-



Река Далунгоу — дом для моллюсков, крабов и четырех видов рыб.

Фото В.С.Артамоновой

* Подробнее см.: Алексеева Я.И., Махров А.А. О происхождении ряпушки на Соловецких островах: архивные документы в исследовании микроволлции // Природа. 2017. №7. С.37–46.

миться со всеми представителями не слишком разнообразной местной ихтиофауны.

Что же касается амфибий и рептилий хребта Циньлин, то и они здесь не так разнообразны, как в южных районах Китая. Однако эта территория определенно одна из самых интересных с точки зрения зоогеографии. Почти все виды, обитающие в этих краях, находятся на границах своих ареалов.

Одна из самых любопытных герпетологических находок поджидала нас прямо в поселке. Во время ночной экскурсии в канаве, по которой струился ручеек, был обнаружен крупный экземпляр короткохвостого щитомордника (*Gloydus brevicaudus*). Ничего удивительного в том, что змея была найдена в пределах поселка, нет, поскольку тут имеется хорошая кормовая база: мелкие грызуны весьма многочисленны в антропогенных ландшафтах. Щитомордник был настолько уверен в собственной безопасности, что спокойно выдержал довольно длительную фотосессию, которую устроили ему участники экспедиции, сбежавшиеся запечатлеть столь великолепный экземпляр.

Систематика азиатских щитомордников весьма запутанна, и долгое время встреченную нами змею рассматривали в качестве подвида восточного щитомордника (*Gloydus blomhoffi*), распространенного в Северо-Восточном Китае и у нас в Приморском крае. Однако исследования, проведенные в последнее время, показали ее видовую самостоятельность. Короткохвостый щитомордник обладает широким ареалом, охватывающим восточную часть Китая и Корею, а наша находка сделана на его западном краю.

Другой не менее интересной находкой стала водная лягушка *Quasipaa boulengeri* из семейства Dicroglossidae, обнаруженная в р. Сунджахэ. Этот вид довольно широко распространен в Южном Китае и во Вьетнаме, но повсюду редок, — возможно потому, что эту довольно крупную лягушку, достигающую в длину 10 см, местное население актив-



Щиповка в ловушке.

Фото В.С.Артамоновой

но использует в пищу. Редкость находок привела к включению вида в категорию «endangered» («находящийся в опасности») списка МСОП. Как и короткохвостый щитомордник, лягушка *Q. boulengeri* находится в изученном нами районе на границе своего ареала, в данном случае на северной.

Лесные заросли на крутых склонах казались совершенно недоступными для экскурсий. Однако на следующее утро почти случайно удалось обнаружить извилистую тропинку, забирающую выше деревни, петляющую среди почти непроходимых мо-



Короткохвостый щитомордник.

Фото Е.А.Коблика



Хвойные леса на вершинах гор Циньлин.

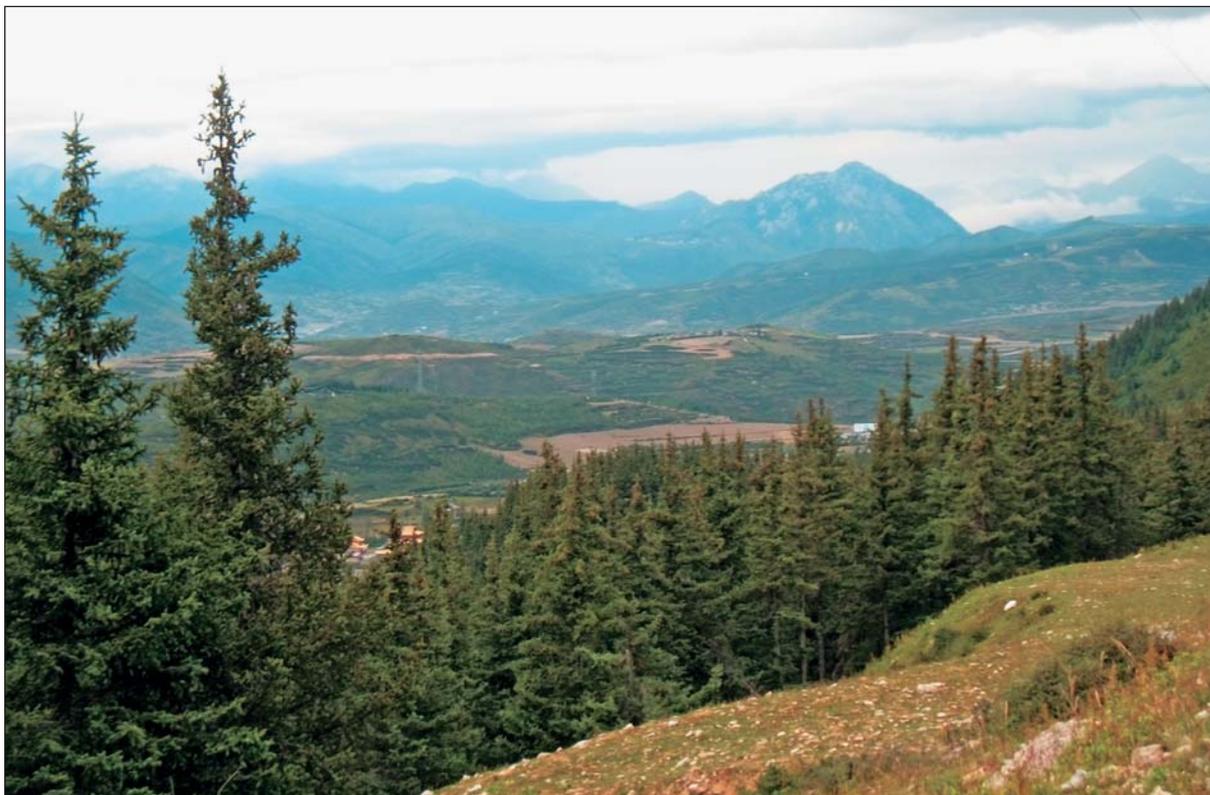
Фото Е.А.Коблика

крых дебрей, перевитых жимолостью и диким виноградом и вдруг выводящую на пологий перевал. Тут среди луговин тянулась линия электропередачи, которую живописно обрамляли величественные сосны Армана (*Pinus armandii*), названные в честь французского естествоиспытателя Армана Давида (они словно сошли с китайских гравюр). Густой подлесок составляли невысокий бамбук (*Bambusa*); похожие на низкорослые пальмы перистые аралии (*Aralia*); разноцветные по осени кусты шиповника, ивы, дикой яблони; колючие плети ежевики. Затем нитка столбов и проводов ныряла в поросший молодыми сизыми лиственницами распадок, а тропинка продолжала бежать по крутому правому склону через тенистый широколиственный дубово-кленовый лес, пронизанный клубами тумана.

Когда дождь стихал, а севшие на склон облака немного раздвигались, начиналась бурная птичья активность. Между бамбуковыми кулисами с громкими песнями перелетали пары ошейниковых бюльбюлей (*Spizixos semitorquatus*), в высокотравье копошились выводки бурых сутор (*Sinosuthora webbiana*) и больших широкохвосток (*Cettia major*), на верхушках сосен восседали почти «наши» кедровки (*Nucifraga (caryocatactes) hemispila*) и «экзотические» красноклювые лазоревые сороки (*Urocissa erythrorhyncha*) с длиннейшим хвостом, похожие

скорее на райских птиц. По осеннему времени насекомоядные птицы обычно держались смешанными стайками, совсем как в нашей средней полосе. Полчаса ходьбы по пустому лесу — а потом все вскипает, вокруг тебя в разных ярусах леса вертятся синицы, пеночки, мухоловки, тимелии, и ты едва успеваешь вести подсчет особей и видов! Потом снова наступает тишина до следующей стайки.

Часть видов птиц была нам знакома по исследованиям в российской тайге или в горных бореальных лесах Китая, другие были новыми — «южанами», проникающими сюда из тропического Китая. Пожалуй «северян» было несколько больше. Большой пестрый дятел (*Dendrocopos major*), сменившей здесь белую манишку на каштановую, держался в компании с крохотным тропическим дятелком (*Picumnus inominatus*). Наш поползень (*Sitta europaea*) тоже сильно порыжел снизу, а вот дрозды (*Turdus*), синицы (*Parus*) и ополовники (*Aegithalos*) иногда были очень похожи на наших, но относились уже к иным — южным и восточным — видам. И особую краску в это многообразие пернатых добавляли совершенно экзотические для нас кустарницы и тимелии, представители семейств Timaliidae, Leiotricidae, Pnoerygidae и др., для которых именно горы Центрального Китая были родиной и центром разнообразия. А для некоторых обитающих здесь видов пеночек *Phylloscopus* и *Seicercus* мы



По восточному краю Тибета, между освоенными людьми низинами и безлесными просторами плато, протянулся пояс лесов.

Фото В.С.Артамоновой

предполагаем гибридогенное происхождение [7], поэтому именно этим птицам, одним из наиболее крохотных, мы уделяли особое внимание.

Зверей видишь в лесу гораздо реже птиц. Однажды совсем рядом из зарослей у ручья с ухаьем прыгнул кабан, другой раз струнули какого-то мелкого оленя, который, сипло «хекая», убежал от нас вниз по распадку. Стайки птиц порой сопровождали скромно окрашенные белки *Callosciurus* и *Dremomys*, хорошо различимые по размерам.

Но нас особенно интересовали мелкие млекопитающие. Эти животные, обитающие на поверхности, а иногда и в самой почве, весьма многочисленны и разнообразны. К ним, как правило, относят представителей отрядов грызунов и насекомоядных. В первую очередь нас интересовало, кто населяет обширные поля, окружающие поселок, и мы были готовы обнаружить здесь некие экзотические виды, характерные для южных районов Китая. Однако в расставленных с вечера живоловках утром сидело около 20 полевых мышей (*Apodemus agrarius*), которые распространены от тихоокеанского побережья до Центральной Европы, а в настоящее время заселили даже московские дворы и скверы.

На следующий день, когда наблюдения проводили уже в хвойно-широколиственном лесу, видовой состав зверьков в наших уловах стал интереснее. Доминировали виды, которые во время преж-

них китайских экспедиций нам не встречались, — полевка Инес (*Caryomys inez*) и мышь Шеврие (*Apodemus chevrieri*). К какой именно зоогеографической области относятся эти виды — к Палеарктической или к Индо-Малайской? Полевка имеет небольшой ареал вдоль хребта Циньлин, т.е. это практически эндемик исследуемой территории, а ареал мыши хотя и обширнее, но он не выходит за пределы Юго-Западного Китая.

Где же граница Палеарктики?

Прощавшись с гостеприимной горной деревушкой, мы продвигаемся по большой дуге — сначала на юг, потом на запад и наконец на север (прямой путь разрушен недавним землетрясением). За окном мелькают городки и поселки. Каждый клочок земли между поселениями используется, берега рек во многих местах выложены камнем — мелководья и болота преобразованы в рисовые поля. На склонах гор обычны террасы, на которых местное население выращивает разнообразные сельскохозяйственные культуры, а наших любимых диких лесов и заводов практически нет. Но вот остановка на обед, и в маленьком придорожном кафе (именно кафе — скромном, но красивом и очень чистом), мы продолжаем обсуждать то, что успели найти и увидеть в горах Циньлин.

Главный вопрос — в какой же зоогеографической области мы находимся? На склоне хребта, где мы оказались, уже встречаются представители южных по своему происхождению групп — например, обезьяны-ринопитеки (*Rhinopithecus*), зеленые голуби (*Treron*), нектарницы (*Aethopyga*), цветоеды (*Dicaeum*), мухоловки тропических родов *Niltava* и *Cyornis*, а также упомянутая лягушка *Quasipaa boulengeri*. Но все же большинство видов животных, которых мы видели в последние дни, — явно жители Палеарктики. Создается впечатление, что граница проходит где-то южнее хребта.

Одному из нас уже приходилось работать на стыке Палеарктической и Ориентальной областей в Гималаях. Там этот зоогеографический рубеж был достаточно хорошо выражен — на определенной высоте южного склона специалисты по разным группам животных отмечали резкое изменение в композиции видов. Виды северного происхождения преобладают выше этого рубежа, а южные — ниже [8].

На востоке Китая, похоже, определить эту границу значительно сложнее. Некоторые специалисты отодвигают ее на самый юг страны, а изучение фауны двустворчатых моллюсков дает основание включить в пределы Палеарктики даже северо-восток Вьетнама [9]. С другой стороны, по результатам изучения распространения земноводных [10], большая часть Тибетского плато может быть отнесена к Индо-Малайской области. Анализ распространения ящериц [11], с третьей стороны, показывает наличие широкой переходной зоны между Палеарктической и Индо-Малайской областями на востоке Китая, в то время как практически вся территория Тибета должна в этом случае входить в состав Палеарктики.

Палеонтологические данные ясности в отношении границы не прибавляют. Они показывают, что в холодные эпохи плейстоцена палеарктические виды проникали на юг Китая; мамонты бродили южнее р.Янцзы. А в теплые периоды, наоборот, южные виды проникали на север, добираясь до Корейского п-ова. Иногда «южане» и «северяне» обитали в одно и то же время в одном и том же месте [6].

Конечно, в придорожном кафе мы не смогли решить сложный вопрос о юго-восточной границе Палеарктики. Тем не менее у нас создалось устойчивое впечатление, что между зоогеографическими областями Евразийского континента в Центральном Китае существует обширная переходная область, внутри которой для различных систематических групп животных существуют собственные границы. И в этом мы видим глубокий смысл, поскольку требования к условиям среды обитания у различных организмов существенно различаются. Особый интерес представляют эндемики

этой переходной зоны, например полевка Инес, некоторые виды кустарниц (*Garrulax*), бесхвосток (*Pnoepyga*) и синицевых тимелий (*Schoeniparus*, *Alcippe*), для которых именно здесь сложились уникальные условия обитания.

Эндемики Цинхай-Тибетского плато

Продвинувшись на запад, мы направляемся на север и опять пересекаем «позвоночный столб» Азии, но уже в том месте, где он расширяется и постепенно переходит в Тибетское нагорье (в Китае его называют Цинхай-Тибетским плато).

Одну из ночей проводим в г.Чжанла, где когда-то побывал Г.Н.Потанин. Городок, как и в XIX в., населен в основном тибетцами. После этого мы часто проезжаем мимо их прямоугольных палаток, которые заменяют местным скотоводам юрты — типичное жилье более северных кочевых народов.

Чем выше в горы, тем меньше деревьев, и наконец мы поднимаемся до 4 тыс. м и движемся дальше уже по характерной для Тибета заболоченной голой равнине, напоминающей картины-реконструкции ныне исчезнувшей плейстоценовой тундростепи. Здесь мы пересекаем очередную границу, но в данном случае это климатическая граница между природными зонами, расположенными на разных высотах восточной окраины Тибетского плато. Надо отметить, что значительная часть этого плато, в том числе и восточный участок, который нам предстояло пересечь, находится в зоне вечной мерзлоты, и благодаря этому Китай занимает почетное третье место по площади вечной мерзлоты — после России и Канады [12].

Первое, что бросается в глаза при путешествии по «тундростепи», — это птицы. С их небогатой фауны мы неплохо знакомы, тем более что многие виды, обитающие здесь, характерны и для России. Доминируют хищники-парители — кумай (*Gyps himalayensis*), мохноногий курганник (*Buteo hemilasius*), черный коршун (*Milvus migrans*); на склонах «пасутся» клушицы (*Pyrhocorax pyrrhocorax*) и даурские галки (*Corvus dauuricus*).

Однажды нам очень повезло. Выйдя из машины у придорожной лужи, чтобы зачерпнуть воды, в которой могли обнаружиться дафнии, мы поначалу не обратили внимания на пару черно-белых силуэтов. Такие силуэты эндемичных для Тибетского нагорья черношейных журавлей (*Grus nigricollis*), сделанные из пластика или фанеры, уже неоднократно попадались нам вдоль дорог. Мы так и не поняли, ставят их для оживления пейзажа или с природоохранными и познавательными целями. Каково же было наше изумление, когда «муляжи» вдруг стали резво уходить в степь, то поднимая, то опуская изящные головы. Причина нежелания лететь вскоре стала понятна — между взрослыми шагал уже



Черношейные журавли. Высота 3460 м над ур. м.

Фото Е.А.Коблика

полностью оперенный, но еще не способный подняться в воздух «подросток».

Млекопитающих мы видели значительно реже, чем птиц. Чаще всего на глаза попадались довольно крупные, по сравнению с другими представителями рода, черногубые пищухи (*Ochotona curzoniae*). Их колонии, расположенные вдоль обочины шоссе, были хорошо заметны из окна автомобиля благодаря тому, что многочисленные светло-серые зверьки то и дело перебегали от одной норы к другой. Пару раз мы видели семьи гималайских сурков (*Marmota himalayana*). Размеры этих зверьков значительно превышали таковые европейских сурков — байбаков. И наконец, нам посчастливилось наблюдать охоту тибетской лисицы (*Vulpes ferrilata*) на черногубых пищух. Поскольку численность пищух в пределах колонии очень высока, а активны эти зверьки в светлое время суток, то охота проходила днем и длилась всего две-три минуты. Лисица не спеша зашла на территорию большой колонии и легла в центре. Пищухи, сначала попрятались, но очень быстро возобновили свою беготню. Когда одна из них оказалась на расстоянии около двух метров, хищник сделал короткий прыжок, и жертва была поймана. Лисица съела пищуху прямо на месте поимки и удалилась за ближайшую сопку. Нам удалось хорошо рассмотреть удачливого охотника в бинокли: лисица была окрашена в серо-желтые тона, как и многие степные подвиды нашей обыкновенной лисы, но имела более «брутальное» сло-

жение. Интересно, что все виды млекопитающих, которых нам удалось наблюдать в этих краях, оказались эндемиками Цинхай-Тибетского плато.

Из земноводных на такой высоте встречались только бурые лягушки — дальневосточная (*Rana chensinensis*) и кукунорская (*R. kukunoris*). Оба вида находятся здесь на границах своих ареалов, но дальневосточная — на западной (область ее распространения занимает всю восточную часть Китая), а кукунорская — на восточной (этот вид эндемичен для Цинхай-Тибетского плато). Это особенно интересно в связи с тем, что именно в данной точке мы обнаружили «самое лягушачье место» из всех, что обследовали в Китае: численность обоих видов достигала поразительных значений, лягушки в буквальном смысле слова «кишели» под ногами. Условия этому благоприятствовали: болотистых мест на плато очень много.

А вот пресмыкающиеся, несмотря на целенаправленные поиски, обнаружены не были. Рыбы же оказались совершенно иными по сравнению со встреченными нами в районе Циньлина. В здешних мутных реках жили только знакомые по прошлым путешествиям эндемики Тибета — расщепобрюхие рыбы рода *Schizophysopsis* и усатые гольцы рода *Triplophysa**.

* Подробнее см.: Шефтель Б.И., Махров А.А., Бобров В.В., Артамонова В.С., Александров Д.Ю., Коблик Е.А., Банникова А.А. Затерянный мир «Лианхуашаня» // Природа. 2013. №7. С.64.



Дальневосточная и кукунорская лягушки.



Фото В.В.Боброва

На берегу реки, в небольшой луже, на высоте 3470 м мы обнаружили маленьких прудовичков. И через несколько месяцев коллеги, которым отдали моллюсков для исследования, радостно сообщили, что это новый вид! Они назвали его в честь знаменитого российского исследователя Тибета П.К.Козлова — *Tibetoradix kozlovi*. Совместно с другими видами он вошел во вновь описанный род, обитающий только на высоком и холодном Цинхай-Тибетском плато [13].

Как фауна Тибета взаимодействует с фаунами соседних регионов

Геологическая история Тибета насчитывает уже десятки миллионов лет. Сначала это было невысокое плато, заросшее тропической растительностью, однако 55–50 млн лет назад произошло грандиозное событие: современная Индия соприкоснулась с остальной Азией, и Тибет стал подниматься вверх. Животные и растения двигались вместе с плато, как на гигантском лифте, только менялись при этом не этажи, а климатические пояса. Климат Тибета делался все холоднее и все сильнее отличался от климата на близлежащих равнинах. Тропики сменились субтропиками, потом умеренным климатом, потом арктическим. И неудивительно, что за миллионы лет адаптации к холоду в районе плато возникали новые виды и даже новые роды, многие из которых уже очень сильно отличались от теплолюбивых предков [14].

Именно в Тибете палеонтологи нашли древнейшего шерстистого носорога, *Coelodonta thibetana* [15] и лисицу *Vulpes quzhudingi* [16], которую посчитали предком современного песца. Возникла гипотеза о том, что Тибет был местом формирования многих видов, вошедших позднее в состав мамонтовой фауны, чей «звездный час» наступил

в ледниковый период, когда климат на всем севере Евразии напоминал современный тибетский.

Такие гипотезы, конечно же, имеют право на существование, однако участники нашей экспедиции по опыту работы в равнинных районах Центральной Азии склонялись к мнению [17], что большинство млекопитающих, обитавших в плейстоценовых тундростепях севера Евразии, все-таки связаны по своему происхождению с этой территорией, а также с берингийской сушей, а не с Тибетом. Кроме того, далеко не всегда понятно, для кого из холодолюбивых животных Тибет родина, а кто вторично проник сюда во время одного из ледниковых максимумов.

Поскольку ни песцов, ни шерстистых носорогов во время наших странствий мы не обнаружили, развивать дискуссию об их происхождении мы не станем. Лучше посмотрим, что известно о проникновении элементов тибетской фауны в другие регионы на примере видов, которые встретились нам на Цинхай-Тибетском плато.

Молекулярно-генетические исследования материала, собранного в предыдущих экспедициях, позволили нам показать, что длиннохвостый хомячок (*Cricetulus longicaudatus*) — вид, широко распространенный в степях и на остепненных горных склонах севера Китая, в Монголии, Забайкалье, Туве, возник скорее всего на Тибетском плато [18]. Возможно, Тибет — родина и для приозерной полевки (*Microtus limnophilus*), распространенной также в Северном Китае и Монголии. Другими словами, мы можем утверждать, что виды тибетского происхождения заселяют остепненные местообитания в более северных районах Центральной Азии, но не в зоне тундры. Впрочем, в этом исследовании мы рассматривали взаимодействие фаун только на видовом уровне, т.е. проанализировали лишь «верхний пласт» межрегиональных связей.

Тенденции, характерные для млекопитающих, можно проследить и у птиц [14]. Земляные воробьи (*Pyrgilauda*, *Onychostruthus*), запомнившиеся нам своим тяготением к «городкам» пищух в горной степи, а также их родственники снежные воробьи (*Montifringilla*) — несомненно, аборигены Цинхай-Тибетского плато. Здесь эти птицы представлены эндемичными видами, но «высочки» *P. davidiana*, *P. theresae* и *M. nivalis* расселились по Палеарктике на запад и север, до высокогорного пояса Пиренеев и Кавказа, афганских пустынь и степей Забайкалья. А рогатый жаворонок (*Eremophila alpestris*), стартовав с Тибета, заселил не только горы и степи, но и тундры Евразии и через Берингий проник в Новый Свет — вплоть до Анд Колумбии. Специальные исследования позволяют наглядно представить, как пульсировали ареалы этих птиц в течение ледниковых эпох [19].

Представление о механизмах взаимодействия разнородных фаун и путей расселения видов, сформировавшихся в результате подъема Тибета, можно получить, изучая взаимное проникновение фауны безлесных равнин Цинхай-Тибетского плато и фауны лесов, растущих в горах вдоль восточной окраины плато и на Циньлине (сино-тибетской фауны). По речным долинам, по склонам южной и восточной экспозиции темнохвойные леса поднимаются иногда до высоты, близкой к 4 тыс. м над ур. м., а вместе с ними и их типичные обитатели — полосатая бурозубка (*Sorex bedfordiae*) и полевка Евы (*Caryomys eva*). Интересно, что кроме типичных таежных видов в таких высокогорных массивах отмечены и более южные виды, характерные для лиственных лесов, например бларинелла Гризельды (*Blarinella griselda*) [20] и китайский землеройковый крот (*Uropsilus soricipes*). А для длиннохвостой бурозубки (*Sorex aff. cylindricauda*) [21] верхняя граница леса и вовсе оказывается основным местообитанием. Все эти насекомоядные млекопитающие имеют небольшие ареалы в Центральном Китае.

Широко распространенный грызун — восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*) — составляет исключение. Судя по всему, это недавний вселенец из Восточного Китая, который практически всегда доминирует в местообитаниях, которые ей удалось освоить. Противоположный процесс демонстрируют некоторые зверьки, в норме населяющие открытые биотопы Цинхай-Тибетского плато, но проникающие в альпийские зоны гор, которые находятся за его пределами. Таковы тибетская бурозубка (*Sorex tibetanus*) и полевка Ирен (*Neodon irene*).

Как происходило взаимообогащение лесной и степной фаун птиц на востоке Тибета в минувшие эпохи, пока не совсем ясно [22]. Ну а в настоящее время многие лесные виды, например голу-

бые сороки (*Cyanopica cyanus*) и кустарницы Давида (*Garrulax davidi*), преспокойно расселяются из хвойных «островов» в чахлые заросли облепихи и ивняки посреди тибетской степи. Обитатели безлесных просторов вдруг присаживаются на вершины елей или осваивают лесные поляны. Величественные кумаи проникают даже в альпийский пояс гор к востоку от Цинхай-Тибетского плато.

А для красивейших гималайско-сино-тибетских субэндемиков — китайской белобровой чечевицы (*Carpodacus dubius*), синелобой (*Phoenicurus frontalis*) и белозвездной (*Ph. schisticeps*) горихвосток, заряноквой (*Prunella rubeculoides*) и рыжезобой (*P. strophiata*) завирушек — именно богатые ягодами и ошетилившиеся колючками кустарниковые заросли по границе леса и степи представляют собой излюбленные местообитания.

Вот так выглядит зона контакта между степными и лесными местообитаниями, которая существует за счет естественной мозаичности растительности на границах высотных поясов и экспозиций склонов. Безусловно, птицам за счет большей подвижности гораздо проще преодолевать подобные границы и заселять пригодные для них местообитания, даже островные. А вот перемещения амфибий и особенно рыб сильно ограничены внешней средой и наличием мест, абсолютно для них непригодных. Однако эволюционная роль таких мозаичных границ между разными экосистемами еще до конца не ясна и ждет будущих исследований.

* * *

Горные леса и реки остаются позади, автомобиль снова мчится по изумительному современному шоссе. В г. Ланьчжоу мы тепло прощаемся с водителем нашей экспедиционной машины. Совместное преодоление трудностей сближает людей, а сложностей в нашей поездке было немало — длительные ночные перегоны по мокрому шоссе; автомобиль, застрявший дождливой ночью между склоном, заросшим лесом, и обрывом: мы долго будем помнить, как все вместе вытаскивали его подальше от опасного места.

Переезжаем в г. Сиань, древнюю столицу Китая. Вспоминаем в лица солдат терракотовой армии первого китайского императора династии Цинь — Шихуанди. Все лица — разные! И, судя по характерным чертам, лица эти принадлежат представителям разных народов. Какой замечательный антропологический материал! В голову невольно приходит мысль: «Интересно, а кто-нибудь изучает этот исторический памятник с таких позиций?».

С высокой городской стены любимея г. Сиань. Эта стена — сооружение воистину грандиозное: высота ее — 12 м, а периметр огромного прямоугольника — 13.7 км. Это граница, защищавшая город от чужеродных вторжений, и мы невольно

(уже в который раз!) возвращаемся мыслями к тем зоогеографическим и экологическим границам, которые так привлекали наше внимание во время экспедиции.

Сейчас, в эпоху глобальных климатических изменений, вторжение чужеродных видов, их взаимодействие с аборигенной биотой становятся все более актуальной проблемой, и она все чаще привлекает внимание биологов разных специальностей [23]. Все более многочисленные данные о расселении южных видов далеко на север, а северных — на юг приходят из самых разных уголков нашей планеты. Так, в ходе предыдущей экспедиции мы обнаружили в верховьях Брахмапутры,

недалеко от Лхасы, северного вселенца — амурского чебачка (*Pseudorasbora parva*) [24]. Одновременно появилось сообщение о поимке этого вида и во Вьетнаме [25].

Оградить все экосистемы от вторжения пришельцев сооружениями, подобными Сианьской стене, конечно же, невозможно. Процессу их проникновения мы пока можем противопоставить только знания о структуре и функционировании границ между различными экосистемами и биогеографическими областями. Поэтому в биологии, как и в социальных науках, полностью справедливо правило: «Знать прошлое и изучать настоящее — это лучший способ увидеть будущее». ■

Мы выражаем глубокую благодарность организатору нашего путешествия — китайскому коллеге Фанг Юну (Fang Yun), а также инициаторам проекта — академику РАН Ю.Ю. Дгебуадзе и академику Китайской академии наук Чжан Чжибину (Zhang Zhi-Bin).

Работа выполнена при совместной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Государственного фонда естественных наук Китая (проект 17-54-53085).

Литература / References

1. Гумбольдт А. География растений. Ред. Н.И.Вавилов. М.; Л., 1936. [Humboldt A. Plant geography. N.I.Vavilov (ed). Moscow; Leningrad, 1936. (In Russ.)]
2. Бобров В.В., Шефтель Б.И., Сун Ю.-Х. и др. Исследования позвоночных животных в Юго-Западном Китае. Российские гималайские исследования: вчера, сегодня, завтра. Ред. Л.Я.Боркин. СПб., 2017; 152–157. [Bobrov V.V., Sheftel B.I., Sun Y.-H. et al. Vertebrate research in south-western China. Russian Himalayan Research: past, present, future. L.J.Borkin (ed.). St. Petersburg, 2017; 152–157. (In Russ.)]
3. Потанин Г.Н. Тангутско-тибетская окраина Китая и центральная Монголия. М., 1950. [Potanin G.N. Tangut-Tibetan Outskirts of China and Central Mongolia. Moscow, 1950. (In Russ.)]
4. Обручев В.А. От Кяхты до Кульджи. М., 1950. [Obruchev V.A. From Kyakhta to Guldzhi. Moscow, 1950. (In Russ.)]
5. Березовский М., Бианки В. Птицы Ганьсуйского путешествия Г.Н.Потанина 1884–1887. Материалы по орнитологии Китая, главным образом южной части провинции Гань-су. СПб., 1891. [Berezovsky M., Bianki V. Birds of the G.N.Potanin's Gansu Journey 1884–1887. Materials on the ornithology of China, mainly the southern part of the province of Gan-su. St. Petersburg, 1891. (In Russ.)]
6. Norton C.J., Jin C., Wang Yu., Zhang Y. Rethinking the Palearctic-Oriental Biogeographic Boundary in Quaternary China. Asian Paleontology. From Africa to China and Beyond. C.J.Norton, D.R.Braun (eds). N.Y., 2010; 81–100. Doi:10.1007/978-90-481-9094-2_7.
7. Коблик Е.А., Архипов В.Ю., Волков С.В. и др. Гималаи — «ключ» к пониманию таксономического разнообразия азиатских пеночек (Phylloscopidae, Aves). Российские гималайские исследования: вчера, сегодня, завтра. Ред. Л.Я.Боркин. СПб., 2017; 173–178. [Koblik E.A., Arkhipov V.Yu., Volkov S.V. et al. The Himalaya as the “key” to understanding the diversity and taxonomy of Asian Leaf Warblers (Phylloscopidae, Aves). Russian Himalayan Research: past, present, future. L.J.Borkin (ed.). St. Petersburg, 2017; 173–178. (In Russ.)]
8. Коблик Е.А., Черняховский М.Е., Волцит О.В. и др. Некоторые характеристики первостепенного фаунистического рубежа в Непальских Гималаях. Бюл. МОИП. Отд. биол. 2000; 105(4): 3–21. [Koblik E.A., Chernyakovskiy M.Ye., Voltzit O.V. et al. Some characteristics of the position of the primary faunistic border in Nepalese Himalayas. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biol. Ser. 2000; 105(4): 3–21. (In Russ.)]
9. Bolotov I.N., Pfeiffer J.M., Konopleva E.S. et al. A new genus and tribe of freshwater mussel (Unionidae) from Southeast Asia. Scientific Reports. 2018; 8: 10030. Doi:10.1038/s41598-018-28385-y.
10. Боркин Л.Я., Литвинчук С.Н. О фауне амфибий Тибета (предварительный анализ). Вестник СПбГУ. 2016; 3(3): 25–30. [Borkin L.J., Litvinchuk S.N. On the amphibian fauna of Tibet (a preliminary analysis). Vestnik of Saint Petersburg University. 2016; 3(3): 25–30. (In Russ.)] Doi:10.21638/11701/spbu03.2016.305.
11. Бобров В.В. О границе между Палеарктическим и Индо-Малайским фаунистическими царствами в материковой части Азии (по данным о распространении ящериц (Reptilia, Sauria)). Известия АН. Серия биол. 1997; 5: 580–591. [Bobrov V.V. On the boundary between the palearctic and indomalayan faunistic kingdoms in the mainland part of Asia, with special reference to the distribution of lizards (Reptilia, Sauria). Biology Bulletin. 1997; 24(5): 476–487. (In Russ.)]

12. Ran Y., Li X., Cheng G. et al. Distribution of Permafrost in China: An Overview of Existing Permafrost Maps. *Permafrost and Periglac. Process.* 2012; 23: 322–333. Doi:10.1002/ppp.1756.
13. Aksenova O.V., Bolotov I.N., Gofarov M.Yu. et al. Species Richness, Molecular Taxonomy and Biogeography of the Radicine Pond Snails (Gastropoda: Lymnaeidae) in the Old World. *Scientific Reports.* 2018; 8: 11199. Doi:10.1038/s41598-018-29451-1.
14. Mosbrugger V., Favre A., Muellner-Riehl A.N. et al. Cenozoic Evolution of Geobiodiversity in the Tibeto-Himalayan Region. *Mountains, Climate and Biodiversity.* C.Hoorn, A.Perrigo, A.Antonelli (eds). Oxford, 2018; 429–448.
15. Deng T., Wang X., Fortelius M. et al. Out of Tibet: Pliocene Woolly Rhino Suggests High–Plateau Origin of Ice Age Megaherbivores. *Science.* 2011; 333: 1285–1288. Doi:10.1126/science.1206594.
16. Wang X., Tseng Z.J., Li Q. et al. From ‘third pole’ to north pole: a Himalayan origin for the arctic fox. *Proc. Royal Soc. B. Biol. Sci.* 2014; 281: 20140893. Doi:10.1098/rspb.2014.0893.
17. Kahlke R.D. The origin of Eurasian mammoth faunas (Mammuthus–Coelodonta faunal complex). *Quaternary Science Reviews.* 2014; 96: 32–49. Doi:10.1016/j.quascirev.2013.01.012.
18. Поплавская Н.С., Банникова А.А., Фанг Ю. и др. Центр происхождения длиннохвостого хомячка, *Cricetulus longicaudatus* Milne-Edwards, 1867 (Rodentia, Cricetidae) — Тибетское плато? ДАН. 2018; 479(6): 716–719. Doi:10.7868/S086956521812023X. [Poplavskaya N.S., Sheftel B.I., Ushakova A.A. et al. Is the center of origin of long-tailed hamster *Cricetulus longicaudatus* Milne-Edwards, 1867 (Rodentia, Cricetidae) located in Tibet? *Doklady Biological Sciences.* 2018; 479(1): 70–73. Doi:10.1134/S0012496618020102.]
19. Qu Y., Lei F., Zhang R., Lu X. Comparative phylogeography of five avian species: implications for Pleistocene evolutionary history in the Qinghai-Tibetan plateau. *Mol. Ecol.* 2010; 19(2): 338–351. Doi:10.1111/j.1365-294X.2009.04445.x.
20. Банникова А.А., Абрамов А.В., Лебедев В.С. и др. Неожиданное генетическое разнообразие азиатских короткохвостых землероек рода *Blarinella* (Mammalia, Lipotyphla, Soricidae). ДАН. 2017; 474(1): 132–136. Doi:10.7868/S0869565217130278. [Bannikova A.A., Abramov A.V. et al. Unexpectedly high genetic diversity of the asiatic short-tailed shrews *Blarinella* (Mammalia, Lipotyphla, Soricidae). *Doklady Biological Sciences.* 2017; 474(1): 93–97. Doi:10.1134/S0012496617030012.]
21. Bannikova A.A., Chernetskaya D., Raspopova A. et al. Evolutionary history of the genus *Sorex* (Soricidae, Eulipotyphla) as inferred from multigene data. *Zoologica Scripta.* 2018; 47: 518–538. Doi:10.1111/zsc.12302.
22. Päckert M., Martens J., Sun Y.-H. et al. Horizontal and elevational phylogeographic patterns of Himalayan and Southeast Asian forest passerines (Aves: Passeriformes). *J. Biogeography.* 2011; 39: 556–573. Doi:10.1111/j.1365-2699.2011.02606.x
23. Дгебуадзе Ю.Ю. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований. Российский журнал биологических инвазий. 2014; 1: 2–8. [Dgebuadze Y.Y. Invasions of alien species in Holarctic: some results and perspective of investigations. *Russian Journal of Biological Investigations.* 2014; 5(2): 61–64. Doi:10.1134/S2075111714020039.]
24. Махров А.А., Артамонова В.С., Карабанов Д.П. Обнаружение амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel) (Actinopterygii: Cyprinidae) в бассейне реки Брахмапутра (Тибетское плато, Китай). Российский журнал биологических инвазий. 2013; 1: 66–74. [Makhrov A.A., Artamonov V.S., Karabanov D.P. Finding of topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel) (Actinopterygii: Cyprinidae) in the Brahmaputra river basin (Tibetan Plateau, China). *Russian Journal of Biological Investigations.* 2013; 4(3): 174–179. Doi:10.1134/S2075111713030089.]
25. Карабанов Д.П., Кодухова Ю.В. Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) — новый вид в ихтиофауне Вьетнама. Вопросы ихтиологии. 2013; 53(2): 241–245. [Karabanov D.P., Kodukhova Y.V. Stone moroco *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae): new species in the ichthyofauna of Vietnam. *Journal of Ichthyology.* 2013; 53(3): 235–239. Doi:10.1134/S0032945213020057.]

From Subtropics to Taiga and Tundra Steppe: a Trip to the Qinling Mountains and the Eastern Edge of Tibet

A.A.Makhrov¹, V.S.Artamonova¹, V.V.Bobrov¹, E.A.Koblik², V.S.Lebedev², S.V.Pavlova¹, B.I.Sheftel¹

¹Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS (Moscow, Russia)

²Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Here we describe the results which we got during the third scientific expedition to Tibet in September 2017. The main attention was paid to specifying the range limits of mammals, birds, reptiles, amphibians, and fish; the unique materials have been collected to characterize the morphological and genetic diversity of a number of groups of vertebrates and invertebrates. These collections have already served as a material for describing new species. The problems of the formation of the fauna of the Tibetan Plateau, the interaction of this fauna with other plant and animal communities, as well as the position of the border between the Palearctic and Oriental zoogeographical regions in the studied area are discussed.

Keywords: zoogeography, Tibet, China, mountains, Palearctic, fauna, range limits, species distribution.

Исследования черноморских дельфинов продолжаются

А.В.Агафонов^{1,2}, Е.М.Панова¹, И.В.Логоминова²

¹Институт океанологии имени П.П.Ширшова РАН (Москва, Россия)

²Карадагская научная станция имени Т.И.Вяземского — природный заповедник РАН (Республика Крым, Россия)

e-mail: agafonov.57@mail.ru

Одной из основных задач комплексных этолого-акустических исследований черноморских дельфинов в районе бухты Ласпи (Севастополь) в июле 2018 г. была оценка численности этих животных, постоянно или временно обитающих в данной акватории. Наблюдения, проведенные с применением современной аппаратуры, позволили собрать большой массив данных, благодаря которым можно определить индивидуальный состав зарегистрированных групп дельфинов-афалин по специфичным акустическим сигналам этих животных — свистам-автографам.

Ключевые слова: *Tursiops truncatus*, *Delphinus delphis*, *Phocoena phocoena*, этолого-акустические исследования, акустическая идентификация дельфинов.

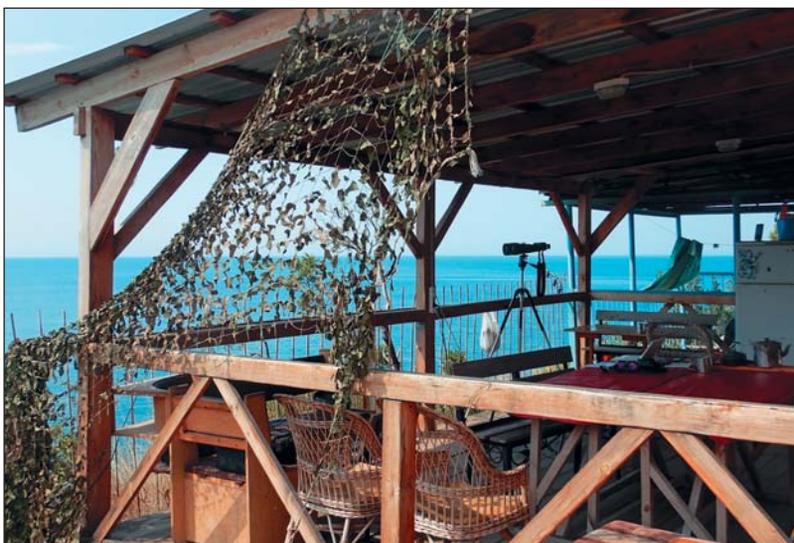
В настоящее время ученые оценивают состояние черноморской экосистемы в целом как неблагоприятное, причем выделяют несколько факторов, оказывающих негативное воздействие. Во-первых, прямое загрязнение Черного моря пестицидами и компонентами минеральных удобрений, а также веществами, содержащимися в составе отходов — как промышленных (тяжелые металлы, нефтепродукты и др.), так и бытовых (в основном — пластик). Во-вторых, хищническое, нерегулируемое рыболовство, зачастую с использованием запрещенных методов лова. В-третьих, в течение длительного времени происходит коренная перестройка экосистемы, вызванная, с одной стороны, завозом необычных для аборигенной фауны видов животных, а с другой — сокращением численности местных хищников, таких как тунец, катран, скумбрия и дельфины. Последние, занимая высшие уровни пищевых цепей в море, служат своеобразным индикатором состояния экологических систем — именно поэтому так важны всесторонние исследования этих животных в естественной среде.

Мы уже писали в «Природе» об истории исследований черноморских дельфинов*. В 2018 г. эти изыскания получили дальнейшее развитие благодаря экспедиции Института океанологии

имени П.П.Ширшова РАН (Москва) и Карадагской научной станции имени Т.И.Вяземского (Республика Крым), которая состоялась при активном участии Института морских биологических исследований имени А.О.Ковалевского РАН (Севастополь).

Особенности полевых наблюдений летом 2018 года

Регулярные наблюдения за дельфинами можно вести со стационарного берегового наблюдательного пункта или следуя за животными на небольшом судне — например, на яхте. У каждого из этих способов есть свои преимущества и недостатки. Во время морских наблюдений мы активно ищем дельфинов, приближаемся к ним, исследуем виды,



Общий вид наблюдательного пункта.

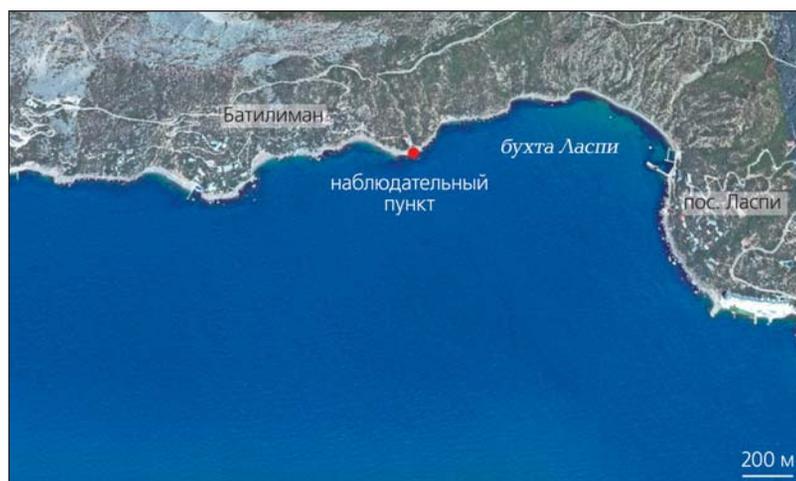
* Агафонов А.В., Логоминова И.В. Изучение афалин в природе: история с продолжением // Природа. 2018. №7. С.14–22.

обитающие вдали от берега. Но при этом наша работа сильно зависит от погоды, а дальность обзора с борта судна довольно невелика. Оборудуя стационарный пункт, мы размещаем его на высоте, которая позволит увеличить пределы визуального обнаружения дельфинов. Кроме того, в данном случае мы способны защититься от непогоды, использовать особое оборудование, например круглосуточно функционирующий гидроакустический тракт*. Но... приходится ждать, когда дельфины «соизволят» появиться в поле нашего зрения — и это главный недостаток береговых наблюдений (не говоря уже о том, что представителей пелагических видов, предпочитающих открытое море, мы рискуем не увидеть вообще ни разу). И только комбинируя разные подходы, можно справиться с перечисленными проблемами.

* Гидроакустический тракт — оборудование для сбора акустических данных. Содержит звуковоспринимающее устройство (пьезокерамический гидрофон), в который встроены предварительный усилитель сигнала. При помощи герметичного кабеля он соединен с наземным усилителем-коммутатором, оснащенным блоком питания и динамиком.



Наземная акустическая аппаратура.



Карта района проведения работ. Наблюдательный пункт обозначен точкой.



Фотографии афалин, сделанные со стационарного наблюдательного пункта.



А.В.Агафонов с фотокамерой. Рядом — астрономический бинокль на штативе.

В 2018 г. комплексные этолого-акустические исследования черноморских дельфинов проводились на базе биостанции Института морских биологических исследований имени А.О.Ковалевского РАН в районе бухты Ласпи (Севастополь). Нам посчастливилось: мы смогли наблюдать за представителями всех видов дельфинов, обитающих в Черном море: афалин (*Tursiops truncatus*), морских свиней (*Phocoena phocoena*) и белобочек (*Del-*



Гидрофон под водой с поплавком.

phinus delphis). Какие же задачи стояли перед нашей группой в ходе комбинированных работ 9 июля — 2 августа 2018 года?

Мы должны были описать пространственно-временное распределение представителей трех видов черноморских дельфинов в исследуемом районе, приблизительно оценить численность этих животных, выявить характерные формы их поведения. Наконец, нам предстояло регистрировать и анализировать издаваемые дельфинами подводные акустические сигналы, а затем провести акустическую идентификацию афалин по характерным для них индивидуально-опознавательным сигналам — свистам-автографам*.

Для осуществления запланированных изысканий был оборудован стационарный наблюдательный пункт, расположенный на высоте 18 м над ур.м. Напротив него в 60 м от берега установили гидроакустический тракт для постоянного прослушивания акватории и записи сигналов дельфинов. При благоприятных акустических условиях аппаратура позволяла регистрировать сигналы афалин на расстоянии до 1.5 км. Визуальные наблюдения и фотосъемка производились в течение светлого времени суток с 7:00 до 20:30. Прослушивали акваторию постоянно. Аудиозапись делали в случае визуального обнаружения дельфинов или при появлении их сигналов. В ночной период — с 21:00 до 7:00 — аудиозаписи вели ежедневно в автоматическом режиме.

Многолетний опыт изучения черноморских дельфинов свидетельствует о том, что наиболее доступны для наблюдений афалины. Соответственно, в полевой сезон 2018 г. наша исследовательская группа уделила этим животным самое пристальное внимание.

Афалины

В первые две недели наблюдений стояла прекрасная, типично крымская погода: днем температура воздуха поднималась до 30°C и выше, температура воды установилась на уровне 25–26°C; на море царил полный (или почти полный) штиль. В это время афалины регулярно появлялись в исследуемой акватории как в светлое время суток, так и (судя по акустическим записям) ночью. Обычно дельфины

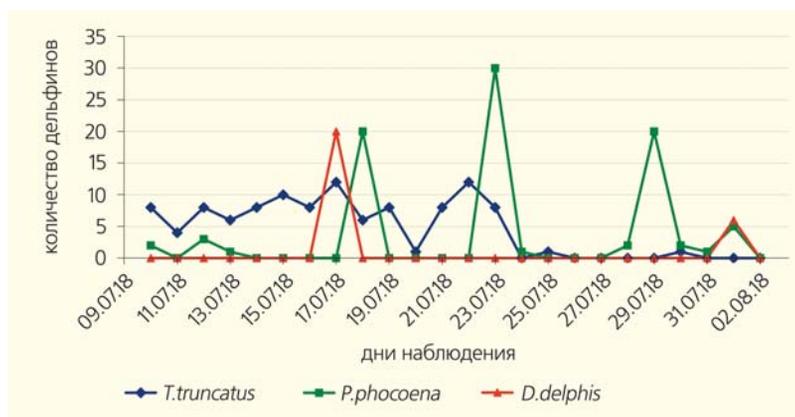
* Агафонов А.В., Панова Е.М. Как общаются афалины? // Природа. 2018. №4. С. 3–12.

пребывали в составе небольших групп, состоявших из 2–6 особей, в их числе несколько раз замечали детенышей. Картина была довольно динамичной: группы то объединялись, то дробились. Мы зафиксировали в таком «временном коллективе» максимум восемь особей. Наиболее характерными для афалин оказались различные формы поисково-охотничьего поведения. Дельфины часто рассеивались (парами и поодиночке) на большом пространстве исследуемой акватории и занимались индивидуальной ловлей рыбы. Несколько раз мы регистрировали коллективные формы охоты: в группах по пять-шесть особей отмечались элементы «каруселей» и «котлов»*. При этом расстояние от берега составляло от 100 до 1000 м.

Однако вскоре идиллия была разрушена циклоном, который подошел к берегам п-ова Крым 23 июля и вызвал резкое ухудшение погоды: усиление ветра, понижение температуры воды в прибрежной зоне до +15–(+16)°С, сильное волнение на море, ливни с грозами. Иногда начинало казаться, что мы каким-то чудом перенеслись на берега Белого моря. Самое обидное: судя по сообщениям в Интернете, весь север Европы в это время страдал от необычайной жары. Такие вот причуды климата...

Сказалось ухудшение погоды и на афалинах (возможно, не напрямую, а через пищевую цепочку: планктон—рыба и т.д.). Но, как бы то ни было, начиная с 25 июля и до конца работ в исследуемой акватории отмечались лишь редкие проходы одиночных животных. К тому же волнение на море значительно затрудняло наблюдения. Тем не менее, за время полевых изысканий был собран довольно обширный материал.

Прежде всего, мы должны были оценить численность дельфинов, постоянно или временно обитающих на исследуемой акватории. Согласно данным прошлых лет, полученным в нашей



Встречаемость черноморских дельфинов в период полевых наблюдений в районе бухты Ласпи (Севастополь) в июле 2018 г.

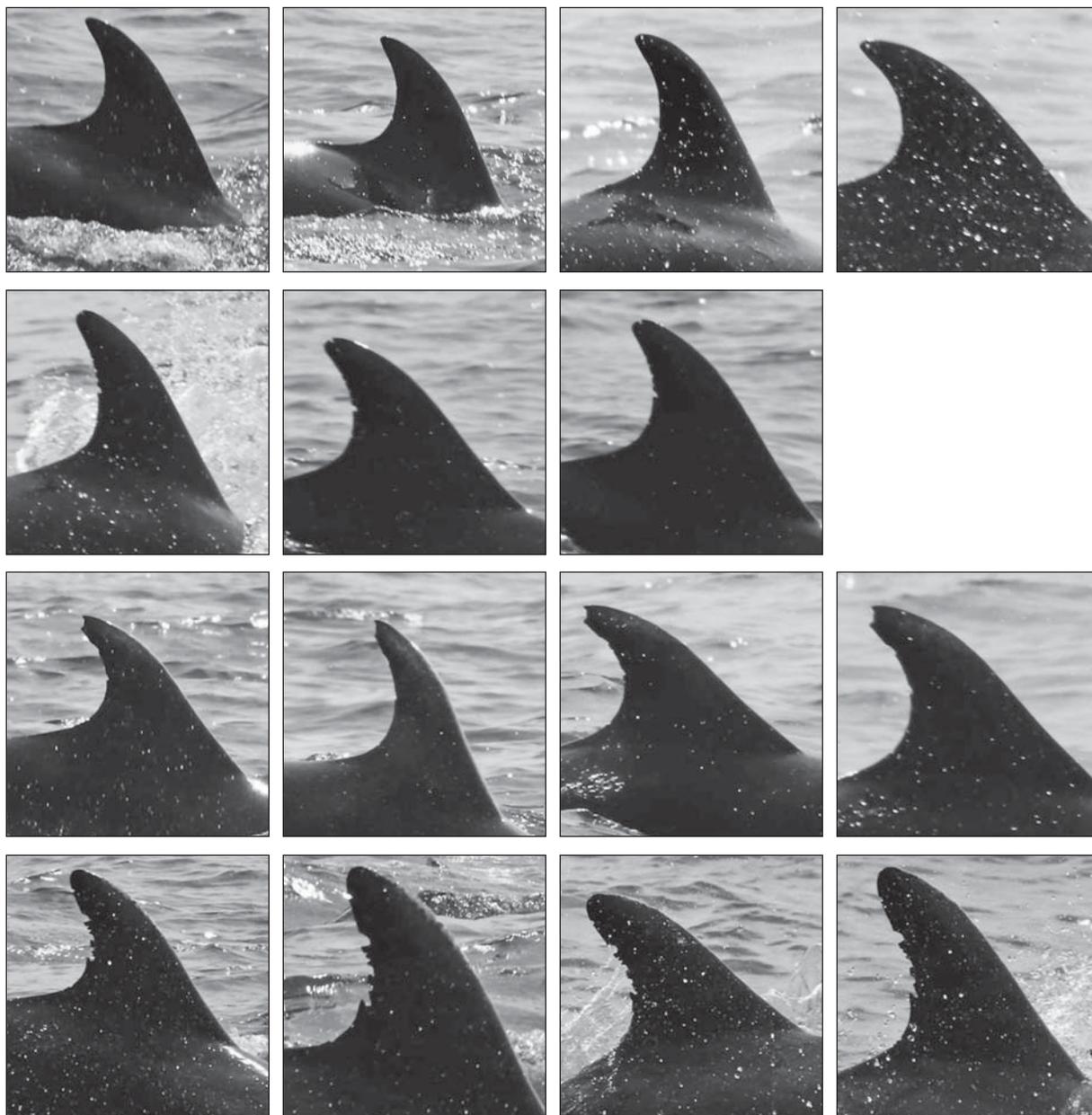
стране и за рубежом, локальные сообщества афалин сосредоточены в относительно небольших ареалах в прибрежной зоне. Для осуществления их учета необходима более или менее точная идентификация особей. Традиционный способ — фотоидентификация, т.е. выявление по фотографиям специфических форм спинных и хвостовых плавников дельфинов, природных меток на их коже (пятен, шрамов и т.д.). В ходе наблюдений в акватории Ласпи-Батилиман** фотосъемка дельфинов производилась регулярно при их приближении на расстояние, которое позволяло в дальнейшем осуществлять фотоидентификацию. В настоящее время собранные материалы обрабатываются, однако сразу заметим: данный метод учета недостаточно точен. Дело в том, что названные природные метки обнаруживаются далеко не у всех особей; кроме то-

** Батилиман (в переводе с греческого «глубокая гавань») — урочище на побережье Ласпинской бухты.



Дельфин-афалина в районе бухты Ласпи.

* «Карусель» — форма охоты, при которой дельфины окружают и сжимают косяк рыбы, делая его более компактным. «Котел» — тактика, при которой одни дельфины уплотняют живую рыбью массу, а другие внедряются в нее и ловят добычу.



Спинные плавники четырех дельфинов-афалин с характерными зазубринами. Съемка произведена весной 2018 г. в районе Судака.

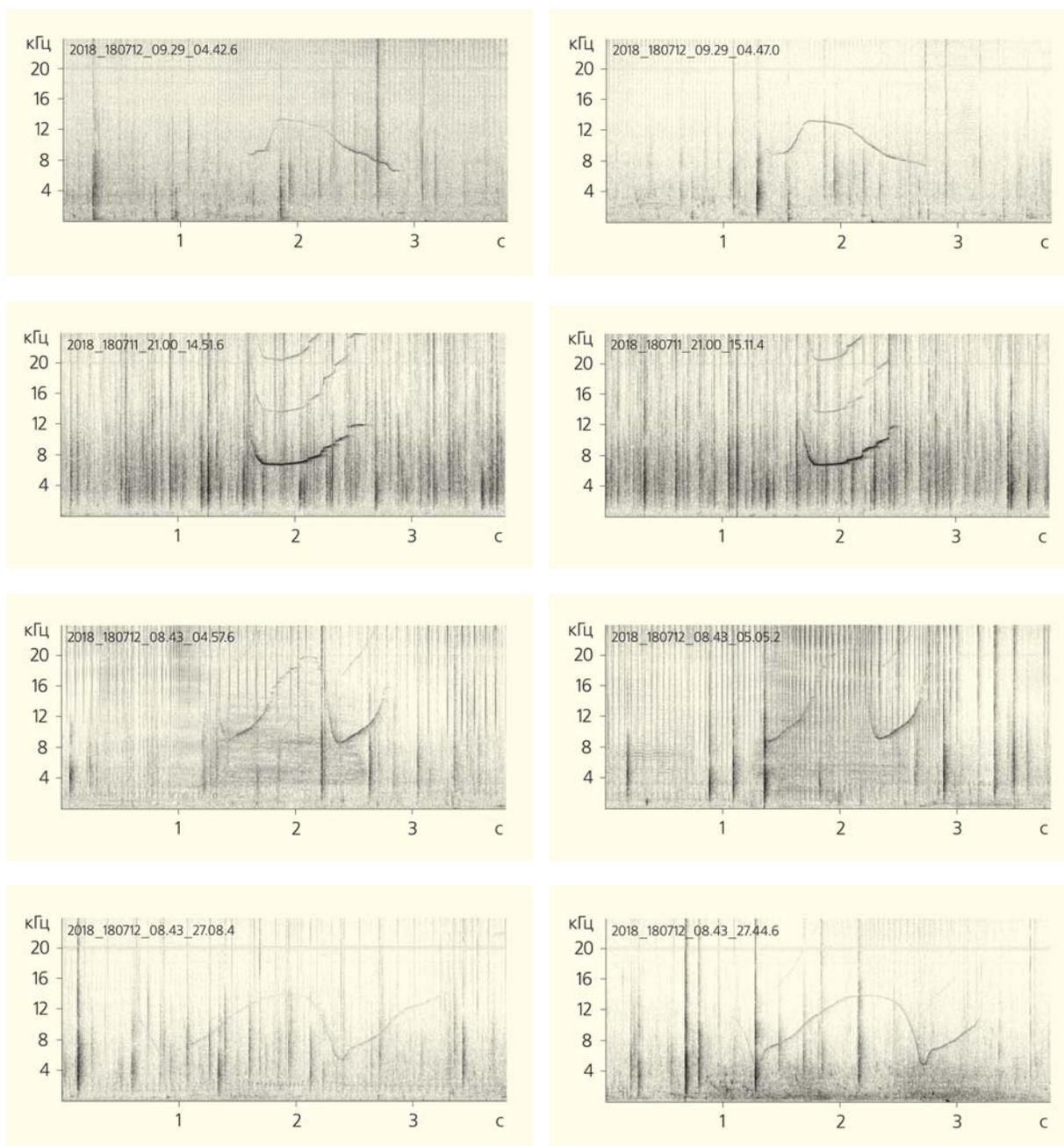
го, они могут изменяться со временем. Так что речь идет скорее о выявлении отдельных особей с наиболее специфичным обликом, которые в дальнейшем становятся «маркерами» исследуемых сообществ дельфинов.

Значительно более надежным представляется разрабатываемый нами в последнее время метод акустической идентификации. Он основан на том, что в вокальном репертуаре тональных сигналов афалин доминирует (достигает 80% репертуара) специфический индивидуально-опознавательный сигнал, получивший название свист-автограф. У разных особей такие свисты имеют значительные отличия, хорошо выявляемые при анализе их спектрограмм; кроме того, автографы формиру-

ются уже в раннем возрасте и стабильны на протяжении всей жизни дельфина. Таким образом, при обработке достаточно больших массивов записей возможно определение индивидуального состава наблюдаемых групп дельфинов по их автографам. Обработка собранного летом 2018 г. акустического материала с целью выявления зарегистрированных автографов продолжается.

Морские свиньи, или азовки

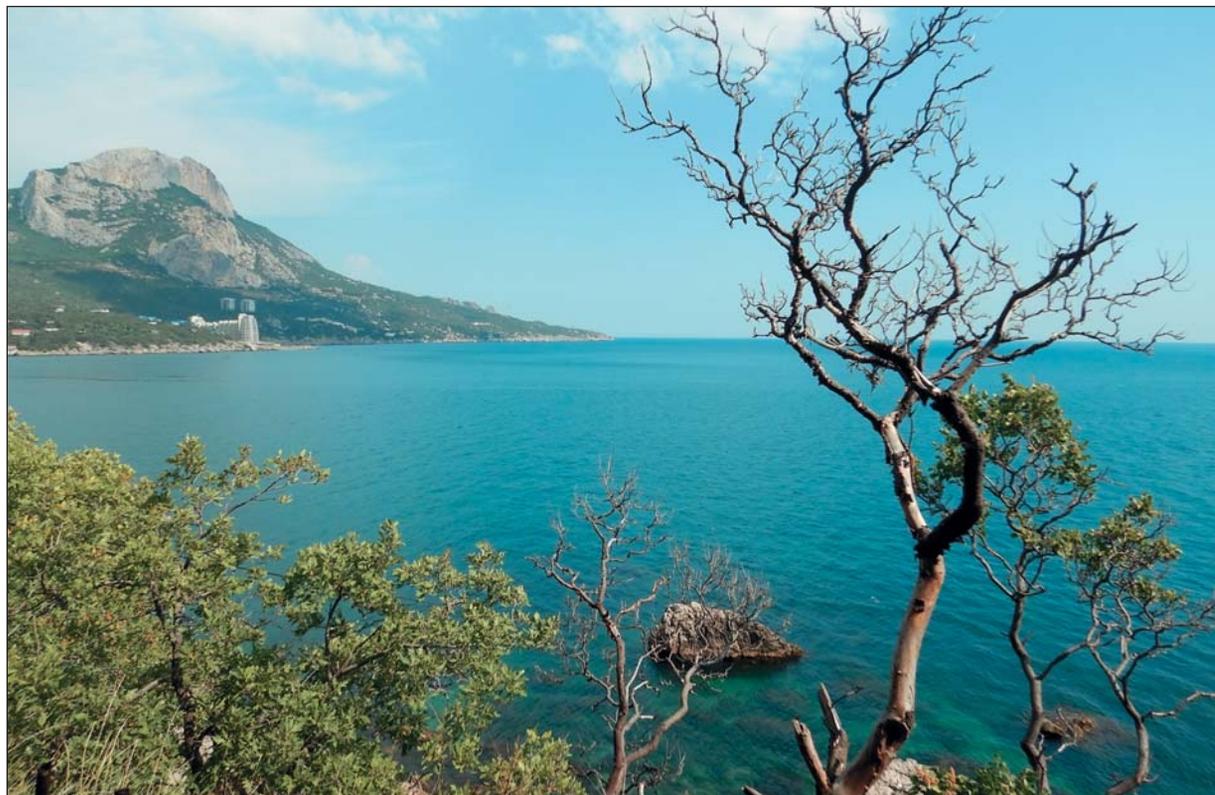
Представителей этого вида мы регулярно наблюдали в исследуемой акватории в течение всего периода работ. Как правило, встречались одиночные особи и мелкие группы (два-три дельфина), кото-



Примеры спектрограмм четырех принадлежащих афалинам свистов-автографов, зарегистрированных во время проведения акустических записей. Представлено по два варианта каждого из автографов; отмечены дата и время записи.

рые перемещались вдоль берега и ныряли на одном месте — предположительно, охотились на придонную рыбу. Тем не менее трижды были отмечены и довольно крупные (от 15 до 30 особей) скопления азовок на весьма большом удалении от берега — 1 км и более. Животные вели себя очень активно, совершали резкие броски и даже некие подобию прыжков, что для представителей данного вида нехарактерно. Над скоплениями азовок кружили чайки, периодически пикируя в воду за добычей. Все это свидетельствовало о коллективной охоте за стайной рыбой.

Что касается общей численности азовок в исследуемой акватории, то определенных заключений сделать не удалось, поскольку характерных меток на коже и спинных плавниках представителей данного вида практически не бывает. Не зарегистрированы у них и индивидуально-опознавательные сигналы; судя по литературным данным, эти дельфины издают только высокочастотные импульсные сигналы, которые нельзя уловить имеющейся у нас аппаратурой. Таким образом, количество обитающих в данном районе азовок можно представить только в самом общем виде —



Вид с наблюдательного пункта на бухту Ласпи и поселок Ласпи. На заднем плане — скала Ласпи (вершина — 691 м над ур. м.).

руководствуясь, например, численностью группы до 30 особей, отмеченной 23 июля 2018 г.

Белобочки, или обыкновенные дельфины

Белобочки традиционно считались пелагическим видом, обитающим на значительном удалении от берега. Однако в последнее время этих дельфинов можно довольно часто видеть и в прибрежной акватории. Так, в период проведения наших работ в районе Ласпи-Батилиман проходы белобочек в пределах обзора со стационарного наблюдательного пункта отмечались дважды. 17 июля несколько плотных групп численностью по пять-шесть особей быстро, с прыжками прошли вдоль берега

в западном направлении, на расстоянии 700–800 м от наблюдательного пункта. Общее количество дельфинов было оценено в 20–25 особей. 1 августа группа из шести белобочек (с детенышем) перемещалась в западном направлении; дельфины периодически охотились, судя по активным занырям и пикирующим в воду чайкам.

На данном этапе обработки и анализа собранных данных главная задача — выявить на фотографиях особей с характерными природными метками и составить каталог зарегистрированных свистов-автографов. Эта работа еще не завершена, но мы надеемся, что ее результаты помогут уточнить размер современной популяции черноморских дельфинов. ■

Studies of the Black Sea Dolphins Continue

A.V.Agafonov^{1,2}, E.M.Panova¹, I.V.Logominova²

¹Shirshov Institute of Oceanology, RAS (Moscow Russia)

²Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve, RAS (Crimea, Russia)

One of the main tasks of complex ethological and acoustic studies of the Black Sea dolphins in the area of Laspi Bay (Sevastopol) in August 2018 was to estimate number of these animals, permanently or temporarily inhabiting this area. Observations, conducted with the use of modern surveillance equipment, allowed to collect a large amount of data, which can be used to determine the individual composition of the groups of common bottlenose dolphins, described in this area, by specific acoustic signals of these animals — whistles-autographs.

Keywords: *Tursiops truncatus*, *Delphinus delphis*, *Phocoena phocoena*, ethological and acoustic studies, acoustic identification of dolphins.

О единстве и разнообразии геосфер Земли

кандидат геолого-минералогических наук В.Н.Комаров

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (Москва, Россия)

e-mail: komarovmgi@mail.ru

Государственный геологический музей имени В.И.Вернадского РАН — первый естественнонаучный музей в Москве. В его экспозициях можно увидеть разнообразные минералы и горные породы, вулканические бомбы и руды, окаменелости и метеориты — все то, что в повседневной жизни мы, как правило, называем просто камнями. А в геологии камни — главные свидетели геологической истории Земли. С тех пор как выдающийся датский естествоиспытатель и католический епископ Н.Стенон (дат. Niels Stensen, 1638–1686), связав пространственные отношения между слоями с последовательностью их образования во времени, ввел в геологию новую реляционно-генетическую концепцию времени, специалисты научились читать каменную летопись. Ученым удалось получить уникальную информацию о возникновении и развитии жизни, о закономерностях седиментации, о распределении и миграции в земной коре химических элементов, о процессах горообразования, движении литосферных плит и о многом другом.

В 2018 г. опубликован «Путеводитель по залам Государственного геологического музея имени В.И.Вернадского РАН», который знакомит читателя с экспозиционными залами, последовательно, одну за другой приоткрывая тайны нашей планеты.

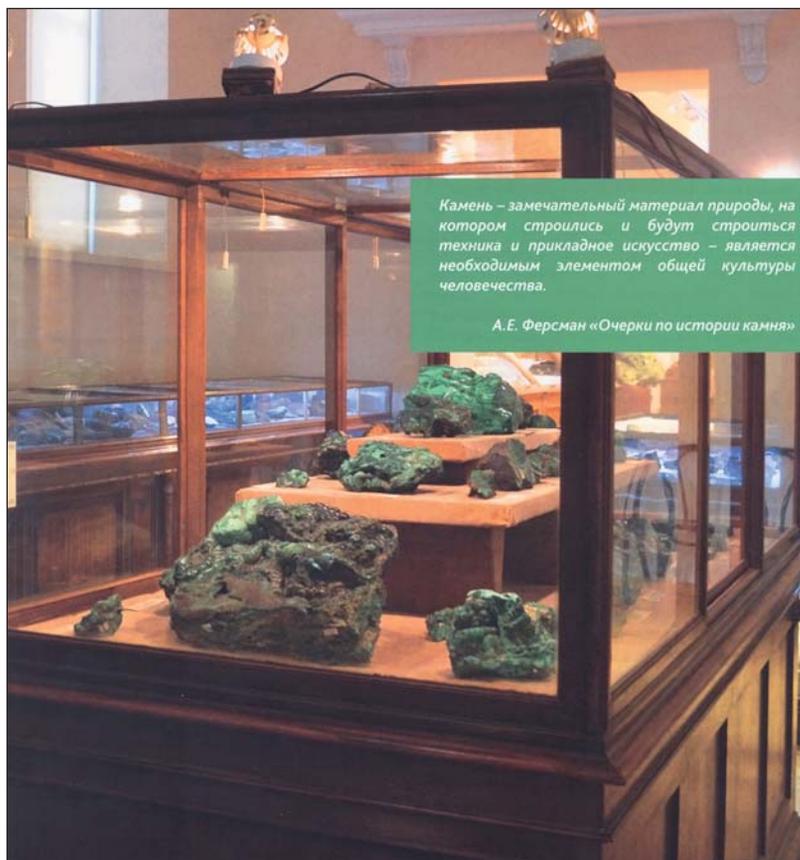
Земная кора состоит из разнообразных горных пород, образованных из минералов. Поэтому путешествие по музею авторы начинают с удивительного мира минералов, которые в природе возникают непрерывно. На земной поверхности они образуются в соленых озерах и минеральных источниках, в пещерах и в жерлах вулканов. Формирование большей части минералов скрыто от человека: их кристаллизация происходит в глубинах Земли, в горячих растворах и в магматических очагах. В книге приведены подробные сведения о свойствах минералов и их систематике, об известных месторождениях, о богатствах недр нашей страны и о той роли, которую сыграл камень в длительной истории человечества. Большое внимание уделено выдающимся минералам прошлого.

Далее в путеводителе рассмотрены основные особенности геосфер Земли. Наша планета состоит из внешнего и внутреннего ядра, нижней и верхней мантии и земной коры. Земная кора и часть верхней мантии образуют литосферу. Неотъемлемые части Земли — гидросфера, атмосфера и биосфера. Все сферы взаимосвязаны и оказывают друг на друга значительное влияние. Слагающие земную кору магматические, метаморфические и осадочные горные породы образу-



И.А.Стародубцева, И.П.Андреева, З.А.Бессуднова, Н.Н.Самсонова, Е.Ю.Закревская, Н.А.Вишневская, Е.Л.Минина. Путеводитель по залам Государственного геологического музея им. В.И.Вернадского РАН / Отв. ред. С.В.Черкасов.

М.: ГГМ РАН, 2018. 176 с.



Страница из путеводителя: каменный мир музея.

ются в недрах Земли и на ее поверхности, как на континентах, так и на дне океанов. Путеводитель рассказывает о геофизических методах, позволяющих изучать внутреннее строение нашей планеты, о химическом составе и физических свойствах геосфер, о литосферных плитах и главных структурных элементах материков и океанических впадин. Дана оценка масштабных процессов выветривания, геологической деятельности живого вещества и человека.

Затем в книге детально проанализирована геологическая история Земли. Изложены данные о метеоритах, о самых древних горных породах и о разнообразных геологических процессах. Охарактеризованы принципы, которыми руководствуются исследователи при восстановлении геологической истории нашей планеты. Обобщены данные об изменениях, которые претерпел растительный и животный мир Земли.

Следующий раздел путеводителя представляет собой геологический очерк окрестностей Москвы. Читатель узнает об организмах, обитавших здесь в разные геологические эпохи, о минералах и горных породах, о том, какие полезные ископаемые добывали наши далекие предки и какие добывают сегодня. Рассмотрены актуальные проблемы экологии Москвы.

Раздел «Исторические коллекции» включает информацию о том, каким образом попадают экспонаты в музей. В его фондах хранятся коллекции, связанные с именами выдающихся отечественных естествоиспытателей и известных государственных деятелей. Их биографии неразрывно связаны с историей России и историей накопления геологических знаний.

Далее путеводитель знакомит нас с коллекцией, в 2011 г. подаренной музеем Сергеем Мионовым. Читатели могут полюбоваться разнообразием рудных и породообразующих минералов, уникальными представителями минерального царства и непередаваемой игрой цвета подолочных и драгоценных камней.

В геологической кунсткамере показано разнообразие форм природных тел, поражающих внешним сходством живого и неживого. Данное сходство, подчиняющееся единым законам природы, демонстрируют образцы минералов, горных пород, ископаемых остатков, а также фотографии различных природных объектов. В представленных образцах природа выступает в роли художника, создающего удивительные произведения. Авторы отмечают, что природа использует в своих творениях одни и те же фигуры — спираль, диск, шар, эллипсоид и некоторые другие. Virtuозно сочетая их, она создает бесконечное множество сложных, легких и невероятно красивых конструкций. Именно природа — творец всего многообразия живого и косного, всей красоты окружающего нас мира.

Заключительный раздел путеводителя знакомит с историей музея, которая начинается с Минерального кабинета Императорского Московского университета. Его основу составил дар Прокофия, Григория и Никиты Демидовых (6 тыс. образцов), доставленный в университет в 1759 г. Эту коллекцию купил их отец, уральский заводчик Акинфий Демидов в начале 1740-х годов во Фрайберге (Саксония) у известного естествоиспытателя И.Ф.Генкеля. В дальнейшем фонды музея формировались благодаря экспедиционным сборам ученых Московского университета — Г.И.Фишера фон Вальдгейма, Г.Е.Щуровского, В.О.Ковалевского, А.П.Павлова, М.В.Павловой, В.И.Вернадского и их учеников. В 1930 г., после реформы образования, Геологический и Минералогический институты Московского

государственного университета и их музеи — Геолого-Палеонтологический и Минералогический — были объединены с музеем геологоразведочного факультета Московской горной академии и вошли в новый Московский геологоразведочный институт (МГРИ) имени Серго Орджоникидзе. Преподаватели и студенты МГРИ более чем за полвека обогатили музей образцами, собранными в экспедициях по всему Советскому Союзу. Выпускники института, ставшие первооткрывателями месторождений, составителями геологических карт, авторами научных публикаций, и в наши дни дарят музею образцы минералов и руд, горных пород и окаменелостей.

Сохраняя славные традиции, Государственный геологический музей опирается в своей работе на учение В.И.Вернадского о единстве косного и живого вещества планеты, о ее связи с космосом, о роли человека как геологической силы, меняющей ее лик. Музей проводит огромной важности просветительскую работу. Являясь крупным научно-исследовательским центром, он активно сотрудничает с научными и общественными организациями, участвует в федеральных и международных программах. Много внимания уделяется работе с детьми и молодежью. Созданы Клуб юных геологов и Межвузовский академический центр навигации по специальностям горно-геологического профиля. В музее проводятся экскурсии, оказывается помощь школам и высшим учебным заведениям в подборе необходимых образцов.

Знакомство с рецензируемой книгой (которая, на мой взгляд, сразу же станет библиографической редкостью) оставляет самое хорошее впечатление.



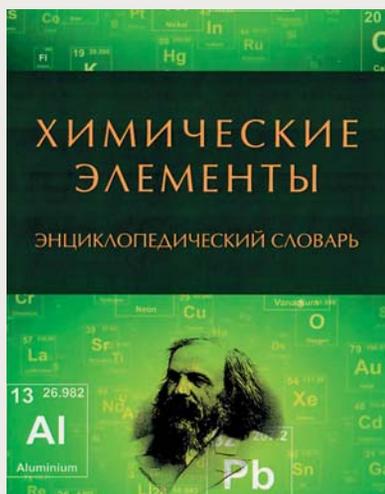
Страница из путеводителя: современные кораллы из коллекции П.Г.Демидова.

Отдельно хотелось бы отметить многочисленные, рассыпанные по тексту, словно драгоценные камни, малоизвестные исторические сведения и отличное полиграфическое качество издания. Приведенные в нем оригинальные рисунки и фотографии позволяют лучше воспринимать излагаемый материал.

Нисколько не сомневаюсь, что читатели, еще не побывавшие в Государственном геологическом музее имени В.И.Вернадского, после знакомства с путеводителем обязательно захотят его посетить. Думаю что и завсегдатаи музея, прочитав данную книгу, наверняка испытают чувство ностальгии и загорятся желанием вновь полюбоваться красотами и тайнами окружающего мира. ■

Химия

В.В.Лунин, И.А.Леенсон, А.А.Дроздов, Н.Ф.Степанов, С.С.Бердоносков. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ. ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ: Учебное пособие. М.: Энциклопедия, 2019. 384 с.



Организация Объединенных Наций объявила 2019 г. Международным годом 150-летия Периодической таблицы химических элементов. В связи с этим издательство «Энциклопедия» впервые издало энциклопедический словарь всех 118 химических элементов — от водорода до оганесона. Новая энциклопедия посвящена свойствам химических элементов, из которых состоит наш мир. Авторы книги задались целью не только предоставить читателю справочную информацию о каждом из элементов, но и показать гармонию химии — науки, открывающей нам знания о природе, о человеке, позволяющей создавать новые материалы. Основа этого повествования — Периодическая система Д.И.Менделеева. Ученые открывали неизвестные ранее элементы — история изысканий описана в энциклопедии так же, как свойства элементов, методы их получения, области применения их соединений. Книга будет интересна широкому кругу читателей, главным образом школьникам и студентам.

Космонавтика

Ю.М.Батурич. ВЛАСТЕЛИНЫ БЕСКОНЕЧНОСТИ: КОСМОНАВТ О ПРОФЕССИИ И СУДЬБЕ. М.: Альпина Паблишер, 2018. 676 с.

Автор книги — летчик-космонавт, совершивший два космических полета — в 1998 и 2001 гг., Герой России, член-корреспондент РАН. В девяти главах книги, объединенных в две части («Размышления о профессии» и «Уроки космоса»), он с дотошностью ученого и с опорой на личный опыт рассказывает о самой рискованной и романтичной профессии XX в. Об истории космонавтики, о том, как происходит отбор в отряд и каких людей выбирают для этой опасной профессии, о подготовке космонавтов — чему их учат и какие прививают навыки. О том, зачем и как летают в космос, о космической технике, об отношениях людей в космическом аппарате. Во всех главах есть раздел «Личная история». Там автор откровенно и честно рассказывает о детских мечтах, о разговорах с отцом разведчиком, о схожести профессий разведчика и космонавта, о сне, в котором полетел в космос. Повествование далеко выходит за пределы персональных подробностей и дает представление о работе инженеров и конструкторов космической техники, об учителях, инструкторах и специалистах Центра подготовки космонавтов, о товарищах по космическим экипажам и о дублерах. Сильная среда, красивое окружение, серьезная работа — таков жизненный принцип автора, такие условия позволяют ему чувствовать себя счастливым и состоявшимся. Иллюстрации книги (рисунки, схемы и фотографии) в подавляющем большинстве выполнены самим автором.



Археология. Краеведение

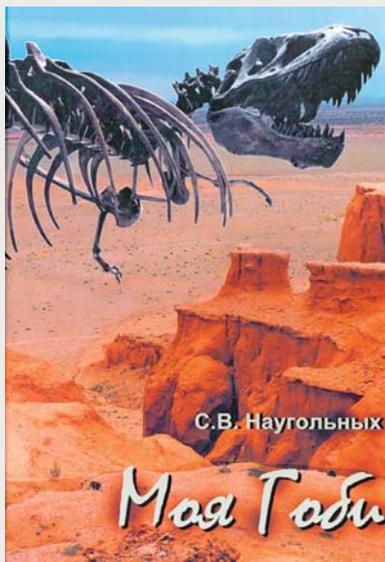
Г.А.Массалитина, И.В.Болдин, Ю.В.Селезнёв. «НЕ ЗВАТИ КОЗЕЛЬСКОМЪ, НО ЗЛЫМЪ ГОРОДОМЪ»: История и археология древнерусского Козельска. Тула: Борус-Принт, 2018. 242 с.

Калужский край, расположенный в историческом центре России, на протяжении веков играл особую роль в истории страны. Здесь проходили знаковые события, связанные с борьбой за независимость отечества. Это и Великое стояние на Угре 1480 г., и защита рубежей Московского царства в XVI в. от литовско-польских войск и набегов крымских татар. В Калуге погребен Лжедмитрий II. Не обошли край и Отечественная война 1912 г., и Великая Отечественная. Ранний пример мужества и самопожертвования — история беспрецедентной семинедельной обороны Козельска на р.Жиздре от татаро-монгольского войска хана Батыея весной 1238 г. Не сдавшийся врагу город был стерт с лица земли, а все его жители погибли. Местоположение города оставалось неясным, и Деснинской экспедиции Института археологии РАН в 1992 и 1997 гг. не удалось найти ни культурного слоя, ни даже отдельных находок эпохи Древней Руси. Поэтому возникли сомнения в правильности отождествления современного районного центра Калужской обл. с одноименным древнерусским Козельском — городом воинской славы. Но в 2010 г. козельским археологам при участии коллег из Воронежа удалось обнаружить остатки города XI–XIII вв. в центре современного Козельска. Результаты их кропотливых исследований легли в основу данной богато иллюстрированной монографии.



География. Палеонтология

С.В.Наугольных. МОЯ ГОБИ. М.: Медиа-Гранд, 2018. 200 с.



Автор, профессиональный палеонтолог-палеоботаник, рассказывает о двух экспедициях в пустыню Гоби (Монголия) на известные местонахождения ископаемых остатков динозавров — Баин-Дзак и Нэмэгэту. Первая поездка (2013) состоялась в составе отряда Совместной российско-монгольской геологической экспедиции, а вторая (2016) была приурочена к международному симпозиуму «70-я годовщина Монгольской палеонтологической экспедиции Академии наук СССР», организованному Монгольской и Российской академиями наук. Основой текстовой части книги (объемом 50 с.) стали дневниковые записи, которые дополнены выдержками из книги И.А.Ефремова «Дорога ветров» и размышлениями о географии и геоморфологии Гоби, о мел-палеогеновой экосистемной перестройке, о следах динозавров и кладках их яиц. Приведен обширный список литературы, содержащий ссылки на научно-популярные и научные публикации по палеонтологии Монголии, о палеонтологических экспедициях и о Гоби. Большая же часть книги — это фотоальбом, составленный из снимков, сделанных самим автором в Монголии. На них виды Улан-Батора, экспонаты этнографического и палеонтологического музеев, ландшафты Гоби, разнообразные растения и животные, каменные орудия, геологические обнажения и палеонтологические раскопки. Сам автор назвал подборку фотографий «своим экспериментом в фотожурналистике».

Издательство предлагает услуги по редакционно-издательской подготовке материалов, сборников, а также весь комплекс полиграфических услуг

Издательство «Наука» готово оказать услуги под ключ по организации и проведению семинаров, конференций, презентаций, выставок в конференц-залах и на экспозиционных площадках издательства по адресам:

г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1

г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 90

Московская обл., г. Люберцы, Октябрьский пр-кт, д. 403

По всем интересующим вопросам обращайтесь по тел.: +7(495)276-1197 доб. 3321, 3371, 2241
 Подробная информация на сайте www.naukapublishers.ru/history/partnership

ПРИРОДА

3/2019

Сочредители: РАН, ФГУП «Издательство «Наука»

Главный редактор: А.Ф.Андреев

Заместитель главного редактора: А.В.Бялко

Ответственный секретарь

Е.А.Кудряшова

Литературный редактор

Е.Е.Жукова

Научные редакторы

М.Б.Бурзин

Т.С.Клювиткина

Е.В.Сидорова

Н.В.Ульянова

О.И.Шутова

Заведующая редакцией

И.Ф.Александрова

Перевод содержания

Т.А.Кузнецова

Графика, верстка:

С.В.Усков

Подписной индекс: 70707

Дата выхода в свет: 4.04.2019

Формат 60×88 1/8. Цифровая печать

Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2

Бум. л. 12

Тираж 1000 экз.

Цена свободная

Заказ 871

Редакция и издатель: ФГУП «Издательство «Наука»

Адрес: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 90

По вопросам публикации материалов:

тел.: (495) 276-77-35 (доб. 4171),

e-mail: priroda@naukaran.com

По вопросам сотрудничества:

тел.: (495) 276-77-35 (доб. 4301 или 4291),

e-mail: journals@naukaran.com

Отпечатано в ФГУП «Издательство «Наука»

Адрес: 121099, Москва, Шубинский пер., 6.

Журнал зарегистрирован Государственным комитетом Совета министров СССР по печати 13 декабря 1990 г.

Свидетельства о регистрации №1202 и ПИ №1202.

Все права защищены. Перепечатка материалов возможна только с разрешения редакции.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламодатели.

12+

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЖУРНАЛЫ ТЕПЕРЬ ДОСТУПНЫ ВСЕМ



Уважаемые коллеги!

Открыта подписка для физических лиц на номера 2019 г. научно-популярных журналов «Земля и Вселенная», «Природа», «Энергия: экономика, техника, экология»

Журнал «Земля и Вселенная»

Стоимость годового комплекта (6 номеров) 1200 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 42-31)

E-mail: zevs@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 423

Журнал «Природа»

Стоимость годового комплекта (12 номеров) 3000 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 41-71)

E-mail: priroda@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 417

Журнал «Энергия: экономика, техника, экология»

Стоимость полугодового комплекта (6 номеров) 1500 руб.

Редакция журнала

Тел.: +7(495) 362-07-82

E-mail: energy@iht.mpei.ac.ru

ул. Красноказарменная, 17а

Журналы также можно приобрести в розницу в сети магазинов «Академкнига» по следующим ценам:

«Земля и Вселенная» – 220 руб.

«Природа» – 270 руб.

«Энергия: экономика, техника, экология» – 270 руб.

Подписаться можно в редакциях указанных журналов.
Убедительная просьба связаться с редакциями перед визитом.

В случае возникновения вопросов можно также обращаться в Управление по выпуску журналов ФГУП «Издательство «Наука»:
Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 42-91 или 43-01)
E-mail: journals@naukaran.com

Уважаемые авторы!

Приглашаем вас принять участие в Конкурсе молодых авторов

Конкурс учрежден Издательством «Наука» для привлечения молодых авторов
Заявки и работы для участия в Конкурсе принимаются с 9 января по 31 июля 2019 года

К участию в конкурсе принимаются оригинальные,
не публиковавшиеся ранее, не участвующие в других
конкурсах статьи по трем блокам:

- астрономия, космонавтика, экология, геофизика, геодезия
- энергетика, биоэнергетика
- физика, химия, биология

По итогам Конкурса награждаются три победителя:



Сертификат на издание научной
или научно-популярной книги



Сертификат на подготовку
оригинал-макета научной
или научно-популярной книги



Сертификат на редактирование научной
или научно-популярной книги

Подать заявку и узнать подробности
о Конкурсе вы можете на сайте

ys.naukapublishers.ru