

ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

2 18



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

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

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Прекрасно сохранившиеся ископаемые остатки рыбы *Dapedium pholidotum* в жилой камере аммонита *Lytoceras ceratophagum*. Экспонат Музея первобытного мира имени Б.Гауфа (Хольцмаден, Германия). См. в номере: **Мироненко А.А.** Раковины аммоноидей в мезозойских экосистемах. Фото автора

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. пляж на оз.Парисенто (Ямало-Ненецкий автономный округ). См. в номере: **Андреева И.В.** Пляжи Западной Сибири.

Фото А.Н.Романова



«Наука»

© Российская академия наук, журнал «Природа», 2018
© ФГУП «Издательство «Наука», 2018
© Составление. Редколлегия журнала «Природа», 2018

В НОМЕРЕ:

- 3 А.М.Портнов**
Уникальная рудно-изотопная аномалия России
Рудный Норильский район — аномальный на нашей планете по обилию богатейших медно-никелевых с платиноидами руд в базальтах, по накоплению тяжелого изотопа серы в сульфидах и по денежной стоимости «простого продукта», извлеченного из них.
- 10 М.В.Винарский**
Большое путешествие маленькой улитки
*Водная улитка *Physella acuta* родом из стран Нового Света, но в наши дни она распространена на всех континентах. В статье прослеживается расселение *P.acuta* по западу Палеарктики начиная с момента ее прибытия в Старый свет, а также рассматриваются возможные движущие силы расселения. Проанализированы многочисленные литературные источники, а также музейные коллекции некоторых европейских стран.*
- 20 А.А.Мироненко**
Раковины амmonoидей в мезозойских экосистемах
Раковины древних головоногих после смерти самих моллюсков превращались в удобные укрытия и жилища для различных донных животных, а прикрепляющиеся организмы использовали их в качестве субстрата. Раки-отшельники начали свой эволюционный путь с заселения раковин аммонитов.
- 29 М.В.Родкин**
Самая актуальная проблема человечества?
Вопрос о множественности технологических цивилизаций во Вселенной непосредственно связан с прогнозом судьбы высокоразвитой жизни на Земле. В космосе признаков существования наших собратьев по разуму пока не обнаруживается. Не означает ли это, что цивилизации живут недолго, не грозит ли человечеству самоуничтожение?

- 37 К.Г.Михайлов**
Революционеры в систематике пауков: В.А.Вагнер и П.Т.Лехтинен
Использование особенностей строения копулятивных органов пауков для диагностики родов и семейств произвело революцию в систематике. Начало в 1880-х годах заложили работы В.А.Вагнера, но лишь через 80 лет эти идеи, обоснованные огромным сравнительным материалом, были вторично введены П.Т.Лехтиненом.

Вести из экспедиций

- 45 И.А.Немировская**
Что происходит с Волгой?
- 54 И.В.Андреева**
Пляжи Западной Сибири (54)
Н.Б.Келлер, Н.С.Оськина, Т.А.Савилова
Распределение склерактиниевых кораллов в высоких широтах (64)

Научные сообщения**Заметки и наблюдения**

- 70 В.Н.Комаров, З.М.Ф.Зарубин, Е.Ф.Бабицкий**
Качи-Кальон
- 78 Е.Ю.Басаргина, Л.И.Громова**
Необычный диплом И.П.Павлова и фотоальбом его четвероногих «друзей»

Новости науки

- Когерентное упругое рассеяние нейтрино обнаружено (87). Биткойн и климат. А.В.Бялко (88). Рефралон: новые возможности антиаритмического препарата III класса (89). Редкость не всегда приводит к вымиранию (90). Новые данные о юрских ихтиозаврах Поволжья. М.С.Архангельский, Н.Г.Зверьков (91).

- 92** **Новые книги**

CONTENTS:

- 3** **A.M.Portnov**
Ore-Isotopic Anomaly of Russia
Norilsk ore-mining district is anomalous on our planet by the abundance of rich copper-nickel ores with platinumoids in basalts, by the accumulation of sulfur heavy isotope in sulphides, and also by the monetary value of the extracted «simple product».

- 10** **M.V.Vinarski**
The Big Journey of a Tiny Snail
The water snail Physella acuta is from the countries of the New World, but nowadays it is distributed on all the continents. The article traces the settlement of P.acuta to the west of Palearctic, beginning from the moment of its arrival to the Old World. The possible driving forces of resettlement are also considered. A range of literary sources and museum collections of some European countries were analyzed.

- 20** **A.A.Mironenko**
Ammonoid Shells in Mesozoic Ecosystems
The shells of the ancient cephalopods after the death of the mollusks turned into convenient shelters and dwellings for various benthic animals. The attached organisms used them as a substrate. Hermit crabs began their evolutionary path from the colonization of ammonite shells.

- 29** **M.V.Rodkin**
The Most Topical Issue of Humanity?
The problem of multiplicity of technological civilizations in the Universe is directly related to the prediction of the fate of a highly developed life on Earth. No signs of existence of our space brothers have yet been found. Does this mean that civilizations do not live long? Is self-destruction possible for humanity?

- 37** **K.G.Mikhailov**
Vladimir Vagner and Pekka Lehtinen, Revolutionaries in Spider Taxonomy
The use of peculiarities of the structure of copulatory organs of spiders for the diagnosis of genera and families made a revolution in taxonomy. The beginning was laid by the works of V.A.Wagner in the 1880's. But only 80 years later these ideas, substantiated by a huge comparative material, were reintroduced by P.T.Lehtinen.

Notes from Expeditions

- 45** **I.A.Nemirovskaya**
What is Happening to the Volga River?

Scientific Communications

- 54** **I.V.Andreeva**
Beaches of Western Siberia (54)
N.B.Keller, N.S.Oskina, T.A.Savilova
Scleractinian Corals Live in Arctic and in High Latitudes of North Atlantic (64)

Notes and Observations

- 70** **V.N.Komarov, Z.M.F.Zarubin, E.F.Babitsky**
Kachi-Kalon

- 78** **E.Yu.Basargina, L.I.Gromova**
Ivan P.Pavlov' Special Diploma and a Photo Album of His Four-Legged Friends

- 87** **Science News**
 Coherent elastic neutrino-nucleus scattering has been observed (87). Bitcoin and climate. **A.V.Byalko** (88). Refralon: new possibilities of the antiarrhythmic drug of III class (89). Rarity does not always lead to extinction (90). New data on the Jurassic ichthyosaurs of the Volga region. **M.S.Arkhangel'sky, N.G.Zverkov** (91).

- 92** **New Books**

Уникальная рудно-изотопная аномалия России

А.М.Портнов

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

Базальтоиды содержат повышенные содержания меди, никеля, платиноидов, но медно-никелевые месторождения с благородными металлами в них крайне редки. Возникают они только в случае внешнего привноса серы. Большинство таких месторождений имеют изотопную метку мантийной серы и связаны с древними астроблемами или глубинными разломами, когда часть литофильных элементов за счет активизированной серы мантии превращается в сульфидный расплав. От подобных месторождений отличается Норильский рудный район триасового возраста, обладающий аномальными генезисом, качеством руд и масштабами ассимиляции изотопно-тяжелой серы из ангидрита девонских осадочных пород.

Ключевые слова: базальтоиды, месторождения, никель, медь, платиноиды, сера, норильские руды, изотопия, аномалия, сульфуризация.

В мире ежегодно добывается около 2 млн т никеля. Из них на долю России в 2015 г. пришлось 15%. Практически весь никель в нашей стране извлекается из богатейших в мире руд, содержащих, кроме него, медь, кобальт, платиноиды, золото, серебро, молибден. Большая их часть разведана в базальтоидах (габбро-долеритах) Норильского р-на. Это 87% добытого никеля РФ. Существенно меньшие запасы подобных руд расположены в Монче-тундре на Кольском п-ове.



Александр Михайлович Портнов, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии и геохимии Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе. Круг научных интересов охватывает вопросы минералогии и геохимии. Постоянный автор «Природы».

Распыленные драгоценности базальтов

В отличие от богатых кремнеземом светлых кислых гранитов, темные, обедненные им базальты называют основными породами. Они слагают половину земной коры: покрывают дно Мирового океана, подстилают фундаменты континентов, образуют бесчисленные острова в океанах. В базальтах значительно выше среднее содержание многих рудных металлов, в том числе: никеля — 160 г/т, меди — 100 г/т и кобальта — 45 г/т [1]. В базальтах также резко увеличены содержания палладия, платины, иридия, осмия, рутения, родия, молибдена, золота и серебра. Несмотря на огромную массу, базальтовые лавы рудоносны крайне редко. В колоссальных базальтовых покровах Индии, Восточной Сибири, Забайкалья или Исландии содержится

грандиозное количество рудных элементов. Казалось бы, эти породы — неисчерпаемая кладовая ценных металлов современной цивилизации. Но реальность иная — бескрайние базальтовые массивы безрудны, поскольку промышленные металлы в них находятся в рассеянном состоянии.

Лишь изредка в габбро-базальтах встречается руда. Академик А.Е.Ферсман в 1929 г. при поисках апатитовых месторождений в Хибинских горах на Кольском п-ове обратил внимание на темные породы хребта Монча. В них он заметил блестящие медно-никелевые минералы. Поиски, сомнения, знание соседних норвежских и финских месторождений, наконец (как писал Ферсман в книге «Воспоминания о камне») личная поддержка С.М.Кирова позволили провести глубинную разведку Монче-тундры. В результате к началу Отечественной войны был выдан необходимый для победы первый советский никель. (Высокое качество

во танковой брони фашистской Германии обеспечивалось норвежской никелевой рудой, возникшей в сходных породах.)

Сера превращает пыль в руду

Кажется парадоксальным, что при огромной потенциальной металлоносности базальтов на планете насчитывается лишь пять-шесть крупных районов с медью, никелем и платиноидами. Причина одна: полезные металлы рассеяны в кристаллических структурах темных железомagneзиальных силикатов, а сульфидные рудные минералы отсутствуют. Этот «безрудный парадокс» возникает из-за того, что в базальтовом расплаве мало серы. Норвежский геохимик В.М.Гольдшмидт назвал элементы силикатных пород литофильными, а сульфид-

ных руд — халькофильными. Но многие рудные металлы при дефиците серы проявляют литофильные свойства, рассеиваясь в составе силикатов.

Необходимо огромное количество сероводорода, чтобы элементы-литофилы превратились в халькофилы и отделились от силикатного расплава в виде сульфидов железа, меди, никеля и кобальта, совместно с палладием, платиной, осмием и другими ценными металлами. Кроме России добывают никель, медь, кобальт и платиноиды из сульфидной руды в Австралии, Канаде, Норвегии, Финляндии и ЮАР. Опыт показывает: только при добавке огромного количества сероводорода сера «выедает» из базальтового расплава литофильные металлы, проявляя их халькофильные свойства и превращая в руду.

При дальнейших исследованиях стало известно, что богатые никелем рудоносные районы расположены в гигантских астроблемах — древних кратерах, образовавшихся при взрыве астероидов. Оказалось, большинство медно-никелевых месторождений с платиноидами возникло именно таким необычным путем, т.е. в результате сильного удара космического тела о Землю. Редкое образование месторождений данного типа объясняется случайностью таких событий в истории Земли, когда в расплаве появляется мантийная сера. Гигантские астероиды диаметром более 10 км не так уж часто пробивали земную кору, и геологи стали их изучать лишь во второй половине XX в. Понимание значения астроблем для рудоотложения пришло еще позже [2, 3].

При чудовищных ударах астероидов из мантии выносилась масса раскаленных газов, в том числе и сероводород. Крупнейший рудный район Канады — Садбери, объединяющий десятки медно-никелевых с платиной месторождений, размещается в гигантской астроблеме диаметром 200 км, которая возникла 1850 млн лет назад (рис.1). Важнейшими индикаторами астроблем служат конуса сотрясения — следы сильнейшей вибрации земной коры при взрывных деформациях. Именно они встречаются в породах, окружающих подобный кратер (рис.2). В канадской астроблеме расположено более 60 месторожде-

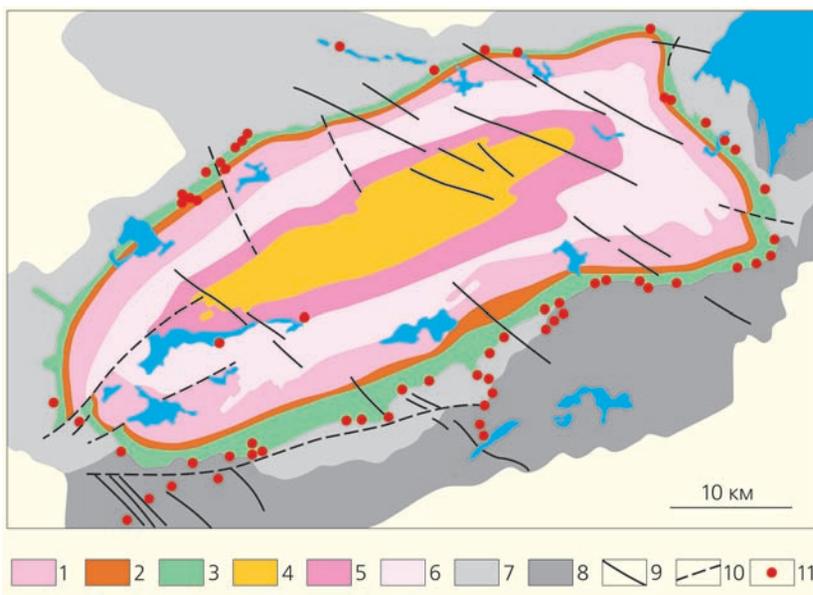


Рис.1. Рудное поле размером 70×40 км медно-никелевого с платиноидами канадского месторождения Садбери разместилось в огромной астроблеме. 1 — гранитофиры; 2 — кварцевые габбро; 3 — нориты; 4 — песчаники; 5 — сланцы; 6 — туфы, кварциты; 7 — архейские гранито-гнейсы; 8 — вулканогенные и осадочные породы (гуронские); 9 — диабазовые дайки; 10 — разломы, 11 — главные месторождения.

ний, в которых добывается в год 150 тыс. т никеля, 300 тыс. т. меди и 20 т платиноидов. Невероятная сила взрыва образовала область пониженного давления, куда устремились активизированные газы мантии (водород, серные газы и др.), превращая литофильные примеси металлов в оливине и пироксене в сульфидный расплав.

Сходная катастрофа произошла и в Южной Африке, в известном рудном районе Витватерсранд. Здесь расположен Вредефорт — крупнейшая астроблема Земли диаметром до 300 км (рис.3). Примерно 1970 млн лет назад там взорвался астероид диаметром около 15 км, всколыхнув мантию Земли с ее огромными запасами хрома, никеля, платины и золота. Сейчас здесь один из важнейших горнодобывающих районов планеты, из которого извлечена треть (около 60 тыс. т) всего мирового золота. ЮАР занимает первое место в мире по добыче хрома (11 млн т в год, почти половина мировой добычи) и платиноидов (130 т платины и 70 т палладия), а также получает 1.5 млн т титанового (ильменитового) концентрата, 80 тыс. т меди, 45 тыс. т никеля, 500 т урана, 170 т золота. Астроблема, которая представляет собой огромное рудное поле, оконтуривают гранитные купола (рис.4).

В Австралии добывают сульфидный никель (60 тыс. т) из месторождений, связанных с астроблемой Акраман диаметром 160 км и возрастом 580 млн лет. Еще 70 тыс. т австралийского никеля извлекается из глин в коре выветривания ультрабазитов. Подобные глины встречаются редко, они преобладают в южных районах планеты: в Индонезии, на Кубе, в Новой Каледонии, на Филиппинах. Есть они и в России, на Южном Урале. Лидер по добыче такого никеля — Филиппины. Здесь в 2015 г. из глинистого минерала гарниерита добыли рекордное количество никеля — 465 тыс. т.

Астроблемы России почти совсем не изучены. Самая большая — Попигайская, ее размер 100 км, а возраст — 35 млн лет. Здесь найдено грандиозное по запасам месторождение технических алмазов и еще одной модификации углерода — лонсдейлита.

Ценные металлы входят в многочисленные сульфидные минералы. Главные из них — пентландит $(\text{Fe,Ni})_3\text{S}_8$ и халькопирит (CuFeS_2) . Сульфиды образуют самостоятельный тяжелый расплав, отделяющийся от более легкого базальтового. В расплаве происходит грандиозный редкостный процесс: при обилии сероводорода возникает природный «штейн» — аналог заводского металлургического процесса, когда сульфидный медно-никелевый расплав при 1000°C тяжелой массой (плотностью около 5.0 г/см^3) отделяется от базальтового силикатного шлака (плотностью около 3.0 г/см^3) с температурой плавления 1200°C .

Природный штейн, подобно расплаву в металлургической печи, сплошной массой опускается на подстилающие породы. Он захватывает с собой ко-



Рис.2. «Конусы сотрясений» из пород месторождения Садбери — индикаторы ударов астероидов.

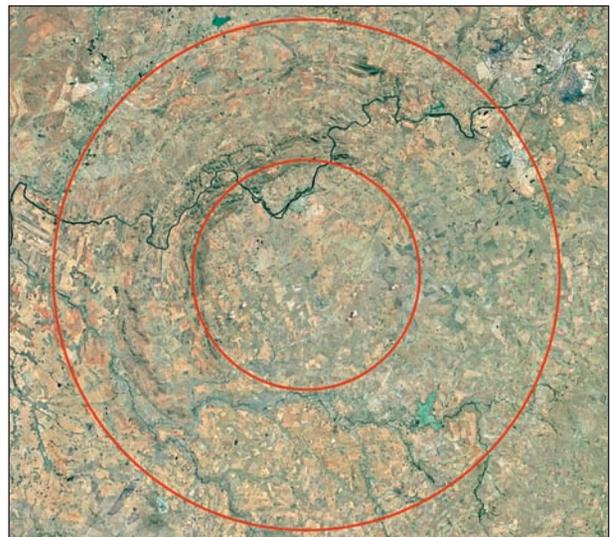


Рис.3. Крупнейшая на Земле астроблема Вредефорт (ЮАР). Космический снимок.

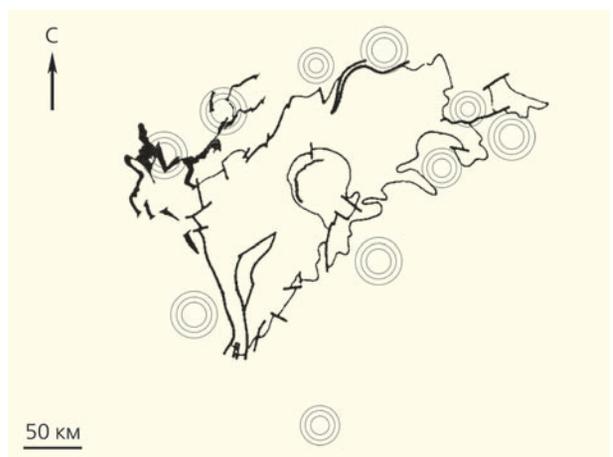


Рис.4. Гранитные купола, оконтуривающие рудное поле астроблемы Вредефорт (ЮАР) [8].

бальт, палладий, платину, осмий, золото, серебро и другие халькофильные металлы. Так возникает природный концентрат ценных и благородных элементов. В реальности же постоянный дефицит серы в базальтах приводит к тому, что 70% мирового никеля добывается не из базальтов, а из ультраосновных пород мантии Земли, которые выходят на поверхность и превращаются в относительно бедные никелем глинистые коры выветривания.

Изотопная метка источника серы

Откуда в базальты попадает необходимая сера? Это узнают по соотношению изотопов серы, которая в природе имеет четыре изотопа с относительной распространенностью: ^{32}S — 95.02%, ^{33}S — 0.75%, ^{34}S — 4.21% и ^{36}S — 0.02%. Для двух наиболее распространенных изотопов — легкого ^{32}S и тяжелого ^{34}S — установлено заметное разделение в восстановительных и окислительных условиях, называемое в геохимии фракционированием.

За эталон сравнения взято отношение изотопов серы в минерале троилите (FeS) из метеорита, найденного в молодом (50 тыс. лет) кратере Каньон Дьявола в Аризоне, США (рис.5). По первым буквам английского названия кратера (Canyon Diablo) изотопный эталон серы называется CD. Сравнение с ним бесчисленных образцов минералов, в состав которых входит сера, позволяет узнать, принесена ли она из мантии и базальтов или же связана с осадочными породами либо рудодносными растворами из гранитов. Сера, как летучий элемент, выносится из мантии и базальтов, но накапливается в верхней части земной коры в виде мощных пластов морских осадков — ангидрита (CaSO_4) и гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).



Рис.5. АстроBLEMA Каньон Дьявола (Аризона, США). Диаметр кратера 1.2 км.

Отношение изотопов в эталоне принимается равным нулю и обозначается как $\delta^{34}\text{S}$. Измеряется оно в промилле (‰). В сероводороде и сульфидах в восстановительной среде сера обогащается легким изотопом. Тогда $\delta^{34}\text{S}$ снижается до -15 — -20 ‰. В сульфидах меди и никеля из мантийных пород и базальтов $\delta^{34}\text{S} = 0 \pm 2$ ‰. Но в окислительной среде — в морских сульфатах, осадочных сульфатных ангидритовых и гипсовых толщах — резко увеличивается содержание тяжелого изотопа и $\delta^{34}\text{S} = 20$ – 24 ‰ [4].

Норильские руды — геолого-геохимическая аномалия

Анализы изотопов серы всех зарубежных медно-никелевых месторождений в базальтах показали, что сера туда поступала из мантии, и ее, как осадителя металлов, явно не доставало. Отразилось это и на качестве руд. В канадском месторождении Садбери и в районе южно-африканского Бушвельдского массива, залегающих в древних докембрийских толщах, преобладают относительно бедные, вкрапленные руды. Из благородных металлов в зарубежных месторождениях больше платины, свойственной мантии, и меньше халькофильного палладия. Норильские же руды дают более половины его мировой добычи. Обилие палладия означает, что сероводород в расплаве содержался в избытке.

Уникальные по богатству медно-никелевые с платиноидами руды обнаружил в 1921 г. прошлого века выдающийся советский геолог Н.Н.Урванцев. Жизнь у него оказалась сложной. В 1938 г. его, как врага народа и контрреволюционера, арестовали, а выпустили из лагеря лишь в 1945 г. Урванцев вел разведку найденного им месторождения, нашел залежи угля, искал уран на Таймыре, прошел славный жизненный путь и умер в 1964 г. Похоронен он в Норильске — городе, обязанном ему своим рождением.

В отличие от древних медно-никелевых месторождений, связанных с активизацией мантийной серы при взрывных астроблемных катастрофах, базальты и руды норильской группы имеют триасовый возраст. Их особенность в подстилающих породах — девонских известняках и глинах с пластами ангидрита, который оседает при испарении морской воды в замкнутых высыхающих водоемах.

Многолетнее изучение месторождений Норильской группы вскрыло исключительно бо-

гатые залежи, состоящие сплошь из сульфидов. Массивные руды мощностью более 50 м представляют собой застывшую рудоносную магму — настоящий природный штейн. Зарубежные аналоги заметно беднее.

Геологи догадывались, что богатство руд объясняется ассимиляцией серы и кальция из осадочных пород. Действительно, в базальтах Норильска много вкраплений и прожилков ангидрита и значительно выше содержание СаО (до 20%) в пироксене. Но влияла ли сульфатная сера из ангидрита на изотопный состав серы в сульфидных рудах? Невероятное богатство норильских руд нуждалось в объяснении.

В далеком 1973 г. в журнале «Геохимия» была напечатана статья Н.С.Горбачева и Л.Н.Гриненко [5]. Авторы геологически обосновали и показали, что залегание базальтовых пластов (силлов) именно среди осадочных сульфатных пород обусловило необычно высокую концентрацию сероводорода в расплаве. Это доказывалось аномально высоким содержанием тяжелого изотопа ^{34}S в сульфидных рудах (рис.6). Представленные данные полностью коррелировали с преобладанием тяжелой ^{34}S в ангидрите осадочных толщ, окружающих рудные массы. Подобные процессы были описаны за рубежом еще в 1967 г. и получили название сульфуризации [6]. Но нигде она не приводила к возникновению таких богатых медно-никелевых руд, как в Норильске.

Займствование базальтовым расплавом аномальных количеств изотопно-тяжелой серы из осадочных толщ привело к поразительному результату. На дно расплава осела богатейшая массивная руда. Норильские медно-никелевые сульфидные руды повсеместно резко обогащены тяжелым изотопом серы. При этом местные базальты ассимилировали огромное количество осадочного кальция, и вместо обычного для безрудных базальтов пироксена авгита возник пироксен с высоким содержанием СаО (типичным, например, для скарных месторождений Швеции, расположенных в известняках).

Таким образом, сульфатные осадочные породы, как им положено, содержат много тяжелого изотопа серы, а в рудных сульфидах минералы аномально обогащены тяжелым изотопом ^{34}S , заимствованной из морских осадков. В руде отсутствует мантийная сера. Для данного типа месторождений это необычно.

В энциклопедической работе, представляющей собой сводку данных по практическому использованию изотопов в геологии [4], Г.Фор из 2.5 тыс. цитируемых работ (среди которых советских всего 30) особо выделил статью Горбачева и Гриненко, указав, что авторы наглядно показали роль вмещающих пород как источника серы, необходимой для рудоотложения. Он подчеркнул важность этой работы для геологов-разведчиков, поскольку именно изотопный анализ сульфидов

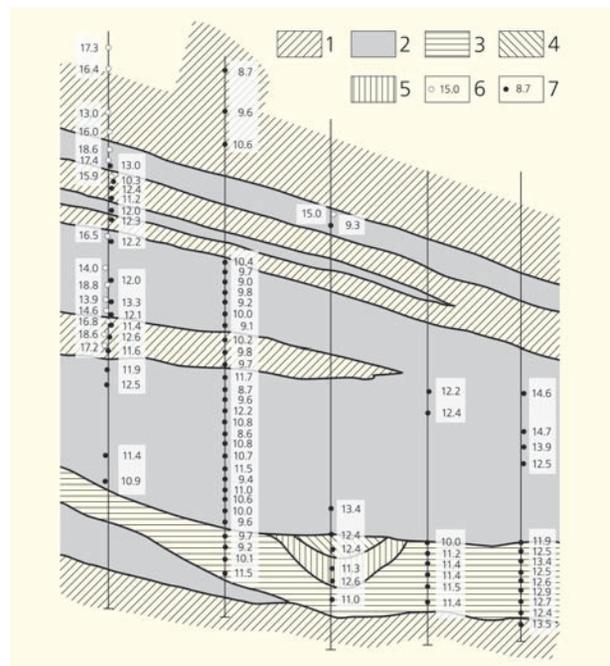


Рис.6. Геологический разрез Октябрьского месторождения (Норильск), с указанием изотопного состава серы в окружающем осадочном ангидрите девонских отложений и в рудных телах сульфидов никеля и меди. Классический пример ассимиляции серы (сульфуризации) за счет вмещающих пород. 1 — ангидриты, доломиты, аргиллиты D_{1-2} , 2 — габбродолериты рудоносного интрузива, 3–5 — массивные руды: 3 — пирротиновые, 4 — халькопиритовые, 5 — кубанитовые, 6–7 — изотопный состав серы ($\delta^{34}\text{S}$, ‰): 6 — сульфатов, 7 — сульфидов [5].

помог доказать связь ассимиляции (растворения) серы с аномальной концентрацией руды. ^{34}S в медно-никелевых рудах в сочетании с пироксеном, богатым СаО, выступила четким индикатором поиска подобных месторождений в сходных геологических условиях.

К сожалению, со временем результаты советских геохимиков [5] словно забыли. Их заменили длительные многословные дискуссии [7], призванные «замылить» в наукообразии и якобы научных академических спорах выводы, которые имеют важнейшее научно-производственное значение для дальнейшего развития Норильского рудного района. Но здесь не место обсуждать гипотезы оппонентов о «фракционировании изотопов серы в мантии». Многочисленные анализы указывают, что изотопный состав сульфидов мантии и метеоритов не имеет ничего общего с изотопным составом ангидрита. Изотопная метка сульфидной серы базальтов всегда близка к стандарту серы из метеоритного минерала троилита. Несомненно, подобные «академические» мнения закрывают путь к поискам и оценке перспективности медно-никелевого оруденения в уникальном районе России.

Руды Норильска уникальны по стоимости

Никель — необходимый «витамин» современной металлургии. В мире ежегодно выплавляется 1.5 млрд т стали, в которую добавляют около двух миллионов тонн никеля. Из этого количества Россия в 2015 г. добыла 310 тыс. т, но для себя потребила всего лишь 19.8 тыс. т (из них около 1 тыс. т импортировано из Норвегии). Как уныло отмечает Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, «...потребление металла внутри страны незначительно и неизменно со-

кращается в связи с низкой развитостью основных промышленных секторов-потребителей»*.

До 97% русского никеля уходит в Нидерланды и частично едет в Швейцарию. 35 тыс. т сульфидного концентрата отправляется в Китай. Цена металла колебалась от 37.2 тыс. долл. за тонну в 2007 г. до 9.6 тыс. долл. за тонну в 2015 г. Это значит, что только никель РФ в слитках стоит от 3 до 10 млрд долл. Если учесть, что 90% добычи российского никеля дает Норильская группа месторождений, то в расчеты надо добавить еще и медь: 425 тыс. т (или более половины меди РФ) добыла компания «Норильский никель» по цене от 8.8 тыс. долл. (2011 г.) до 4.9 тыс. долл. за тонну (2015 г.), что добавляет к стоимости «простого продукта» от 2 до 3.8 млрд долл.

Добавим 95 т серебра, 81.2 т палладия (это половина мировой добычи), 22.2 т платины (2015 г.). Это дает в ценах 2017 г. еще 3 млрд долл. (рис.7). Кобальт Норильска, который добывается здесь в количестве 5.2 тыс. т, при современной цене около 60 тыс. долл. за тонну был продан в 2008 г. во владение американской фирме DM Group, ставшей с того момента мировым монополистом по добыче этого редкого металла.

Итого рудники Норильска поставляют готовых металлов на 12–16 млрд долл. в год, не считая «мелочи» в виде нескольких тонн золота, а также осмия, иридия, рутения, родия**. Нет в мире рудного поля, которое выдавало бы столько слитков ценных металлов. Это «простой продукт» знаменитого экономиста Адама Смита, о котором нам напоминает гений А.С.Пушкина в поэме «Евгений Онегин»***.

«Простой продукт» с применением развитых технологий увеличивает стоимость продукции в десятки и сотни раз. Напомню, что месторождения Норильска были приватизированы в 1994 г. за 171 млн долл.

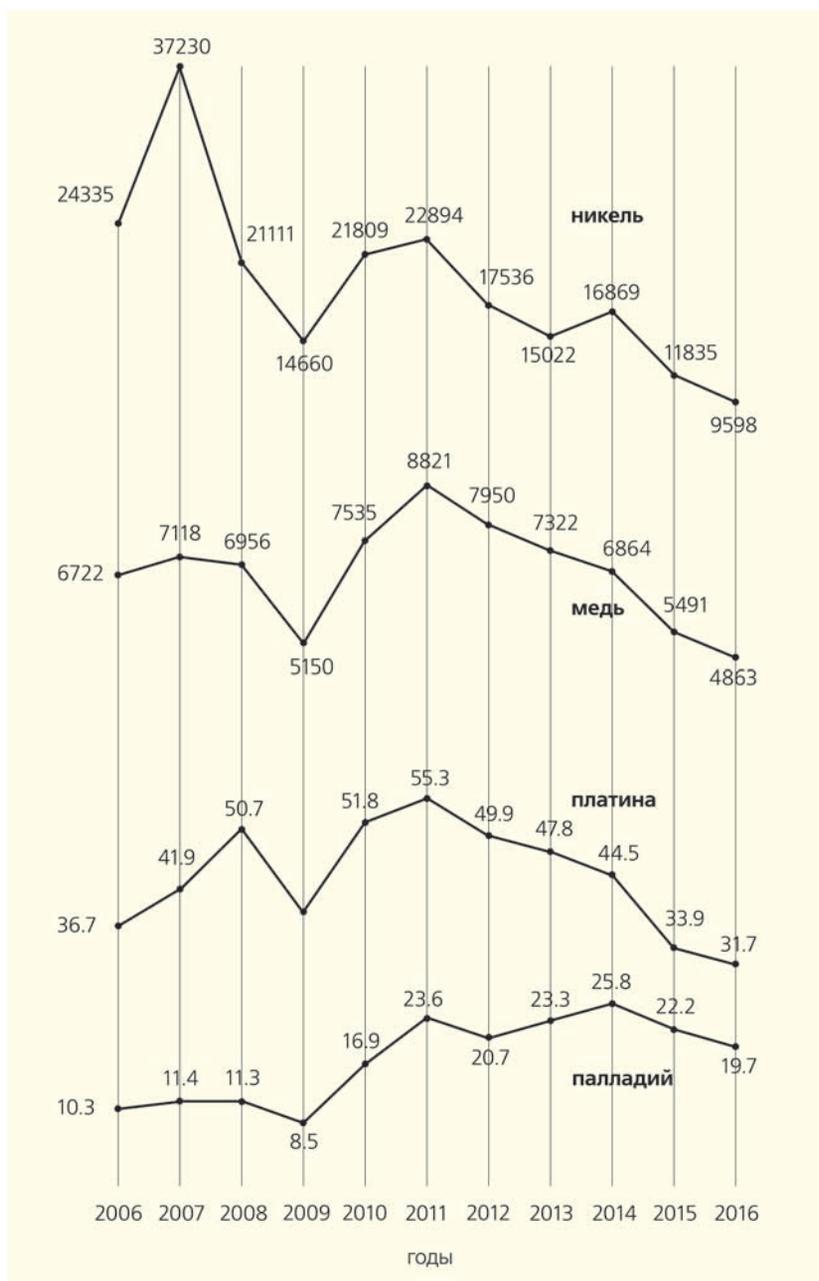


Рис. 7. Среднегодовые цены (долл./т) на Лондонской бирже металлов в 2006–2016 гг.: никеля, меди, платины и палладия.

* Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2015 г.». М., 2016.

** Там же.

*** А.С.Пушкин «Евгений Онегин». Глава I. Стих VII.

* * *

Итак, вслед за открытием советских геохимиков [5], высоко оцененным крупнейшим специалистом в геохимии изотопов [4], мы должны понимать, что Россия получила в 1921 г. уникальный и драгоценный подарок от Бога. Он обусловлен счастливым сочетанием случайностей, когда базальтовый расплав образовал не безрудные траппы Индии, Забайкалья или глыбу острова Исландия. Базальтовая лава триасового периода 250 млн лет назад попала в древние девонские пласты с суль-

фатным минералом, который почти на четверть состоял из серы, обогащенной тяжелым изотопом ^{34}S .

Удача России в том, что в итоге возник уникальный рудный Норильский район. Сюда не падали астероиды, не плавилась мантия и базальтовый слой. Этот рудный район — аномальный на планете Земля: по масштабу процесса сульфуризации, обилию богатейших медно-никелевых с платиноидами руд в базальтах, по накоплению тяжелого изотопа серы в рудных сульфидах и по денежной стоимости «простого продукта», извлеченного из них. ■

Автор искренне благодарен профессорам Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе А.А.Верчебе и П.А.Изнатову за ознакомление с рукописью и ценные замечания.

Литература / References

1. *Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е. и др.* Справочник по геохимии. М., 1990. [Voytkевич G.V., Kokin A.V., Miroshnikov A.E. et al. Reference book on a geochemistry. Moscow, 1990. (In Russ.)]
2. *Перчук Л.Л., Токарев Д.А., Ван Ринен Д.Д. и др.* Динамическая и термальная история взрывной структуры Вредефорт в кратоне Капвааль, Южная Африка. Петрология. 2002; 10(5): 451–492. [Perchuk L.L., Tokarev D.A., Van Reenen D.D. et al. Dynamic and thermal history of the Vredefort explosion structure in the Kaapvaal craton, South Africa. Petrology. 2002; 10(5): 395–432.]
3. *Вишневецкий С.А.* Астроблемы. Новосибирск, 2007. [Vishnevskiy S.A. Astroblema. Novosibirsk, 2007. (In Russ.)]
4. *Фор Г.* Основы изотопной геологии. М., 1989. [Faure G. Principles of Isotope Geology. New York, 1986.]
5. *Горбачев Н.С., Гриненко Л.Н.* Изотопные отношения серы в сульфидах и сульфатах Октябрьского сульфидного месторождения, Норильский район, и проблемы их генезиса. Геохимия. 1973; (8): 1127–1136. [Gorbachev N.S., Grinenko L.N. The isotope ratios of sulfur in sulfides and sulfates of the Ocutyabrsky sulfide deposit, the Norilsk region, and problems of their genesis. Geokhimiya. 1973; (8): 1127–1136. (In Russ.)]
6. *Cheney G.E., Lange I.M.* Evidence for sulfurization and the origin on some Sudbury-type ores. Mineralium Deposita. 1967; (2): 80–94.
7. *Кривошукская Н.А.* Эволюция траппового магматизма и Pt—Cu—Ni рудообразование в Норильском районе. М., 2014. [Krivoshukskaya N.A. Evolution of trap magmatism and Pt—Cu—Ni ore formation in the Norilsk region. Moscow, 2014. (In Russ.)]
8. Российская геологическая энциклопедия. М.; СПб. 2010; 1: 195–196. [Russian Geological Encyclopedia. Moscow; St. Petersburg. 2010; 1: 195–196. (In Russ.)]

Ore-isotopic anomaly of Russia

A.M.Portnov

Sergo Ordzbonikidze Russian State Geological Prospecting University (Moscow, Russia)

Basaltoids are characterized by high content of copper, nickel, and platinumoids. But copper-nickel deposits with noble metals in basaltoids are extremely rare and occur only in the case of external sulfur input. Most of these deposits have an isotope label of the mantle sulfur and are associated with ancient astroblems or with deep faults, when a part of the lithophile elements turned into a sulphide melt due to activated sulfur of the mantle. Norilsk ore region of the Triassic age differs from such deposits by its anomalous genesis, quality of ores, and the assimilation scope of heavy isotope sulfur from the anhydrite of the Devonian sedimentary rocks.

Keywords: basaltoids, deposits, nickel, copper, platinum group elements (platinoids), sulfur, Norilsk ores, isotope analysis, anomaly, sulfurization.

Большое путешествие маленькой улитки



М.В.Винарский

Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия)



Physella acuta — водная улитка, известная своим высоким инвазивным потенциалом, — происходит из стран Нового Света, но в наши дни распространена по всем континентам. В статье прослеживается расселение *P.acuta* по западу Палеарктики, начиная с момента ее прибытия в Старый Свет, а также рассматриваются возможные движущие силы расселения. Для этого были проанализированы многочисленные литературные источники, а также музейные коллекции некоторых европейских стран. Сделана попытка определить даты первых обнаружений физеллы в отдельных государствах Европы. Выяснилось, что самые старые достоверные находки вида в Европе относятся к 1742 г., что предполагает еще более раннюю дату проникновения в Старый свет. Возможно, это произошло еще в XVII в. Появление физеллы в Европе можно объяснить как непреднамеренным расселением при помощи человека (например, при транспортировке водных растений из Америки для европейских ботанических садов), так и естественными причинами (сверхдальний перенос через Атлантический океан). Современный ареал *P.acuta* в Старом Свете — это результат взаимодействия естественных и антропогенных факторов. Из последних наиболее значимыми были постройка каналов и аквариумистика.

Ключевые слова: биологические инвазии, *Physella acuta*, расселение животных, аквариумистика.

*Украшив дно большими бороздами,
Ползут улитки, высунув рога.
Подводные кибиточки, повозки,
Коробочки из перла и известки,
Остановитесь!*

Николай Заболоцкий. Засуха

Улитки, большие и малые, да и вообще любые представители раковинных моллюсков издавна служили живым воплощением лени и медлительности. Недаром нидерландский живописец и график Питер Брейгель Старший (Pieter Bruegel de Oude, 1525–1569), выбирая персонажей для своей аллегорической гравюры «Лень», поместил на ней среди прочей сонной живности медленно ползущих улиток и слизней. Каким же образом эти неторопливые существа попадают на удаленные от континентов океанические острова, ведь морские воды должны служить непреодолимой преградой для их расселения? Натуралисты очень давно начали задаваться этим вопросом.

Формирование биоты океанических островов привлекло внимание Чарлза Дарвина в период написания «Происхождения видов», где этой теме посвящен особый раздел XIII главы [1]. Ему было

Питер Брейгель Старший. «Лень» (“Desidia”) из серии «Семь смертных грехов». Рисунок пером, 1577 г. Из коллекции художественного музея «Альбертина», Вена.

© Винарский М.В., 2018



Максим Викторович Винарский, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией макроэкологии и биогеографии беспозвоночных Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов — зоология беспозвоночных, история биологии, теоретические вопросы биологической систематики.

очевидно, что мелкие и малоподвижные организмы для попадания на острова должны воспользоваться помощью каких-то природных сил. Но каких? Одним из самых очевидных механизмов представлялась зоохория — расселение организмов с участием животных, выступающих в качестве живых транспортных средств. Дарвин проводил собственные наблюдения над перемещением пресноводных моллюсков на водоплавающих птицах по принципу «лягушки-путешественницы» и даже опубликовал две небольших заметки [2, 3]. По словам Дарвина, распространение этих моллюсков сначала весьма смущало его* («their distribution at first perplexed me much» [1, с.341]). К концу XIX в. фактов о расселении пресноводных моллюсков на дальние расстояния накопилось так много, что английский натуралист Гарри Кью (Harry Wallis Kew, 1868–1948) опубликовал первую об этом книгу объемом почти в 300 страниц [4].

Наверное, эта тема долго бы еще оставалась объектом внимания теоретиков и натуралистов, охочих до природных курьезов, если бы не наступил XX в., когда огромный некогда мир сузился до размеров «всемирной деревни», а транспортные средства и новые виды связи создали феномен, известный как глобализация. Дальние путешествия стали доступны не только людям, но и другим живым организмам. Множество видов растений и животных смогли проникнуть в новые для себя места обитания, расположенные порой на других континентах. Иногда это происходило в результате целенаправленного переселения человеком, но гораздо чаще живые существа путешествовали в качестве невидимых и бесплатных пассажиров.

Нередко такие незваные гости легко осваивались на новом месте, интенсивно размножались, так что их популяции начинали угрожать благополучию аборигенных видов, а также причинять немало хлопот местному населению. Истории колорадского жука или завезенных в Австралию кроликов общеизвестны. К концу прошлого века проблема таких пришлых (инвазивных) видов

приобрела всемирный масштаб. Возникла даже особая научная дисциплина под названием экология биологических инвазий.

Различные виды моллюсков тоже успешно расселяются по миру, с континента на континент. В перечне «100 наихудших инвазивных видов» [5] фигурируют такие персонажи, как гигантская улитка *Achatina fulica*, хорошо известная сейчас как домашнее животное, а также двустворчатый моллюск *Dreissena polymorpha*, начавший свое

победное шествие по Евразии и Северной Америке почти 200 лет назад [6]. Герой нашего повествования — небольшая пресноводная улитка физелла заостренная (*Physella acuta*). В первую сотню вреднейших переселенцев этот вид пока не включен, но масштабы путешествия впечатляют. Из своего исходного ареала, расположенного в Северной Америке, этот моллюск сумел расселиться практически по всему миру, проникнув в такие места, как высокогорное озеро Титикака [7] и мурманское Заполярье [8]. Сейчас это едва ли не самый космополитный вид моллюсков [9], хотя никакого экономического значения для человека он не имеет (если не считать владельцев зоомагазинов, в которых физелла продается в качестве аквариумного животного).

История расселения физеллы заостренной интересна тем, что это одна из немногих подобных историй, для которой удалось восстановить самые ранние этапы расселения животного по новому матерiku — Евразии [10]. Это оказалось возможным благодаря изучению старинных зоологических коллекций, хранящихся в музеях разных европейских стран, а также путем анализа книг и статей натуралистов XVIII–XIX вв.

Портрет героя

В самом конце 18-го столетия (а может быть, в первые годы 19-го) коллекция французского врача и зоолога Жака Филиппа Раймона Драпарно (Jacques Philippe Raymond Draparnaud; 1772–1804) пополнилась небольшой раковиной пресноводной улитки, найденной где-то в бассейне р.Гаронны на юге Франции. Раковина была беловатого цвета, хрупкой, с крупным устьем и заостренной вершиной. Драпарно не смог определить вид этой раковины по ранее опубликованным книгам о пресноводных моллюсках и описал ее как новый вид в главном своем труде о брюхоногих «Histoire naturelle des mollusques terrestres et fluviatiles de la France», который вышел после смерти автора, в 1805 г. [11]. Впоследствии коллекция раковин Драпарно после долгих перипетий оказалась в Вене,

* Здесь и далее перевод автора.



Раковина типowego экземпляра *Physella acuta* (слева), послужившая Драпарно основой для описания нового вида (из коллекции венского Музея естественной истории, Австрия), и живая улитка (фото D.Georgiev; AnimalBase).

в местном Музее естественной истории, где хранится поныне и доступна для специалистов.

Современные зоологи относят *Physella acuta* (синонимы — *Physa acuta*, *Costatella acuta*, *Haitia acuta*) к семейству Physidae (группе пресноводных улиток, населяющих почти все континенты и использующих для дыхания атмосферный воздух), которое входит в подкласс разножаберных (Heterobranchia) класса брюхоногих моллюсков (Gastropoda). Это небольшая улитка, длина раковины которой редко превышает 12 мм (хотя в составе вида описаны так называемые «термальные расы», особи которых почти в два раза крупнее). Как и практически все водные легочные моллюски, физелла — это мирное животное, питающееся детритом и растительными тканями. Несмотря на принадлежность к разножаберным, жабер у физеллы нет. Улитка дышит атмосферным воздухом с помощью пронизанной многочисленными сосудами мантийной полости, функционирующей как легкое. В период размножения моллюски откладывают слизистые шнуры из яиц. Эти кладки прикрепляются к поверхности водных растений и другим погруженным в воду предметам, реже помещаются прямо на дне водоемов. В каждой кладке может содержаться несколько десятков яиц.

Долгое время считалось, что физелла заостренная имеет южноевропейское происхождение и относится, таким образом, к аборигенной фауне Европы. Все изменилось несколько лет назад, когда сравнение последовательностей ДНК *Pb.acuta* и нескольких американских представителей того же рода четко показало, что физелла заостренная — уроженка Нового Света и, стало быть, для Европы вид пришлый [9, 12]. Впрочем, некоторые

ученые догадывались об этом гораздо раньше. В середине XIX в. этот вид неожиданно объявился в Королевском ботаническом саду Кью (Лондон), где был замечен в бассейнах с тропическими водными растениями. Уже тогда натуралист, описавший эту находку, предполагал, что моллюска завезли из Вест-Индии вместе с какими-то водными растениями [13]. Но эта гипотеза так и не стала общепризнанной.

Во второй половине позапрошлого века физелла стала обычной в искусственных водоемах с подогреваемой водой в ботанических садах по всей Европе, вплоть до Швеции [10]. А к концу того же столетия начали появляться сообщения о находках вида и в естественных местообитаниях. Оказалось, что моллюск способен образовывать естественные популяции в европейских реках и озерах, а значит — успешно переживать зимние холода и замерзание водоемов. Впрочем, в регионах с постоянным суровыми зимами (например, в Заполярье) он до сих пор не вышел за пределы искусственно подогреваемых местообитаний [8].

Археология инвазии

Чтобы реконструировать события далекого прошлого, историк нуждается в источниках. Это могут быть данные археологических раскопок, архивные документы, воспоминания современников. А как быть с реконструкцией истории расселения инвазивных видов, особенно тех, которые явного вреда или пользы не приносят, широкой публике не интересны и никаких следов в материальной культуре человечества не оставляют? Во многих случаях реализовать подобный замысел почти невозмож-

но, но в случае с физеллой это не так. Для специалиста, занимающегося «археологией» биологических инвазий, бесценным оказался тот факт, что внешние признаки раковины американской улитки (беловатый цвет, резко заостренная вершина, сильно расширенный последний оборот) настолько характерны и так сильно отличаются от признаков всех европейских видов семейства Physidae, что, читая старые работы о моллюсках, можно уже по описанию определить, с каким видом имели дело их авторы. Кроме того, характерные признаки *Ph.acuta* были совершенно ясны зоологам прошлого, которые могли на их основе безошибочно определить видовую принадлежность улиток. Поэтому можно принять, что если в старой книге упоминается вид *Physella* (или *Physa*) *acuta*, то автор вряд ли мог ошибиться и спутать его с характернейшим для водоемов Европы аборигенным видом — физой родниковой (*Physa fontinalis*). Слишком уж раз-

личны два этих родственных вида, хотя бы по размерам раковины (родниковая физа почти в два раза меньше).

Это обстоятельство позволило широко использовать данные литературных источников, даже опубликованных более 200 лет назад, для реконструкции истории расселения физеллы по Европе.

Немаловажным стало и изучение зоологических коллекций, которые во многих странах Европы накапливались непрерывно на протяжении последних двух веков. Эти коллекции содержат раковины физелл, собранные натуралистами прошлого, но не упомянутые в опубликованных источниках.

Подобное «археологическое» исследование позволило определить самые ранние места находок американской улитки в различных местностях Европы и Центральной Азии и датировать их с точностью до года. Нанеся их на карту, мы можем уви-



Даты первых находжений физеллы в различных странах и регионах Европы и Закавказья. В основу положена дополненная и исправленная карта из нашей предшествующей публикации [10]. Подчеркнуты даты обнаружений вида в ботанических садах и других водоемах с искусственно измененным термическим режимом. Звездочкой обозначено типовое местообитание *Physella acuta* в бассейне р.Гаронны. Цветами маркированы отдельные стадии расселения. Зеленый цвет — до 1850 г., синий — до 1900 г., красный — до 1950 г., темно-оранжевый — после 1950 г.

деть, как за два века расширялся ареал физеллы в Европе. Вплоть до середины XIX в. улитка встречалась почти исключительно в южной и юго-восточной части Европы. В 1838 г. она была отмечена в Далмации (вероятно, на территории современной Хорватии), и это долго оставалось самой восточной точкой обитания вида [10]. В середине позапрошлого века начался марш физеллы в восточном и северо-восточном направлениях. До конца столетия во многих странах Европы этот вид появился сначала в искусственных водоемах, а потом освоил и естественные местообитания, так что к концу XX в. даже в таких не очень теплых странах, как Германия и Польша, *Ph. acuta* широко распространилась в естественной среде обитания.

В нашей стране вид найден в Куйбышевском водохранилище [14], а также на Кольском п-ове. На юге европейской части России, например в дельте Волги или в окрестностях Ростова, физелла стала по-настоящему массовым видом. То же касается и среднеазиатских республик бывшего СССР. Впервые физелла была отмечена там в 1929 г. в районе Ташкента [15] и уже к 1950-ым годам распространилась чрезвычайно широко, хотя и не повсеместно. Во время экспедиционных работ в Таджикистане мне приходилось встречать этот вид в арыках и озерах практически по всем равнинам, но вот в горной части страны (Гиссарский хребет, Западный Памир) его уже нет. Отсутствует он и в горах Уйгурии на северо-западе Китая, хотя на равнинах того же региона, в оазисах Турфана и Хами, физелла более чем обычна. Нельзя сказать, впрочем, что улитка совсем избегает гор. Например, она в массе встречается в р. Арагви у г. Мцхета в Грузии. В этом месте, воспетом Лермонтовым («Там, где, сливаясь, шумят, / Обнявшись, будто две сестры, / Струи Арагвы и Куры»), *Ph. acuta* по численности полностью превосходит все местные виды моллюсков: почти на каждом прибрежном камне, поднятом со дна Арагви, сидят физеллы — двести, а то и больше.

Таким образом, за 150–200 лет маленькая американская улитка расселилась по огромной площади Евразии, а в XX в. шагнула и на другие континенты. К сожалению, старых литературных источников по малакофауне стран, расположенных за пределами Европы, почти нет. Поэтому восстановить историю расселения физеллы в Китае (где она также обычна) или в Индонезии практически невозможно: возможности «археологического» подхода ограничиваются только континентальной Европой, с ее многовековой традицией естественноисторических наблюдений.

Изучение старинных книг принесло и другие результаты. Оказалось, что физелла населяла южную часть Европы задолго до ее научного описания в 1805 г.: ее раковины встречались в кабинетах натуралистов XVIII в. Об этом недвусмысленно свидетельствуют оставленные ими описания. Например, в частной естественноисторической кол-

лекции, собранной итальянцем Никколо Гуальтьери (Niccolo Gualtieri; 1688–1744), имелась раковина, по описанию вполне соответствующая раковине *Ph. acuta* (левозавитая, белого цвета, с острым завитком), что подтверждается и ее рисунком, помещенном в книге с описанием коллекции [16]. К сожалению, в труде Гуальтьери нет никаких данных о происхождении этого экспоната, — где он был собран и при каких обстоятельствах. Еще одно упоминание о раковине, вероятнее всего принадлежащей исследуемому виду, находим в сочинении французского натуралиста-любителя Антуан-Жозефа Дезайе д'Аргенвилля (Antoine-Joseph Dezallier d'Argenville; 1680–1765) «L'Histoire naturelle éclaircie dans deux de ses parties principales, la lithologie et la conchyliologie etc», вышедшем в свет в 1742 г. [10, 17]. И опять-таки без подробностей о месте и времени находки.

Итак, можно предполагать, что уже в середине XVIII в. вид *Ph. acuta* был достаточно широко распространен по юго-западу Европы, населяя не только Францию, но также Италию, а возможно, и Пиренейский п-ов. Научное описание вида, данное Драпарно, лишь зафиксировало факт его обитания, но не может служить свидетельством первого проникновения улитки в Европу. Учитывая обширность инвазивного ареала физеллы уже в середине XVIII в., резонно предположить, что моллюск мог оказаться в Старом Свете еще раньше, в XVII в. или даже XVI в., т.е. вскоре после открытия Америки в 1492 г. Возможно ли это, если учесть, что физелла никакой коммерческой ценности не имеет и вряд ли могла быть завезена в Европу вместе с колониальными товарами? Попробуем разобраться.

Quo vadis, *Physella acuta*?

Все, что может нам дать «археологический» поиск, — это лишь сухие факты: даты, местонахождения, некоторые сведения об образе жизни улиток на новом месте. Самую интересную часть истории — каким образом физелла попала в Старый Свет и как именно происходило ее дальнейшее расселение здесь — приходится восстанавливать только косвенным путем. Здесь мы вступаем в область гипотез, правоту которых едва ли когда-нибудь удастся проверить.

Если осторожно предположить, что вид проник в Европу при посредстве человека в начале 18-го или даже в 17-м столетии, то мы должны указать какой-то способ его проникновения. Намеренный завоз, например в качестве объекта коллекционирования, очевидно отпадает. Несмотря на то что в Европе эпохи Просвещения коллекционирование раковин было массовым увлечением, широко распространенным как в кругах аристократии, так и среди образованной части среднего класса [18], вряд ли мелкие и невзрачные

раковины физеллы могли привлечь тогдашних коллекционеров. В моде были красивые и крупные морские раковины, причем пустые. Если бы физеллу и завозили в Европу для продажи, то вряд ли в виде живых улиток.

В свое время английский малаколог Р.Андерсон (R.Anderson) выдвинул предположение: моллюск был непреднамеренно завезен в Европу во второй половине XVIII в., когда существовал интенсивный вывоз хлопка из французских владений на Миссисипи в порты западной части Франции. В эпоху Наполеоновских войн корабли с хлопком стали направляться в Великобританию, что и создало условия для попадания физеллы в это островное государство (уже в середине XIX в., т.е. значительно позже, чем во Францию) [19]. Но и эту гипотезу трудно принять, ведь Андерсон ничего не говорит о том, каким образом связаны перевозка хлопка и случайная транспортировка живых улиток. Непонятно, как физеллы могли попасть в такой груз и как они могли вынести долгое путешествие через океан в отсутствие воды.

Вспоминается другая версия, выдвинутая еще в середине позапрошлого века для объяснения находки *Ph.acuta* в Ботаническом саду Кью [13]. Улитки могли быть завезены в Англию случайно, вместе с экзотическими водными растениями, предназначенными для ботанических садов. Пожалуй, из всех версий эта — самая непротиворечивая. Ботанические сады с экзотическими растениями (в том числе водными и полуводными) начали появляться уже во второй половине XVI в., и растения из Нового света также были представлены в их коллекциях [20]. Перевозили их, очевидно, в наполненных водой емкостях, которые вполне могли содержать в себе и улиток. Как и большинство пресноводных моллюсков, дышащих атмосферным воздухом, физеллы неприхотливы и очень живучи, могут обитать в загрязненной воде и переносить длительные периоды полного высыхания водоема. Это вполне согласуется с тем, что для успешного пересечения Атлантики моллюскам надо было провести несколько месяцев на корабле.

Некоторые суда, шедшие в Европу из Америки через океан, представляли собой своего рода «новы ковчеги», наполненные живыми существами из экзотических стран. Об этом можно прочитать, например, в романе Умберто Эко «Остров накануне», события которого происходят в начале XVII в.: «Сад, покрытая оранжерея. Вот чем исчезнувшие обитатели “Дафны” заселили этот отсек судна, с целью переправить на родину цветы и деревья с островов, которые они открывали, и чтобы к ним проникали солнце, ветра и небесная влага... Цветы, кустарники и деревца были выкопаны с корнями и с почвой и рассажены по корзинам и ящикам, сделанным из чего нашлось. Многие короба растрескались, на полу была земля, вывалившаяся из полных с верхом плетенки, и в эту свилеватую зем-

лю метили молодые отростки, чтобы укорениться, и тем создавалось подобие райского сада, росшего прямо из досок мореплавательной “Дафны”».

Мог ли этот пресноводный моллюск пересечь Атлантику без участия человека? Эта мысль может показаться неправдоподобной, но полностью отрицать такой сценарий все-таки нельзя. В этом нас убеждает анализ фауны беспозвоночных на островах Макаронезии (Азорских и Канарских, Мадейры и некоторых других), расположенных между Новым и Старым Светом. Фауна наземных и пресноводных моллюсков этих островов бедна и состоит в основном из выходцев из Европы и Африки, вероятнее всего, прибывших на острова с птицами. Водоплавающие птицы, как это было известно уже Дарвину, могут переносить на своем теле икру улиток или молодых моллюсков, прикрепляющихся к перьям или лапам. Вспомним, что физелла имеет легочное дыхание и теоретически может провести довольно долгое время вне воды.

Макаронезийские острова удалены от суши Старого Света на сравнительно небольшое расстояние. Например, Азоры находятся примерно в 1360 км от материковой Португалии. Дистанция от них до Америки значительно больше. И тем не менее на островах Макаронезии есть виды моллюсков явно американского происхождения [21]. Добавим к этому американские виды таких плохо летающих и очень мелких насекомых, как трипсы, обитающие на Азорских о-вах и на Мадейре [22].

Появляется соблазнительная возможность предположить «прямой перелет» физеллы из Америки на какой-нибудь из крупных островов макаронезийской группы, который послужил для нее пересадочной станцией на пути в Европу. Конечно, способность маленькой улитки удержаться на теле перелетной птицы на время полета из Америки на Азорские о-ва кажется маловероятной. Но если учесть, что в течение многих миллионов лет миллионы птиц совершали трансатлантические миграции в восточном направлении, то и столь маловероятное событие могло иметь место. Добавим к этому, что физелла — гермафродит, способный размножаться самооплодотворением. Ей не нужен половой партнер, поэтому даже попадание одной-единственной улитки на удаленный океанический остров теоретически способно дать начало новой популяции. Кстати, точно известно, что *Ph.acuta* обитает на Азорских о-вах. Правда, впервые нашли ее там поздно, в 1880 г. [10], но ведь и изучение фауны архипелага началось позднее, чем на материке, и моллюск долго мог оставаться незамеченным.

Вполне вероятно, что мы никогда не узнаем, как именно физелла проникла в Европу. Но даже если зоохорный сценарий (расселение с птицами) верен, это событие вряд ли произошло очень давно. На это указывает тот факт, что европейские и американские улитки этого вида до сих

пор сохранили способность к результативному скрещиванию [9]. Едва ли это было бы возможно, если бы популяции вида были разделены Атлантикой на протяжении, скажем, нескольких миллионов лет.

Однако для вида мало просто попасть на новое место жительства. Чтобы стать успешным вселенцем, необходимо иметь возможность закрепиться там и начать расселяться дальше. То, что у физеллы это с успехом получилось, мы уже видели. Но как объяснить ее резкий рывок с юга Европы на север и северо-восток, произошедший в середине XIX в.? Здесь, без всяких сомнений, поучаствовал человек. Именно в те годы началось массовое сооружение в Западной Европе каналов, которые соединяли ранее изолированные речные бассейны. Таким был, например, Рона-Рейнский канал, который, как предполагается, помог улитке попасть из Франции в Бельгию и Эльзас (тогда бывший в составе Германии).

Еще большую роль могли сыграть аквариумисты. Привычный нам домашний аквариум — сравнительно недавнее изобретение. Современная его конструкция была предложена в начале 1850-х годов в Англии, причем очень быстро мода на содержание водных животных в домашних условиях распространилась не только в этой стране, но и на континенте — во Франции, в Германии, в России [23–25]. Историки науки описывают подлинную «аквариумную лихорадку» в Великобритании середины позапрошлого века, где «буквально за одну ночь [аквариум] превратился в национальное помешательство... “подвалы” почти всех газет были заполнены заметками для желающих стать аквариумистами; множество лавок были открыты специально для того, чтобы снабжать людей аквариумами и их содержимым» [24, с.136–137].

Книжный рынок быстро заполнили многочисленные статьи и справочники, адресованные начинающим, с советами, как устроить домашний аквариум, какими видами животных и растений его населить. В нашей стране уже в 1856 г. любознательный читатель мог узнать об этом из обстоятельной статьи А.П.Богданова, опубликованной в научно-популярном журнале «Вестник естественной истории». Авторы таких пособий рекомендовали содержать в аквариумах, кроме рыб, различных пресноводных улиток, включая представителей семейства Physidae. Считалось, что улитки неприхотливы в содержании, могут служить пищей для рыб, а кроме того, выполняют важную санитарную функцию, утилизируя разного рода органические остатки и очищая стенки аквариума и поверхность воды от пленки микроводорослей [23, 25]. Русский дореволюционный специалист по аквариумам Н.Ф.Золотницкий ставил специальные опыты по очистке аквариумов с помощью физеллы и остался очень доволен результатом: «Крошечные эти улитки, плавая близ поверхности, поедают... налет с жадностью и настолько деятельно занимаются его ис-



«Озеро в комнате» — иллюстрация к статье А.П.Богданова об устройстве домашнего аквариума (1856 г.). На стенках аквариума можно различить ползающих улиток.

треблением, что поверхность воды остается всегда чистой» [26, с.260].

Изучение старых книг и журналов по аквариумистике может дать и другую полезную информацию для нашего «археологического» исследования, например позволяет датировать проникновение *Ph.acuta* в те или иные местности. Уже упомянутый Золотницкий в 1910 г. пишет об этом виде как недавно введенном в русскую аквариумную культуру, причем указывает и страну происхождения — Германия. Видимо, впервые этот вид завезли в Россию около 1900 г., но уже спустя несколько лет улитка эта «так сама уже размножилась, что в некоторых аквариумах встречается в сотнях экземпляров и множится без конца» [26, с.230]. Такая датировка замечательно хорошо совпадает с первым упоминанием физеллы из водоемов Москвы и Петербурга в научной литературе (1908 г.) [27].

Нет сомнений, что популярность физеллы у аквариумистов-любителей и ее способность к быстрому размножению стали важнейшими факторами расселения моллюска по Европе. Описаны неоднократные случаи, когда разные виды моллюсков (и других пресноводных животных) попадали из любительских аквариумов в реки

и пруды стран умеренных широт [28]. Тропические виды в таких условиях образовать устойчивые популяции не могут и обычно погибают при первой же зимовке. А вот физелла оказалась «крепким орешком» и вполне вписалась в компанию местных европейских улиток. И это не удивительно. Согласно новейшим исследованиям, исходный ареал вида охватывает север-восток США и прилегающие районы Канады, а все находения в Центральной и Южной Америке объясняются позднейшим завозом [29]. Таким образом, наша улитка весьма толерантна к действию низких температур, хотя и ее выносливости есть предел. На Кольском п-ове, где известно самое северное местообитание этого вида вне Северной Америки, физелла живет в водоеме-охладителе Кольской АЭС, где температура зимой не опускается ниже 10°C [8]. На Урале и в Сибири *Ph.acuta* также не выходит за пределы искусственно подогреваемых водоемов [30].

Но не аквариумом единым жив инвазивный вид. По всей видимости, сейчас, когда экспансия физеллы носит глобальный характер, моллюск использует для своего расселения все доступные

средства перемещения. Например, только расселением с птицами можно объяснить находку *Ph.acuta* в Кургальджинском заповеднике в Центральном Казахстане, в полупустыне, на большом удалении от крупных населенных пунктов и живущих там аквариумистов [30].

Рассуждая о видовых ареалах, биогеографы различают ареал *потенциальный* и *реализованный* (или *наблюдаемый*). Последний обычно гораздо меньше первого, ведь потенциальный ареал соответствует тому участку земной поверхности (или акватории моря), которую вид мог бы населять, если бы ему не мешали различные факторы и преграды. Для нашей улитки реализованный ареал долгое время ограничивался только Северной и Центральной Америкой. Попадание вида в Европу, а затем и на другие континенты показало, что потенциальный ареал *Ph.acuta* огромен, почти космополитичен. Если принять во внимание удивительные способности физеллы к дальним странствиям и быстроту, с какой она осваивается на новом месте, то недалек, видимо, тот момент, когда наблюдаемый ареал этого вида практически сравняется с потенциальным. ■

Автор глубоко признателен кураторам музейных коллекций: П.В.Кияшко, Л.Л.Ярохнович (Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург), А.Эшнер (Музей естественной истории, Вена) за неоценимую помощь в работе, а также А.А.Федотовой (Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники имени С.И.Вавилова РАН) за обсуждение материала.

Литература / References

1. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. СПб., 2001. [*Darwin Ch. On the Origin of Species by Means of Natural Selection. Saint Petersburg, 2001. (In Russ.)*]
2. Darwin Ch. Transplantation of shells. *Nature*. 1878; 18: 120–121.
3. Darwin Ch. On the dispersal of freshwater bivalves. *Nature*. 1882; 25: 529–530.
4. Kew H.W. The Dispersal of Shells, an Inquiry into the Means of Dispersal Possessed by Fresh-Water and Land Mollusca. L., 1893.
5. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. Global Invasive Species Database. 2018. Available at: http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php (accessed 10.01.2018).
6. Старобогатов Я.И., Андреева С.И. Ареал и его история. Дрейссена: *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae): систематика, экология, практическое значение. Ред. Я.И.Старобогатов. М., 1994; 47–55. [*Starobogatov Ya.I. Andreeva S.I. The range and its history. Freshwater zebra mussel: Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae): Systematics, Ecology, Practical Meaning. Starobogatov Ya.I. (ed.). Moscow, 1994; 47–55. (In Russ.)]
7. Albrecht C., Kroll O., Terrazas E.M., Wilke T. Invasion of ancient Lake Titicaca by the globally invasive *Physa acuta* (Gastropoda: Pulmonata: Hygrophila). *Biol. Invasions*. 2009; 11: 1821–1826.
8. Нехаев И.О., Палатов Д.М. От моря Черного к морю Белому: первая находка инвазивного моллюска *Physella acuta* на Крайнем Севере Европы. *Росс. журн. биол. инвазий*. 2016; 3: 61–65. [*Nekhaev I.O., Palatov D.M. From the Black Sea to the White Sea: the first record of the invasive mollusc Physella acuta in the extreme north of Europe. Russian Journal of Biological Invasions*. 2016; 7(4): 351–354. Doi:10.1134/S2075111716040056.]
9. Dillon R.T., Wethington A.R., Rbett J.M., Smith T.P. Populations of the European freshwater pulmonate *Physa acuta* are not reproductively isolated from American *Physa heterostrophba* or *Physa integra*. *Invertebr. Biol.* 2002; 121: 226–234.
10. Vinarski M.V. The history of an invasion: phases of the explosive spread of the physid snail *Physella acuta* through Europe, Transcaucasia and Central Asia. *Biol. Invasions*. 2017; 19(4): 1299–1314.
11. Draparnaud J.P.R. Histoire naturelle des mollusques terrestres et fluviatiles de la France. Paris; Montpellier, 1805.
12. Lydeard C., Campbell D., Golz M. *Physa acuta* Draparnaud, 1805 should be treated as a native of North America, not Europe. *Malacologia*. 2016; 59(2): 347–350.

13. *Choules A.* Discovery near London of a *Physa* species new to the British Fauna. *The Zoologist*. 1860; 18: 7278–7279.
14. *Яковлева А.В., Яковлев В.А., Мезикова Д.В.* Первые обнаружения североамериканского брюхоногого моллюска *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) в Куйбышевском водохранилище. *Росс. журн. биол. инвазий*. 2010; 3: 92–96. [*Yakovleva A.V., Yakovlev V.A., Mezikova D.V.* First records of the North American gastropod *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) in the Kuybyshev Water Reservoir, Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2011; 2: 60. Doi:10.1134/S2075111711010097.]
15. *Lindholm W.A.* Drei interessante Wasserschnecken (Gastropoda) aus dem westlichen Turkestan. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de l'URSS*. 1929; 311–314.
16. *Gualtieri N.* Index testarum conchyliorum quae adservantur in museo Nicolai Gualtieri. Firenze, 1742.
17. *d'Argenville A.J.D.* L'Histoire naturelle éclaircie dans deux de ses parties principales, la lithologie et la conchyliologie, dont l'une traite des pierres et l'autre des coquillages. Paris, 1742.
18. *Dance S.P.* Shell collecting: An illustrated history. L., 1966.
19. *Anderson R.* *Physella (Costatella) acuta* Draparnaud in Britain and Ireland, its taxonomy, origins and relationship to other introduced Physidae. *J. Conchol.* 2003; 38: 7–21.
20. *Findlen P.* Anatomy theaters, botanical gardens, and natural history collections. Park K., Daston L. (eds). *The Cambridge History of Science. III. Early Modern Science*. Cambridge, 2006; 272–289.
21. *Raposeiro P.M., Costa A.C., Frias Martin A.* On the presence, distribution and habitat of the alien freshwater snail *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) (Gastropoda: Planorbidae) in the oceanic islands of the Azores. *Aquatic Invasions*. 2011; 6(1): S13–S17.
22. *zur Strassen R.* Einige Aspekte zur Biogeographie der Fransenflügler-Fauna der mittelatlantischen Inseln. *Natur und Museum*. 1981; 111: 79–89.
23. *Богданов А.П.* Водоемы, или Аквариумы. Вестник естественных наук. 1856; 3: 799–811. [*Bogdanov A.P.* Reservoirs, or Aquariums. *Bulletin of Natural Sciences*. 1856; 3: 799–811. (In Russ.)]
24. *Allen D.E.* The naturalist in Britain: A social history. L., 1976.
25. *Hamlin C.* Robert Warington and the moral economy of the aquarium. *J. Hist. Biol.* 1986; 19: 131–153.
26. *Золотницкий Н.Ф.* Новые аквариумные рыбы и растения. М., 1910. [*Zolotnitsky N.F.* New aquarium fish and plants. Moscow, 1910. (In Russ.)]
27. *Lindholm W.A.* Ueber *Physa acuta* Drap. und deren Vorkommen in Russland. *Nachr. Deutsch. Malakozool. Ges.* 1910; B. 42: 29–34.
28. *Кафанов А.И., Старобогатов Я.И.* *Pettancylus petterdi* в СССР и аутоинтродукция аквариумных моллюсков в природные водоемы. *Зоол. журн.* 1971; 50: 933–935. [*Kafanov A.I., Starobogatov Ya.I.* *Pettancylus petterdi* in the USSR and the autointroduction of aquarium mollusks into natural water bodies. *Zool. J.* 1971; 50: 933–935. (In Russ.)]
29. *Taylor D.W.* Introduction to Physidae (Gastropoda: Hygrophila): biogeography, classification, morphology. *Acta Tropica*. 2003; 51(1): 1–287.
30. *Винарский М.В., Андреев Н.И., Андреева С.И., Казанцев И.Е., Каримов А.В., Лазуткина Е.А.* Чужеродные виды моллюсков в водных экосистемах Западной Сибири: обзор. *Росс. журн. биол. инвазий*. 2015; 2: 2–19. [*Vinarski M.V., Andreev N.I., Andreeva S.I., Kazantsev I.E., Karimov A.V., Lazutkina E.A.* Alien mollusk species in the aquatic ecosystems of western Siberia: a review. *Russia. Russian Journal of Biological Invasions*. 2015; 6(3): 137–147. Doi:10.1134/S2075111715030078.]

The big journey of a tiny snail

M.V.Vinarski

Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russia)

Physella acuta is an aquatic snail notorious for its high invasive potential. Of New World origin, this species now occurs on all the continents. The aim of this study was to trace *P.acuta* dispersal through the Western Palearctic starting from its first arrival in the Old World and to determine possible drivers of this process. A range of literary sources as well as some rich European malacological collections have been consulted to ascertain the dates of the first finding of *P.acuta* in the countries of Europe and to map the most significant localities. The earliest reliable records of *P.acuta* in the Old World can be dated to 1742, which implies an earlier date for the first arrival of the species in Europe, possibly in the 17th century. Its introduction may be explained either by accidental dispersal mediated by humans (for example, during transport of exotic plants to European botanical gardens) or by natural causes (long-distance dispersal across the Atlantic ocean). The species' current Old World range can be viewed as a result of the interaction of natural and anthropogenic factors. The human-mediated drivers of dispersal include canal building and the aquarium trade.

Keywords: biological invasions, *Physella acuta*, dispersal of animals, aquarium trade.

Раковины аммоноидей в мезозойских экосистемах

А.А.Мироненко

Геологический институт РАН (Москва, Россия)

Раковины древних головоногих моллюсков — наутилоидей и аммоноидей — служили не только их обладателям. После смерти моллюсков они превращались в удобные укрытия и жилища для различных донных животных, а прикрепляющиеся организмы использовали их в качестве субстрата. Трилобиты начали прятаться в раковинах наутилоидей на время линьки еще в раннем ордовике, но особенно активно раковины цефалопод, в первую очередь аммоноидей, различные морские обитатели начали использовать в юрском периоде. В мезозое возросли разнообразие и активность хищников, и многие животные стали нуждаться в надежных укрытиях. Но на заиленном дне мелководных континентальных морей не было практически никаких естественных убежищ, кроме раковин аммонитов. В юре и мелу эти раковины заселяли различные ракообразные и рыбы. В них откладывали свою икру гастроподы. Прикрепившись к ним, росли серпулиды, двустворчатые моллюски и брахиоподы. Раки-отшельники — известные обитатели раковин современных брюхоногих моллюсков — начинали свой эволюционный путь с заселения раковин аммонитов. Пожалуй, не будет сильным преувеличением предположить, что, если бы у аммонитов не было раковин, эволюция многих морских животных могла бы пойти другим путем, и тогда современная биосфера была бы несколько иной.

Ключевые слова: аммоноидеи, раковины, ракообразные, рыбы, экологические взаимоотношения, эпибионты, мезозой, юрский период.

Аммоноидеи — подкласс головоногих моллюсков, существовавший в морях с девона до самого конца мела, до великого вымирания, случившегося 66 млн лет назад. Они обладали раковинами, в общих чертах похожими на раковины современных наутилусов, но отличавшимися многими важными деталями строения: формой перегородок между камерами, расположением сифона, формой и числом мест прикрепления мускулатуры к раковине и т.д. Но главной особенностью аммоноидей было огромное разнообразие формы раковин. Быстрая эволюция и широкое распространение этих моллюсков позволили палеонтологам использовать их ископаемые раковины как важнейший инструмент в биостратиграфии для расчленения и корреляции морских осадочных толщ разных регионов планеты с исключительно высокой точностью.

Всех аммоноидей часто называют аммонитами, хотя формально аммониты — лишь один из отрядов мезозойских аммоноидей. Раковины аммонитов используются не только в палеонтологических или биостратиграфических исследованиях. Из них делают украшения и ювелирные изделия, применяют их в дизайне интерьеров, рисуют



Александр Александрович Мироненко, научный сотрудник лаборатории стратиграфии фанерозоя Геологического института РАН. Область научных интересов — палеобиология и палеоэкология аммоноидей и ископаемых наутилоидей.

на гербах населенных пунктов и на логотипах коммерческих компаний. В художественных фильмах раковину аммонита можно увидеть на столе какого-нибудь банкира или даже на стене в рыцарском замке. Но впервые вторичное использование раковин аммонитов началось задолго до появления человечества.

Обычно, когда говорят о роли аммонитов в палеозойских и мезозойских экосистемах, то речь идет о том, кто на них охотился и чем питались они сами. Но их роль не ограничивалась участием в пищевых цепях, без дела в экосистеме не оставались даже их пустые раковины, падавшие на дно морей после смерти их обладателей. Раковины становились субстратом для многочисленных прикрепляющихся организмов и убежищами для различных донных и придонных животных. Осо-

бую актуальность это получило в мезозое, когда на поверхности континентов раскинулись обширные мелководные моря, в илистом дне которых сложно было рыть норы и нигде было прикрепить. Кроме того, в мезозое существенно увеличилось разнообразие и активность хищников (это событие даже называют «Мезозойской морской революцией» [1]), так что надежные убежища стали жизненно необходимы многим животным. И тут на помощь прикрепляющимся и зарывающимся животным, да и всем донным обитателям, нуждавшимся в убежищах, пришли аммониты. В некоторых случаях поселенцы не дожидались смерти аммонита, а селились на поверхности раковин еще при жизни их хозяев. Пожалуй, не будет сильным преувеличением предположить, что, если бы у аммонитов не было раковин, эволюция многих морских животных могла бы пойти другим путем, и тогда современная биосфера была бы несколько иной.

Наутилоидеи и трилобиты

Хотя статья посвящена организмам, селившимся на и в раковинах аммонитов, начать рассказ надо совсем не с них, потому что различные донные обитатели стали использовать пустые раковины головоногих моллюсков задолго до появления аммонитов — еще в раннем ордовике (а первые аммоноидеи возникли лишь в раннем девоне). Сами головоногие моллюски появились в кембрии, но поначалу это были маленькие и не очень многочисленные животные. Никаких данных о том, что их раковины как-то использовали другие организмы после смерти самих моллюсков, пока не обнаружено. Но уже в следующем — ордовикском — периоде появились цефалоподы с крупными и очень крупными раковинами, достигавшими у представителей отряда *Endocerida* длины 9 м. Такие гиганты были редки, но и обычные в то время раковины длиной 50–100 см становились замечательным убежищем для некоторых донных животных.

Чаще всего раковины ордовикских наутилоидей использовали трилобиты [2]. Эти членистоногие, как и современные раки, периодически линяли, сбрасывая твердый панцирь, и на время роста и затвердевания свежих покровов нуждались в надежных убежищах. Такими убежищами как раз и оказывались жилые камеры раковин эндоцерид и других наутилоидей. В них довольно часто находят сброшенные при линьке панцири, причем хорошая сохранность и взаимное расположение отдельных их частей, разделявшихся при линьке, свидетельствуют о том, что трилобиты действительно прятались в раковинах, а их сброшенные панцири не были занесены туда течением.

Здесь необходимо отметить, что далеко не все окаменелости, которые можно обнаружить в ра-

ковинах аммонитов или наутилоидей, на самом деле попадали туда «своим ходом»: часто раковины оказывались природными ловушками, в которых скапливалось все, что переносилось придонными течениями. Так, в раковинах аммонитов можно найти куски древесины, различные обломки или раковины меньшего размера, чешую и зубы рыб и т.д. Однако такие скопления несложно отличить от автохтонных захоронений благодаря разрозненности и перемешанности окаменелостей и их обломков.

В ордовике донные обитатели использовали не только внутреннее пространство раковин наутилоидей — внешняя поверхность раковин становилась субстратом для прикрепления различных донных фильтраторов, в первую очередь брахиопод и мшанок. В некоторых случаях эпибионты могли селиться и на раковинах живых наутилоидей, так как в процессе движения моллюска потоки окружающей воды принесли больше пищи фильтраторам. Но чаще всего раковины покрывались поселенцами уже на дне.

Использование раковин аммоноидей

Первые представители аммоноидей, появившиеся в раннем девоне, не отличались большими размерами, а их раковины не годились в качестве убежищ для большинства донных животных. Девонские трилобиты продолжали использовать для линьки раковины крупных наутилоидей из отрядов *Orthocerida*, *Pseudorthocerida* и *Actinocerida* с вместительными жилыми камерами [3]. Хотя уже в следующем — каменноугольном — периоде появились довольно крупные аммониты, об использовании их раковин как убежищ пока нет никаких данных. Основная масса находок раковин с поселенцами происходит из мезозойских — в первую очередь юрских и меловых — отложений. Возможно, причина этого в лучшей изученности мезозойских отложений, широко распространенных на территории Европы и Северной Америки, но также, вполне вероятно, могло сказаться и усиление экосистем, и увеличение численности и разнообразия хищников, что вынуждало все большее число животных обзаводиться надежными убежищами.

Ракообразные. Чаще всего раковины мезозойских аммонитов использовали ракообразные. Последние трилобиты вымерли на рубеже палеозоя и мезозоя, и вместо них в жилых камерах пустых раковин цефалопод стали жить раки, а позже и крабы. В отличие от трилобитов, которые предпочитали заселять раковины лишь на время линьки, раки и крабы селились там надолго, используя раковины аммонитов в качестве своеобразных нор.

Находки ракообразных в жилых камерах аммонитов известны из отложений практически



Ископаемые остатки крупного рака в жилой камере аммонита *Parahoplites* sp. Дагестан, аптский ярус нижнего мела. Фото О.К.Хаписова

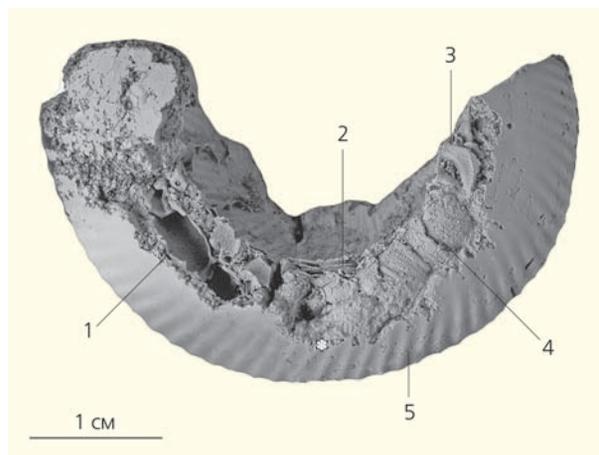
всех ярусов юры и мела. Особенно много их в нижнеюрских сланцах в Германии [4, 5]. Благоприятствует изучению содержимого раковин аммонитов особый тип сохранности окаменелостей в этих слоях: арагонитовые стенки раковин у них растворены, сохранился лишь полупрозрачный периостракум, через который хорошо видно, есть ли что-то в жилой камере [5]. Раки, найденные в жилых камерах нижнеюрских аммонитов, относятся к довольно крупным видам (в англоязычной литературе их называют лобстерами, т.е. омарами), которые обычно обитали в норах. Но в илистом осадке, жидком и часто почти лишенном кислорода, рыть норы было сложно или же вообще невозможно, поэтому раковины аммонитов и заменяли ракообразным норы, позволяя заселять территории, которые иначе бы оказались совершенно недоступными.

Тогда же (в средней или даже в ранней юре) появились раки-отшельники — животные, вся жизнь которых проходит в чужих раковинах [6]. Древнейшими были так называемые «симметричные» раки (представители семейства Pylochelidae), в настоящее время вытесненные хищниками и конкурентами в глубины океанов. Симметричными их называют потому, что, задняя часть их тела не закручена, как у остальных раков-отшельников, вбок, а остается прямой, как у их предков, живших вне раковин. В юрском периоде они жили на мелководье эпиконтинентальных морей и занимали в основном как раз пустые раковины аммонитов. Таким образом, именно в раковинах ам-

монитов прошли первые этапы эволюции раков-отшельников, а раковины гастропод (брюхоногих моллюсков) они освоили значительно позже [7]. «Симметричные» раки-отшельники, в отличие от появившихся позже типичных раков-отшельников с изогнутой задней частью тела, обитающих сейчас во всех теплых морях, еще не таскали раковины на себе, а просто использовали их в качестве жилищ.

Находки раков-отшельников в мезозойских слоях редки во всем мире, а более-менее целые образцы можно буквально пересчитать по пальцам. Единственный на сегодняшний день рак-отшельник в Центральной России был найден в раковине аммонита *Craspedites nekrassovi* в верхнеюрских отложениях на территории Москвы, в Кунцевском парке. Это «симметричный» рак-отшельник, относящийся к семейству Pylochelidae.

Считается, что современные раки-отшельники никогда не убивают моллюсков для того, чтобы завладеть их раковинами, однако юрские раки вели себя иначе: они, судя по всему, охотились на аммонитов и затем поселялись в раковинах своих жертв. В верхнеюрских отложениях иногда встречаются раковины аммонитов со своеобразными залеченными повреждениями: у них на довольно большую длину вырезана вентральная (наружная, брюшная) часть жилой камеры. Размер этих повреждений вполне соответствует размеру клешней рака-отшельника, найденного в раковине аммонита *C. nekrassovi*, да и сложно представить себе



Фрагмент аммонита *Craspedites nekrassovi* с остатками симметричного рака-отшельника из семейства Pylochelidae — единственная на данный момент находка ископаемого рака-отшельника в Центральной России. Москва, Кунцево; волжский ярус верхней юры. 1 — клешня рака, 2 — ходильные конечности, 3 — уropоды (последняя пара брюшных конечностей, входящая в состав хвостового веера), 4 — хвостовой щиток, 5 — лопастные линии аммонита (края перегородок между камерами фрагмокона). Звездочкой отмечена граница фрагмокона и жилой камеры.

Здесь и далее фото автора

других хищников, способных делать такие узкие и длинные прорезы в раковинах. Далеко не все атаки раков завершались успехом, так как аммониты умели очень глубоко втягиваться внутрь своих жилых камер (объем их тела был значительно меньше объема камеры) и могли там переждать атаку. Кроме того, в ранней юре аммониты научились использовать свою нижнюю челюсть (состоящую из двух створок, так называемых аптихов) для защиты, перекрывая ею просвет жилой камеры, так что раку или другому не крупному хищнику было не так уж и просто одолеть аммонита. Зато если рак убивал добычу, он мог не просто заселиться в раковину, но и сделать ее более удобной для своего проживания: в отличие от трилобитов, раки при помощи клешней могли удлинять жилые камеры, выламывая перегородки между камерами фрагмокона*. Именно так и поступил рак, найденный в раковине *C. nekrassovi*: он выломал пять перегородок и прятался частично внутри фрагмокона.

Чаще всего ракообразные жили в жилых камерах аммонитов (иногда захватывая переднюю часть фрагмокона), однако иногда они селились целиком во фрагмоконах. Так, внутри фрагмокона аммонита рода *Baculites* из меловых отложений США был найден небольшой краб [8]. Неясно, сам ли он проломил стенку раковины или воспользовался отверстием, образовавшимся по какой-то другой причине, но несомненно, что он некоторое время именно жил в этом фрагмоконе, а не был занесен туда течением.

Конечно, не всегда ракообразные умирали в раковинах, в которых жили. Они могли погибнуть за пределами раковины или по мере роста переселиться в более вместительное жилище, бросив старую раковину, ставшую для них тесной. Поэтому, скорее всего, раковины аммонитов использовались ими значительно более активно, чем это можно предположить, подсчитывая на-

* У аммоноидей, как и у других наружнораковинных головоногих моллюсков, мягкое тело было заключено в известковую раковину разнообразной формы. Эта раковина представляет собой, по сути, постепенно расширяющуюся трубку, замкнутую на одном конце и открытую на другом. Тело моллюска помещалось в жилой камере (занимавшей у аммоноидей от 0,5 до 1,5–2 оборотов) и прикреплялось изнутри при помощи мускулов-ретракторов. Задняя часть раковины — фрагмокон — разделена перегородками, или септами, на отдельные камеры, заполненные газом и жидкостью. Через все камеры, сквозь особые отверстия в септах, проходил сифон (вырост задней части тела, содержащий крупные кровеносные сосуды), который служил для регуляции содержания жидкости и газа в камерах. Стенка раковины аммоноидей (за исключением эмбриональной стадии) построена из трех слоев арагонита — двух тонких призматических и заключенного между ними довольно толстого перламутрового. Снаружи раковина покрыта тонким слоем органического периостракума, далеко не всегда сохраняющегося в ископаемом состоянии.

ходки в них панцирем ракообразных. Возможно, в некоторых случаях ракообразные ответственны и за «замусоривание» жилых камер различными фрагментами раковин или скелетов рыб, ведь они могли затаскивать добычу в свои жилища.

Рыбы. Вторыми по численности обитателями раковин мезозойских аммонитов были рыбы. Особенно многочисленны их находки в жилых камерах аммонитов в той же нижней юре Германии, где, как уже отмечалось, тип сохранности раковин позволяет видеть их содержимое [9]. Однако рыбы в жилых камерах аммонитов известны и из других местонахождений [10], в том числе из отложений аптского яруса нижнего мела Ульяновской обл. [11]. Довольно часто в жилых камерах аммонитов селились крупные рыбы, размер тела которых был лишь немного меньше объема их жилища.

Палеонтологи не сразу поверили, что рыбы могли жить в пустых раковинах аммонитов. Высказывались предположения, что животное могло так увлечься поеданием тела аммонита, что тонуло вместе с его раковинкой и попадало в бедные кислородом придонные слои, где и погибало. А однажды рыбу, позвонки которой нашли в жилой камере аммонита рода *Dactyloceras* из нижней юры Великобритании, даже описали в качестве жертвы этого хищного аммонита [12]. Подобное объяснение очевидно ошибочно: головоногие моллюски перетирают добычу при помощи радулы (гибкой хитиновой ленты, несущей не-



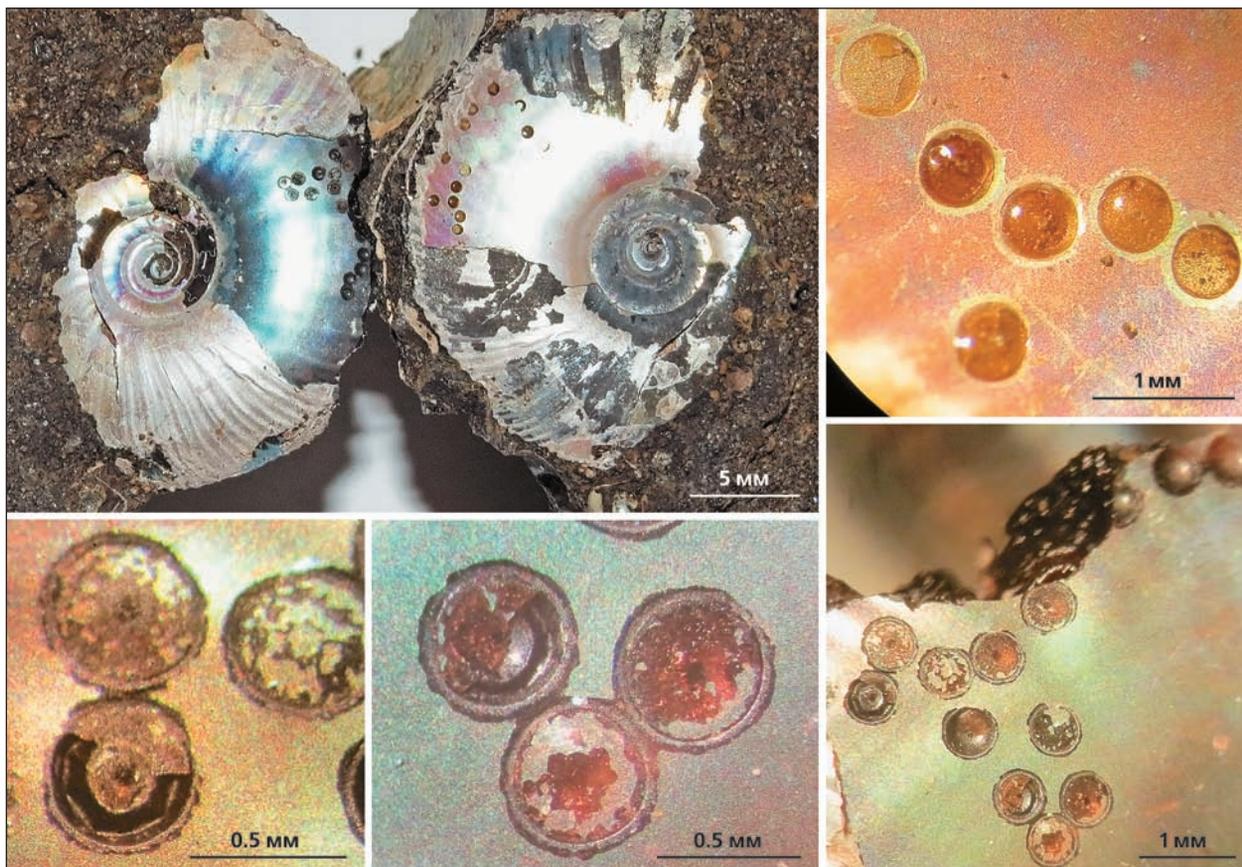
Ископаемые остатки рыбы *Dapedium pholidotum* в жилой камере аммонита *Lytoceras ceratophagum*. Германия, тоарский ярус нижней юры. Экспозиция Музея первобытного мира имени Б.Гауффа (Хольцмаден, Германия).

большие зубы и лежащей на поверхности мускулистого языка на брюшной стенке глотки) и неспособны проглатывать крупные куски пищи. Точно так же питались и аммониты, ископаемые радулы которых хорошо известны, поэтому проглотить рыбу целиком или даже по отдельным позвонкам они никак не могли. Нет никаких сомнений, что рыба либо попала в раковину моллюска после его смерти сама, либо ее остатки занес рак, живший в той раковине.

Но в большинстве случаев хорошая сохранность рыб, найденных в раковинах аммонитов, и их довольно крупные размеры позволяют полностью исключить влияние течений или хищников. Все свидетельствует, что эти рыбы сами заплывали в раковины аммонитов, вероятнее всего для того, чтобы прятаться там от более крупных придонных хищных рыб.

Яйцевые кладки гастропод. Брюхоногие моллюски (гастроподы) имели свои собственные раковины и вряд ли нуждались в дополнительной защите в виде раковин аммонитов. Однако защита требовалась кладкам их яиц. В раковинах аммонитов неоднократно находили остатки яйцевых капсул гастропод [13], впрочем, такие находки известны также и в раковинах двустворчатых моллюс-

ков, и даже в раковинах более крупных гастропод. А несколько лет назад в верхнеюрских отложениях на р.Черемухе в Ярославской обл. в раковинах аммонитов *C.nekrassovi* (к этому же виду относится и упомянутая выше раковина с раком-отшельником) были обнаружены яйцевые капсулы гастропод, принадлежащие к типу, ранее в ископаемом состоянии не встречавшемуся [14]. Точно такие же капсулы чуть позже были найдены в раковинах нижнемеловых (аптских) аммонитов родов *Deshayesites* и *Sinzovia (Aconeceras)* в Саратовской обл. [15]. Капсулы имеют форму полусферы диаметром меньше 1 мм с отверстием в верхней части, через которое новорожденные моллюски могли покинуть капсулу (в каждой из них находилось несколько яиц). Эти ископаемые остатки практически идентичны современным яйцевым капсулам неогастропод, хотя в поздней юре и раннем мелу их могли формировать и другие брюхоногие моллюски, необязательно близкие родственники современных таксонов. На сегодняшний день подобные ископаемые капсулы были найдены только в жилых камерах аммонитов, и вполне возможно, что расселение этих гастропод зависело от наличия пустых раковин аммонитов, служивших защитой для их кладок.



Фосфатизированные яйцевые капсулы гастропод в жилой камере аммонита *Craspedites nekrassovi*. На верхнем левом фото сам аммонит и его отпечаток. Ярославская обл., р.Черемуха; волжский ярус верхней юры.

Двустворчатые моллюски и колпачковые гастроподы.

Раковины аммонитов становились убежищами не только для подвижных донных животных или их кладок, но и для прикрепляющихся или малоподвижных животных, таких как двустворчатые моллюски и колпачковые гастроподы. Хотя двустворчатые моллюски, жившие в камерах аммонитов, были фильтраторами, вылавливавшими питательные частицы из потока воды, они предпочитали защищенные пространства, которые обеспечивают защиту от хищников, пусть даже и ценой меньшей интенсивности течений, переносивших частицы пищи.

В некоторых горизонтах верхней юры раковины двустворчатых определенных видов встречаются исключительно в защищенных местах, таких как раковины аммонитов или других, более крупных двустворчатых моллюсков. Подобная ситуация наблюдается и с маленькими колпачковыми гастроподами, хотя иногда они встречаются и на внешних стенках раковин аммонитов, где могли селиться еще при жизни моллюска [16].

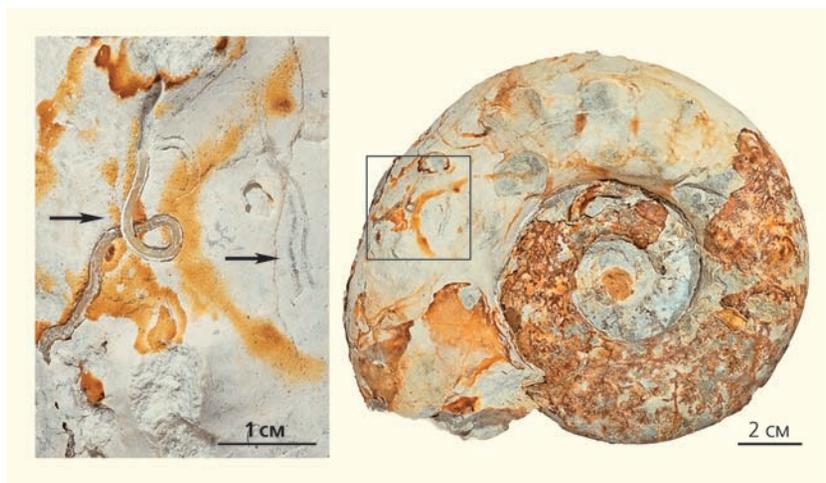
Брахиоподы. Также раковины аммонитов активно использовали в качестве субстрата брахиоподы — морские животные, имеющие двустворчатые раковины. Из-за этого их иногда путают с двустворчатыми моллюсками, но брахиоподы — это отдельный тип вторичноротых животных, дальние родственники мшанок. Большинству из них для роста нужен твердый субстрат, и раковины аммонитов, лежавшие на дне, были очень удобны для них. В экспозиции Палеонтологического музея имени Ю.А.Орлова в Москве есть раковина нижнемелового аммонита рода *Speetonicer* из Ульяновской обл., сплошь покрытая пиритизированными раковинами брахиопод. Большинство брахиопод прикреплялись к субстрату при помощи мускулистой ножки, но после смерти животных ткани их ножек разлагались, и раковины отделялись от субстрата. Тем не менее, эти ножки оставляли характерные следы на субстрате, палеонтологи называют их *Podichnus*. По таким отпечаткам удается узнать, что брахиоподы жили на раковине аммони-



Миниатюрный след (общий вид, справа, и увеличенный участок) прикрепления ножки брахиоподы (ихнород *Podichnus*) на раковине аммонита *Quenstedtoceras lamberti*. Саратовская обл., карьер Дубки; келловейский ярус средней юры.

та, даже если сами раковины разрушились или были унесены течениями.

Серпулиды. Очень активно использовали раковины аммонитов черви-серпулиды, обитающие в небольших известковых домиках-трубках. Хотя среди серпулид были свободно лежащие формы, способные расти на илистых субстратах, большинству их них для нормальной жизни было необходимо прикрепляться к твердой поверхности. Но такие поверхности в мезозойских морях встречались далеко не везде, и раковины аммонитов оказывались для серпулид жизненно важным ресурсом. В некоторых местах каждая лежащая на дне раковина напоминала клумбу, покрытую диковин-



Серпулиды в жилой камере аммонита *Aspidoceras* sp. (общий вид и увеличенный фрагмент слева). Стенка раковина аммонита разрушена, но трубки серпулид (отмечены стрелками), прикрепленные к ней изнутри, сохранились на внутреннем ядре — окаменевшем осадке, заполнившем раковину. Калужская область, д.Липицы; кимериджский ярус верхней юры.

ными цветами, так как венчики ловчих щупалец современных серпулид, улавливающих пищу из потока воды, ярко окрашены и похожи на цветы.

Серпулиды селились не только на поверхности раковин, но и в жилых камерах. Хотя ток воды в полузамкнутом пространстве жилой камеры наверняка был меньше, чем на поверхности, раковина аммонита, вероятно, спасала их от хищников, которые могли и не заглядывать в жилые камеры или просто не могли туда пробраться. Есть свидетельства, что серпулиды часто селились на поверхности раковин и живых аммонитов.

Аммониты помогают палеонтологам

Раковины аммонитов не только служили убежищами для многочисленных донных и придонных животных, они еще и оказались своеобразными мавзолеями, сохранившими остатки этих животных для исследователей. Известны уникальные местонахождения (их называют лагерштеттами), в которых можно найти практически целые скелеты ископаемых рыб с чешуей и отпечатками кожи и даже фосфатизированные ткани таких мягкотелых организмов, как кальмары и их древние родственники. Однако такие захоронения редки. Чаще всего упавшие на дно тела быстро растаскивались падальщиками, разлагались в результате деятельности деструкторов или разносились течениями. Но те животные, которым посчастливилось умереть в раковинах аммонитов, имели больше шансов на сохранение в практически целом виде, чем их сородичи, умершие на открытом месте. Течения не могли разрушить их тела, падальщикам было сложнее до них добраться, а относительно замкнутое пространство раковины способствовало ускоренной фоссилизации мягких тканей. Так что многие хорошие находки ископаемых животных стали известны только благодаря раковинам аммонитов.

Но это не единственная «заслуга» аммонитов. Иногда скелеты рыб и панцири раков в жилых камерах аммонитов находят в слоях, сформировавшихся в бескислородных условиях. Как было отмечено выше, в случае с рыбами высказывалось предположение, что животное могло так увлечься поеданием тела погибшего моллюска в толще воды, что не заметило, как его раковина погрузилась в бедные кислородом (аноксидные) придонные слои, и там погибло, задохнувшись. Однако для раков, ползавших по дну, такое объяснение никак не подходит, они-то никак не могли упасть на дно из толщи воды. Можно предположить, что находки рыб и раков в жилых камерах аммонитов в анаксидных условиях связаны с тем, что подобные условия существовали на дне не постоянно, а периодически, в течение же некоторых, возможно коротких, периодов времени уровень кислорода повышался, позволяя подвижной донной фауне засе-

лять эти участки. Такого времени было недостаточно для формирования нормальных придонных сообществ, которые сохранились бы в ископаемом состоянии, и лишь редкие находки обитателей пустых раковин позволяют нам судить о существовании таких «кислородных оттепелей» [5]. Не будь там раковин аммонитов, служивших убежищами для донной фауны и защищавших ее от хищников, которые обитали в толще воды, мы ничего бы и не узнали об этих коротких перерывах в анаксидных условиях.

Наездники, паразиты и невольные вредители

В некоторых случаях поселенцы-обрастатели не дожидались, пока аммонит погибнет, а его раковина упадет на дно, они селились прямо на раковинах живых моллюсков. Это было выгодно: вокруг плывущего аммонита создавался ток воды, из которого эпибионты (в основном двустворчатые моллюски и черви-серпулиды) вылавливали частицы пищи.

Однако любая выгода имеет и свою оборотную сторону: жить на аммонитах было опасно. Большинство аммонитов имело спирально-закрученную раковину, каждый новый оборот которой крепился к предыдущему и частично (а у некоторых видов и почти полностью) перекрывал его. Когда аммонит, наращивая раковину по мере своего роста, наткнулся на прикрепившегося к его раковине поселенца, то он (если не мог оторвать незваного гостя) просто перекрывал «наездника» своей раковинной и замуровывал его между оборотами [17]. Впрочем, известны находки аммонитов с прикрепившимися серпулидами, которые росли наперегонки друг с другом, в результате чего поселенцы успевали избежать замуровывания [17], а в некоторых случаях даже жили дольше своего «хозяина», ведь если у дна уровень кислорода был достаточным, «наездник» мог продолжать свою жизнь и после смерти хозяина раковины.

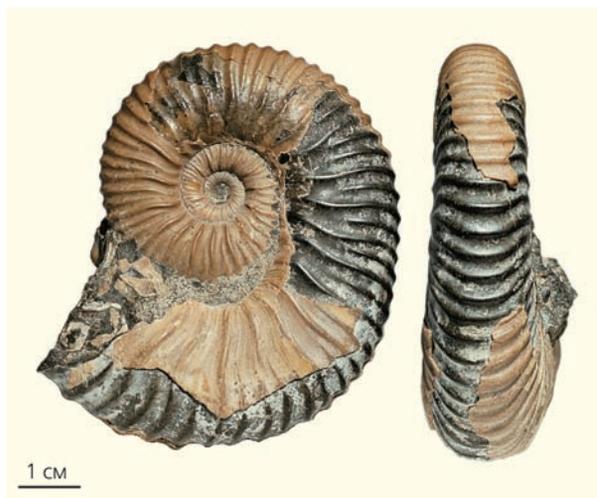
Для аммонитов поселенцы представляли серьезную проблему, так как они ухудшали гидродинамические характеристики раковины, а новые обороты, построенные поверх обрастателей, чаще всего оказывались кривыми, что еще сильнее усугубляло ситуацию. В случае если эпибионт прикреплялся сбоку и рос быстро, аммониту приходилось компенсировать его вес, отклоняя строящуюся часть раковины в противоположную сторону, от чего раковина опять же получалась искривленной [17]. Игнорировать поселенцев могли только крупные аммониты, такие как представители среднеюрского рода *Indosphinctes* или раннемелового рода *Speetonicerias*, диаметр крупнейших раковин которых превышал 50 см, поэтому раковины двустворчатых моллюсков или трубки серпулид длиной 1–2 см не сильно бы им повредила.

Не все животные, прикреплявшиеся к раковинам аммонитов, были мирными фильтраторами. На раковинах верхнеюрских аммонитов *Kachpuri-rites fulgens*, обитавших в море на территории современной Московской обл., поселялись какие-то паразиты (вероятно, мелкие ракообразные), питавшиеся органической частью раковины — периостракумом — или даже мягкими тканями самого аммонита [18]. Похоже, что они могли перемещаться по раковине и в погоне за наиболее свежими частями органического периостракума или за краем мантии, с помощью которой головоногий моллюск строил раковину, заползали на самый ее край. Там они каким-то образом вызывали деформацию мягкого периостракума, а так как он определял форму арагонитовых слоев раковины, ее новые участки тоже оказывались деформированными.

На раковинах меловых аммонитов рода *Placenticerias* жили гастроподы-блюдечки, относящиеся к филогенетической кладе *Patellogastropoda* [19]. В настоящее время эти моллюски обитают на камнях, часто в прибрежной зоне, они питаются водорослями, которые соскребают с субстрата своей радулой. Можно предположить, что на раковинах живых аммонитов селились также и водоросли, которыми питались такие гастроподы. Чтобы их не сносило течением, современные гастроподы-блюдечки прогрызают в субстрате углубление, равное диаметру их раковины, и при усилении волнения закрепляются там. Аналогичные углубления встречаются и на раковинах аммонитов рода *Placenticerias* [19]. Самим аммонитам это, скорее всего, не вредило, так как сквозных отверстий гастроподы не делали. Но подобные углубления создали проблему уже для палеонтологов. Дело в том, что после смерти аммонита и его захоронения в слоях донных осадков участки, источенные гастроподами, оказывались слабым местом на раковине и часто продавливались при уплотнении осадка. В раковине возникали округлые отверстия, очень похожие на следы укусов морских ящеров мозазавров, которые тоже охотились на тех же самых аммонитов рода *Placenticerias*. В итоге одни исследователи, изучавшие отверстия в раковинах, приходили к выводу, что они оставлены мозазаврами [19], а другие — что в их возникновении виноваты гастроподы [20]. Интересно, что палеонтологи, отстаивавшие разные точки зрения, в своих публикациях до сих пор так и не пришли к общему мнению, хотя из представленных ими доказательств вполне очевидно, что в конкретных случаях может быть верным каждое из этих объяснений.

Литература / References

1. Vermeij G.J. The Mesozoic marine revolution: evidence from snails, predators and grazers. *Paleobiology*. 1977; 3(3): 245–258.
2. Davis R.A., Fraaye R.H.B., Holland C.H. Trilobites within nautiloid cephalopods. *Lethaia*. 2001; 34: 37–45.



Аммонит *Acanthohoplites* cf. *A.nolani* (находка О.К.Халипова), раковина которого имеет необычную скафитоидную форму, что вызвано прикреплением обрастателя (его раковина не сохранилась) к поверхности предпоследнего оборота. Дагестан, аптский ярус нижнего мела.

* * *

«Все связано со всем», — гласит первый из четырех экологических законов, сформулированных в форме афоризмов Б.Коммонером — американским физиологом растений. И аммониты полностью подтверждают это высказывание. Не только сами животные, но и их раковины, даже пустые и лежавшие на дне, играли определенную роль в древних экосистемах.

От чего вымерли аммониты (так же, как и белемниты, динозавры, птерозавры и т.д.), до сих пор точно не известно (хотя на этот счет существуют весьма аргументированные гипотезы), но даже вымирание одних только аммонитов наверняка сказалось на морских экосистемах планеты. И дело тут не только в том, что аммонитами питались очень многие животные (рыбы, морские рептилии, другие головоногие, а может быть, и некоторые птицы с птерозаврами), но и в значении их раковин для донных и придонных организмов. Вымирание аммонитов лишило убежищ множество морских ракообразных, рыб и моллюсков, а многочисленные фильтраторы потеряли удобный субстрат для роста. Вряд ли когда-нибудь удастся численно оценить влияние исчезновения аммонитов и их раковин на других морских обитателей, но не приходится сомневаться, что определенную роль в нарушении баланса экосистем оно сыграло. ■

3. Zong R.W., Fan R.Y., Gong Y.M. Seven 365-Million-Year-Old Trilobites Moulting within a Nautiloid Conch. *Scientific Reports*. 2016; 6: 1–7.
4. Fraaije R.H.B., Jager M. Decapods in ammonite shells: examples of inquilinism from the Jurassic of England and Germany. *Palaeontology*. 1995; 38: 63–75.
5. Klompmaker A.A., Fraaije R.H.B. Animal behavior frozen in time: gregarious behavior of Early Jurassic lobsters within an ammonoid body chamber. *PloS One*. 2012; 7(3): 1–9.
6. Fraaije R.H.B., Krzemicki W., Bakel B.W.M.van et al. The earliest record of pylochelid hermit crabs from the Late Jurassic of southern Poland, with notes on paguroid carapace terminology. *Acta Palaeontologica Polonica*. 2012; 57(3): 647–654.
7. Fraaije R.H.B. The oldest *in situ* hermit crab from the Lower Cretaceous of Speeton, UK. *Palaeontology*. 2003; 46: 53–57.
8. Landman N.H., Fraaije R.H., Klofak S.M. et al. Inquilinism of a baculite by a dynomenid crab from the Upper Cretaceous of South Dakota. *American Museum Novitates*. 2014; 3818: 1–16.
9. Fraaije R.H.B., Jøge, M. Ammonite inquilinism by fishes: examples from the lower Jurassic of England and Germany. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Monatshefte*. 1995; 9: 541–552.
10. Vullo R., Cavin L., Clochard V. An ammonite–fish association from the Kimmeridgian (Upper Jurassic) of La Rochelle, western France. *Lethaia*. 2009; 42: 462–468.
11. Стеньшин И.М., Губайдуллов Р.З. О находке необычной формы захоронения костистой рыбы в условиях аноксического палеобассейна аптского яруса нижнего мела. Природа Симбирского Поволжья. Сборник научных трудов XII межрегиональной научно-практической конференции «Естественно-научные исследования в Симбирском—Ульяновском крае». 2010. Вып.11: 22–25. [Stenshin I.M. Gubaidullov R.Z. The finding of unusual type of burial of bony fish under conditions of an anoxic paleobasin of the Aptian stage of the Lower Cretaceous. The nature of the Simbirsk region. Collection of proceedings of the 12th interregional scientific and practical conference «Natural and scientific research in the Simbirsk-Ulyanovsk region». 2010; 11: 22–25 (In Russ.)]
12. Paul C.R.C. Did *Dactylioceras* eat fish? *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*. 2014; 60(1): 9–17.
13. Kaiser P., Voigt E. Fossil gastropod eggs in ammonite living chambers. *Lethaia*. 1983; 16: 145–156.
14. Zatoc M., Mironenko A.A. Exceptionally preserved Late Jurassic gastropod egg capsules. *Palaios*. 2015; 30(6): 482–489.
15. Zatoc M., Mironenko A.A., Banasik K. Gastropod egg capsules from the Lower Cretaceous of Russia preserved by calcitization. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2017; 466: 326–333.
16. Landman N.H., Slattery J.S., Harries P.J. Encrustation of inarticulate brachiopods on scaphitid ammonites and inoceramid bivalves from the Upper Cretaceous US Western Interior. *Acta Geologica Polonica*. 2016; 66(4): 645–662.
17. Keupp H. Atlas zur Paläopathologie der Cephalopoden. *Berliner paläobiologische Abhandlungen*. 2012; 12: 1–390.
18. Mironenko A.A. A new type of shell malformation caused by epizoans in Late Jurassic ammonites from Central Russia. *Acta Palaeontologica Polonica*. 2016; 61: 645–660.
19. Kase T., Shigeta Y., Futakami M. Limpet home depressions in Cretaceous ammonites. *Lethaia*. 1994; 27: 49–58.
20. Tsujita C.J., Westermann G.E.G. Were limpets or mosasaurs responsible for the perforations in the ammonite *Placentoceras*? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2001; 169(3–4): 245–270.

Ammonoid shells in Mesozoic ecosystems

A.A.Mironenko
Geological Institute, RAS (Moscow, Russia)

Shells of ancient cephalopods, nautiloids and ammonoids, served not only their owners: after the death of the mollusks they turned into useful shelters and dwellings for various benthic animals, and different attached organisms used them as a substrate. Trilobites began to hide inside nautiloid shells during molting from the Early Ordovician, but the most active usage of cephalopod shells, primarily ammonoid ones, by various marine inhabitants started from the Jurassic period. The diversity and activity of predators increased in the Mesozoic which caused many demersal animals to need reliable shelters. But on the silted bottom of shallow-water continental seas there were practically no natural shelters, except for ammonite shells. Jurassic and Cretaceous ammonite shells were inhabited by various crustaceans and fishes, gastropods laid their eggs inside them, serpulids, bivalves and brachiopods grew attached to their surface. Hermit crabs are well-known inhabitants of the shells of modern gastropods, but they began their evolutionary path from the colonization of ammonite shells. Perhaps it would not be a strong exaggeration to suggest that if the ammonites had had no shells, the evolution of many marine animals could have taken a different direction, and then the modern biosphere would have been somewhat different.

Keywords: ammonoids, shells, crustaceans, fish, ecological interactions, epibionts, Mesozoic, Jurassic.

Самая актуальная проблема человечества?

М. В. Родкин^{1,2}

¹Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН (Москва, Россия)

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск, Россия)

Парадокс Ферми привлекает внимание к проблеме выживания высокоразвитых цивилизаций: логика подсказывает, что во Вселенной их должно быть немало, но пока мы не обнаруживаем никаких их признаков. Приходится думать, что срок жизни цивилизаций очень ограничен. Помимо космических катаклизмов и экологических катастроф человечеству угрожает оно само. Высока ли вероятность самоуничтожения земной цивилизации?

Ключевые слова: парадокс Ферми, время жизни цивилизаций, ядерный апокалипсис по ошибке.

«**Б**ыть или не быть?» — похоже, этот принципиальный вопрос сейчас касается не отдельного человека, как было ранее, а всего человечества. И шансов «не быть» много больше, чем «быть». Не имея собственного опыта, мы ищем намеков на ответ в глубинах Вселенной.

В «Природе» проблема связи множественности технологических цивилизаций и прогноза судьбы высокоразвитой жизни на Земле уже обсуждалась*, но наше беспокойство за будущее все усугубляется, и представляется оправданным вернуться к этой, к сожалению, все более актуальной теме.

Напомним основные моменты. В середине прошлого века великий итальянский физик Э. Ферми задался вопросом, который позже назовут парадоксом Ферми. Вселенная существовала миллиарды лет до образования нашей Солнечной системы, Солнце — обычная звезда, каких очень много, а планета Земля — хоть и не вполне рядовое, но не уникальное явление. Жизнь на Земле возникла — по геологическим меркам — мгновенно. Из скорости биологической и социально-технологической эволюции, известной на примере Земли, вроде бы следует, что в нашей Галактике должны существовать многочисленные технологические цивилизации, в том числе и старше нас



Михаил Владимирович Родкин, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН и Института морской геологии и геофизики ДВО РАН. Область научных интересов — флюидогеодинамика, статистика экстремальных событий, режим сейсмичности, режим природных и антропогенных катастроф.

на миллионы и даже на миллиарды лет. Но тогда естественно было бы заметить техногенное радиоизлучение от некоторых звезд, а также встретить чужие исследовательские зонды или космические корабли. Ничего подобного не наблюдается, и Ферми спрашивает: *Так где же они все?*

За прошедшие с того времени более чем полвека было реализовано множество программ поиска внеземных цивилизаций — все с отрицательным результатом. Отсюда на основании известного уравнения Фрэнка Дрэйка для оценки числа цивилизаций в нашей Галактике получаем, что типичное время существования технологических цивилизаций не превышает тысячи лет (более подробно этот вопрос рассмотрен в упомянутых предыдущих публикациях в «Природе»).

Что же может быть причиной столь малой продолжительности существования технологических цивилизаций? Вряд ли это природная катастрофа. Жизнь на Земле существует миллиарды лет и развивается довольно последовательно. Кризисы были, экосистема планеты видоизменялась, но существованию жизни на планете эти кризисы не угрожали. Да и повторяемость их — один раз в не-

* Поиск внеземных цивилизаций (Родкин М.В. Парадокс Ферми в контексте текущей ситуации; Бялко А.В. Сто лет одиночества?) // Природа. 2015. №12. С.44–49; Рундквист Д.В. В подтверждение вышесказанного? // Природа. 2016. №4. С. 91–93.

сколько десятков миллионов лет. Они явно не могут ограничить срок существования технологической цивилизации одной тысячей лет. Естественно, Солнце в конце концов погаснет. Естественно, жизнь на Земле может быть сметена мощным космическим катаклизмом — скажем, относительно близким взрывом сверхновой. Но периодичность таких событий еще реже, это уже миллиарды лет. Нет оснований ожидать такое событие в течение ближайшей тысячи лет.

Остается предположить самоуничтожение технологических цивилизаций. Именно к такому решению в конце жизни пришел И.С.Шкловский, ранее известный пропагандист программ поиска внеземных цивилизаций. Он писал: *«Разум есть одно из «изобретений» эволюционного процесса... но далеко не все они оказываются полезными. Вспомним чудовищно гипертрофированные рога и панцири у рептилий мезозоя. Или неправдоподобно развитые клыки саблезубого тигра... Невольно напрашивается аналогия, не является ли самоубийственная деятельность человечества (чудовищное накопление ядерного оружия, уничтожение окружающей среды) такой же гипертрофией развития, как рога и панцирь какого-нибудь трицератопса или клыки саблезубого тигра? Не является ли самоуничтожение закономерным финалом эволюции разумных видов во Вселенной, что и объясняет ее молчание?»* [1].

Что же может быть причиной такого самоуничтожения? Начиная с работ Римского клуба много пишут об угрозе глобального экологического кризиса. Довольно часто последствия этого кризиса полагают фатальными для существования человечества. Действительно, люди в нарастающих масштабах потребляют различные, в том числе и невозобновляемые ресурсы. Население планеты все увеличивается, и ему нужно все больше пищи, воды, энергии, минерального сырья. Пугающими темпами растут объемы отходов, в том числе и такие, что будут представлять угрозу еще тысячи лет (например, радиоактивные). Не забудем и опасность, связанную с вероятным антропогенным изменением климата.

История человечества знает как глобальные, так и региональные экологические антропогенные кризисы, ставшие причиной гибели многих локальных цивилизаций. Первый экологический кризис планетарного масштаба связан с неолитической революцией, когда успехи первобытного человека в охоте на крупных животных привели к резкому сокращению кормовой базы и, соответственно, численности человечества [2]. Следствием кризиса стал переход от присваивающего типа хозяйствования к производящему (земледелию и животноводству). Представляется, что память о ситуации с обилием объектов охоты, имевшей место до неолитической революции, нашла отражение в мифах о Золотом веке человечества и о Рае. Именно после перехода к производящему

типу хозяйствования человеку пришлось в полной мере «в поте лица своего есть хлеб свой».

Развитие отдельных цивилизаций систематически вызывало увеличение населения и рост нагрузки на природные экосистемы. В условиях практически неизменных приемов сельского хозяйства это обычно приводило к сведению лесов, истощению почв и развитию экологического антропогенного кризиса, часто заканчивающегося гибелью данной цивилизации [3, 4]. Эффективной иллюстрацией этой тенденции служит известное эвристическое правило археологов: «цивилизации ищите в пустыне». Естественно, исходно цивилизации развивались на базе наиболее комфортных для хозяйствования экосистем, но антропогенный пресс систематически превращал их в почти непригодные для жизни пустоши.

Ситуация решительным образом изменилась после научно-технической революции. На основе науки и техники человек получил возможность заменять истощающиеся виды ресурсов новыми [4, 5]. Так, например, возникшая было в Европе опасность полного сведения лесов из-за заготовок древесного угля и расширения сельскохозяйственных угодий исчезла благодаря переходу на каменный уголь, а затем на нефть и газ и развитию методов повышения плодородия почв. В условиях научно-технического прогресса и глобализации экономики ограничивающими факторами стала уже не эффективность отдельных экосистем, а истощение общепланетарных базовых видов ресурсов. Человечество стало в невиданных ранее масштабах потреблять энергию разных видов, все более изменять природные экосистемы суши и океана, производить все большие объемы отходов.

Но столь ли опасна ситуация в настоящий момент, чтобы с большой вероятностью привести к гибели человечества?

Прежде всего напомним, что сроки начала активной фазы кризиса, как они прогнозировались в первых работах Римского клуба, уже прошли. А текущая обстановка в мире все же непохожа на острую фазу глобальной экологической катастрофы. Более того, все ускоряющегося роста численности человечества, объемов потребляемых ресурсов и энергии и производства отходов тоже уже не наблюдается: процессы все еще развиваются по нарастающей, но уже не в прежнем лавинообразном режиме, а явно замедляющимися темпами. Это связано не только с мерами по защите окружающей среды, но и с изменением направленности технологического развития человечества. Потребление материальных ресурсов все более сменяется информационным трендом развития, все более важное место занимает виртуальная реальность, требующая значительно меньшего материального и энергетического обеспечения. Ускоряющееся развитие сохраняется в последнее время почти исключительно в сфере информатизации.

Отметим и то, что напряженность глобальных социально-экономических противоречий также имеет тенденцию к снижению. Противостояние Север—Юг уже не кажется грозным почти неизбежным глобальным конфликтом. От процессов глобализации и информатизации экономики выиграли практически все страны (правда, отдельные слои населения во многих странах в результате проиграли). При этом опережающими темпами прогресс шел в развивающихся странах, средний уровень жизни в которых никогда не был так высок, как в настоящее время. Исключением из этого правила остаются только государства, объятые войнами, этническими или социальными конфликтами, особо острыми экологическими кризисами. А в странах-локомотивах третьего мира — Китае и Индии — уже не только растет уровень жизни, но и находятся значительные средства на решение экологических проблем, ранее там только обострившихся.

Ситуация смотрится если не безоблачно, то по крайней мере явно не безнадежно. Парадокс Ферми, однако, требует своего объяснения. Что же, если не глобальный экологический кризис, может стать причиной нашего самоуничтожения?

В становление политики разрядки в далеких уже 80-х годах прошлого века внесли свой вклад не только политики, но и ученые. Исследования, независимо проведенные в ряде научных центров (в частности, в Вычислительном центре Академии наук СССР и в Корнелльском университете в США), показали, что использование накопленных ядерных арсеналов человечества может привести к гибели не только человечества, но даже океанических экосистем Земли [6]. У нас, пожалуй, наибольший резонанс получили работы академика Н.Н.Моисеева [7], столетие которого отмечалось в прошлом году. В случае реализации подобного сценария эволюция жизни на планете будет отброшена назад на сотни миллионов лет. Сценарий апокалипсиса получил название «модель ядерной ночи» (или «ядерной зимы») — с ее современной версией можно ознакомиться с помощью Интернета*. В те уже далекие годы обсуждению этой опасности были посвящены специальные конфе-

* См., например: en.wikipedia.org (Nuclear winter, Nuclear holocaust), www.dopotopa.com/a_m_tarko_istoria_i_proгноzy.html



Умирающий мир ядерной ночи глазами художников.

ренции, многочисленные научные и популярные публикации. И угроза ядерного самоуничтожения временно отступила. Судя по тому, как в настоящее время политики высокого ранга все чаще угрожают ядерной бомбой, а словосочетание «ядерная зима» совершенно не звучит в отечественных СМИ, об этом эффекте забыли или сделали вид, что забыли. Поэтому напомним.

При падениях метеоритов, извержениях вулканов и ядерных взрывах происходит выброс в верхние слои атмосферы огромных масс вещества. Эти выбросы экранируют солнечное излучение, вызывая похолодания. Так, например, извержением далекого вулкана в Перу было спровоцировано резкое похолодание в 1601–1603 гг., результатом чего стали страшные неурожай, массовый голод; следствием такого голода в России стало падение молодой династии Годуновых и Смуты.

Эффект экранирования солнечной энергии резко усиливается при возникновении огненных смерчей, выносящих в верхние слои атмосферы огромные массы легкой медленно осаждающейся сажи. Целями ядерных ударов предполагаются крупные центры. А в городах сконцентрировано много больше горючих материалов, чем в природных ландшафтах, что повлечет сильнейшие пожары. Подобные огненные смерчи наблюда-

лись в ходе Второй мировой войны после массированных бомбардировок немецких городов и атомных бомбардировок Японии. Очевидцы описывают, как потоки воздуха подхватывали пытавшихся убежать людей и бросали их назад в огонь. Но страшнее другое. Тонкие пластинки пепла и сажи экранируют солнечные лучи сильнее, чем обычная пыль, и медленнее осаждаются. С этим согласится каждый, кому приходилось жечь костер и наблюдать, с какой легкостью летят вверх частички пепла. Циркуляция атмосферы разнесет сажу по всей планете, укутывая ее черным саваном. Верхние фрагменты сажи будут разогреваться в солнечных лучах, нагревать воздух и подниматься вверх. Как следствие, осаждение сажи и вымывание ее из атмосферы дождями еще более замедлится. На некоторое время возникнет эффект даже не «ядерной зимы», а «ядерной ночи» — станет темно, как в безлунную ночь. Гибель экосистемы планеты произойдет в результате совместного воздействия радиоактивного заражения и прекращения фотосинтеза.

Модель «ядерной зимы» подвергалась критике с разных сторон — выдвигались даже обвинения, что это миф, раздутый с целью победы США в холодной войне*. Утверждалось, что стороны пощадят крупные города, удары будут нанесены лишь по военным базам и позициям ракет, сажи будет образовываться существенно меньше, она не поднимется столь высоко и осядет довольно быстро. Автору

* См, например: deadland.ru/node/9782, «Гудок» (10.07.2003, www.gudok.ru).



Вручение 19 января 2006 г. в Нью-Йорке в штаб-квартире ООН специальной награды международной общественной организации «Ассоциация граждан мира» Станиславу Петрову. Надпись на ней гласит: «Человеку, который предотвратил ядерную войну».

эти доводы не кажутся убедительными. Очевидно, однако, и то, что для точных расчетов сценариев «ядерной зимы» нужны детальные исходные данные, а последние могут быть получены только в натурном эксперименте — по результатам ядерной бомбардировки современного мегаполиса. Хорошо бы избежать подобного эксперимента.

Но возможно ли столь самоубийственное развитие событий? Ведь очевидно, что ни одна из сторон не желает развязывания ядерного конфликта. По крайней мере, в полномасштабном варианте. Не исключено, однако, развитие такого конфликта по «логике снежной лавины», когда каждая из сторон будет бояться опоздать нанести следующий удар и потерпеть поражение.

Возможен и сценарий «апокалипсиса по ошибке». В последнее время становится известным о все большем числе случаев, когда такой сценарий едва не реализовался в прошлом. О первом из них мы узнали в годы перестройки. Подполковник в отставке С.Е.Петров рассказал, как в 1983 г., будучи оперативным дежурным на командном пункте системы предупреждения о ракетном нападении, он получил сообщение о запуске с базы США пяти межконтинентальных баллистических ракет «Минитмен» с 10 ядерными боеголовками каждая. Подполковник доложил руководству страны об ошибочном срабатывании системы (последовавшее затем расследование это подтвердило, но сам Петров не мог в тот момент этого знать). «Сгоряча» подполковника обещали наградить, но, поняв, что своим решением он поставил под сомнение неотвратимость ядерного удара и безого-

ворочность выполнения приказов высшего руководства страны, уволили, даже без присвоения очередного звания. История эта имеет тот юмористический аспект, что Петров оказался тогда оперативным дежурным чисто случайно — такая работа не входила в его функции. Он был аналитиком и соавтором той самой инструкции, которую сам же грубо нарушил. По признанию подполковника, принимая решение, он руководствовался тем, что запуск пяти ракет заведомо недостаточен для первого обезоруживающего удара. А если бы система ошибочно выдала старт не 5, а 25 или 50 ракет?

Еще более драматична похожая история, приключившаяся в 1962 г. на американской военной базе на Окинаве и ставшая известной весной 2015 г. [8]. В тот день на все четыре базировавшиеся на Окинаве стартовые

позиции поступил сигнал, что скоро последуют особые распоряжения. И такой приказ пришел. Получив его, офицер управления пуском должен открыть секретный портфель и, если код в портфеле совпадет с третьей частью переданного по радио сообщения, распечатать конверт со списком целей и ключами запуска. Коды совпали, подтверждая приказ на запуск ракет. Старший офицер смены капитан У.Бассет не поспешил, однако, его выполнять, а заявил что ситуация странная — приказу на пуск должен предшествовать приказ о введении высшей степени готовности, а его не было. Можно было предположить, что сигнал не прошел из-за помех противника, и в настоящий момент русские уже наносят превентивный удар. Но время подлета ракет к Окинаве уже прошло, а ракетчики были невредимы, не слышали звуков взрывов, не ощущали толчков почвы (а если бы в тот момент произошло не столь редкое в Японии землетрясение?). И капитан Бассет приостановил подготовку запуска. Однако командир одного из расчетов подчиниться отказался. И тогда Бассет послал группу автоматчиков с приказом расстрелять его, если тот продолжит подготовку запуска без личной команды капитана. Одновременно, грубо нарушая режим секретности, Бассет позвонил в штаб, потребовав или приказ о переходе к высшей степени боевой готовности, или отмену запуска. Сначала последовало молчание, а через пару минут пришел отбой. Сообщения оказались некорректными. Инцидент засекретили.

Возможность нанесения первого, относительно «безобидного», но обезоруживающего удара (направленного на уничтожение средств управления войсками и страной) и случай подполковника Петрова (который показал непредсказуемость человеческого фактора) поставили вопрос о надежности системы нанесения ответного удара. Введенная в строй в годы расцвета холодной войны система «Периметр» (в Западной Европе и США известна как *Dead Hand*, «Мертвая рука») была призвана гарантировать нанесение ответного ядерного удара всеми средствами СССР в случае недееспособности высших штабов страны и наличия ядерной атаки ее территории. Аналогичная по целям система ERCS (Emergency Rocket Communications System) была создана в США, деактивировали ее в начале 90-х годов.

Отметим определенный стабилизирующий эффект таких систем (можно не спешить с упреждающим или ответным ударом, даже в случае гибели командования обеспечивается неотвратимость уничтожающего ответа), но также и их аморальность. Слишком уж напоминает массовое принесение в жертву коней и рабов на могиле почившего повелителя.

В свете инцидента на Окинаве особенно опасными смотрятся общеизвестные аспекты функционирования одной из компонент классической ядерной триады — стратегических атомных под-

водных лодок (АПЛ). Около десятка их постоянно находятся на боевом дежурстве у каждой из сторон. Каждая такая АПЛ несет боезапас, способный снести пол-Европы, а решение о запуске должен принять командир подводной лодки при остром дефиците информации. Лодке в подводном положении доступны только сигналы специальной системы низкочастотных передатчиков. Получение более полной информации и обратная связь возможны только в случае всплытия, но оно в условиях военного времени демаскирует лодку и подписывает ей немедленный смертный приговор. Отсюда возникает как потенциальная опасность получения ошибочного приказа на пуск (вспомним историю на Окинаве), так и очень сильная зависимость от личных качеств командира АПЛ. Представляются возможными и разные варианты террористического вмешательства в этот процесс.

Автору рассказали про опасный инцидент, имевший место на подводном флоте во времена СССР. Существовал приказ, что в случае если в течение трех сеансов связи нет сигналов, АПЛ должна произвести боевой залп по записанным для нее целям. Предполагалось, что повторяющееся отсутствие связи указывает на уничтожение системы управления подлодками в ходе начавшейся войны. Но однажды на одну из находившихся на боевом дежурстве атомных субмарин сигнал не поступал в течение трех сеансов связи подряд. Командир поседел. В четвертый раз сигнал пришел. Приказ переписали.

Вполне очевидно, что опасность развития ядерного конфликта по ошибке резко возрастает в периоды повышенной международной напряженности. Так, 27 октября 1962 г. (в разгар Карибского кризиса) АПЛ Б-59 была встречена эскадрой США во главе с авианосцем «Рэндольф». Американцы ставили целью не допустить продолжения движения подлодки на Кубу, и когда та пошла на погружение, сбросили по трассе перед ней серию глубинных бомб. Капитан АПЛ В.Г.Савицкий решил, что началась война, и приказал готовить к запуску торпеду с ядерным зарядом. К счастью, помощник командира АПЛ В.А.Архипов сумел убедить его отменить приказ. Подлодка всплыла, начала обмен сигналами с американской эскадрой, и конфликт был приглушен. А чуть позже из Москвы пришел приказ ни в коем случае не применять ядерное оружие. Впоследствии спасший ситуацию В.А.Архипов дослужился до звания вице-адмирала.

Последний ставший известным подобный случай произошел 25 января 1995 г. За некоторое время до этого норвежская сторона предупредила Россию о скором запуске своей исследовательской ракеты. Место старта указали, время нет — оно зависело от погодных условий. По-видимому, эта информация до военных не дошла, и они, зафиксировав старт ракеты из района Норвежского моря, сильно забеспокоились. Параметры запуска

хорошо соответствовали ракете «Трайидент» с американской АПЛ. А как раз в это время военными исследовался вариант запуска одиночной высотной ракеты, которая должна была высотным взрывом вызвать сильные электромагнитные помехи и ослепить радары, сделав их нечувствительными к последующему массивированному запуску баллистических ракет. Б.Н.Ельцину принесли ядерный чемоданчик и объяснили, что если сейчас не произвести встречный запуск, то потом может быть уже поздно. Военные отслеживали ракету, и тревога сохранялась до тех пор, пока не стало ясно, что ракета не направлена в зону ПРО России и поэтому не может ослепить системы слежения*.

Опасность ситуации подчеркивает то обстоятельство, что если «невозможные» катастрофы на гражданских объектах (Чернобыль, Саяно-Шушенская ГЭС, «Булгария», многие иные) возникали по причине нарушений инструкций по эксплуатации, то избежать ядерной войны ранее несколько раз удавалось именно потому, что офицеры сознательно грубо нарушали инструкцию. Такое наблюдение сильно обесценивает широко распространенное мнение, что в вопросах применения ядерного оружия все предусмотрено и какие-либо неприятные случайности исключаются. Отметим также опасность террористического воздействия. Очевидно, что в последние годы такая опасность резко возросла.

Во время Карибского кризиса СССР располагал 300 ядерными зарядами, способными достичь

* inosmi.ru/world/20150126/225811280.html



Часы Судного дня в изображении художника. 25 января (пока статья готовилась к печати) их стрелки перевели еще на 30 секунд вперед — теперь они показывают 23:58, как во время первой холодной войны. Офис Bulletin of the Atomic Scientists расположен в Чикаго, США.

территории США, а у американцев тогда было 6000 боеголовок, поражающих нашу страну. Ядерный конфликт в то время мог и не привести к уничтожению человечества. В последующие годы Советский Союз ликвидировал отставание, и к концу 1970-х годов был достигнут паритет в ядерных силах на уровне более 10 тыс. зарядов с каждой стороны (возросла и их мощность).

С момента взрыва первой атомной бомбы действует проект «часы Судного дня» — своеобразный мониторинг интегрального уровня напряженности международной обстановки и уровня развития ядерных вооружений**. Полночь символизирует момент ядерного катаклизма. В отдельные моменты первой холодной войны эти часы показывали без двух минут двенадцать. В 1991–1995 гг. часы отошли на 15 минут назад, в 2015 г., в связи с ростом международной напряженности, часы показывали уже без трех минут полночь, а недавно их передвинули еще на 30 секунд вперед.

Текущая опасность несанкционированного самоуничтожения человечества «по неблагоприятному стечению обстоятельств» была оценена в [4] на основе числа имевших место в последние годы опасных инцидентов между вооруженными силами ядерных держав и экспертной (однопроцентной [9]) оценки вероятности перерастания такого инцидента в полномасштабную войну. При сохранении текущего высокого уровня международной военно-политической напряженности вероятность не свалиться за столетие в последнюю в истории человечества войну оказалась существенно менее 1%. Полученная оценка угрожающе гармонирует со ставшим известным

мнением группы генералов США, что «война с Россией будет быстрой, смертоносной и почти неизбежной» (Independent, октябрь 2016). Генералы, правда, надеются, что такая война будет неядерной. Но... возможны ли широкомасштабные военные действия без применения тактического ядерного оружия? А его использование не делает ли почти неизбежным попытку проигрывающей стороны прибегнуть также и к стратегическому ядерному оружию? И возможно ли ограниченное применение последнего?

Но, может, неправильна наша трактовка парадокса Ферми? Альтернативой краткости существования технологических цивилизаций служит предположение об уникальности феномена жизни и цивилизации на Земле.

** thebulletin.org

К сожалению, последние данные не свидетельствуют в пользу такой уникальности. Исследования кометы Чурюмова—Герасименко подтвердили предположение о существовании на кометах сложных органических веществ — потенциальных «кирпичиков» жизни. Опубликованные осенью 2015 г. результаты миссии марсохода Curiosity не оставляют сомнений в существовании ранее на Марсе глубоких водоемов и рек. На возможность современной жизни там указывают предварительные результаты бурения марсианских горных пород, выявившие признаки наличия в них органических веществ и всплески концентрации метана. Подчеркнем, что присутствие на Марсе в прошлом водоемов и рек говорит не только о существовавших некогда благоприятных для жизни условиях, но косвенно и о стабилизирующей роли биоты, т.е. о наличии ранее на Марсе развитой экосистемы. Действительно, принято считать, что именно биота обеспечивает тонкую настройку теплового баланса Земли — без ее регулирующей роли планета или вся покрылась бы ледовым панцирем, или разогрелась бы до уровня Венеры. После неудачи с посадкой на Марс российско-европейского зонда Schiaparelli в октябре 2016 г. остается ждать в 2020 г. миссии НАСА, которая должна дать ответ на вопросы о наличии жизни на Марсе и о причинах возможного исчезновения марсианской экосистемы. В завершение обсуждения этого аспекта проблемы отметим, что он лишился юмористической окраски. Вопрос «есть ли жизнь на Марсе, нет ли жизни на Марсе» ранее традиционно звучал как пример отвлеченной научной загадки, далекой от практических нужд. Оказывается, однако, что ответ на этот вопрос имеет самое непосредственное отношение к выживанию человечества.

За последнее время обнаружился наконец и долгожданный кандидат в «братья по разуму». В октябре 2015 г. было обнародовано, что космическая обсерватория Kepler открыла на расстоянии в 1480 св. лет от Солнца нечто весьма похожее на творение высокоразвитой внеземной цивилизации, а именно на так называемую сферу Дайсона. Были зарегистрированы вариации яркости звезды KIC 8462852 в созвездии Лебедя, такие как если бы звезду окружали огромные солнечные батареи для улавливания ее энергии излучения (подобную конфигурацию предложил еще в 1960-х годах американский физик-теоретик Ф.Дайсон). При этом альтернативное объяснение (периодическое затенение звезды облаками межзвездной материи) не подтвердилось. В настоящее время разрабатывается программа детального исследования звезды KIC 8462852. В плане обсуждаемой проблемы принципиально важно как (предположительное пока, конечно!) обнаружение следов развитой внеземной цивилизации, так и ее огромная удаленность от нашей планеты — на расстояние, в полтора раза

превышающее толщину диска нашей Галактики. Это при том, что, по оценкам, у нас вроде есть все шансы иметь соседей на расстоянии не более 10 св. лет. Подтверждение открытия сферы Дайсона подкрепило бы не только вывод о неunicальности технологических цивилизаций, но и гипотезу об их чрезвычайной редкости (вследствие быстрого самоуничтожения подавляющего большинства таких цивилизаций?). Таким образом, текущая оценка числа технологических цивилизаций в нашей Галактике оказывается примерно в 3 млн раз меньше теоретически ожидавшейся.

Пожалуй, на роль уникального момента в истории жизни и цивилизации на Земле могут претендовать только два обстоятельства. Первое касается ситуации, когда около планеты вращается крупный спутник, как Луна около Земли. Высказывались соображения, что наличие лунных приливов и отливов могло способствовать ускорению эволюции жизни на планете. Правдоподобно, но могли ли эти воздействия быть настолько важными, чтобы затормозить (или ускорить) развитие эволюции на несколько миллиардов лет? Ведь более слабые изменения в приводимых расчетах несущественны. Заметим также, что сильное проявление приливных эффектов — не такая уж и редкость: подобные процессы имеют место на ряде планет нашей Солнечной системы (на Юпитере, Сатурне, Нептуне). Второе обстоятельство связано с началом научно-технологической революции. Но можно ли полагать ее столь исключительно маловероятным событием? При том, что изменение локализация этой революции (не в Европе, а скажем, на Ближнем Востоке) и времени ее начала (скажем, на пару тысяч лет позже) практически никак не скажется на результатах теоретической оценки ожидаемого числа технологических цивилизаций во Вселенной?

Все вышесказанное складывается в невеселый «пазл». Цивилизации и ранее весьма часто доводили ситуацию до тяжелого экологического кризиса и гибели в результате его развития. Аналогичная опасность имеет место и в современную эпоху глобализации. Только гибель теперь грозит не отдельной цивилизации, а всему человечеству. Достоинно изумления, что такой сценарий, отчасти новый в сфере научного прогнозирования, для массового сознания отнюдь не нов. Автору довелось во время недавней Генеральной ассамблеи Европейского геофизического союза (апрель 2016 г.) побывать в цветущей весенней Вене. Поразительным контрастом этому великолепному празднику жизни и художественного вкуса смотрелись экспозиции современного искусства в знаменитых венских музеях. Чуть ли не половина представленных там художественных произведений, вроде бы относящихся к высшим достижениям современного искусства, вполне годятся быть иллюстрациями ядерной зимы и конца исто-

рии человечества. Пройдясь по музею, легко заключить, что никакой предыдущий период развития искусства не демонстрирует ничего похожего. Сопоставимо по накалу апокалипсических настроений только время Первой мировой войны. Уместно вспомнить и довольно уже старый анекдот: Встречаются в космосе две планеты: «Что-то ты милочка, так неважно выглядишь? — Ой, представь, подцепила хомо сапиенс. — И... милая, не горюй так, это же не надолго». Остается только удивляться такому предвидению.

Автору приходится наблюдать сильную реакцию отторжения на вышесказанное. Один из читателей объяснил ее так: «Я не могу аргументиро-

вать, что здесь неверно. А принять это невыносимо. Хочется выкинуть все это из головы». Такая реакция представляется автору еще одним свидетельством в пользу очень высокой вероятности реализации представленного печального сценария. Лично для себя автор нашел выход. Да, складывается картина, что вероятность выживания нашей цивилизации в течение ближайших нескольких сот (а может и десятков) лет варьирует где-то в диапазоне от 10^{-3} до 10^{-7} . Тем более достойной представляется цель попытаться вырвать у истории этот ничтожный шанс, единственно обеспечивающий возможность продолжения существования человечества, наших детей и внуков. ■

Литература/References

1. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М., 1987. [Shklovskii I.S. Universe Life and Mind. M., 1987. (In Russ.)]
2. Баландин Р.К., Бондарев Л.Г. Природа и цивилизация. М., 1988. [Balandin R.K., Bondarev L.G. Nature and civilization. M., 1988. (In Russ.)]
3. Даймонд Дж. Коллапс. Почему одни общества приходят к процветанию, а другие — к гибели. М., 2016. [Diamond J. Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed: Revised Edition. N.Y., 2011.]
4. Родкин М.В. Катастрофы и цивилизации. Долгопродный, 2016. [Rodkin M.V. Catastrophes and civilizations. Dolgorudny, 2016 (In Russ.)]
5. Экологические очерки о природе и человеке. Ред. Б.Гржимек, М., 1988. [B.Grzimek. Enzyklopadie des Tierreiches. Sonderband «Okologie». Zurich, 1973.]
6. Александров Г.А., Арманд А.Д., Свирежев Ю.М. и др. Математические модели экосистем. Экологические и демографические последствия ядерной войны. Под ред. А.А.Дородницына, М., 1986. [Alexandrov G.A., Armand A.D., Svirezhev Yu.M. Mathematical models of ecosystems. Ecological and demographic consequences of nuclear war / Ed. A.A.Dorodnitsyn. M., 1986. (In Russ.)]
7. Моисеев Н.Н. Избранные труды В 2-х томах. Т. 2. Междисциплинарные исследования глобальных проблем. Публицистика и общественные проблемы. М., 2003. (www.ccas.ru/manbios/mois_trudi_v2.pdf) [Moiseev N.N. Selected works. In 2 vol. V.2. Multidisciplinary Study of Global Challenges. Journalism and Social problems. M., 2003. (In Russ.)]
8. Tovish A. The Okinawa missiles of October. Bulletin of the Atomic Scientists, October 2015 (thebulletin.org/okinawa-missiles-october8826).
9. Смил В. Глобальные катастрофы и тренды: ближайшие 50 лет М., 2012. [Smil V. Global Catastrophes and Trends: The Next Fifty Years. Cambridge, Massachusetts; L., England, 2008.]

The most topical issue of humanity?

M.V.Rodkin^{1,2}

¹Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics, RAS (Moscow, Russia)

²Institute of marine geology and geophysics, Far East Branch of RAS (Yuzhno-Sakhalinsk, Russia)

The Fermi Paradox draws attention to the problem of technological civilizations survival: the logic suggests that there should be a lot of them in the Universe, but so far we have not found any signs of them. It raises a problem that the lifespan of civilizations is probably very limited. In addition to space cataclysms and ecological catastrophes the anthropogenic catastrophe is probable. Is the probability of self-destruction of the Earth civilization high?

Keywords: Fermi's paradox, lifetime of civilizations, nuclear apocalypse by mistake.

Революционеры в систематике пауков: В.А.Вагнер и П.Т.Лехтинен

К.Г.Михайлов

Зоологический музей Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (Москва, Россия)

В сравнительном аспекте описан вклад в изучение систематики пауков В.А.Вагнера и П.Т.Лехтинена. Охарактеризованы особенности морфологических подходов обоих арахнологов. Показана революционная роль работ Вагнера и Лехтинена в развитии систематики пауков.

Ключевые слова: история биологии, пауки, Aranei, систематика, морфология.

Посвящается 50-летию со времени выхода революционного труда П.Лехтинена

Перевороты в мировоззрении и в методах работы многочисленны и затрагивают самые разные аспекты научных исследований. Все знают «революцию Коперника» и «революцию Эйнштейна». В области систематики животных и растений важнейшее революционное событие — оно вызвало бурное развитие этой науки — введение в 1750-х годах К.Линнеем бинарной номенклатуры. За последние 50–60 лет в систематику пришли кладистическое направление и компьютерные методы анализа признаков, а затем и молекулярные исследования. Несомненной революцией следует считать выделение группы типов линейящих животных, или Ecdysozoa, которая объединяет членистоногих и круглых червей. Эта группа сначала была выделена по молекулярным признакам, а затем и по морфологическим данным [1]. Принятое ранее родство членистоногих и кольчатых червей в рамках этой концепции отрицается. В более частной области систематики пауков можно говорить о нескольких качественных скачках, первый из которых — начало использования строения гениталий (копулятивных органов) пауков для определения низшей таксономической категории, т.е. видов. Следующий подобный скачок — введение этих признаков в анализ более высоких категорий — родов и семейств. Эта последняя революция в нашей науке оказалась сильно растянутой во времени, ведь первая попытка была сделана в 1880-х годах.

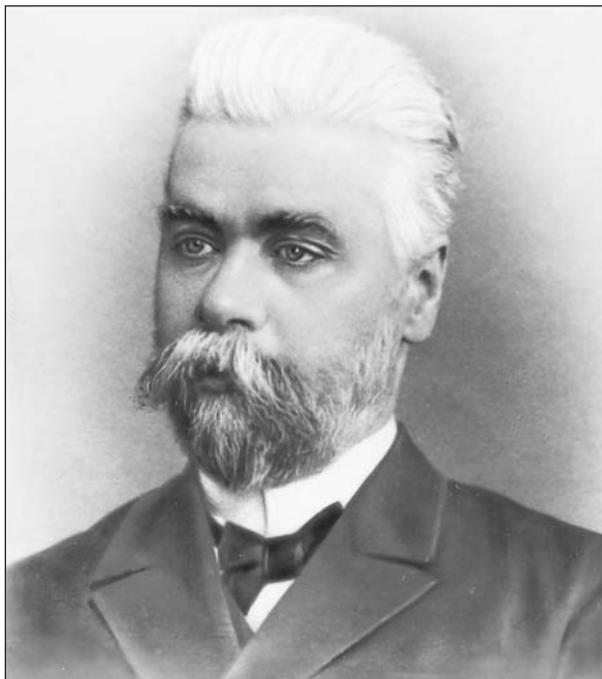


Кирилл Глебович Михайлов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник и куратор коллекции паукообразных Зоологического музея Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — арахнология, систематика и фауна пауков России и сопредельных стран, история науки.

Но тогда работы В.А.Вагнера остались практически незамеченными его коллегами. Потребовалось почти 80 лет, чтобы арахнологическое сообщество созрело для принятия таких идей, которые вторично, на огромном сравнительном материале, были введены финским исследователем П.Т.Лехтиненом. В других группах животных, например у двупарноногих многоножек (класс Diplopoda), строение копулятивных органов стали использовать для определения родов и семейств гораздо раньше, чем у пауков, — в конце XIX в.

В.А.Вагнер: работа по систематике и морфологии пауков

Владимир Александрович Вагнер (1849–1934) известен как зоолог и биолог широкого профиля, в первую очередь зоопсихолог. Он — один из основателей этологии, науки о поведении животных. Закончив по настоянию отца юридический факультет Московского университета, в 1878 г. Влади-



В.А. Вагнер в годы создания журнала «Природа».
Фото из архива «Природы»

мир Александрович поступил вольнослушателем на естественное отделение физико-математического факультета того же университета, был затем зачислен в студенты и получил вторую специальность, которой и посвятил всю свою жизнь. А жизнь его складывалась непросто. В конце 1880-х годов он рассорился со своим учителем А.П. Богдановым и на время был вынужден уехать из Москвы, позднее работал в Варшаве и Санкт-Петербурге. В последнем городе, ставшем к тому времени Ленинградом, он и закончил свой жизненный путь. К сожалению, биография ученого не исследована в должной степени*, несмотря на наличие рукописных воспоминаний и других архивных материалов, которые хранятся в Государственной публичной библиотеке имени М.Е. Салтыкова-Щедрина, в Архиве Российской академии наук, в Российском государственном педагогическом университете имени А.И. Герцена в Санкт-Петербурге, в Государственном Дарвиновском музее в Москве (архив Н.Н. Ладыгиной-Котс) и в других учреждениях.

Многие работы Вагнера посвящены систематике и биологии пауков. В одной из первых его

статей описано строение их мужского копулятивного аппарата [2]. Особенно важна работа, посвященная использованию признаков копулятивного аппарата самцов пауков для построения их системы на уровне семейств [3, 4]. Это — пионерное исследование, которое я подробно рассмотрю ниже. Фаунистическими работами Владимир Александрович не занимался, но его перу принадлежит первый список пауков Московской губернии [5]. Следует заметить, что тонкости номенклатуры не слишком его интересовали, поэтому даже в этом списке встречаются ошибки, а число опечаток в латинских названиях пауков в большой работе 1888 г. очень велико (подробнее об этом см. ниже). Работы Владимира Александровича по биологии пауков нуждаются в особом обзоре, который еще предстоит написать. Коллекции пауков, собранные им, в основном утеряны, возможно, при эвакуации Варшавского университета во время Первой мировой войны. Небольшая часть материалов по биологии пауков (их гнезда и др.) до сих пор хранится в Варшаве, в Институте зоологии Польской академии наук.

Чтобы читателю лучше были понятны проблемы систематики пауков, напомним некоторые особенности их морфологии. У пауков копулятивные органы отделены от половых — очень значительно у самцов и в меньшей степени у самок. Половые продукты и у самца, и у самки выделяются на VIII сегменте тела, как и у всех паукообразных класса Arachnida. Самцы осуществляют спаривание при помощи видоизмененного последнего членика пальпы, т.е. лапки. Пальпа (II пара конечностей, предшествующая ходильным ногам) состоит из следующих члеников: тазик, вертлуг, бедро, колено, голень и лапка. Сложно устроенная структура лапки пальпы (вместе с дополнительными образованиями) называется обычно пальпусом и состоит чаще всего из самой лапки и новообразования бульбуса — трех твердых хитинизированных склеритов, соединенных мембранами (гематодохами). В спокойном состоянии эти склериты сложены в ямке-альвеоле, глубоко вдающейся в лодочку-цимбиум, как называют видоизмененную лапку пальпы без бульбуса. При накачивании гемолимфы мембраны расправляются, и вся система склеритов поднимается, принимая «рабочую позицию», пригодную для спаривания. Но сначала бульбус надо заправить спермой, которая выделяется совсем в другом месте — на брюшке. До нужного сегмента тела непосредственно пальпой дотянуться невозможно. И паук строит небольшую паутинную сеть, на которую выделяет капельку спермы, а затем, отодвигаясь, подносит кончик пальпы и производит «заправку» бульбуса. Лишь после этого самец готов к спариванию.

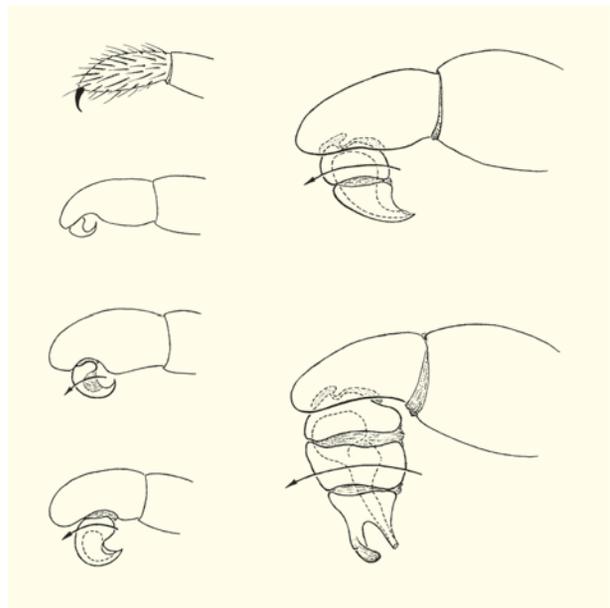
Эпигина самки представляет собой хитинизированную плотную структуру, расположенную посередине полового сегмента брюшка. В эпигине расположено парное или непарное отверстие, ве-

* В.А. Вагнер — один из основателей и первый редактор журнала «Природа». О нем см.: Лукин Б.В. Первый редактор «Природы» В.А. Вагнер // Природа. 1987. №1. С.48–58. (В конце этой статьи указано, что готовится к печати биографическая монография о Вагнере. Но из-за изменения тематики тогдашнего филиала Института истории естествознания и техники в Ленинграде и ухода из него авторов книги она так и не увидела свет. Как сообщил Э.И. Колчинский, материалы, собранные авторами, утрачены.)

дущее в два совокупительных канала, в которые вводится сперма самца. При этом откладка яиц через эти каналы ввиду их малого диаметра и твердости (и следовательно, неспособности к растяжению стенок) производиться не может. Самка откладывает яйца через половое отверстие, расположенное рядом — в особой щели на том же сегменте брюшка. В целом покровы брюшка самки достаточно эластичны, чтобы обеспечить его некоторое растяжение при созревании яиц, а также расширение полового отверстия в момент яйцекладки.

Ко времени начала работ Вагнера в систематике пауков дела обстояли следующим образом. До середины XIX в. виды (а тем более роды и семейства) пауков описывали исключительно по признакам строения и окраски тела, паутинных бородавок, по расположению глаз, по шипикам и волоскам на ногах и т.д., т.е. без учета строения копулятивных органов — пальпуса самца и эпигины самки. Особенности их строения арахнологи стали использовать для диагностики видов лишь начиная с 1850-х годов, когда выяснилось, что эти признаки слабо изменчивы и при этом высоко видоспецифичны. Неудивительно, что они получили широкое признание у специалистов. А вот для диагностики родов и более высоких таксонов вплоть до 1960-х годов использовали примерно те же внешние признаки, что были в ходу до середины XIX в.

Первая попытка применить строение копулятивных органов (самцов) для систематики пауков (на уровне семейства) — это работа Вагнера [3]. Известность она получила у зарубежных арахнологов, так как была опубликована на немецком языке. Владимир Александрович тщательно препарировал пальпусы самцов 100 различных видов. На его рисунках пальпусы изображены расправленными (точнее, во вздутом виде, после выдерживания 24 ч в растворе щелочи), а не сложенными (так они выглядят на спиртовых необработанных препаратах), как принято их изображать в современных видовых определительных таблицах*. Более половины объема этой публикации посвящено анализу ранее принятых соматических признаков и возможностям их использования в системе пауков. Затем, после не устаревшего и сегодня анализа морфологии пальпуса, автор выделяет четыре основных типа его строения, распределяя по этим типам семейства пауков, которых к тому времени было уже выделено 20 (ныне же — более сотни), причем семейство *Cheiracanthiidae* установлено прямо в работе Вагнера. Первый тип — это упрощенные пальпусы с нерасчлененным бульбусом и очень ма-



Одна из версий (дана схематично) эволюции пальпуса самца пауков [14]. Наблюдается постепенное увеличение коготка лапки пальпы, появление мягких мембран-гематодох, полости внутри коготка. В окончательном варианте сам коготок подразделен на три склерита, а в лапке-цимбиуме образовалась ямка-альвеола.

ленькой мембраной-гематодохой. Этот тип включал во времена Вагнера два семейства, а ныне — группу семейств, которую относят к так называемым *Harlogynae* (за исключением длинноногих пауков-сенокосцев *Pholcidae*), т.е. к паукам со слабо выраженной или отсутствующей эпигиной. Второй тип — это большая сборная группа с подразделением бульбуса на дополнительные склериты, большой гематодохой и иногда с выростом голени — предыдущего членика пальпы. Ныне эти семейства и группы семейств весьма далеко разделены в системе пауков. Третий тип включает только семейство *Pholcidae* с очень специфично измененной структурой пальпуса. Вкратце можно сказать, что вся пальпа у представителей этого семейства очень короткая и широкая. Четвертый тип объединяет пауков, у которых на цимбиуме имеется вырост или дополнительный склерит (такую структуру теперь принято называть парацимбиумом); это почти естественная группа. Главный призыв к коллегам, который автор стремился донести в работе: давайте учитывать в макросистематике пауков признаки строения мужского копулятивного органа и продолжать исследования.

К сожалению, как на это указал сам исследователь в 1890 г. [4], его иллюстрации при подготовке к публикации 1888 г. были сильно уменьшены, что привело к потере качества изображений и неразличимости многих морфологических деталей.

Интересный вопрос: где автор взял материал для своих исследований? Конечно, кое-что Влади-

* Несходство стиля рисования Вагнера и современных арахнологов стало причиной того, что не удается оценить статус единственного корректно описанного Вагнером вида *Tarentula oriphex* (ныне *Alopecosa oriphex*, семейство пауков-волков *Lycosidae*), хотя этот вид описан из черноземной зоны Европейской России, а именно из Орловской губернии [6].

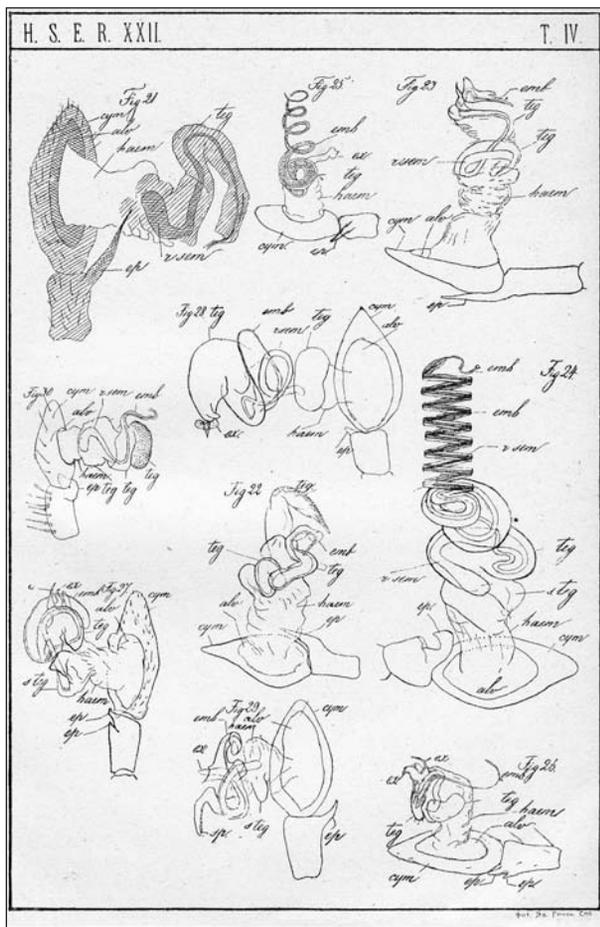


Таблица с иллюстрациями из работы В.А.Вагнера [3]. Качество воспроизведения рисунков очень низкое, некоторые линии пропечатаны плохо.

мир Александрович собрал лично в поездках по территории Европейской России. Но едва ли он имел возможность изучить коллекции и сделать иллюстрации во время длительных зарубежных командировок, ведь их просто не было: он окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета только в 1882 г., а в середине 1880-х по заданию Богданова был загружен административной работой, став директором Зоологического сада (в 1883–1886 гг.) в Москве. Нетрудно предположить, что значительную часть материала Вагнер мог позаимствовать в первую очередь в Зоологическом музее Московского университета.

Коллекции пауков Зоомузея

Действительно, в 1880-х годах арахнологические коллекции Зоомузея были довольно представительны. Пожалуй, единственное, что в них отсутствовало, — это пауки Московской губернии и вообще средней полосы России, коллекции кото-

рых появились примерно на 10–15 лет позднее, когда к арахнологическим исследованиям приступил П.Р.Фрейберг. Но трудами Богданова в 1872 г. были приобретены в Вене у В.С.Розенгауэра коллекции пауков Европы (около 600 экз., определены Л.Кохом), а также Австралии и Океании в Музее Годафруа в Гамбурге (около 220 экз., определены также Кохом). Эти материалы и ныне хранятся в Зоомузее.

История Музея Годафруа, основанного гамбургским купцом, популяризатором науки и меценатом И.Ц.Годафруа и существовавшего в 1861–1879 гг., недавно подробно описана [7]. Предметом торговли были этнографические и естественноисторические коллекции, собранные в первую очередь на тихоокеанских островах. Фирма имела свою контору на о.Самоа, пользовалась и другими факториями. Доставкой грузов занимались принадлежавшие торговому дому суда «Елена», «София», «Цезарь Годафруа» и др. Куратором торгового музея в Гамбурге с 1863 по 1882 г. (до полной распродажи коллекций) состоял Й.Д.Э.Шмельц. Музей имел свою постоянную экспозицию, размещенную на двух этажах: на первом — естественноисторические объекты, на втором — этнографические; ныне значительная часть этнографических материалов хранится в Этнографическом музее Лейпцига, зоологических — в Зоологическом музее Гамбурга. Списки продаваемых пауков и других объектов публиковались в специальных брошюрках-каталогах. Именно поэтому на этикетках почти всех баночек с хранящимися в Зоомузее МГУ пауками указан номер торгового каталога, видовое название и указана фамилия «Шмельц» или «Schmeltz». С научной же точки зрения гораздо важнее было бы указание места сбора материала — а о нем приходится только догадываться. Эта коллекция описана в монографии «Пауки Австралии» (*Koch L. «Die Arachniden Australiens»*), которая выходила в Нюрнберге серийными выпусками в 1871–1881 гг. Из-за ухудшения зрения Кох не смог завершить свой труд. В 1881–1890 гг. работу над монографией продолжил Э.Кейзерлинг. Помимо Австралии в этой коллекции также представлены пауки с ряда островов Океании. Основная часть коллекции хранится в Гамбурге, в московском музее — преимущественно дубликаты.

Наиболее крупная из других московских коллекций пауков того времени — так называемая Туркестанская коллекция А.П.Федченко, собранная в конце 1860-х — начале 1870-х годов, обработанная А.И.Кронебергом и опубликованная отдельным выпуском в серии научных результатов экспедиции Федченко [8]. Объем коллекции составляет около 1200 экз. и включает типовые серии 30 видов. Коллекция долгие годы считалась утерянной и была введена в научный оборот арахнологом А.Б.Ненилиным в начале 1980-х годов. Интересна история издания результатов экспедиции Федчен-



Некоторые экспонаты из австралийской коллекции пауков, приобретенной в торговом музее Годафруа в Гамбурге.

Фото А.В.Мартынова

ко [9] в серии трудов Общества любителей естественной истории, антропологии и этнографии, одним из основателей которого он был. Первые выпуски были напечатаны на средства общества, которые быстро иссякли. Тогда хлопотами вдовы и многих других лиц удалось заручиться содействием генерал-губернатора Туркестанского края К.П.Кауфмана, который и ранее активно помогал Федченко в его поездках. Получив положительный отзыв от Академии наук в Санкт-Петербурге, он запросил средства непосредственно в Министерстве финансов России. И деньги были выделены. В результате серия под названием «Путешествие в Туркестан А.П.Федченко» выходила вплоть до 1902 г. В своей работе Вагнер выносит благодарность Кронебергу за предоставленное в его распоряжение выдающееся собрание пауков [3, S.125].

Вот что написал о добывании коллекций для Зоо музея Богданов: *Так, Политехническая выставка 1872 г. обогатила Музей коллекциями, собранными Федченко в Туркестане... Комитет выставки потратил крупную сумму, до 10000 рублей, на приобретение коллекции гельминтов профессора фон Зибольда, биологической коллекции и коллекции насекомых Розенгауэра, различных коллекций, купленных у Годафруа в Гамбурге, и, наконец, коллекцию голотурий профессора Земпера [10, С.41].*

В те же годы арахнологические коллекции Зоологического музея Академии наук в Санкт-Петербурге (ныне — Зоологического института РАН) формировали по другому принципу. Там материалы из дальних экспедиций отправляли на определение за рубеж, в первую очередь В.Кульчинскому в Краков (находившийся тогда в Австро-Венгрии) и позднее Э.Симону в Париж. Возвращенные определенные сборы и составили базу фондовой коллекции этого Зоо музея. К сожалению, не все материалы удалось отправить на определение за рубеж, поэтому до сих пор в коллекции стоят огромные банки с пауками, собранны-



Пауки, собранные Туркестанской экспедицией А.П.Федченко и определенные А.И.Кронебергом.

Фото А.В.Мартынова

ми в начале XX в. Московский Зоо музей не посылал свои коллекции пауков за рубеж, а наши российские специалисты успели обработать далеко не все, и у нас до сих пор стоят нераспакованными материалы Закаспийской экспедиции 1885 г. Н.В.Насонова (собранные до того, как он стал академиком и директором Зоо музея в Санкт-Петербурге). Вот так причудливо переплетаются биографии ученых, музеев и отдельных коллекций.

И снова о работе Вагнера

Рассмотрим подробнее список пауков, изображенных в работе Вагнера 1888 г. Из 100 видовых названий два — *Dysdera reutexta* и *Lycosa extensa* — явно ошибочные, они отсутствуют в мировых каталогах пауков. Название *Thomisus abbreviatus* — опечатка: судя по изображению, речь идет о *Thomisus tricuspidatus*, ныне *Ebrechtella tricuspidata* (из семейства пауков-бокоходов Thomisidae). Из туркестанских материалов изучены четыре вида: *Aelurops ater* (ныне *Aelurillus ater*), *Aelurops variegatus* (ныне *Rafalus variegatus*) — оба вида из семейства пауков-скакунок Salticidae; *Cheiracanthium brevidens* (из семейства Cheiracanthiidae) и *Meta dentipalpis* (ныне *Metleucauge dentipalpis*, семейство Tetragnathidae). Эти виды описаны Кронебергом. Из пауков Австралии и Океании изучено пять видов: *Heteropoda macilenta* (ныне *Neosparassus macilentus*), *Heteropoda punctata* (ныне *Neosparassus punctatus*) — оба вида из семейства Sparassidae; *Uloborus barbipes* (из семейства Uloboridae); *Xysticus daemeli* (ныне *Australomisidia pilula*, из семейства Thomisidae) и *Tetragnatha ferox* (ныне *Tetragnatha nitens*, из семейства Tetragnathidae). Исследован ряд европейских видов из коллекции Розенгауэра, а помимо них — скакунчик *Attus cristatus* (ныне *Habronattus coecatus*) из США (судя по всему, принадлежащий той же коллекции).

Возможно, некоторая таксономическая небрежность работы Вагнера связана с общим невниманием к вопросам систематики, характерным для школы К.Ф.Рулье—А.П.Богданова [11]. Это объясняет, почему в дальнейшем Владимир Александрович, получивший в университетские годы системное образование, без всякого усилия перешел от вопросов морфологии и систематики к биологии в широком смысле, а затем специализировался на изучении поведения самых разных животных.

К сожалению, новаторские идеи Вагнера пришлись в арахнологии не ко времени и остались незамеченными европейскими арахнологами того времени. В 1890-х годах трудами выдающегося французского арахнолога Симона, который исследовал многие сотни видов пауков, была построена искусственная система отряда, успешно просуществовавшая до 60-х годов XX в. Элементы этой системы используют и поныне, в педагогических и популярных целях. Система Симона почти не учитывала строение копулятивных органов.

Пекка Лехтинен

Жизнь финского арахнолога Пекки Лехтинена (р.1934) менее богата внешними событиями, чем жизнь В.А.Вагнера, на которую пришлись бурные революционные годы в России. Пекка родился в небольшом городке в окрестностях Турку, окончил Университет Турку и затем с 1966 г. вплоть до выхода на пенсию состоял главным куратором Зоологического музея этого университета. Получил звание доцента. Правда, лекции пришлось читать в основном в Хельсинки, потому что в те годы Университет Турку был очень небогат и не располагал средствами для оплаты лекций. До сих пор Пекка живет в окрестностях Турку, регулярно приезжая в Зоологический музей поработать с коллекциями.

Многие считают Лехтинена революционером в систематике пауков [12]. Действительно, его работа 1967 г. [13] способствовала разрушению или, по крайней мере, переосмыслению старой, искусственной системы Симона. Признаки строения копулятивных органов были широко им использованы при выделении надвидовых таксонов — родового и семейственного уровней. Работа «революционера конца XIX в.» Вагнера Лехтинуену была известна, она упомянута в списке литературы.

Конечно, исследовательская база Лехтинена гораздо мощнее, чем была в свое время у Вагнера и сравнима с базой Симо-

на. Финскому арахнологу удалось объехать ряд музеев Европы, из других музеев был получен материал для исследования. В целом для работы 1967 г. Лехтинен просмотрел материалы из 54 музеев, в том числе из Зоологического института в Ленинграде. Про коллекции московского Зоомузея тогда мало кому было известно. Если Вагнер рисовал самостоятельно, то Лехтинуену помогала целая группа учеников, коллег и художников*. В его работе приведен 501 рисунок деталей строения, в основном копулятивных органов пауков. Заметим, что, как это принято в современных таксономических работах, Лехтинен использует изображения цельных заспиртованных пальпусов, не обработанных щелочью и поэтому не вздутых. Финский арахнолог очень тщательно относится к вопросам систематики, в 1980–2000 гг. он состоял членом Международной комиссии по зоологической номенклатуре. В его труде обработаны материалы по 341 роду ныне живущих пауков, в том числе даны описания 59 новых для науки родов. Количество просмотренных видов исчисляется многими сотнями.

Чтобы вникнуть в суть перемен в системе пауков, внесенных Лехтиненом, надо сделать еще один небольшой экскурс в их морфологию. У пауков исходно четыре пары паутинных бородавок — по две пары на X и XI сегментах тела. Часто передние срединные паутинные бородавки полностью или почти полностью редуцированы. Но есть довольно большая группа пауков, у которых из этих бородавок образовалась структура, похожая на сито с выходными отверстиями множества небольших паутинных желез. Такое «сито» называется «крибеллум», а вырабатывает оно особо тонкую паутину, для расчесывания которой на четвертой паре ног возник ряд слегка изогнутых щетинок (так называемый каламиструм). Этим пауков Симон назвал крибеллятными и рассматривал как естественную группу. Однако Лехтинен выяснил, что есть роды в разных семействах крибеллятных и некрибеллятных пауков, копулятивные органы которых устроены очень сходно. Структура многих семейств пауков была так переформатирована финским арахнологом, что теперь эти семейства включали как крибеллятные, так и некрибеллятные формы. Таким образом, от значительной части систематических построений Си-



Пекка Лехтинен в 2004 г.

Фото из личного архива Ю.М.Марусика

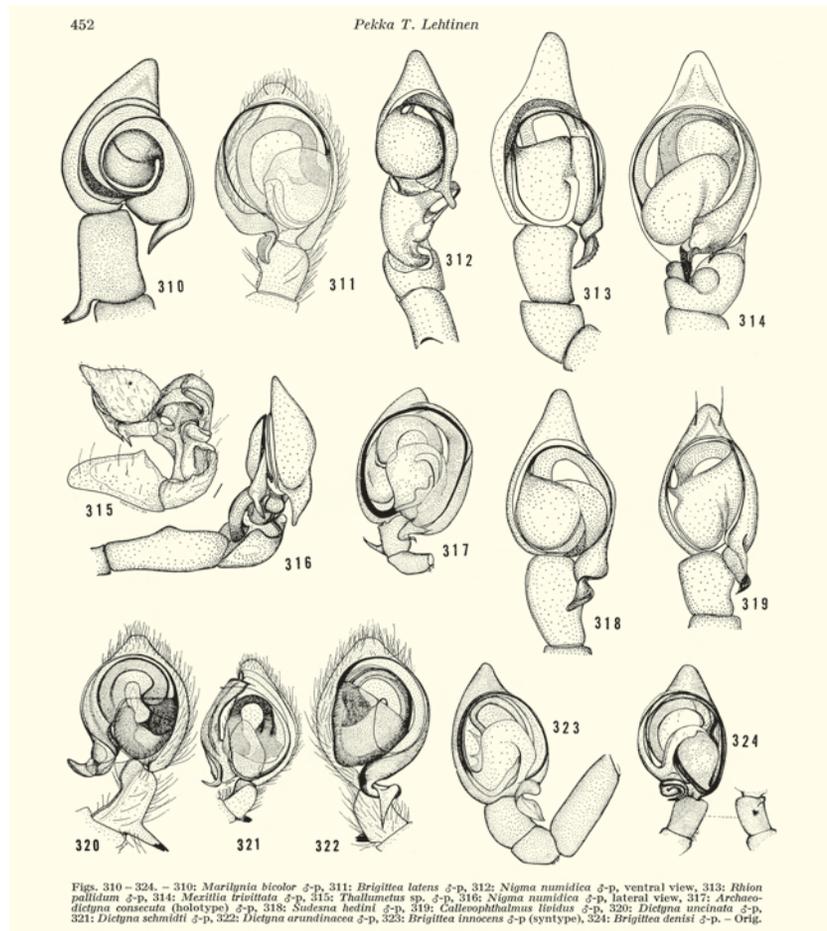
* В настоящее время рисунки в работах Лехтинена смотрятся слишком схематично, на них не представлен важный для систематики склеритный состав бульбуса.

мона можно отказаться, как не выдержавших проверки новыми данными. Но, пожалуй, самые удачные результаты Лехтинен получил при ревизии пауков так называемого агеленоидного комплекса, т.е. относящихся к семейству Agelenidae и их родственникам. Новые группировки с множеством дробных и мелких семейств устоялись и ныне приняты подавляющим большинством арахнологов.

В своих дальнейших исследованиях Лехтинен провел таксономическую ревизию ряда отдельных семейств и подсемейств пауков, а также некоторых групп клещей*. В ходе многочисленных путешествий по всем континентам, за исключением Антарктиды, им были собраны огромные коллекции, которые обработаны до сих пор лишь частично. Но, к сожалению, обилие материала и разнообразие взятых для изучения разноплановых семейств оказалось столь велико, что большая часть начатых работ так и осталась незавершенной. Изготовлены многие тысячи рисунков и фотографий, но едва ли эти материалы будут когда-либо использованы ныне здравствующим патриархом мировой арахнологии.

А что удалось сделать нового в арахнологической систематике после работы Лехтинена? В 1970-х расцвело кладистическое направление (среди приверженцев которого оказался один из ведущих мировых арахнологов Н.Платник), приведшее к использованию формализованных компьютерных программ для обработки больших матриц равноценных признаков; ныне возлагают большие надежды на молекулярно-генетические исследования. Несмотря на множество интересных частных результатов, естественная система отряда пауков так и не построена. Идеи же Лехтинена с его традиционными морфологическими построениями стали выглядеть немного старомодно. Но ничего лучшего, чем Лехтинен, кладисты предложить не смогли, их работа не касалась отряда в целом и в основном свелась в ревизии групп внутри семейства пауков. Так что располагать семейства пауков в каталогах им приходится либо в алфавитном порядке, либо следуя искусственной системе Симона.

* В самые последние годы П.Лехтинен заинтересовался систематикой ложноскорпионов — еще одного отряда паукообразных.



Figs. 310 – 324. – 310: *Marilynia bicolor* ♂-p, 311: *Brightea latens* ♂-p, 312: *Nigma numidica* ♂-p, ventral view, 313: *Rhion pallidum* ♂-p, 314: *Mexillia trivittata* ♂-p, 315: *Thallumetus* sp. ♂-p, 316: *Nigma numidica* ♂-p, lateral view, 317: *Archaeodictyna consociata* (holotype) ♂-p, 318: *Sulesna heidini* ♂-p, 319: *Callesophthalmus lividus* ♂-p, 320: *Dictyna uncinata* ♂-p, 321: *Dictyna schmidti* ♂-p, 322: *Dictyna arundinacea* ♂-p, 323: *Brightea innocens* ♂-p (syntype), 324: *Brightea dentisi* ♂-p. – Orig.

Страница из работы П.Лехтинена [13, р.452]. Семейство Dictynidae.

* * *

Примечательно, что оба исследователя опубликовали свои революционные результаты в довольно молодом возрасте: Вагнер в 39 лет и Лехтинен в 33 года. При этом для русского арахнолога надо сделать поправку на полученное им первое юридическое образование, что сильно увеличило срок его университетского обучения. Еще одна общая черта морфолого-систематических трудов Вагнера и Лехтинена — их очевидная незавершенность. Можно предположить, что первому автору просто не был свойствен систематический склад ума, который со стороны выглядит как некоторое занудство. Ему не составило большого труда переключиться на общебиологические вопросы. Что касается второго исследователя, причина лежит, скорее всего, в чрезмерном размахе работ. К настоящему времени описано почти 47 тыс. видов пауков, и, конечно, невозможно быть специалистом по систематике их всех. Большинство специалистов выбирает для обработки одно-два семейства или отдельные регионы для изучения.

Но собранные зоологические коллекции тщательно хранятся в соответствующих музеях и ждут новых исследователей. И это самое главное. ■

Автор благодарен Д.В. Логунову (Манчестер, Великобритания) за критические замечания, советы и консультации.

Работа выполнена в рамках гостемы МГУ имени М.В. Ломоносова «Таксономический и биохорологический анализ животного мира как основа изучения и сохранения структуры биологического разнообразия» (АААА-А16-116021660077-3).

Литература/References

1. Малахов В.В. Революция в зоологии: новая система билатерий. Природа. 2009; 3: 40–54. [Malakhov V.V. Revolution in Zoology: A New System of Bilateria. Priroda. 2009; 3: 40–54. (In Russ.)]
2. Вагнер В.А. Развитие и отправление копулятивного аппарата у Araneina. Известия Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. 1886; 50(1): 206–236. [Wagner W.A. Development and function of the copulatory organs of Araneina. Izvestia Obshchestva lyubiteley estestvoznaniya, antropologii i ethnographii. 1886; 50(1): 206–236. (In Russ.)]
3. Wagner W. Copulationsorgane des Mannchens als Criterium für die Systematik der Spinnen. Horae Soc. Entomol. Ross. 1888; 22: 3–132.
4. Вагнер В.А. Наблюдения над Araneina: Классификации пауков. Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. 1890; 21(1): I–IV, 1–145. [Wagner W.A. Observations over Araneina: Classifications of spiders. Trudy Saint-Petersburg obshchestva estestvoispytateley. 1890; 21(1): I–IV, 1–145. (In Russ.)]
5. Вагнер В.А. Araneina. Dwigubsky I.A. Primitiae Faunae Mosquensis: Опыт каталога представителей московской фауны. М., 1892: 117–120. [Wagner W.A. Araneina. Dwigubsky I.A. Primitiae Faunae Mosquensis: Experience of the catalog of representatives of the Moscow fauna. Moscow, 1892: 117–120. (In Russ.)]
6. Wagner W. Tarentula opiphex mihi. Bull. Soc. Imp. Natur. Moscou. 1891; 4 (5): 626–632.
7. Schepers B. Das verkaufte Museum: Die Südsee-Unternehmungen des Handelshauses Joh. Ges. Godeffroy & Sonh, Hamburg, und die Sammlungen «Museum Godeffroy». Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg. Neue Folge: Bd.40. Keltern-Weiler, 2005.
8. Кронеберг А.И. Путешествие в Туркестан А.П. Федченко: Пауки, Araneae. Известия Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. 1875; 19(3): I–IV, 1–55. [Kroneberg A.I. Voyage of A.P. Fedchenko in Turkestan: Spiders, Araneae. Izvestia Obshchestva lyubiteley estestvoznaniya, antropologii i ethnographii. 1875; 19(3): I–IV, 1–55. (In Russ.)]
9. Валькова О.А. Судьба туркестанских коллекций Ольги Александровны и Алексея Павловича Федченко. Российское изучение Центральной Азии: исторические и современные аспекты: К 150-летию П.К. Козлова (Отв. ред. К.В. Чистяков). СПб., 2014: 86–103. [Val'kova O.A. Fate of the Turkestan collections of Olga Aleksandrovna and Alexey Pavlovich Fedchenko. Russian studying of Central Asia: historical and modern aspects: To P.K. Kozlov's 150 anniversary (Ed. K.V. Chistyakov). Saint-Petersburg, 2014: 86–103. (In Russ.)]
10. Богданов А.П. Зоологический музей Московского Императорского университета. Зоологический музей МГУ: Per aspera ad astra (Сер. Зоологические исследования. №19). М., 2016: 36–46. [Bogdanov A.P. Zoological Museum of the Moscow Imperial University. Zoological Museum of MSU: Per aspera ad astra (Zoological researches. №19). Moscow, 2016: 36–46. (In Russ.)]
11. Любарский Г.Ю. История Зоологического музея МГУ: Идеи, люди, структуры. М., 2009. [Lyubasky G.Yu. History of Zoological Museum of MSU: Ideas, people, structures. Moscow, 2009. (In Russ.)]
12. Марусик Ю.М. 70 лет П.Т. Лехтинену, выдающемуся арахнологу и революционеру в таксономии пауков. Артропода Селекта. 2004; 13(1–2): 87–92. [Marusik Yu.M. 70 years to P.T. Lehtinen, an outstanding arachnologist and the revolutionary in spider taxonomy. Artropoda Selekta. 2004; 13(1–2): 87–92. (In Russ.)]
13. Lehtinen P.T. Classification of the Cribellate spiders and some allied families, with notes on the evolution of the suborder Araneomorpha. Annales Zoologici Fennici. 1967; 4(3): 199–468.
14. Kraus O. Male spider genitalia: evolutionary changes in structure and function. Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg. Neue Folge: Bd.27. Keltern-Weiler, 1984: 373–382.

Vladimir Vagner and Pekka Lehtinen, revolutionaries in spider taxonomy

K.G. Mikhailov
Zoological Museum, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

The contributions to spider taxonomy by Vladimir A. Vagner and Pekka Lehtinen are described. Peculiarities of morphological approaches of both arachnologists are characterized. Revolutionary role of works of Vagner and Lehtinen in the development of spider taxonomy is shown.

Keywords: history of biology, spiders, Aranei, taxonomy, morphology.

Что происходит с Волгой?

доктор геолого-минералогических наук И.А.Немировская
Институт океанологии имени П.П.Ширшова РАН (Москва, Россия)

В июне 2016 г. при изучении современного состояния качества вод р.Волги от Рыбинского водохранилища до Астрахани загрязнение в аэрозолях, поверхностных водах и донных осадках было обнаружено в основном в акваториях, непосредственно примыкающих к крупным промышленным центрам. Зависимость в распределении количества частиц приводного аэрозоля от климатических и ландшафтных зон проявлялась в меньшей степени, чем от антропогенных факторов. В поверхностных водах произошло увеличение содержания как взвеси, так и углеводов во взвеси по сравнению с исследованиями 2009 г., что может быть также обусловлено их поступлением в составе паводковых вод. С удалением от промышленных центров концентрации всех изученных органических соединений и взвеси приближались к фоновым значениям.

Ключевые слова: Волга, загрязнение, аэрозоли, взвесь, вода, донные осадки, органические соединения, углеводороды.

Для России экологическое состояние Волги имеет первостепенное значение. В районе ее водосбора, на площади, составляющей всего 8%, проживает около 60 млн человек (в том числе 45 млн горожан). Здесь сосредоточена большая часть промышленности и сельского хозяйства нашей страны. Считается, что под действием высокой антропогенной нагрузки территория бассейна Волги остается одной из наиболее экологически неблагоприятной [1].

Во время позднего паводка (2–18 июня 2016 г.) на борту научно-исследовательского судна «Академик Топчиев» Институтом биологии внутренних вод имени И.Д.Папанина РАН, Институтом океанологии имени П.П.Ширшова РАН (ИО РАН) и при участии Института геохимии и аналитической химии имени В.И.Вернадского РАН на средства ФАНО и имеющиеся гранты была организована экспедиция от порта Борок (Рыбинское водохранилище) до Астрахани (рис.1). Целью исследований ИО РАН стало изучение седиментационных процессов в зоне смещения Волги с ее притоками для оценки современного состояния качества вод и донных осадков Волжского бассейна, а также установления тенденций их изменения в последние годы.

В основу методологии положено изучение органических соединений ($C_{орг}$, липидов, углеводов) в системе «аэрозоли — поверхностный микрослой — поверхностные воды — донные осадки», а также содержания и состава аэрозолей в атмосфере и взвешенных в воде частиц.

Аэрозоли. Атмосферные перенос и осаждение — основные пути поступления природных и антропогенных соединений с суши, особенно в аридных областях [2]. Гранулометрический состав приводного аэрозоля мы определяли с помощью счетчика аэрозольных частиц AeroTrak

(США). При измерении отображалась концентрация твердых частиц в воздухе по трем каналам: 0.3–1, 1–5 и >5 мкм/л. Ежедневно выполнялось от 7 до 12 измерений. Параллельно сбор аэрозолей осуществлялся сетевым методом на ходу судна при лобовом и боковом ветре (с отклонением от курса судна не более чем на $\pm 60^\circ$) (рис.1, 2). Сетевой метод позволяет получить большое количество материала для последующих аналитических исследований.

Изучение гранулометрического состава аэрозолей показало, что на всем протяжении маршрута преобладали частицы размером 0.3–0.5 мкм

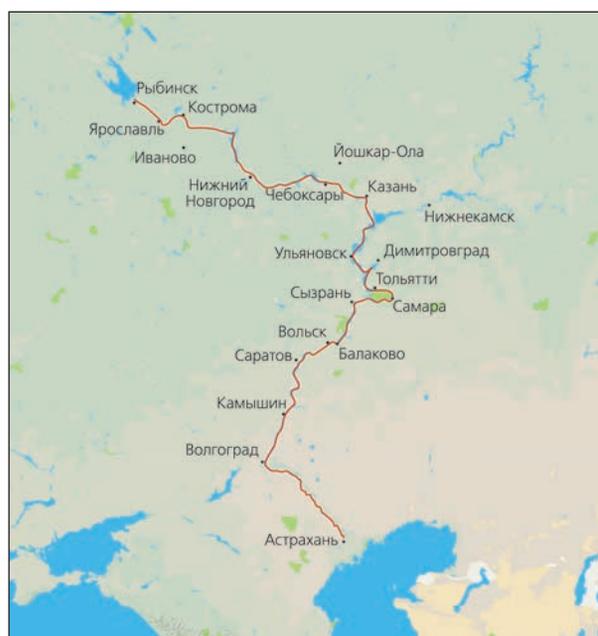


Рис.1. Маршрут научно-исследовательского судна «Академик Топчиев».



Рис.2. Сбор аэрозолей сетями (вверху) и измерение гранулометрического состава аэрозолей прибором AeroTrak на борту НИС «Академик Топчиев».

Здесь и далее фото автора

(рис.3). Из геосфер Земли атмосфера — самая подвижная и переменчивая, в ней быстро изменяются потоки вещества. Скорость движения воздушных масс (особенно для частиц 0.3–1 мкм) достаточно велика, и потому количество частиц в атмосфере постоянно менялось: от 2.5 тыс. до 181 тыс. частиц/л.

Количество средних (1.0–5.0 мкм) частиц росло от лиственных и сухостепных восточноевропейских зон к полупустынным и пустынным прикас-

пийским зонам почти в три раза: в среднем от 430 до 1370 частиц/л (см. рис.3, 4). Наиболее резкое увеличение количества частиц в атмосфере отмечалось вблизи городов и промышленных центров, расположенных вдоль берегов Волги: Чкаловска, Ульяновска, Самары, Сызрани, Вольска, Саратова, Волгограда и др. (см. рис.3, 5). В этих районах расположены нефтеперерабатывающие заводы с факелами и ТЭС на газовом топливе, а также сосредоточено большое количество автомобильного транспорта (особенно от Самары до Сызрани).

Потоки аэрозолей, собираемые с помощью сетей, изменялись от 0.385 до 0.715 мкг/м³ (рис.6), т.е. в разных районах отличалось значительно меньше, чем на трансатлантическом разрезе (от 0.012 до 19.890 мкг/м³)*.

В пробах (проанализированных с помощью сканирующего электронного микроскопа и приставки SEM-EDS-микроанализатора) преобладали спутанно-волокнистые частички растений в основном сухопутного происхождения с минеральными зёрнами различной окатанности. Деформи-

* Немировская И.А., Новигатский А.Н., Реджепова З.Ю. Обмен вещества на границе вода—атмосфера в Атлантическом океане // Природа. 2016. №11. С.56–83.

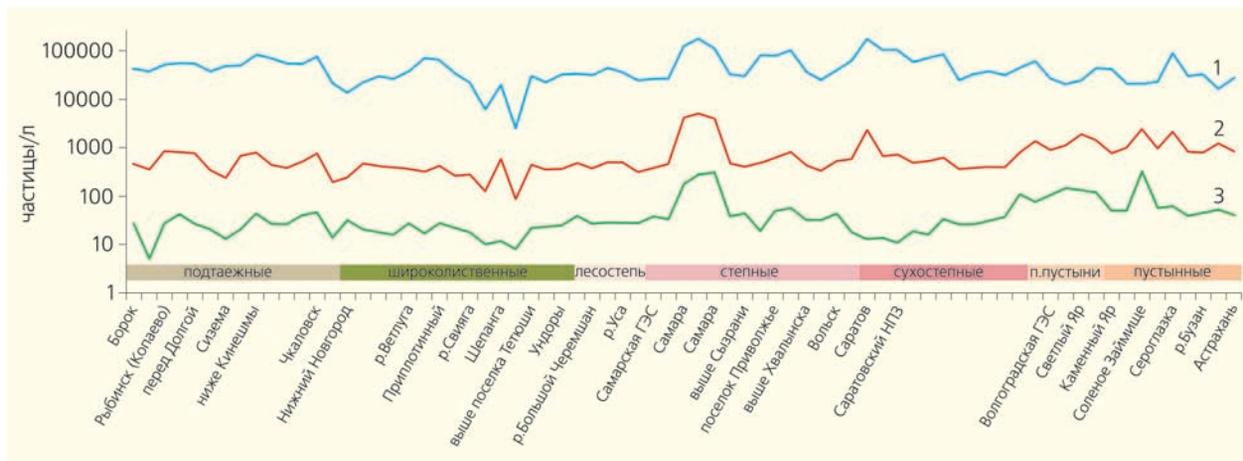


Рис.3. Гранулометрический состав аэрозолей приводного слоя атмосферы по маршруту порт Борок — порт Астрахань в зависимости от климатических зон. 1 — 0.3–1 мкм, 2 — 1–5 мкм, 3 — >5 мкм.



Рис.4. Типичные холмистые формы рельефа берегов Волги с выходами коренных пород и прибрежной растительностью.



Рис.5. Жилые и промышленные районы на берегах Волги. Справа Саратовский нефтеперерабатывающий завод.

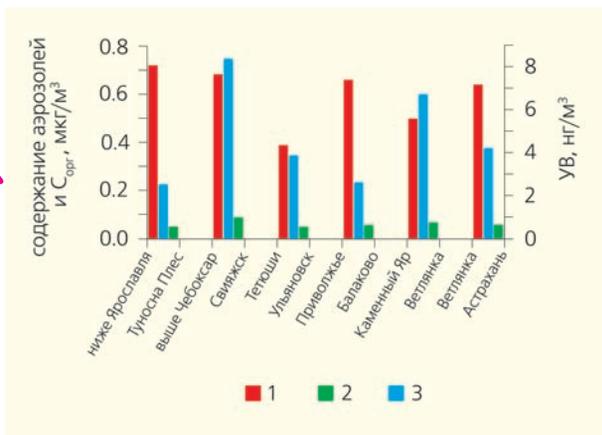


Рис.6. Содержание и состав аэрозолей, собранных сетевым методом. 1 — аэрозоли, 2 — органический углерод ($C_{\text{орг}}$), 3 — углеводороды (УВ).

рованная, измельченная органическая ткань растений содержала до 11% азота и была покрыта неравномерным налетом (толщиной менее 1 мкм) алюмосиликатов. Валовое содержание углерода ($C_{\text{общ}}$) в пробах изменялось от 42 до 67%. Второе место по значимости занимали антропогенные частицы (рис.7). В их составе нередко встречались принесенные с ТЭС микросферы золы диаметром от 2 до 10 мкм, крупницы стали (размером 3 мкм) и металлургического шлака (размером от 6 до 11 мкм), а также эллипсоидные агрегаты (5×10 мкм) гидроксидов железа. Значительные (от 20 до 80 мкм)

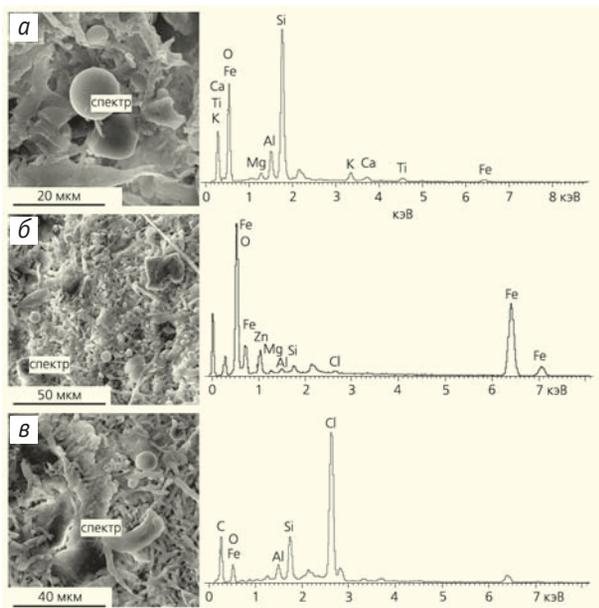


Рис.7. Состав и спектры элементов антропогенных частиц из аэрозолей приводного слоя атмосферы: а — микросферы золы, б — агрегаты гидроксидов железа, в — фрагменты тонких пленок. Сканирующий электронный микроскоп TESCAN Vega-3.

фрагменты тонких пленок хлорсодержащего (до 15 вес.% хлора) полимера были обнаружены в пробах Верхней и Средней Волги.

Взвесь. Средние концентрации фильтрационной взвеси (выделенной на ядерные фильтры 0.45 мкм) в поверхностных водах Верхней, Средней и Нижней Волги существенно не различались. Их величины изменялись в сравнительно узком диапазоне: 4.69–5.67 мг/л. Наиболее высокое содержание, как и в 2009 г.*, установлено в районе впадения Оки (8.38–10.39 мкг/л) и в устье Ветлуги (9.09 мг/л). Эти величины соизмеримы с ПДК для взвеси — 10 мг/л. В устьях этих рек отмечаются максимальные показатели твердого стока.

В устье Камы концентрация взвеси ниже — 6.9 мг/л. Впадение других притоков — Большого Черемшана, Малого и Большого Иргиза, Усы — не вызвало особого изменения ее содержания (рис.8, 9). Относительно мало взвеси (1.69–3.11 мг/л) установлено в Рыбинском и Куйбышевском водохранилищах, в северной зоне Горьковского водохранилища и в южной части Нижней Волги. Это так называемая зона чистой воды. В северной части Нижней Волги повышенные содержания взвеси в районе Черного Яра (6.73 мг/л), Сероглазки (9.73 мг/л) и Тулугановки (8.85 мг/л), возможно, связаны с абразией и денудацией берегов (см. рис.4, 8, 9).

Перед плотинами иногда происходил рост концентраций взвеси. В частности, перед Ново-Чебоксарском ее количество возросло до 4.23 до 6.33 мг/л, а в верхнем бьефе Волгоградской ГЭС — до 7.79 мг/л, уменьшаясь к нижнему бьефу до 1.88 мг/л. В то же время в районе Самарской ГЭС содержание взвеси практически не менялось, составляя 1.84–1.85 мг/л.

Во взвеси, как и в аэрозолях, присутствовал материал из трех источников — биогенного, минерального и антропогенного (см. рис.9). Но, в отличие от аэрозолей, биогенные частицы здесь были представлены различными видами диатомовых водорослей, и потому наблюдалась корреляция между распределением взвеси и хлорофиллом-«а»: $r = 0.60$ (данные по хлорофиллу-«а» предоставлены Н.М.Минеевой, Институт биологии внутренних вод имени И.Д.Папанина РАН). Последнее подтверждает биогенный состав взвеси.

В минеральной части доминировали пелитовые (2–5 мкм) глинистые и гидрослюдистые включения, иногда встречались и агрегаты размером до 10–18 мкм. Частицы нередко были покрыты пленкой гидроксидов марганца и железа. Как и в аэрозолях, антропогенные частицы состояли из сфер золы размером до 10 мкм от ТЭС и из металлургического шлака. В последнем зафиксированы оксиды тяжелых металлов — Ti, Cr, Fe, Zn.

Углеводороды. Были исследованы два основных класса углеводородов: алифатические (пред-

* Немирова И.А. Насколько загрязнена Волга // Природа. 2011. №4. С.36–44.

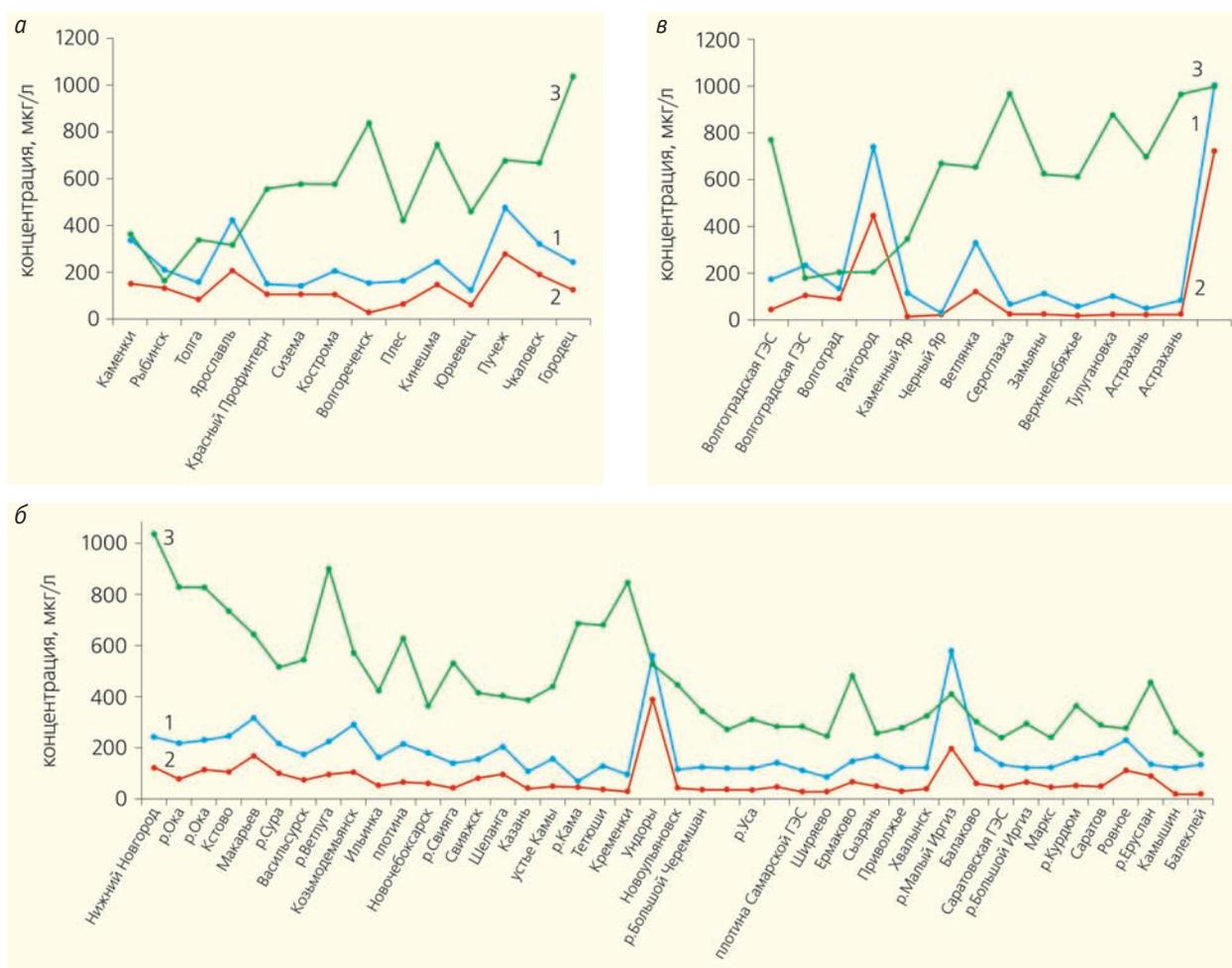


Рис.8. Концентрация липидов (1), УВ (2) и взвеси (3) в поверхностных водах Волги: а — Верхней, б — Средней, в — Нижней.

ставляющие собой открытые цепи) и полициклические ароматические (содержащие бензольные кольца) — ПАУ.

Концентрация алифатических углеводородов (которые обычно отождествляют с нефтяными) во взвеси поверхностных вод оказалась значительно выше (24–723 мкг/л), чем летом 2009 г. Их доля в составе липидов в районе промышленных центров также увеличилась (с 17–30 до 50–70%), что косвенно свидетельствует о нефтяном загрязнении. Содержание углеводородов повышалось к городам: Ярославлю, Нижнему Новгороду, Волгограду, Астрахани и др. (см. рис.8).

Алифатические углеводороды обладают гидрофобными свойствами. Они легко сорбируются взвешенными в воде частицами, и при одинаковых источниках обычно наблюдается корреляция между содержанием углеводородов во взвеси и количеством самой взвеси. Наиболее высокие концентрации алифатических углеводородов в составе взвеси наблюдались в р.Уса, в районе Рыбинска (76.4 мкг/мг) и в акватории

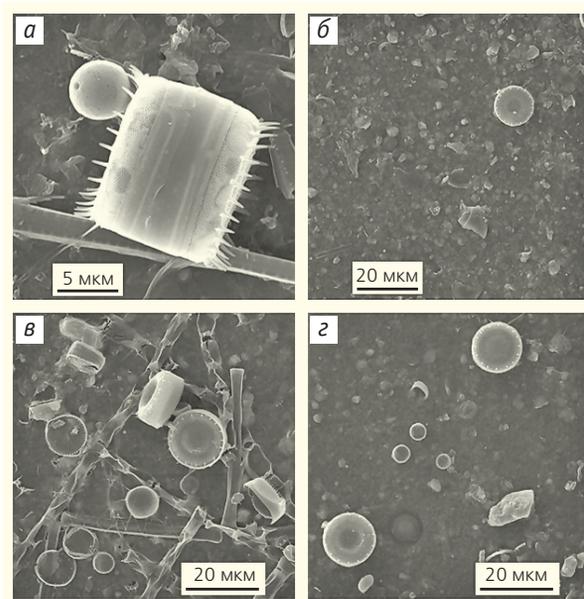


Рис.9. Состав взвеси из Рыбинского водохранилища (а), устья р.Камы (б), Саратовского водохранилища близ пос. Ермаково (в), Волгоградского водохранилища (г). Сканирующий электронный микроскоп TESCAN Vega-3.



Рис.10. Сравнительно малонаселенные берега Волги.

Ярославля (64.2 мкг/мг). А в месте впадения р.Оки их содержание составило всего 14 мкг/мг взвеси, что может указывать здесь на их природное происхождение.

Для Верхней Волги связь между распределением взвеси и УВ не отмечалась ($r = -0.34$). Корреляция между этими параметрами стала наблюдаться в районах, с меньшей промышленностью (рис.10): на Средней ($r = 0.53$) и особенно на Нижней Волге ($r = 0.71$). Резкий рост концентраций УВ произошел в районе Астрахани (см. рис.8,в).

При переходе из поверхностного микрослоя толщиной 300 мкм к поверхностным водам концентрации алифатических УВ отличались всего в два раза. Для морских вод эта разница обычно выше [3].

В растворенной форме концентрации УВ колебались в интервале 8–24 мкг/л (12 определений). Это значительно ниже ПДК (50 мкг/л) для нефтя-

ных УВ. Даже при подходе к Астрахани их содержание не превысило 13 мкг/л (31% в составе липидов). Нефтяные пленки на нашем маршруте практически не встречались. В более ранних экспедициях фиксировались высокие (до 990 мкг/л) концентрации алифатических углеводородов в водохранилищах Волжско-Камского каскада гидроузлов, в большинстве же районов они колебались в интервале 150–300 мкг/л [1].

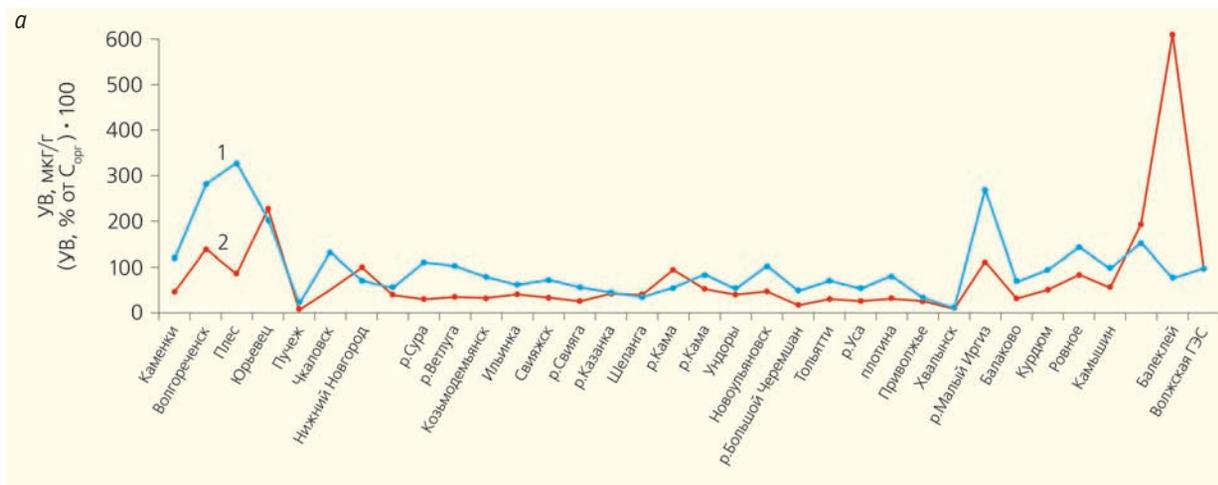
В поверхностном слое донных осадков содержание углеводородов зависело от гранулометрического типа и составило в илистых отложениях в среднем 99 мкг/г, а в песчаных — 13 мкг/г. Средние концентрации алифатических углеводородов, так же как и $C_{орг}$, оказались близки к данным 2009 г. (табл.).

Песчаные донные осадки считаются загрязненными при содержании в них углеводородов более 10 мкг/г, а илистые — при содержании более

Таблица

Содержание органических соединений в поверхностном слое донных осадков Волги

Состав осадка	Количество проб	УВ, мкг/г		$C_{орг}$, %		Влажность, %	
		интервал	среднее	интервал	среднее	интервал	среднее
2009 г.							
Пески	21	2.0–33.3	10.6	0.006–0.499	0.109	14.0–33.5	22.2
Илы	11	18.6–485.4	94.4	0.08–3.90	1.88	35.4–65.9	49.5
2016 г.							
Пески	23	1.5–53.0	13.2	0.025–0.482	0.121	15.2–33.9	21.1
Илы	38	12.1–328.1	98.8	0.105–6.330	1.800	24.0–82.5	60.2



50 мкг/г [4]. Доля алифатических углеводородов в составе $C_{орг}$ при этом должна составлять не более 1% [3]. Концентрации УВ, определенные нами в донных песчаных осадках Волги, превышали фон на трех станциях (в районе Костромы — 230 мкг/г, Нижнего Новгорода — 37 мкг/г и Астрахани — 53 мкг/г), а в илистых осадках на 9 станциях были выше 100 мкг/г (в районе от Костромы до Юрьевца и Камышина). В составе $C_{орг}$ доля алифатических углеводородов увеличивалась (рис.11) в районе больших городов: особенно Волгограда (6.1%), Нижнего Новгорода (4.0%), Тольятти (3.4%), Сызрани (2.6%) и Астрахани (1.4%). Это характерно для донных осадков, загрязненных нефтью. В то же время в районе Саратова содержание алифатических углеводородов оказалось меньше 1% — пробу отобрали в сравнительно чистом районе, основные промышленные предприятия располагались на другом берегу. В большинстве случаев состав алканов донных осадков не соответствовал нефтяному (т.е. не был связан с нефтяным загрязнением). В них доминировали высокомолекулярные нечетные терригенные гомологи. Алканы — наименее устойчивая углеводородная группа. Они быстро трансформируются в водной среде [4, 5].

Загрязнение в наибольшей степени диагностировалось по составу ПАУ. Их содержание достигало 600 нг/л в акватории больших городов. Основные источники эмиссии техногенных ПАУ в окружающую природную среду — предприятия энергетического комплекса, автомобильный транспорт, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность. В основе практически всех техногенных источников ПАУ лежат термические процессы,

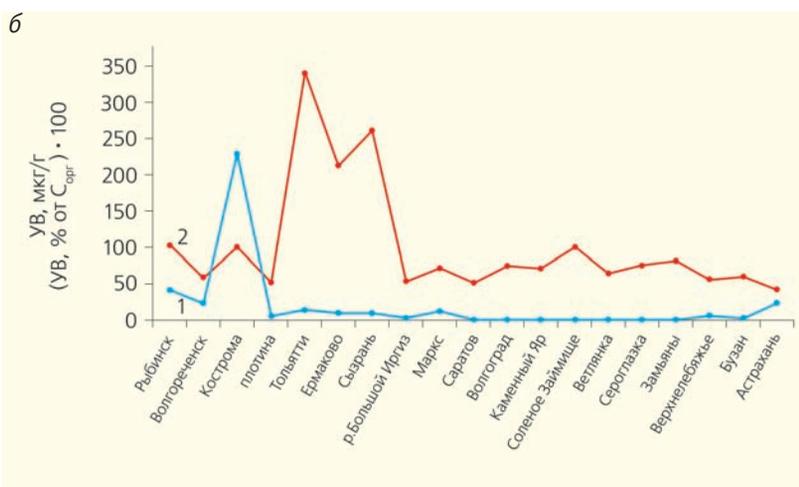


Рис.11. Распределение углеводородов (УВ) в пересчете на сухую массу (1) и в составе $C_{орг}$ (2) в илистых (а) и в песчаных (б) донных осадках.

связанные со сжиганием и переработкой органического сырья: нефтепродуктов, древесины, угля, мусора, пищи, табака и др. ПАУ — сильные химические канцерогены. Многие из них обладают ярко выраженными мутагенными свойствами. Повышенная доля метилированных гомологов нафталина (маркеры нефтяного генезиса) в поверхностных водах (рис.12) наблюдалась вблизи промышленных центров, что, несомненно, свидетельствовало о загрязнении нефтепродуктами [4]. Влияние свежих пирогенных соединений на состав ПАУ проявлялось в повышенной доле пирена (П) относительно флуорантена (Фл): величина Фл/П в большинстве проб составляла 0.2–1.

В составе ПАУ донных осадков (как и в воде) в отдельных случаях преобладали нафталины, в других — пирогенные полиарены (рис.13). Уменьшение концентраций пирена, образующегося преимущественно при горении топлива, по сравнению с флуорантеном может указывать на поступление в осадки уже преобразованных полиаренов.

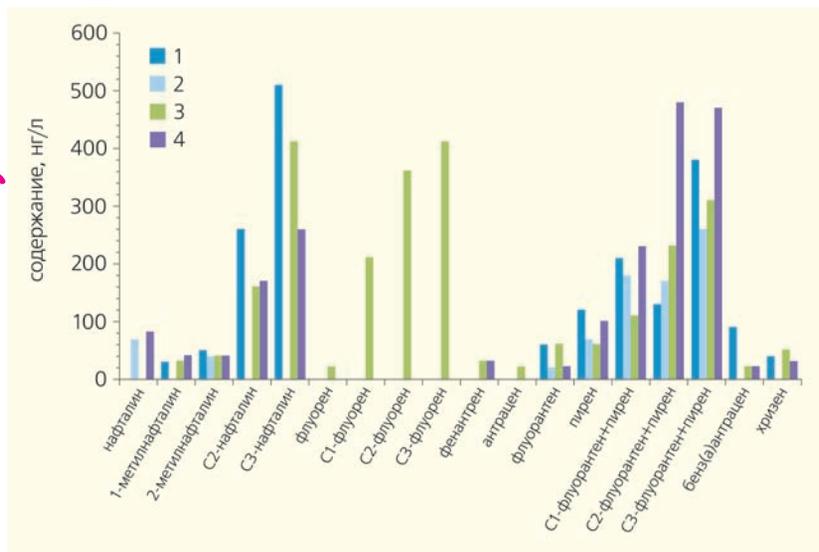


Рис.12. Состав ПАУ в поверхностных водах наиболее загрязненных районов: 1— Рыбинска, 2— Ярославля, 3 — Саратова, 4 — Астрахани.

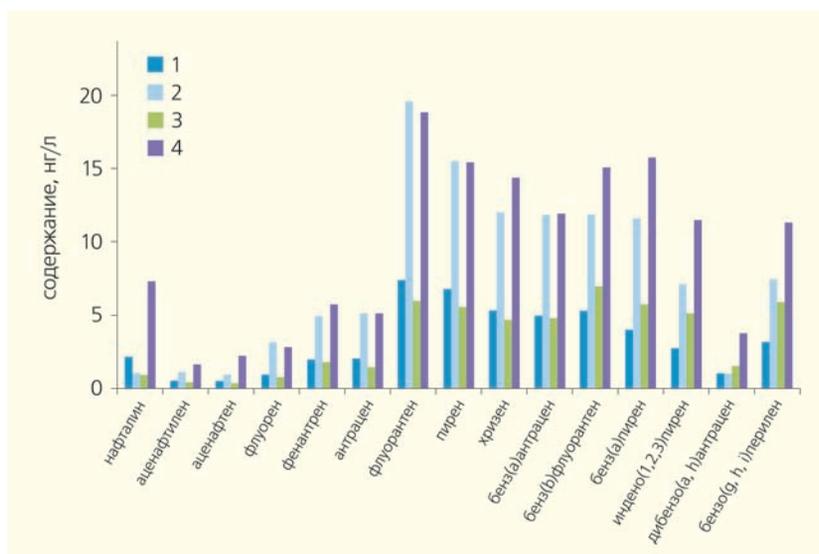


Рис.13. Состав ПАУ в донных осадках отдельных районов: 1 — Рыбинска, 2 — Самары, 3 — Волгограда, 4 — Астрахани.

Таким образом, состав ПАУ в поверхностных водах и донных осадках различался. Наименее устойчивые 2–4-циклические полиарены (в частности нафталины) разлагались в процессе седиментации. Более тяжелые и сложные соединения сырой нефти и продукты пиролиза органического сырья более устойчивы к микробной деградации. В водной среде ПАУ осаждаются на различных частицах (глине, илах, организмах, детрите и др.) и переходят в донные осадки, где микробы трансформируют их до более простых и легких соединений [6]. В донных осадках Волги преобладали высокомолекулярные, наиболее токсичные и устойчивые полиарены — продукты горения орга-

нического топлива. Однако их суммарные содержания в основном не превышали 1000 мг/кг, т.е. по международной классификации Klif донные осадки соответствовали I и II уровням токсичности [7] и считались умеренно загрязненными.

В заключение еще раз подчеркнем, что по всему маршруту в аэрозолях преобладали частицы 0.3–0.5 мкм. Зависимость в распределении количества частиц в атмосфере от климатических и ландшафтных зон (растительного покрова по берегам Волги, силы и направления ветра, температуры и влажности воздуха и др.) проявлялась в меньшей степени, чем от антропогенных источников.

В аэрозолях над промышленными и городскими районами содержалось значительное количество частиц сажевого углерода размером менее 1.0 мкм. Сферические частицы углеродной сажи обладают высокой температурой в момент своего образования, рыхлой пористой поверхностью. Они легко поднимаются и переносятся воздушными массами на большие расстояния [8].

Содержание водной взвеси в период наших исследований в основном были ниже ПДК и значительно ниже средних концентраций для рек всего мира (460–500 мг/л) [2]. В то же время необходимо отметить, что полученные во время позднего паводка величины оказались выше, чем определенные во время летней межени в конце июня — начале июля 2009 г., когда в среднем они составили 3.47 мг/л.

Концентрации алифатических углеводородов во взвеси поверхностных вод Волги также оказались выше, чем летом 2009 г. В то время в растворенном состоянии они изменялись в интервале 6.2–39.2 мкг/л (при среднем содержании 16.4 мкг/л) и соответствовали их фоновому уровню в прибрежных акваториях (16–20 мкг/л).

Полученные нами более высокие концентрации алифатических углеводородов в поверхностных водах могут указывать на рост загрязнения из-за возрождающейся промышленности, а главное, из-за увеличения туристического и маломер-

ного флота. Однако повышение концентрации углеводов во взвеси, а не в растворенном состоянии, может быть обусловлено и паводком, когда при таянии снега в реку попадают накопленные за зиму загрязнения. Определенную роль в увеличении содержания загрязняющих веществ во взвеси играют и русловые процессы, в частности размыв берегов. Наличие в водяном потоке островов способствует неравномерному распределению наносов, что также приводит к дополнительной сорбции углеводов.

Таким образом, наши исследования показали, что повышенные концентрации загрязняющих веществ присутствуют в аэрозолях, поверхностных водах и в донных осадках только в акваториях, непосредственно примыкающих к крупным промышленным центрам. С удалением от них содержание многих вредных соединений приближается к фоновым. На сегодняшний день вся экосистема каскада Волжских водохранилищ находится в стабильном отрегулированном состоянии и не влияет на сток органических веществ. ■

Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках государственного задания ФАНО России (тема №0149-2018-0016) и за счет средств Российского научного фонда (проект №14-27-00114-П).

Литература / Reference

1. *Найденко В.В.* Великая Волга на рубеже тысячелетий. Нижний Новгород, 2003. [*Naydenko V.V.* Great Volga at a turn of the millennia. Nizhny Novgorod, 2003. (In Russ.).]
2. *Лисицын А.П.* Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли. Мировой океан Т.2. М., 2014; 331–571. [*Lisitsyn A.P.* The modern ideas of sedimentary formation in oceans and the seas. Ocean as natural recorder of interaction of geospheres of the Earth. World Ocean. V.2. Moscow, 2014; 331–571. (In Russ.).]
3. *Немировская И.А.* Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). М., 2013. [*Nemirovskaya I.A.* Oil in the Ocean (pollution and natural flow) Moscow; 2013.]
4. AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). Chapter 4. Sources, Inputs and Concentrations of Petroleum Hydrocarbons, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, and other Contaminants Related to Oil and Gas Activities in the Arctic. Oslo, 2007.
5. *Tolosa I., Mora S., Sheikholeslami M.R et al.* Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. Mar. Pol. Bul. 2004; 48: 44–60.
6. *Петрова В.Н., Хорошко Л.О., Жаковская З.А., Викторовский И.В.* Содержание и состав полиароматических углеводов в малых реках водосбора восточной части Финского залива. Водные ресурсы. 2009; 36(4): 452–458. [*Petrova V.N., Khoroshko L.O., Zbakovskaya Z.A., Viktorovskii I.V.* The concentration and composition of polyaromatic hydrocarbons in small rivers in the drainage area of the eastern Gulf of Finland. Water Resources. 2009; 36(4): 431–436.]
7. Monitoring of hazardous substances in the White Sea and Pechora Sea: harmonisation with OSPAR's Coordinated Environmental Monitoring Programme. Tromsø, 2011.
8. *Шевченко В.П.* Влияние аэрозолей на среду и морское осадкообразование в Арктике. М., 2006. [*Shevchenko V.P.* Influence of aerosols on habitat and sea sedimentary formation in the Arctic. Moscow, 2006. (In Russ.).]

What is happening to the Volga River?

I.A.Nemirovskaya
P.P.Sbirshov Institute of Oceanology, RAS (Moscow, Russia)

In June 2016 a study of the Volga River from the Rybinsk Reservoir to Astrakhan revealed pollution in aerosols, surface waters, and bottom sediments mainly in the areas close to large industrial centers. The distribution of the aerosol particles amount less depended on climatic and landscape zones than on anthropogenic factors. In surface waters, there was an increase in concentrations of both suspended matter and hydrocarbons in suspended matter in comparison with the studies of 2009, which may be due not only to pollution but also to their inflow during river flood. Concentrations of all studied organic compounds approached background values with distance from anthropogenic sources (industrial centers).

Keywords: Volga, pollution, aerosols, suspended matter, water, bottom sediments, organic compounds, hydrocarbons.

Пляжи Западной Сибири

кандидат географических наук **И.В.Андреева**
Институт водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул, Россия)





Среди всех видов летней рекреации одним из самых популярных считается отдых у воды, причем наиболее востребованы у людей региональные водные объекты. Они близки к месту проживания, а потому посещение их менее затратно по времени и финансам. На основании имеющейся статистики сегодня невозможно точно установить количество пляжей в регионах, их качество и число посетителей. Нет методик одновременной оценки большого числа ранее не оценивавшихся для рекреации водных объектов. Необходимые фактические данные отсутствуют. Приходится констатировать, что в целом водные рекреационные ресурсы России изучены слабо. Однако включение рекреации в число приоритетно развивающихся отраслей водопользования требует незамедлительного и всестороннего анализа ситуации в отрасли. Наиболее достоверные результаты в таких условиях можно получить, только основываясь на данных об официальных (муниципальных) пляжах регионов. В статье представлены результаты анализа пляжей Западной Сибири — обширного региона в самом центре страны. Показано разнообразие сибирских пляжей и видов околотоводного отдыха. Приведены природные характеристики и данные о качестве услуг на организованных прибрежных площадках.

Ключевые слова: рекреационное водопользование, водоресурсный потенциал, пляж, Западная Сибирь.

*Российское могущество
прирастает будет Сибирью...*
М.В. Ломоносов

Слово «пляж» часто ассоциируется с летней жарой, песком и солнцем, купанием в водоеме. Отдых у воды считается одним из самых массовых видов внутреннего и выездного туризма в нашей стране.

Вместе с тем резкое ухудшение экономической ситуации и падение курса рубля в последние годы привели к значительному сокращению выездного турпотока. По данным Федерального агентства по туризму, в 2015 г. россияне выезжали за границу на 30% реже, чем в предыдущем году. Особенно ощутимо уменьшилось число поездок в страны дальнего зарубежья. В 2016 г. количество выездов на отдых продолжило снижаться, хотя и с меньшей интенсивностью (на 8%). Значительнее всего сократилось число поездок в Турцию — на 77% по сравнению с предыдущим годом.

Россияне все чаще отказываются от дальних путешествий и выбирают отдых внутри страны. Растет число туристических поездок в приморские регионы России. В нашей стране нет всесезонных пляжей, но в летние месяцы побережья Балтийского, Черного и Японского морей составляют конкуренцию зарубежным курортам. По данным Ростуризма, число посетивших Калининградскую обл. с 2009 по 2015 г. выросло на 230%,

а в 2015 г. по сравнению с 2014 г. — на 5%. В Краснодарском крае этот рост составил 72 и 14%, а в Приморском крае — 26 и 29% соответственно. В 2015 г. Республику Крым посетило россиян на 108%, а город Севастополь на 226% больше, чем в 2014 г. Суммарный турпоток в эти регионы в 2015 г. составил 6110.7 тыс. человек, что соответствует 0.42% граждан РФ.

Последнее число показывает, что подавляющая часть наших соотечественников проводит отпуск, оставаясь дома. Но среди них, по данным социологических опросов, 38% респондентов с разным уровнем дохода самым популярным видом летнего отдыха называют пляжный [1]. 74% семей также предпочитают отдыхать у водоемов [2]. Среди молодежи от 18 до 25 лет число любителей отдыха на берегу еще больше — почти 83% [3]. Это означает, что большинство граждан нашей страны ориентируется на пляжный отдых у водных объектов в своем или соседнем регионе.

Рассмотрим предпосылки развития и современные условия околородной рекреации Западной Сибири — региона, туризм и пляжный отдых для которого не являются преобладающей специализацией.

От края и до края...

Обширная территория Западной Сибири простирается от холодного Северного Ледовитого океана до пустынного Казахского мелкосопочника, от древних Уральских гор до полноводного Ени-

сея. Здесь, на 15% площади России, проживает порядка 10% ее населения. В условиях континентального климата с коротким жарким летом и продолжительной морозной зимой, резкими контрастами температур, выраженной сезонностью атмосферных и гидрологических процессов формируются сложные условия проживания и природопользования. Большинство населения сосредоточено на юге региона, вдоль русел крупных рек, а в экономике преобладают добывающие отрасли и сельское хозяйство.

Трудоемкая отраслевая специализация и агрессивные природные условия объясняют стремление сибиряков реализовывать свои потребности в летнем отдыхе максимально эффективным способом. Отдых у водоемов многие из них считают лучшим способом снять нервное и физическое утомление, восстановить силы и энергию. Поэтому география пляжей Западной Сибири охватывает все обжитые человеком пространства: от южных сухих степей до Северного полярного круга. Следы «дикого» (неорганизованного) пляжно-купального отдыха здесь встречаются вдоль побережий повсеместно. Обычно они выглядят как необустроенные пикниковые площадки с натоптанным спуском к воде. Подсчитать количество таких «пляжей» практически невозможно.

Однако помощь в подсчете может оказать многочисленная аналитика. Она указывает на географическую привязку подавляющего большинства мест отдыха к побережьям: здесь расположено около 60% всех российских санаториев, свыше 80% учреждений отдыха, 60% туристических баз и 90% площадок массового пригородного отдыха. Также подсчитано, что в среднем по стране соотношение числа туристов, отдыхающих в официальном и «сером» секторе туристического рынка составляет 9 к 11 [4–6], а организованных и планирующих отдых самостоятельно — 1 к 4 [7]. Дополнить картину помогает информация об официальных пляжах. Такие, как правило, находятся вблизи крупных поселений, связаны с ними транспортным сообщением, обеспечены водоснабжением, канализацией, предприятиями питания, отдыха и развлечений. Открывая пляжи, власти учитывают санитарно-эпидемиологические нормы и требования безопасности на воде. Информация о таких местах отдыха обычно размещена на официальных региональных сайтах и в прессе.



«Дикий» пляж на р.Бурла (Алтайский край).

Фото Н.В.Стояцовой

Пляжи сибирских регионов

Взглянем на географию и особенности пляжного отдыха в регионах Западной Сибири: Алтайском крае и Республике Алтай, Кемеровской, Новосибирской, Омской, Томской и Тюменской областях. Ограничимся в анализе именно пляжами — пространствами преимущественно релаксационного времяпрепровождения (купание, отдых на песке, солнечные ванны).

Путем несложных арифметических действий со статистическими данными подсчитано потенциальное количество посетителей пляжей. Для этого выбран 2014-й год как наиболее полно и равномерно обеспеченный официальной туристической и демографической статистикой по всем регионам. Расчеты показывают, что количество отдыхающих у воды существенно различается от региона к региону: от 116 тыс. человек в Республике Алтай до 1.3 млн в Тюменской обл. (вместе с Ямало-Ненецким и Ханты-Мансийским автономными округами). В Алтайском крае потенциальных пляжников 643.6 тыс. человек, в Кемеровской обл. — 393.2 тыс., в Новосибирской — 751.6 тыс., в Омской — 510.6 тыс., в Томской — 170.9 тыс.

Купальный сезон на реках и озерах юга Сибири длится в среднем с середины июня до середины августа. По мере продвижения на север или в горы (на Алтае) продолжительность его сокра-

щается. В том же направлении уменьшается плотность населения, степень развития сети учреждений отдыха и количество самостоятельных отдыхающих, поэтому приведение численности потребителей пляжного отдыха к численности населения и площади региона дает иной результат.

В этом случае рейтинг регионов по посещаемости мест околотовного отдыха возглавляет Республика Алтай. Здесь на пляжах отдыхают до 54.5% жителей. Далее следуют Тюменская (37.4%) и Новосибирская (27.4%) области, Алтайский край (27%), Омская (25.8%), Томская (15.9%) и Кемеровская (14.4%) области. Крайние показатели обусловлены еще и хозяйственной спецификой регионов. Так, Республика Алтай специализируется на приеме и обслуживании туристов и отдыхающих. По данным республиканского правительства, в 2016 г. регион посетило 1 986.3 тыс. гостей, что в девять раз больше численности собственных жителей. Ежегодно поток туристов растет на 9.5%, и традиционно большая часть его приходится на лето. Учитывая, что 80% приезжающих стремятся на берега р.Катунь и знаменитого Телецкого озера — объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО, — следует предположить, что более 1.5 млн человек проводит отдых в регионе непосредственно у воды.

Минимальное количество отдыхающих на пляжах отмечается в Кемеровской обл. — самом про-



Обустроенный пляж на оз.Большое Яровое (Алтайский край).

visaltai.info



Оз. Большое Яровое (Алтайский край).

мышленно осваиваемом регионе на юге Западной Сибири. Здесь высока доля горожан и сильно нарушена территория — особенно в районах карьеров и горных выработок, где образуются характерные «лунные» пейзажи. Люди здесь особенно ценят неизменные природные ландшафты, однако в них, как и в озерах, область испытывает дефицит. По-

Фото А.Н.Романова

этому отдых носит преимущественно выездной характер. В целом порядка 4 млн жителей Западной Сибири, включая посетителей баз отдыха, детских оздоровительных лагерей, санаториев и курортов, пользуются водными объектами для отдыха, самый массовый вид которого в летнее время — организованное купание. Для этих целей летом 2015 г. было открыто 136 официальных пляжей: в Алтайском крае — 55, в Новосибирской обл. — 27, в Томской — четыре, в Омской — восемь, в Кемеровской — 17, в Тюменской — 15, в Ханты-Мансийском автономном округе — шесть, в Ямало-Ненецком автономном округе — четыре.

Но как концепции пляжного отдыха, так и организованные для него площадки имеют региональные различия. Например, в Алтайском крае — самом южном регионе Западной Сибири, имеющем наиболее развитую сеть пляжей, — летний отдых организован в большей степени на берегах степных озер природного происхождения. Здесь действует 43 пляжа. Самые посещаемые из них находятся на соленых озерах Кулундинской степи:



Организованный пляж на оз.Горьком (Алтайский край).

Фото Н.В.Стоячевой

Кулундинском, Большом и Малом Яровых и многих других, оставшихся после регрессии древнего теплого моря, плескавшегося на территории Западной Сибири в протерозое и мезозое (более 200 млн лет назад). Вода в этих озерах, а также донные илы с прослоями мирабилита считаются лечебными и не уступают по своим свойствам курортным озерам Крыма и Северного Кавказа. Жаркий и сухой климат, обилие солнца и песка на берегах соленых алтайских озер напоминают условия побережий Мертвого моря. Поэтому на кулундинских пляжах можно встретить жителей не только со всей Западной Сибири, но и из далеких от нее регионов.

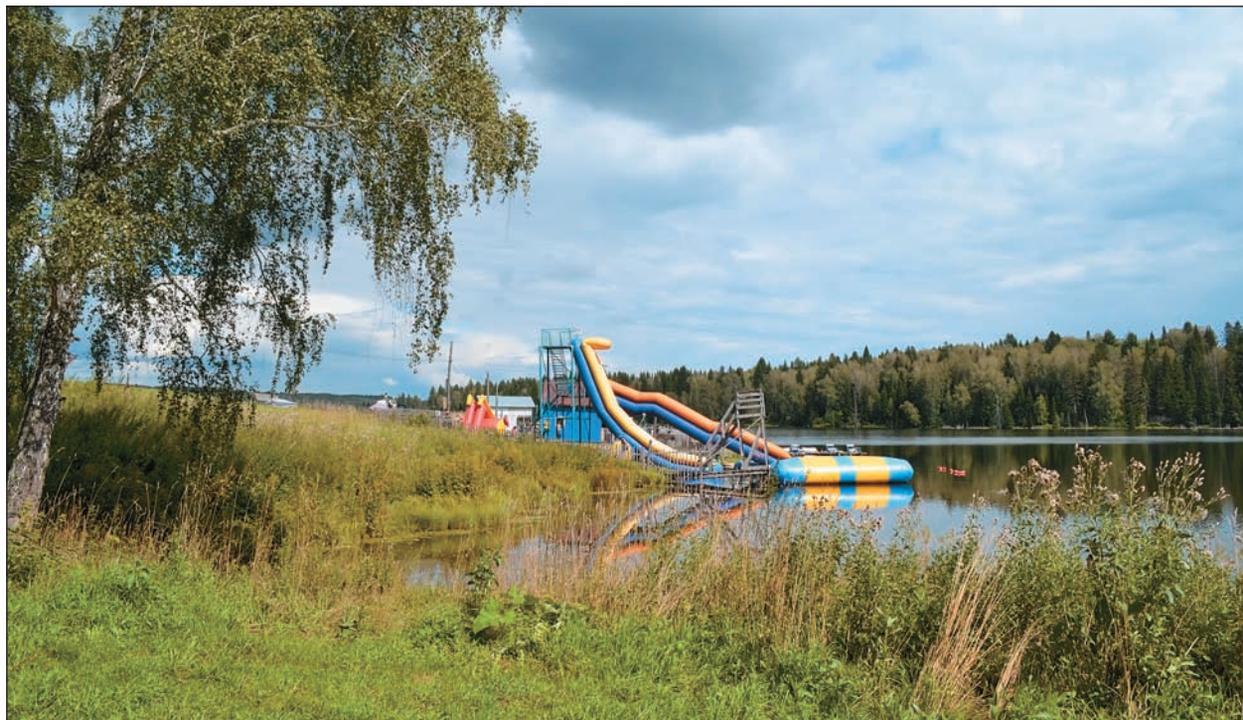
Озерные пляжи в лентах сосновых боров на древних ложбинах стока не столь известны и многолюдны. Как практически все равнинные озера края, они имеют чистое песчаное ложе, неглубоки и хорошо прогреваемы. На их берегах много домов отдыха, курортов и детских оздоровительных лагерей с собственными пляжами. По отзывам приезжающих, отдых здесь напоминает условия крымских лиманов и Балтики.



Элементы обустройства пляжа на оз.Горьком (Алтайский край).

Фото Н.В.Стоящевой

Речные пляжи края располагаются на магистральных реках региона (Оби, Катунь, Бие) и их притоках. Они обычно окружены урбанистическими пейзажами и принимают тысячи горожан. Тем не менее на городских муниципальных пляжах есть чистый песчаный берег, душ, туалеты и раздевалки.



Площадка околотоводного отдыха на р.Чумыш (Алтайский край).

Фото И.Д. Рыбкиной

Республика Алтай лежит на крайнем юге Западной Сибири, в горах с преобладающими высотами 1–2 тыс. м над ур.м. Реки здесь имеют снежно-ледниковое питание, поэтому вода в них холодная даже в разгар летней жары. Однако в низкогорьях довольно мягкий климат, а вдоль федеральной трассы «Чуйский тракт» Катунь имеет привлекательные для туристов песчаные и галечниковые берега. Здесь есть все возможности для уединенного пляжного отдыха на небольших базах. Поскольку водоемы непригодны для купания, крупных пляжей здесь нет. Купание организовано в бассейнах или искусственных водоемах. Так, расположенный на пруду муниципальный пляж «Еланда» в Горно-Алтайске, по мнению властей, — наиболее привлекательное место отдыха в республиканской столице и ее окрестностях.

В Новосибирской обл. находится Обское море — гигантское водохранилище, образованное плотиной Новосибирской ГЭС. На его протяженных песчаных, поросших сосной берегах, переходящих в ровные и хорошо прогреваемые мелководья, хорошо развита инфраструктура отдыха. Здесь много баз, санаториев, курортов и детских лагерей со всеми возможными морскими развлечениями: пляжами, теплоходными и яхтенными прогулками, водными аттракционами, рыбалкой. Большинство официальных пляжей области расположены именно на Обском море. Близость города-миллионера, однако, не означает, что все окрестные пляжи представляют собой многолюдные «лежбища».

И в черте Новосибирска, и в его окрестностях можно выбрать варианты на разный вкус: от благоустроенных пляжей с видом на мегаполис до уединенных — на песчаных островах.

Большой популярностью у туристов пользуется Чанинская озерная система. На берега ее солоноватых озер, имеющих остаточное происхождение, съезжаются на досуг как жители Новосибирской обл., так и отдыхающие из регионов с дефицитом пляжных ресурсов — Омской, Томской и Кемеровской областей. Кроме того, берега небольших и небыстрых рек, таких как Бердь и Иня, более подходящих для купания, чем стремительная Обь, принимают на летний оздоровительный отдых ребятишек со всей Сибири.

Самый короткий список официальных мест околородного отдыха — у Томской обл. На здешних пляжах зачастую отсутствует инфраструктура, отдых возможен только в «диком» формате и лишь путем принятия солнечных ванн — практически во всех водоемах купаться запрещено из-за санитарного состояния воды. Она здесь нередко имеет цвет от слабо до крепко заваренного чая, так как реки питаются водой из знаменитого Васюганья — крупнейшего в мире болотного массива, образовавшегося 10 тыс. лет назад и продолжающего расти. К этим местным особенностям прибавляется тот факт, что практически повсеместно под пляжи используются естественные, покрытые травой берега.

Большинство пляжей Омской обл. находятся на р.Иртыш в региональной столице. Утверждается,



Оз.Чаны (Новосибирская обл.).

Фото И.Д.Рыбкиной



Пляж в парке развлечений «Пиратский остров» (г.Омск).

omsk-turinfo.com

что все они отвечают необходимым требованиям: дно чистое, места заплывов ограничены буйками, на пляжах дежурят медики и спасатели, имеются кабинки для переодевания. Правда, пробы речной воды показывают, что качество ее неудовлетворительное и купание не может считаться полностью безопасным. Подобная ситуация повторяется ежегодно, однако предупреждения эпидемиологов людей не пугают. Омские пляжи в жаркие летние дни собирают огромное количество горожан. Особенно популярны берега затонов, где могучее течение Иртыша не мешает полноценному купанию.

В Кемеровской обл. пляжи чаще всего располагаются на искусственных водоемах: прудах, водохранилищах, отработанных карьерах. Все они без исключения находятся в населенных пунктах: это города Прокопьевск, Белово, Новокузнецк, Юрга, а также четыре села и поселка.

Существенным достижением пляжной индустрии не только Кемеровской обл., но и всей Сибири можно считать наличие специального пляжа, пригодного для людей с ограниченными возможностями и маломобильных отдыхающих, в том числе для инвалидов-колясочников.

Такой пляж открыт в 2015 г. в Прокопьевске. Он технически оснащен, разрешен к эксплуатации, контролируется спасателями и медиками. Здесь есть просторная кабинка для переодевания и оборудованы два стальных спуска к воде. Сюда организованы маршруты социального такси. За границей подобные зоны отдыха есть в странах, живущих за счет туристической индустрии: Израиле, Турции, Хорватии. В нашей стране таких пляжей пока единицы.



Пляж в Прокопьевске (Кемеровская обл.), доступный людям с ограниченными возможностями.

kuzinfo.ru



Оз.Парисенто на Гыданском п-ове (Ямало-Ненецкий автономный округ). Перспективное место эксклюзивного пляжного отдыха.
Фото А.Н.Романова

Тюменская обл. — самый протяженный и многообразный регион Западной Сибири — в летний сезон традиционно заявляет к открытию до 20 пляжей. Однако в реальности их значительно меньше. Например, в 2016 г. официально открыты только три: на озерах Кривом и Липовом, а также на пруду Лесном. Эти небольшие водные объекты в пригородах Тюмени обладают ровным песчаным дном, неглубоки и хорошо прогреваются, но позволяют разместить на прибрежной полосе только незначительные по площади пляжи. Поэтому, несмотря на платный вход, в выходные и солнечные дни у воды здесь очень многолюдно.

На территории Тюменской обл. — в Ямало-Ненецком автономном округе, в г.Салехарде, — находится один из самых северных пляжей мира. Он официально не зарегистрирован, однако в жаркие летние дни здесь массово отдыхают горожане. Пляж расположен на р.Полябта и считается единственным в мире пляжем на полярном круге. Посещают его исключительно жители окружной столицы. Купаться здесь запрещено, поскольку вода не соответствует санитарным нормам, однако запреты не соблюдаются. Официальные пляжи Ямала располагаются чуть южнее и восточнее — в Тарко-Сале, Ноябрьске, Муравленко и Губкинском — на р.Пур и ее притоках.

Огромные пространства песчаных пляжей на реках и озерах Ямало-Ненецкого автономного ок-

руга не освоены из-за холодного климата и труднодоступности. Большая часть из них находится за полярным кругом и еще только ждет отважных любителей эксклюзивного северного отдыха.

Проблемы и решения

Лето 2017 г. в Западной Сибири выдалось жарким, что повысило актуальность пляжного отдыха. Однако общие для регионов проблемы пляжей — несоответствующие санитарным нормам качество воды и состояние берегов, недостаточно развитая инфраструктура и нехватка мест околотовного отдыха — это только отголоски более значимых проблем.

Недостаток и низкое качество водных ресурсов вышли в лидеры мирового рейтинга вызовов будущего. В нашей стране к решению этой проблемы призывает Водная стратегия Российской Федерации до 2020 г. Документ включает рекреацию в ряд таких значимых отраслей хозяйства и потребителей воды, как питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, промышленность, сельское хозяйство, энергетика.

Научный взгляд на проблему рекреационного водопользования необходимо сосредоточить на пространственной оценке водоресурсного потенциала, в том числе для пляжного отдыха. Пока со-

ответствующая теория недостаточно развита, а потому сложно даже представить, сколько ресурсов имеется и как они распределены. Вместе с тем в России насчитывается около 2.8 млн рек, столько же озер и 30 тыс. водохранилищ и прудов. Только их панорамная оценка может позволить разглядеть в масштабах страны наиболее перспективные регионы, а внутри них — конкретные точки роста.

В настоящих условиях сделать это можно только ландшафтно-географическим методом: представляя обширную территорию исследования как мозаику отличных друг от друга ландшафтов — относительно однородных участков

земной поверхности со своеобразным сочетанием природных компонентов (рельефа, растительности, почв и вод), с индивидуальным внешним обликом и внутренней структурой. Условия рекреационного водопользования внутри каждого ландшафта также можно считать относительно однородными. Результат оценки в таком случае предстанет в виде региональной ландшафтно-воднорекреационной структуры (каркаса) — мозаики ландшафтов с разными значениями водоресурсного потенциала. Именно участки с максимальным значением этого показателя следует рассматривать как перспективные для организации и развития водной рекреации. ■

Литература/References

1. Нуксунова А.М. Досуговое поведение россиян. Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2010; 2(96): 231–246. [Nuksumova A.M. Leisure behavior of Russians. The Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes Journal. 2010; 2(96): 231–246. (In Russ., Abstr. in Engl.)]
2. Данилина М.В., Деревянкина В.И., Потехин А.В. Особенности поведения потребителя туристских услуг. Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014; 5: 96–100. [Danilina M.V., Derevyankina V.I., Potehin A.V. Features of behavior of tourism services consumer. Periodic scientific and methodological e-journal «Koncept». 2014; 5: 96–100. (In Russ., Abstr. in Engl.)]
3. Опарин Г.А. Досуг молодежи. Труды Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусств. 2013; 195: 56–64. [Oparin G.A. Leisure of youth. Proceedings of the St. Petersburg State University of Culture and Arts. 2013; 195: 56–64. (In Russ.)]
4. Отчет по проведению мониторинга деятельности туристской отрасли в Тверской области. 2008. (refdb.ru/look/1304424-pall.html) [Report on monitoring the activities of the tourist industry in the Tver region. 2008. (refdb.ru/look/1304424-pall.html). (In Russ.)]
5. Рябцев В.В. Ольхонский туризм — 2016 (activatica.org/blogs/view/id/2632/title/olhonskiy-turizm-2016). [Ryabtsev V.V. Olkhon tourism—2016 (activatica.org/blogs/view/id/2632/title/olhonskiy-turizm-2016). (In Russ.)]
6. О возможностях молодежного туризма в России. Ч.1 (mt.moy.su/). [On the possibilities of Youth Tourism in Russia. P.1 (mt.moy.su/). (In Russ.)]
7. Деркачев Л.Н. Оздоровительный туризм как фактор развития территории на примере побережья залива Петра Великого, Японское море. Современные проблемы сервиса и туризма. 2014; 1: 39–52. [Derkacheva L.N. Health tourism as a factor of territory development on the example of The Peter the Great Gulf, Sea of Japan. Service and Tourism: Current Challenges. 2014; 1: 39–52. (In Russ., Abstr. in Engl.)]

Beaches of Western Siberia

I.V.Andreeva

Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of RAS (Barnaul, Russia)

The near-water rest prevails among all the types of summer recreation, and summer season is preferable for vacation. Regional water bodies are the most popular among the holidaymakers. They are close to the place of residence and less expensive. Based on the statistics available, it is impossible to determine the number of beaches and visitors in the regions as well as to count all the places of near-water rest and to assess their quality. There are no data and methods for simultaneous estimation of a large number of recreational water bodies. It is evident that water recreational resources of Russia are poorly understood. However, the inclusion of recreation in the list of the priority developing sectors of water use calls for the immediate comprehensive analysis of the situation in this field. The most reliable results can be obtained only on a basis of the data on legally functioning beaches in the regions. The paper presents the results of the analysis of legally functioning beaches of Western Siberia, a vast region in the center of Russia. The region is rich in water resources, and its climate is favorable for summer holidays. A diversity of Siberian beaches and the kinds of near-water recreation is shown. The natural characteristics and data on the quality of services at the legally functioning coastal sites are given.

Keywords: recreational use, water potential, beach, Western Siberia.

Распределение склерактиниевых кораллов в высоких широтах

Н.Б.Келлер¹, Н.С.Оськина¹,
кандидаты геолого-минералогических наук,
Т.А.Савилова¹

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

В высоких широтах Северного Ледовитого океана, к западу от Баренцева моря, обнаружено только два вида склерактиниевых кораллов. Это *Lophelia pertusa* и *Flabellum macandrewi*. Первый из них имеет космополитическое распространение, второй встречается только в Атлантическом океане. Анализ гидродинамической обстановки, в которой обнаружены эти кораллы, привел нас к выводу, что виду *L.pertusa*, обитающему на жестких грунтах, благоприятствует повышенная гидродинамика вод. Вид *F.macandrewi* селится на рыхлых грунтах, также подверженных воздействию мощных водных потоков. Благодаря своей необычайной способности к регенерации кораллы этого вида адаптируются к жизни в условиях нестабильных грунтов, которые ломают их хрупкие скелеты. Мы предполагаем, что присутствие коралловых полипов *F.macandrewi* может быть маркером высокодинамичных вод. В центральных частях Северного Ледовитого океана склерактиниевые кораллы полностью отсутствуют, что объясняется геологической молодостью региона, а также распределением вод и интенсивным развитием фитопланктона.

Ключевые слова: Арктика, Антарктика, склерактиниевые кораллы, эндемики, космополиты.

Склерактиниевые кораллы — древняя группа, возникшая еще в начале мезозойской эры, миллионы лет назад. Сейчас существуют сотни родов и видов этих животных. Современные склерактинии распространены в Мировом океане на всех широтах и глубинах. Они обитают в Атлантическом, Индийском, Тихом океанах и в Приантарктическом регионе, начиная с шельфа и распространяясь до глубоководных желобов, т.е. с глубин от 50 до 6300 м. Одиночные кораллы обычно встречаются на дне спорадически, не образуя сплошного покрова, тогда как колониальные холодноводные виды формируют рифоподобные постройки — банки, заросли, пятна [1]. Глубоководные кораллы могут жить при температуре до 0°. Температура для них не становится ограничивающим фактором [2]. Основная масса склерактиний предпочитает твердые грунты, но многие виды адаптированы и к жизни на мягких [3]. Наиболее чувствительны склерактиниевые полипы к солености и циркуляции вод. Пониженная соленость для них неприемлема. Они отсутствуют, например, в Черном море, в котором соленость вод в два раза ниже, чем в океанах.

В высоких широтах распределение склерактиниевых кораллов в арктических и в приантарктических водах резко отличается. В первых обитают

17 видов склерактиниевых полипов [4, 5]. В западной же части Арктического бассейна (в тех же температурных условиях) встречается лишь два их вида, а в центральной его части склерактиний (несмотря на многочисленные экспедиции российских и зарубежных исследователей) до сих пор не обнаружили. Чем же объясняется их отсутствие? Иными экологическими условиями (характером грунтов, особенностями циркуляции и солености вод, источниками питания), геологической историей региона или исключительной редкостью распространения этих кораллов в данной акватории? Нам показалось заслуживающим внимания то, что при сходных низких температурах окружающих вод не только характер распределения кораллов, но и число их видов и морфологические особенности в Арктике и в Антарктике кардинально различаются. Попробуем в этом разобраться.

Приантарктический регион. На шельфе Антарктиды коралловые полипы представляют собой практически непрменный компонент донных сообществ. Однако их поселения, как правило, малочисленны, разрежены и характеризуются низким видовым разнообразием.

Здесь обитает 17 видов склерактиниевых кораллов, из них восемь эндемиков и пять космополитов (т.е. встречаются на больших территориях Мирового океана). Среди эндемиков три вида известны лишь по единичным находкам, а пять —

распространены широко [4, 5]. Это *Caryophyllia antarctica* (обитает на глубинах 87–1435 м), *Gardineria antarctica* (87–728 м), *Flabellum impensum* (46–2260 м), *F.flexuosum* (101–659 м) и *Javania antarctica* (53–1280 м). Все эндемики — одиночные кораллы (рис.1).

Из космополитов три вида — колониальные, распространены они в основном на мелководье.

Еще два вида — одиночные, встречаются как на континентальном склоне, так и в абиссали. Это *Fungiacyathus marenzelleri* (обитают на глубинах 300–5870 м) и *Leptopenus discus* (2000–4870 м). Кроме них в абиссали Антарктики нет одиночных склерактиний. Интересно, что эти глубоководные космополитические кораллы никогда не заходят в арктические воды (рис.2).

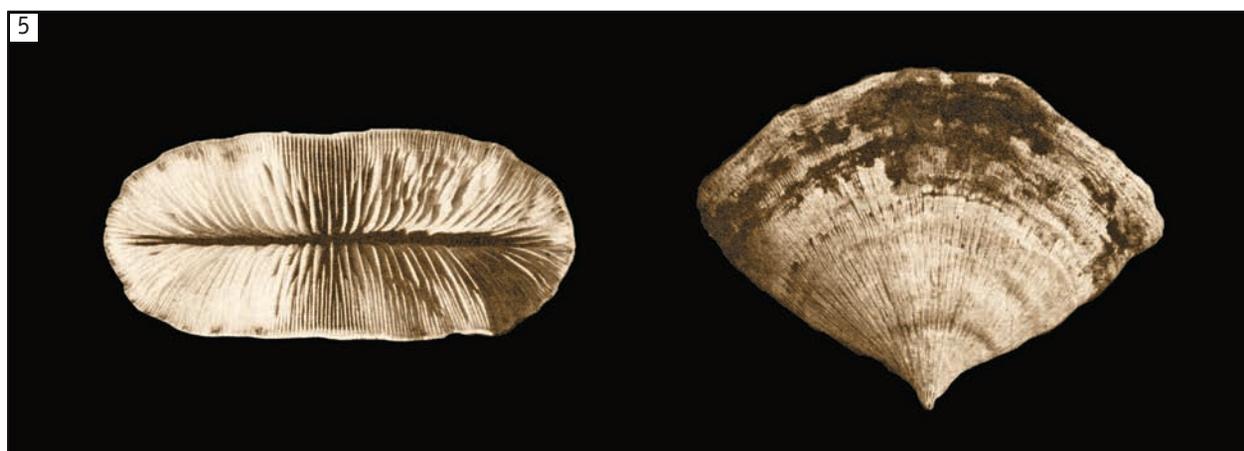
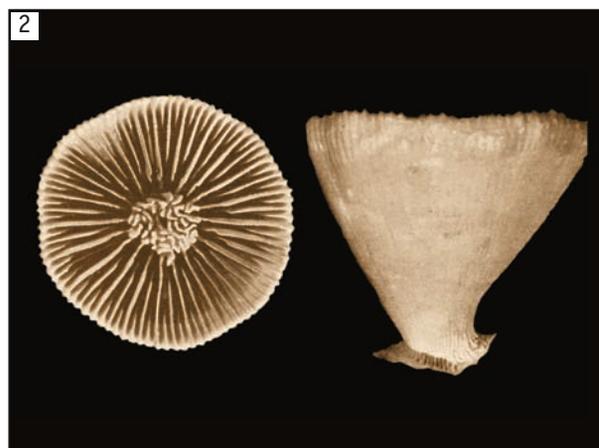
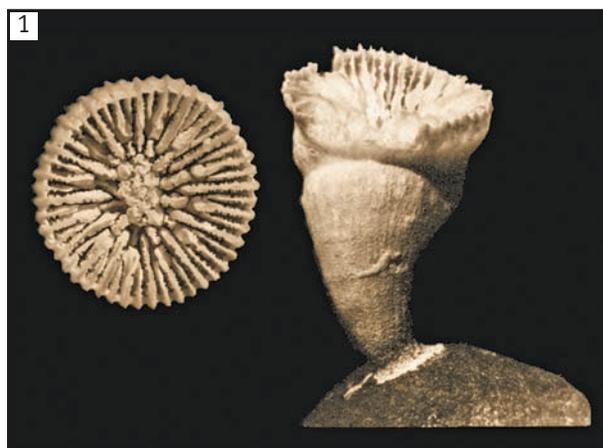


Рис.1. Склерактиниевые кораллы-эндемики, имеющие циркумполярное распространение [3]. 1 — *Caryophyllia antarctica*, 2 — *Gardineria antarctica*, 3 — *Flabellum flexuosum*, 4 — *Javania antarctica*, 5 — *F. impensum*.

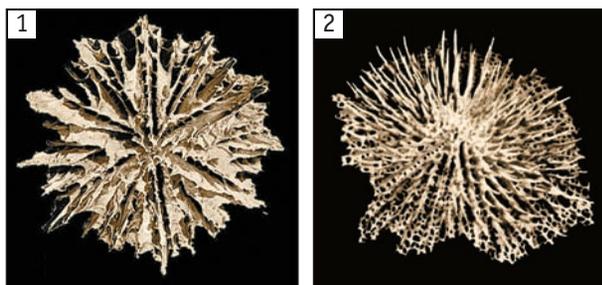
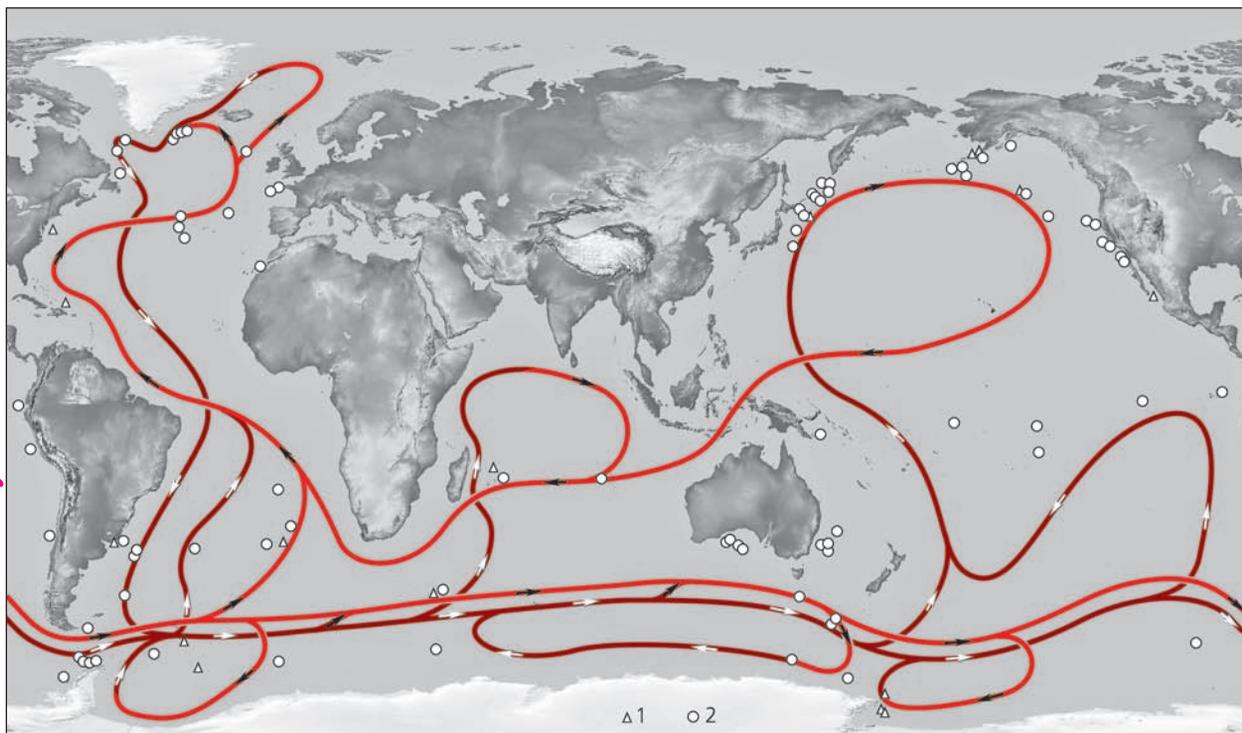


Рис.2. Карта распространения абиссальных одиночных склерактитов: 1 — *F. marenzelleri*, 2 — *L. discus* [3]. Светлым тоном показаны теплые течения, а темным — холодные.

Все эндемичные одиночные кораллы на шельфе и континентальном склоне Антарктики имеют разные варианты конической формы, при которой площадь чашечки, и, следовательно, площадь облова сравнительно небольшие. Такие кораллы могут существовать только в придонных водах, характеризующихся высокой концентрацией пищевых частиц. Именно подобные трофические условия наблюдаются на антарктическом шельфе, вплоть до его заглубленного края и даже до верхних горизонтов материкового склона. Ниже 2300 м кораллы такой формы не опускаются.

Среди эндемичных антарктических склерактитов преобладают кораллы небольших размеров (диаметром 1,5–2,5 см). Однако встречаются особи, максимальные размеры которых не уступают самым крупным экземплярам продуктивных мелководий тропических и субтропических областей [4, 5]. Например, чашка коралла *F. impensum* (ее

средний диаметр — 2,0–3,0 см) в Антарктике местами достигает почти 13 см при высоте около 8 см. Коралловые полипы такой величины могли сформироваться только при обилии пищи. В Антарктике виды столь крупные и со столь большим числом септ (радиальных вертикальных перегородок) встречаются на глубине более 2000 м, что никогда не наблюдается в других районах Мирового океана. Это связано с обрывистостью, крутизной и мощностью континентального шельфа у берегов Антарктиды и, следовательно, с особенностями гидродинамики вод, поставляющих достаточное количество пищи на значительные глубины.

Большинству видов антарктических склерактитов свойственен сравнительно тонкий, но достаточно прочный скелет (см. рис.1). Тонкость скелета — одна из немногих черт, роднящая мелководных и абиссальных антарктических склерактитов. Она вызвана не столько трофическими причинами, сколько постоянно низкими температурами воды на шельфе, из-за чего повышается растворимость карбоната кальция и трудность извлечения ионов Ca^{2+} из воды. Стенки и септальные перегородки кораллов-эндемиков тонкие, фарфоровые, гладкие. Исключение составляют только особи вида *G. antarctica*, обладающие плотными скелетными элементами.

Еще одна особенность, общая для абиссальных кораллов и обитающих на антарктическом шельфе — низкие темпы роста и высокая долговечность, отражающаяся в скелете в виде очень тонких и частых линий нарастания. Она ярко проявляется у представителей вида *F. impensum*, а также у *G. antarctica* и *J. antarctica*. Условия жизни на ан-

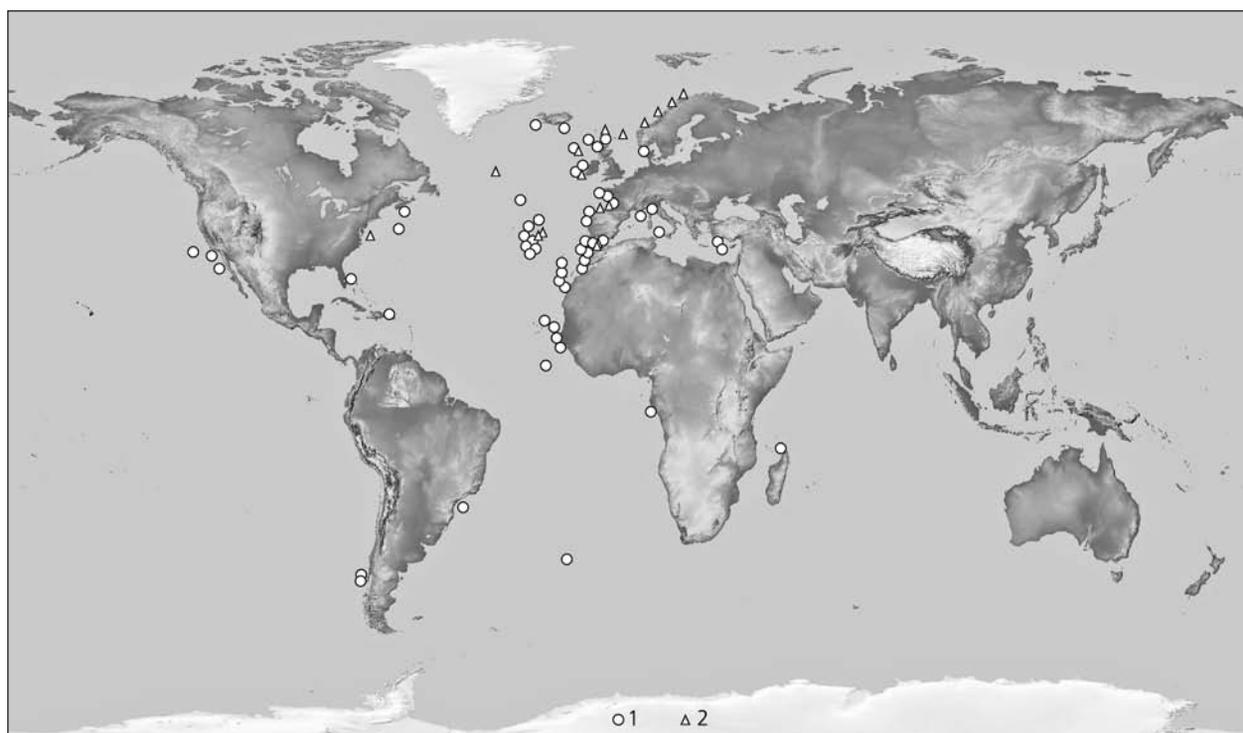


Рис.3. Карта распространения арктических склерактиний: 1 — *L.pertusa*, 2 — *F.macandrewi* (слева направо: вид сбоку, сверху и в разрезе) [6].

тарктическом шельфе отличаются значительной стабильностью, что в сочетании с постоянно низкой температурой замедляет не только жизненные процессы у мелководных обитателей Антарктики, но и эволюционный процесс, снижающий темпы их видообразования.

Абиссальный космополит *F.marenzelleri*, кораллиты (скелеты) которого отличаются плоской округлой формой и высоко воздымающимися над чашечкой немногочисленными септами, морфологически адаптирован к жизни в глубоководье и обитает на глубинах до 6 км. Однако на шельфе Антарктиды он обнаружен на глубинах 300–500 м. Это самые мелководные его находения в Мировом океане. Обычно *F.marenzelleri* не встречается выше 1800 м. Скорее всего, вблизи Антарктического материка мы наблюдаем подъем глубоководного вида на мелководье (см. рис.2).

Арктика. Здесь до настоящего времени встречено всего два вида склерактиний: *Lophelia pertusa* и *Flabellum macandrewi* (рис.3).

L.pertusa — колониальный коралл, представляющий собой куст, который состоит из собранных в мощные веточки зигзагообразно расположенных полипов. Диаметр их чашек небольшой (12–15 мм). Внутри них развито 48 септальных перегородок, а в глубине различается слабый столбик. Эти кораллы предпочитают скальный грунт на небольших глубинах. Ниже 1500 м обнаружены лишь мертвые экземпляры. Вид широко распространен в высоких широтах восточной части Атлантического океана и в Арктике [6]. Кроме того, он обитает и в Тихом [7], и в Индийском океане, где также встречается на глубинах, характерных для верхней части континентального склона (см. рис.3).

Вид *F.macandrewi* представляет для нас особый интерес. Это одиночный коралл, известный только по фрагментам разбитого скелета. Его отличают малые размеры и узкоконическая форма. Скелет примитивен и лишен центрального столбика. Количество септальных перегородок — наименьшее из возможных для взрослой особи (все-го 21–24, а у нормально развитого коралла их более 48). Главные характерные свойства данного кораллового полипа, отличающие его от всех прочих, — очень слабый скелет при мощном теле и необычайная способность к регенерации. Хрупкие стенки и септы часто разбиваются, но затем мгновенно восстанавливаются. Из осколков возрождается целый коралл. Этот сравнительно редкий вид описан с экземпляра, разбитого на кусочки, который нашли на глубине 166 м у Шетландских о-вов. К сожалению, его голотип потерян, и точная идентификация не всегда достоверна. Непосредственных сведений о грунтах, где обнаружили *F.macandrewi*, мы не нашли. В своем исследовании С.Гравье [8] приводит сведения о грунтах, с которых подняли коралл *F.dedudens*. Его синонимом автор считает вид *F.laciniatum*. Н.Зибровиус в своей монографии рассматривает оба этих вида в качестве синонимов *F.macandrewi* [6]. Естественно предположить, что по аналогии с морфологически близкими к нему видами *F.macandrewi* также обитает на мягких рыхлых грунтах — песчаных или мелкогравийных. Его взрослые особи, по наблюдениям Гравье, не прикреплены и живут свободно, лежа на грунте или зарываясь в него острым концом [8]. П.М.Дункан, описывая *F.laciniatum*, отмечает, что при тонкости и хрупкости скелета такие кораллы обладают крепким и толстым телом [9]. Автор даже предполагает, что быстрый рост мощного тела приводит к разрывам скелета. По нашему мнению, это абсурдно. Мы считаем наиболее вероятной связь поломки скелетов *F.macandrewi* с частыми подвижками грунта из-за развития в районах его обитания контурных течений, которые участвуют во вдольсклоновом переносе наносов. Пролив Фрама в Карском море с глубинами 2–3 км — известное место на Севере, где атлантические воды встречаются с арктическими [10]. Последние опускаются вниз, смешиваются с более теплыми атлантическими, при этом образуются мощные потоки — присклоновые течения. Характерные структуры в осадочной толще (контуриты) фиксируются как на шпицбергенской континентальной окраине, так и в районе срединно-океанических хребтов Норвежско-Гренландского бассейна [10].

Вид *F.macandrewi*, в отличие от *L.pertusa*, не обитает ни в Индийском, ни в Тихом океане, но в Атлантическом распространен довольно широко [6]. Типичные глубины обитания *F.macandrewi* составляют несколько сот метров и, в виде исключения, — 1200 м (см. рис.3).

Данные по распространению этих двух видов склерактиний показывают: *Lobbella pertusa* — космополит, а *Flabellum macandrewi*, хотя и широко распространен, обитает только в одном океане. Оба вида не встречаются восточнее Баренцева моря и не отмечаются в центральной части Северного Ледовитого океана.

* * *

Итак, как мы видим, гидрологические условия в Арктике отличаются от антарктических. Арктика делится на Арктическую область, Северо-европейскую и Канадскую. Большую часть составляют шельф и подводные окраинные материи. Ледовые покровы занимают всю центральную часть региона. До глубины 200 м распространены поверхностные арктические воды, температура которых около 0°C. Ниже — атлантические воды с низкой, но положительной температурой. Температура глубинных (ниже 1000 м) вод — отрицательная (от –0.4 до –0.9°C). В Норвежском море температура воды составляет 6–8°C, соленость — нормальная, тогда как в собственно Арктической области соленость понижается за счет интенсивного стока таких мощных рек, как Обь, Лена, Енисей и др. Дополнительный источник опреснения представляет собой таяние льдов.

Кроме того, реки выносят большое количество терригенного осадочного материала мощностью от 2–3 до 6 км. В этих условиях развивается флора фитопланктона, включающая до 200 видов, среди которых преобладают диатомовые. Известно, что склерактинии едят все, кроме фитопланктона. Последний затрудняет их дыхание и также (как и распреснение) препятствует самой жизни коралловых полипов. Даже случайно занесенные склерактинии не могут выжить в подобных условиях. Сильное опреснение вод и чрезмерное развитие фитопланктона представляют собой наиболее важное отличие в условиях жизни Северного (Арктика) и Южного (Антарктика) полушарий.

Дополнительным препятствием для развития коралловой фауны в Арктике служат плейстоценовые покровные оледенения, которые закончились 11.5 тыс. лет назад. Геологическая история Северного Ледовитого океана в плейстоцене характеризуется ледниковой экзорацией (выпахиванием). Ледники соскребывали со дна осадки вместе с фауной. Во многих местах при этом обнажались древние меловые отложения. После окончания оледенений кораллы получили возможность проникнуть в высокие широты Северного полушария. Они кое-как закрепились в Норвежско-Гренландском бассейне, но в центральной части Арктики из-за перечисленных выше факторов адаптироваться не смогли.

В Антарктическом регионе геологическая история была совершенно иной: оледенение Шестого континента началось еще в палеогене, а в неогене уже закончилось, сформировалось циркум-

антарктическое течение (см. рис.2). В результате гидрологические условия в Приантарктическом регионе в течение миллионов лет оставались ста-

бильными, что и привело к формированию весьма развитой фауны склерактиний и появлению видов-эндемиков. ■

Литература / Reference

1. Келлер Н.Б. Глубоководные склерактиниевые кораллы. М., 2012. [Keller N.B. Deep-water Scleractinian corals. Moscow, 2012. (In Russ.)]
2. Келлер Н.Б., Оскина Н.С. Температурные диапазоны беззооксантеллятных склерактиниевых кораллов Мирового океана. Океанология. 2008; 48(1): 83–90. [Keller N.B., Os'kina N.S. Habitat temperature ranges of azooxantellate scleractinian corals in the World Ocean. Oceanology. 2008; 48(1): 77–84.]
3. Келлер Н.Б., Оскина Н.С., Ушакова М.Г. Склерактиниевые беззооксантеллятные кораллы Австрало-Новозеландского района. Океанология. 2005; 45(3): 431–439. [Keller N.B., Os'kina N.S., Ushakova M.G. Azooxantellate scleractinian corals of the Australian — New Zealand region. Oceanology. 2005; 45(3): 405–412.]
4. Келлер Н.Б. К вопросу о распространении мадрепоровых кораллов в Антарктике и Субантарктике. Труды ИОАН. 1990; 126: 74–79. [Keller N.B. On the issue of the distribution of madreporal corals in Antarctic and the Subantarctic. Proceedings of the IOAS. 1990; 126: 74–79. (In Russ.)]
5. Cairns S.D. Antarctic and Subantarctic Scleractinia. Antarctic Research Series. 1982; 34(1): 1–74.
6. Zibrowius H. Les Scleractiniaires de Mediterranee et de l'Atlantique nord-oriental. Mem. De l'Institute oceanographique, fond. Albert 1-er, Prince de Monaco. 1980; (11): 3–284.
7. Cairns S.D. Scleractinia of the temperate North Pacific. Smithsonian Contrib. Zool. 1994; 557.
8. Gravier C. Madreporaires provenant des campagnes des yachts Princesse-Alice et Hirondelle II (1893–1913). Resultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert I-er Prince Souverain de Monaco fasc. 1920; 55.
9. Duncan P.M. A description of the Madreporaria dredged up during the expeditions of H.M.S. Porcupine in 1869 and 1870. Part 1. Transactions of the Zoological society of London. 1873; 8(5): 303–344.
10. Rebesco M., Wablin A., Laberg J.S. et al. Quaternary contourite drifts of the Western Spitsbergen margin. Deep-Sea Research 1. 2013; 79: 156–168.

Scleractinian corals live in Arctic and in high latitudes of North Atlantic

Keller N.B.¹, Oskina N.S.¹, Savilova T.A.¹
¹P.P.Shirshov Institute of Oceanology, RAS (Moscow, Russia)

Only two species of Scleractinian corals inhabit Arctic Ocean to the west of the Barents sea: *Lophelia pertusa* and *Flabellum macandrewi*. The first of them is cosmopolitan, the second lives only in Atlantic Ocean. Our analysis of hydrodynamics situation allowed us to conclude, that the high mobile water is favorable for corals *L.pertusa*, which inhabit on the coarse ground. *Fl.macandrewi* inhabit loose bottom, which also undergo the influence of the power water flows that could which break corals' fragile skeleton. But their uncommon capability for quick skeleton regeneration permit them adapt to that disturb situation. We assume that the presence of corals *Fl.macandrewi* may serve as a marker of aggressive dynamical waters. In the central parts of North Atlantic the Scleractinian corals is completely absent because of the geological youth of the region, as well, higher percent of fresh water and also intensive development of phytoplankton.

Keywords: Arctic, Antarctic, scleractinian corals, endemics, cosmopolitains.

Качи-Кальон

кандидат геолого-минералогических наук **В.Н.Комаров¹**,
З.М.Ф.Зарубин¹, **Е.Ф.Бабицкий¹**

¹*Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе (Москва, Россия)*





Пещерный монастырь и средневековое поселение Качи-Кальон находятся на правом берегу р.Кача, примерно в 8 км к югу от Бахчисарая. Скала Качи-Кальона напоминает корабль, на носу которого видно изображение огромного креста. Этим объясняется название массива — «крестовый корабль». Качи-Кальон считается самым загадочным из всех крымских «пещерных городов». Этот памятник практически не исследовался археологами, за исключением разведок, проведенных в 1930 и 1933 гг. Вероятно, сельское поселение появилось здесь в период раннего Средневековья. Наиболее активное строительство храмов, жилых домов и хозяйственных помещений приходится на VIII–IX вв. Впоследствии (вероятно, в XIII–XV вв.) в поселении основывается монастырь. Качи-Кальон — удивительное по величю и грандиозности творение природы, которое в полном смысле слова заслуживает названия храма, но воздвигнутого самой природой.

Ключевые слова: пещерный город, Качи-Кальон, Святой источник мученицы Анастасии Узорешительницы, Горный Крым.

Пещерный монастырь и средневековое поселение Качи-Кальон общей площадью около 25 га находятся на правом берегу р.Кача, примерно в 8 км к югу от Бахчисарая [1–5]. Как и все «пещерные города» Горного Крыма, Качи-Кальон расположен на отроге Внутренней гряды на высоте 450–510 м над ур.м.

Скала Качи-Кальона очень напоминает величественный корабль. На его носу хорошо видно изображение огромного темного креста, горизонтальная перекладина которого расположена выше середины вертикальной (образуя так называемый латинский крест). Этим и объясняется название массива — «крестовый корабль». В незапамятные времена на этом месте была монолитная, однородная по окраске темная скала. К образованию креста привело затейливое обрушение двух неодинаковых по размеру блоков, ограниченных сверху горизонтальной поверхностью напластования, которое обнажило коренные породы с первичной светлой окраской.

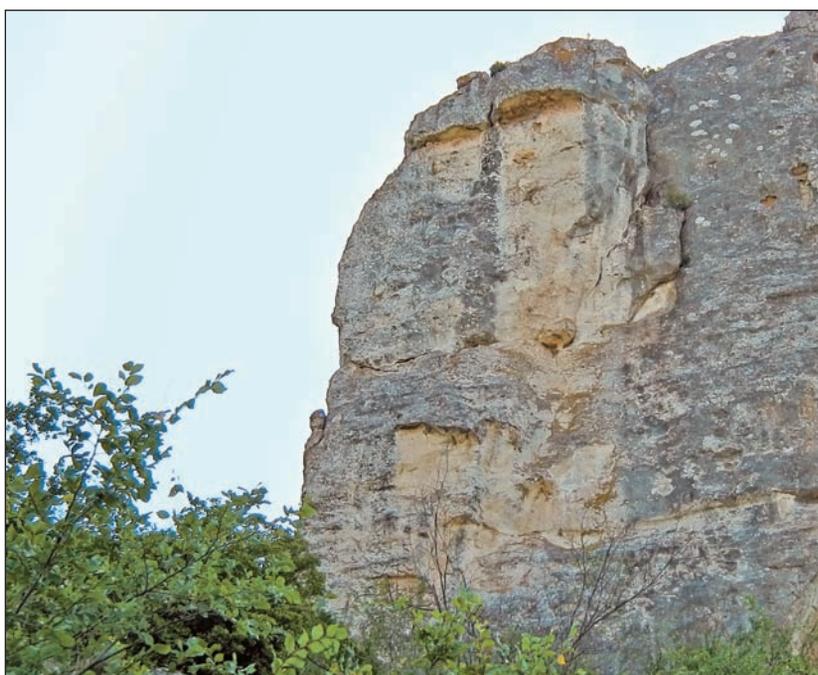
Очень живописны густо заросшие склоны массива: они усыпаны хаотически разбросанными обломками скал, часто несущими на себе следы обработки человеком. Небольшие камни и огромные глыбы, покрытые пятнистым рыжевато-серым ковром лишайников, кажется, лежат здесь уже целую вечность.

В пяти огромных естественных гrotах и вокруг них сосредоточены скопления пещер самой различной формы и размера. Они высечены в податливых для обработки известковистых песчаниках верхней части маастрихтского яруса меловой системы, а также в известковистых песчани-



Общий вид Качи-Кальона с запада.

Здесь и далее фото З.М.Ф.Зарубина и В.Н.Комарова

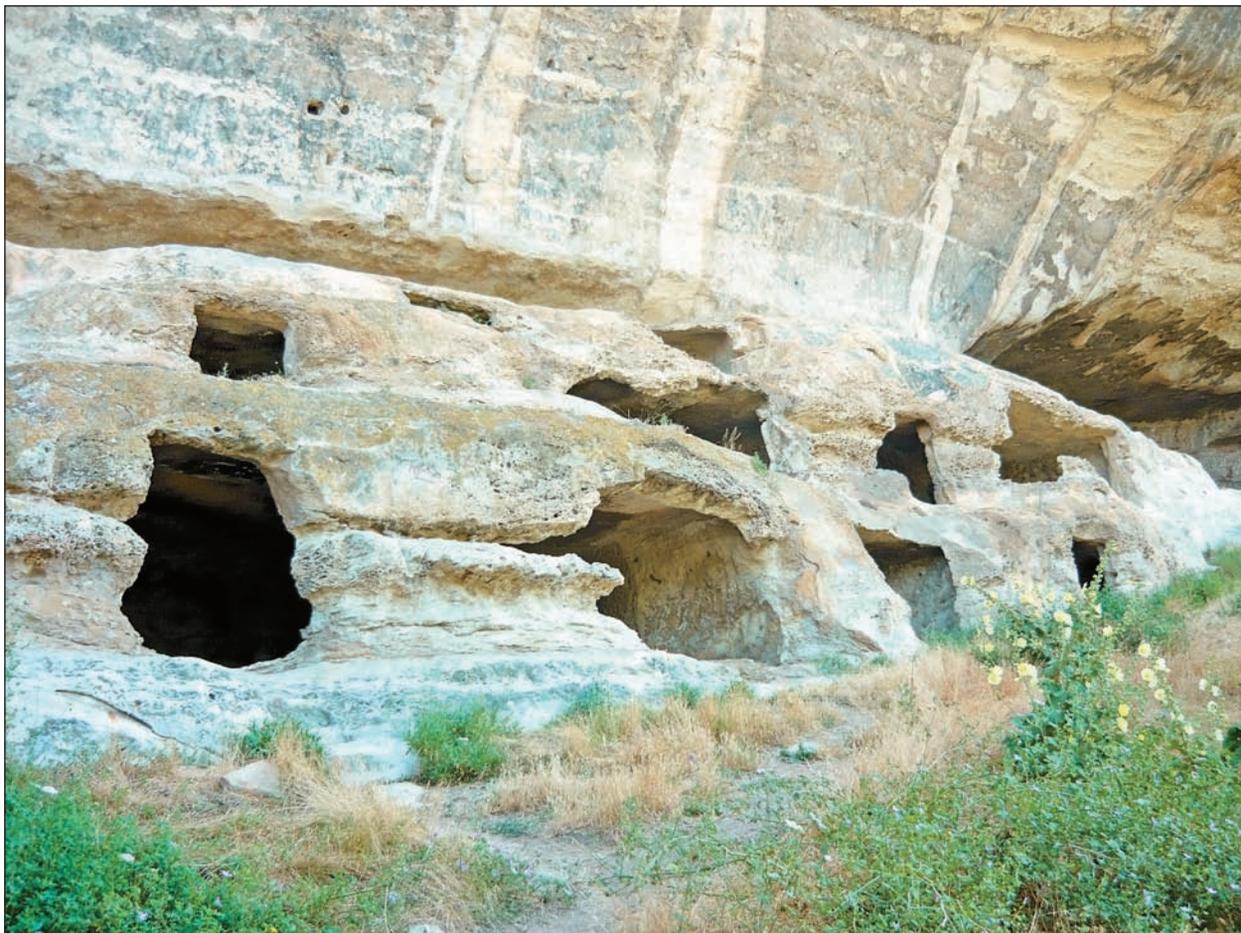


Огромный крест, давший название Качи-Кальону.

ках и органогенных известняках датского яруса палеогена.

Всего здесь размещено около 150 помещений различного назначения, соединенных между собой террасами, лестницами и переходами, деревянные конструкции которых, к сожалению, не сохранились. Часто встречаются высеченные в скалах кресты различной формы — вписанные в круг, с простым или двухлопастным расширением на концах. На территории Качи-Кальона насчитывается не менее 120 виноградодавилен (тарапанов), в которых, как считается, могло одновременно обрабатываться до 250 т винограда. Отдельные одичавшие виноградные лозы до сих пор встречаются на склонах.

От носа корабля — начала скального массива — в юго-западном направлении шла обо-



Вырубленные в скалах пещеры.

ронительная стена, сложенная из тесаного камня с включением лежавших на ее пути скальных глыб. Ее можно видеть на рисунках путешественников XIX в.

Первый, начиная с западной стороны, грот завален обломками скал. Искусственных пещер в нем нет, зато в каменных стенах обнаруживается множество пазов, подрубок и ниш для крепления деревянных балок и стояков от плотно примыкавших к скалам построек. Между первым и вторым гротами расположен пятирусный комплекс скальных помещений (числом более 50), вырубленных в отвесном обрыве. В ряде мест в полу устроены зерновые ямы и тарапаны — вероятно, здесь был целый винодельческий комплекс.

Во втором гроте, как и в первом, сохранилось много следов



Виноградоваильня (тарапан).



Остатки оборонительной стены.

деревянных конструкций, но искусственных пещер нет. Между вторым и третьим гrotами в скале расположена следующая группа скальных помещений, где тоже находились тарапаны.

В третьем гrotе можно увидеть не только хозяйственные и жилые помещения, но и остатки трех церквей. В первой северная стена и апсида (примыкающий к основному объему здания пониженный выступ полукруглой или граненой формы — он перекрыт полусводом) высечены в скале, а южная наружная стена сложена из камня. Потолок сводчатый, в полу вырублена гробница, в коридор и основное помещение когда-то вели два входа. На стенах сохранились следы надписи на греческом языке и изображения крестов, выведенные красной краской и высеченные в камне. Вторая церковь, размерами 3×1.3 м, находится юго-восточнее, ее северная стена высечена в скале, остальная конструкция помещения была построена. У третьей церкви из скалы выступает северная стена и часть апсиды с синтроном (скамьей для священнослужителей), возле которой расположено основание для престола. Возле этого храма с западной стороны видны следы двух могил и четырех усыпальниц. В третьем гrotе, по мнению археологов, располагался храмово-погребальный комплекс. К востоку от него есть небольшая пещера, в которой находились два храма, труднодоступные сегодня для посещения.

Между третьим и четвертым гrotами высечено более 30 скальных помещений. Под четвертым находится большой выступ скалы, на котором когда-то располагалось укрепление. С северо-запада мыс ограждала оборонительная стена метровой толщины, сложенная из тесаных известняковых блоков различного размера и формы, которая хорошо просматривается снаружи. В западной части стены была прямоугольная башня, а ближе к массиву скалы — ворота шириной 2 м, к ним вел коридор, от которого сохранились только камни основания. Построена башня, судя по разведочным раскопкам, не ранее X в., однако отдельные находки поблизости датируются VII–VIII вв.

За укрепленным мысом находится четвертый, самый большой гrot Качи-Кальона, напоминающий апсиду грандиозного храма с купелью. Его размеры составляют 52×30 м. Своды смыкаются над головой на высоте около 40 м. Основание гrotа узко — часть его обрушилась, и крутизна обрыва еще более усиливает ощущение головокружительной высоты. В гrotе уникальная акустика, значительно усиливающая свист пролетающих совсем рядом ласточек и шум машин далеко внизу.

В гrotе находится главная достопримечательность Качи-Кальона — Святой источник мученицы Анастасии Узорешительницы, вода которого всегда считалась целебной. По всей видимости, именно это еще с языческих времен привлекало



Большой грот.

сюда паломников. По преданию, записанному крымоведем XIX в. В.Х.Кондараки, здесь когда-то было языческое святилище [6]. По-видимому, монастырь возник не случайно: христианская церковь часто сооружала храмы и часовни в местах почитаемых язычниками святынь [7]. Просачиваясь сквозь трещины в скале, вода скапливается в глубокой (более 1.5 м) круглой чаше, окруженной изумрудной травянистой растительностью. В удивительной черной воде источника отражается многовековая история Качи-Кальона.

Над источником высечен большой крест. С обеих сторон в скале на трех ярусах вырублены около 30 небольших помещений. Тут видны разнообразные углубления — от небольших выемок, пазов и гнезд для крепления деревянных балок и стропил прискальных построек до глубоких ям, служивших емкостями для хозяйственной деятельности города. Среди них четыре виноградодавильни. Немного ниже источника из рассе-

лины росло старое черешневое дерево. В настоящее время, к большому сожалению, оно засохло, однако его запоминающийся контур по-прежнему остается достопримечательностью большого грота. Внизу под гротом, на склоне, в котором высе-



Святой источник мученицы Анастасии Узорешительницы.



Старая черешня на фоне окрестностей Качи-Кальона.

чены пещеры и семь виноградодавлен различных форм и размеров, существовало селение. Видимо, оно тоже было огорожено стеной, которое составляло вместе с укрепленным скальным мысом единый комплекс.

Продвигаться к пятому гроту Качи-Кальона следует только с необходимым альпинистским снаряжением по узкой тропинке Кыл-Копыр (в переводе с крымско-татарского — «волосяной мост») шириной 30–40 см. Этот грот, по мнению исследователей, служил людям убежищем в случае опасности. Здесь размещено более 10 скальных сооружений и высечен резервуар для накопления воды. На скальной поверхности сохранилось большое количество рисунков и надписей, одна из которых на греческом языке — она датирована 1793 годом.

В юго-восточной части поселения в большом отдельно стоящем обломке скалы высечена церковь Святой Анастасии (построена в VIII–IX вв.). Это небольшое помещение овальной формы, длина которого составляет 5,3 м, ширина 2,4, высота 2,15 м. В полукруглой апсиде вырублен одноступенчатый синтрон. В стене находятся две ниши: одна для жертвенника, другая для запрестольного образа. Иконостас был деревянным — сохрани-

лись подрубки для его установки. По периметру наоса (помещения для молящихся) сооружена скамья для прихожан. С южной стороны в ней вырублена могила, в полу находится гробница. В стенах видны ниши, в которые когда-то устанавливали иконы, здесь же сохранились остатки двух греческих надписей. В храме устроены два входа: более ранний вел в наос, а прорубленный позже — в апсиду. В нише над первым входом вырезан равноконечный крест. Поблизости от церкви расположены остатки кладбища, когда-то окружавшего храм. Сохранились надгробия двух типов — двухскатные плиты с продольными гранями и плиты, на одном конце украшенные своеобразной «башенкой» с вырезанной небольшой нишей на торцевой части. Боковые поверхности некоторых плит украшены плетеным узором, пятиконечными звездами и розетками. Гробницы, на которых находятся эти надгробия, сложены из вертикально поставленных каменных плит и по форме напоминают ящик. Несколько других крупных обломков скал также хранят остатки высеченных церковных сооружений: в одном из них вырублена ниша, а в ней — «процветший крест», превращающийся внизу в изгибы стили-

зованной виноградной лозы — совершенно особый символ для Качи-Кальона с его винодельческим хозяйством.

Храм существовал вплоть до 1778 г., до исхода крымских греков, а затем был восстановлен лишь в середине XIX в. по инициативе архиепископа Херсонского и Таврического Иннокентия, который приписал церковь к Успенскому монастырю. Храм был действующим до 1932 г. По сохранившимся документам известно, что Качи-Кальонский монастырь, как и другие монастыри и церкви Юго-Западного Крыма, получал в эпоху владычества ханов Гиреев материальную помощь от Русского государства, которое тем самым поддерживало связи с местным христианским населением.

Качи-Кальон можно считать самым загадочным из всех крымских «пещерных городов». О нем не сохранилось письменных свидетельств. Этот памятник практически не исследовался археологами, за исключением небольших разведок, проведенных в 1930 и 1933 гг. До сих пор точно не определено его функциональное назначение: что это — село, укрепление, монастырь? Скорее всего, сельское поселение появилось здесь в период раннего Средневековья. Наиболее активное строительство храмов, жилых домов, террас и помещений хозяйственного назначения приходится на VIII–IX вв.

Не ранее XI в. часть памятника огораживается стеной. Впоследствии (вероятно, в XIII–XV вв.) в поселении основывается монастырь.

Качи-Кальон по праву считался крупным винодельческим центром. Вместе с виноделием, приносившим, должно быть, значительный доход, процветало и гончарное производство тары для вина. Древние гончары изготавливали глиняные бочки (пифосы), всевозможные амфоры, кувшины, флаги, а также обжигали кровельную черепицу. Здесь в изобилии обнаружены осколки керамики.

Качи-Кальон — удивительное по величию и грандиозности творение природы. Вид исполинских отвесных желтовато-серых скал, в которых самым причудливым образом переплелись первичная слоистость, разноориентированные системы зияющих чернотой трещин, сотовое выветривание и фантастическое природное граффити вторичных окрасок пород, завораживает.

Можно в полной мере согласиться с тем, что «мало найдется на земле мест, которые бы с большим основанием заслуживали названия храма в полном смысле слова, но воздвигнутого самой природой» [7, с.149–150]. Еще большее впечатление Качи-Кальон должен был производить на наших далеких предков, поклонявшихся скалам, деравьям и водным источникам. ■

Литература/References

1. Веймарн Е.В., Чореф М.Я. «Корабль» на Каче. Симферополь, 1976. [Weimarn E.V., Choref M.Ya. «Ship» on Kacha. Simferopol, 1976. (In Russ.).]
2. Гармаш П.Е. Путеводитель по Крыму. Симферополь, 1996. [Garmash P.E. Guide to the Crimea. Simferopol, 1996. (In Russ.).]
3. Фадеева Т.М., Соколова М.В. Бахчисарай и окрестности: Путеводитель. Симферополь, 2003. [Fadeeva T.M., Sokolova M.V. Bakhchisaray and its surroundings: Guide-book. Simferopol, 2003. (In Russ.).]
4. Фадеева Т.М. Тайны Горного Крыма. Симферополь, 2007. [Fadeeva T.M. Secrets of the Mountain Crimea. Simferopol, 2007. (In Russ.).]
5. Якушева Е.М., Низбура А.М. Пещерные города Крыма: Путеводитель. Симферополь, 1972. [Yakusheva E.M., Nizbura A.M. Cave cities of Crimea: Guide. Simferopol, 1972. (In Russ.).]
6. Кондаракис В.Х. Универсальное описание Крыма. СПб., 1875: 1. [Kondaraki V.H. The Universal description of Crimea. St. Petersburg, 1875: 1. (In Russ.).]
7. Фадеева Т.М. По Горному Крыму. М., 1987. [Fadeeva T.M. On the Mountain Crimea. Moscow, 1987. (In Russ.).]

Kachi-Kalon

V.N.Komarov¹, Z.M.F.Zarubin¹, E.F.Babitsky¹

¹Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (Moscow, Russia)

Cave Monastery and medieval settlement Kachi-Kalon are located on the right bank of the river Kacha, about 8 km south of Bakhchisaray. Rock of Kachi-Kalon resembles a ship, on the bow of which you can see the image of a huge cross. This explains the name of the array — «crusader». Kachi-Kalon is considered the most mysterious of all Crimean «cave cities». This monument is virtually unexplored by archaeologists, with the exception of intelligence services, carried out in 1930 and 1933. Probably, rural settlements appeared here in the early Middle Ages. The most active construction of temples, houses and business premises accounted for VIII–IX centuries. Later (probably in the 13th–15th centuries), a monastery was founded in the settlement. Kachi-Kalon is surprising for its greatness and grandeur creation of nature, which truly deserves the name of a temple, but was raised by nature.

Keywords: cave city, Kachi-Kalon, Holy source of St. Anastasia the Pharmakolytria, Mountain Crimea.

Необычный диплом И.П.Павлова и фотоальбом его четвероногих «друзей»

доктор исторических наук Е.Ю.Басаргина¹, Л.И.Громова²

¹Санкт-Петербургский филиал Архива РАН (Санкт-Петербург, Россия)

²Институт физиологии имени И.П.Павлова РАН (Санкт-Петербург, Россия)

Малоизвестные документы, относящиеся к научной биографии И.П.Павлова, хранящиеся в Санкт-Петербургском филиале Архива РАН и Мемориальном музее-квартире ученого, позволяют более подробно осветить его работу с собаками с целью изучения физиологии высшей нервной деятельности животных.

Ключевые слова: И.П.Павлов, физиология, высшая нервная деятельность, типы нервной системы и температуры у животных, собаки Павлова.

Последние 35 лет своей жизни И.П.Павлов посвятил исследованию новой, до того почти неизведанной области физиологии высших отделов центральной нервной системы. Блестящим итогом его деятельности в этой сфере явилось созданное им учение об условных рефлексах, лежащих в основе высшей нервной деятельности животных.

Датой рождения метода условных рефлексов Иван Петрович считал 1901 г., когда он перешел на физиологическую позицию в истолковании давно уже известного факта «психического» слюноотделения. В 1926 г. он обобщил собранный им и его сотрудниками материал, систематизировал полученные результаты исследований и изложил их в форме монографии «Лекции о работе больших полушарий головного мозга» [1]. Этот труд он характеризовал как «плод неотступного двадцатипятилетнего думания» и считал результатом коллективной работы. В предисловии к «Лекциям» Иван Петрович дал оценку этому творческому методу: *Сердечное спасибо всем сотрудникам, соединившим их добросовестный труд с моим трудом в нашем общем деле. Если я возбуждал, направлял и концентрировал нашу общую работу, то в свою очередь сам постоянно находился под влиянием наблюдательности и идейности моих сотрудников* [1, с.12].

Своим ближайшим коллегам Павлов подарил книгу с похожими дарственными надписями. Так, в экземпляре, который Е.М.Крепс получил из рук Ивана Петровича, на первой странице написано: *Евгению Михайловичу Крепсу, участнику в постройке этого здания, в 25-летие его закладки — от инициатора дела* [2, с.68]. Незадолго до выхода книги в свет, 27 декабря 1926 г., Павлов собрал сво-

их учеников у себя на квартире, как он сказал, «на 25-летний юбилей условных рефлексов». За столом он произнес речь, которая была застенографирована профессором П.С.Купаловым. Современные исследователи творчества Павлова к ней фактически не обращаются, и первый всесторонний анализ этого выступления представлен в книге американского исследователя Д.Тодеса [3].

Сегодня мы празднуем тройной праздник, — начал Павлов, — во-первых, праздник науки, затем праздник ваш и, наконец, мой. Сегодня исполнилось 25 лет, как мы перешли к изучению условных рефлексов, к изучению новой главы науки — физиологии высшей нервной деятельности. Изложив краткую историю начала работы, Иван Петрович сказал: Я, к сожалению, награжден от природы двумя качествами. Может быть, объективно они оба хорошие, но одно из них для меня очень тягостное. С одной стороны, я увлекаюсь и отдаю работе с большой страстью, но рядом с этим меня постоянно грызут сомнения. Малейшая затычка выводит меня из равновесия, и я мучаюсь, пока не найду объяснения, пока новые факты не приведут меня снова в равновесие. Я должен благодарить вас за то, что вы своими работами, массой собранных фактов, что вы этого зверя сомнения порядочно укротили. А теперь, когда появляется книга, в которой я даю итог нашей 25-летней работе, теперь я надеюсь, этот зверь от меня отступит. И первая благодарность за освобождение меня от мучений — это вам. С другой стороны, вы принимали участие в создании новой главы науки. С этим я вас поздравляю [4, оп.1, д.203, л.1].

Действительно, попытки Павлова подвергнуть нервную деятельность высших животных (собак) объективному изучению с помощью предложенного им метода условных рефлексов долгое время



Шуточный диплом И.П.Павлова от его четвероногих «сотрудников». Декабрь 1926 г. [4, оп.5, д.144, л.1].

встречали сопротивление и непонимание многих представителей научного мира. Необходимо было провести сотни лабораторных экспериментов, чтобы доказать справедливость и действенность этого метода исследования. И в этих экспериментах важную роль играли подопытные животные.

Неудивительно поэтому, что коллеги Ивана Петровича подарили юбиляру шуточный диплом, якобы написанный от имени его четвероногих «сотрудников». Диплом размером 50×67.5 см хранится в Санкт-Петербургском филиале Архива РАН.

Композиция диплома трехчастна. В центре помещен поздравительный адрес — лавровый венок обрамляет юбилейную дату «XXV», ниже читаем: *Дорогому юбиляру Ивану Петровичу Павлову от его «научных сотрудников»*. По обе стороны от адреса стоят собаки, они здоровы, ухожены, в ошейниках. На нижней доске под каждой собакой приколоты четыре этикетки с их «говорящими» кличками и репликами.

Трус-юродивый: — Протестную отказом от еды против обидных психологических прозвищ!

Герой: — Ой, братцы, мало нас, Голубчики, немножко!

Наполеон: — Хозяин спит, — сосну-ка и я!

Загадочная натура: — Ну что, дорогой юбиляр, много ли нас еще осталось?

Перед нами мастерски выполненный акварельный рисунок четырех собак, причем художник (он оставил автограф в правом нижнем поле, но, увы, установить его имя пока не удалось) передал их индивидуальные особенности как во внешности, так и в поведении. *Трус-юродивый* — боязливое, покорное существо, поджал хвост и почти припал к земле; *Герой* породист, солиден и невозмутим; *Наполеон* бодр и энергичен; *Загадочная натура* с воинственно поднятым хвостом выглядит агрессивно. Едва ли могут быть сомнения в том, что каждый персонаж представляет определенный тип нервной системы, или темперамент.

Классификацией типов нервной системы животных Павлов усиленно занимался на протяжении многих лет. Изучение условных рефлексов в опытах на собаках показало, что у разных особей они образуются неодинаково быстро и оказываются неодинаково сильными и прочными. В результате многолетнего исследования индивидуальных различий высшей нервной деятельности животных Иван Петрович создал свое учение о типах нервной системы. Он выделил три основных свойства нервной системы: силу нервных процессов, их уравновешенность и подвижность процессов возбуждения и торможения. Указанные свойства были положены в основу классифика-

ции нервных типов. Свои наблюдения над высшей нервной деятельностью у собак Павлов пытался сопоставить с издревле существующим разделением людей на четыре группы по темпераменту.

Юбилейный диплом, датированный декабрем 1926 г., зафиксировал важный этап в установлении Павловым типологии нервной системы животных. Посередине изображены две собаки центрального, уравновешенного типа нервной системы, у которых одинаково сильны как раздражительный, так и тормозной процессы. Центральный тип имеет две вариации: одни собаки спокойные, сдержанные и деловитые — это флегматики; другие оживленные и подвижные — это «наполеоновский» тип, или сангвиники. Сангвиники, живые и подвижные на свободе, нередко засыпали в станке. Специальные исследования показали, что собаки этого типа бывали энергичны и деловиты, когда требовалась работа, при однообразии же обстановки наступало торможение, быстро переходящее в сонливость и сон.

По краям находятся два противоположных типа: на одном полюсе стоит сильный, «безудержный» тип, у которого прекрасно выражен процесс возбуждения, но которому с большим трудом даются всякие тормоза, — это холерик. На другом полюсе стоит тип слабой нервной системы, с преобладанием торможения; Павлов приложил к этому типу термин — меланхолик, или пассивно-оборонительный тип.

Таким образом, перед нами представители четырех темпераментов: *Трус-юродивый* — меланхолик; *Герой* — флегматик, *Наполеон* — сангвиник, *Загадочная натура* — холерик. Представленные художником образы собак условны, едва ли за ними стоят какие-то конкретные особи.

Лабораторные собаки по-разному вели себя на воле и в опытах, а некоторые животные отличались странностью поведения. Иван Петрович с азартом занимался расшифровкой таких «загадочных натур», как он их называл. Эти собаки были очень подвижными, непоседливыми и даже наедливыми на воле, в условиях же опыта они часто засыпали или становились заторможенными. Именно таких собак часто и называли «загадочными натурами», объясняя такое поведение тем, что для «холерического темперамента» подобных животных в условиях экспериментальной камеры не хватает разнообразия впечатлений, это и приводит к торможению [5, с.302]. В шуточном дипломе собака-холерик, названная *Загадочной натурой*, с вызовом подмигивает юбиляру, который, как известно, без всяких оговорок определял и себя как холерика, с *неудержимым, сильным и быстрым темпераментом, с исключительно логическим мышлением* [6, с.114].

Павлов обладал здоровым чувством юмора и, конечно, оценил остроумное приветствие своих сотрудников, сохранив его среди дипломов, полученных от академий, университетов и научных об-

ществ. Впрочем, не все шутки на собачью тему были Ивану Петровичу по душе. В январе голодного 1921 г. В.И.Ульянов (Ленин) подписал постановление Совнаркома РСФСР «Об условиях, обеспечивающих научную работу академика И.П.Павлова и его сотрудников», которое обязывало петроградские власти в числе прочих мероприятий «организовать питание подопытных собак». Об этом узнал академик А.Н.Крылов и попросил И.П.Павлова *взять его к себе в собаки*, но тот, вопреки своему чувству юмора, вознегодовал: *Вы умный человек, а такие глупости говорите* [7, с.79]. Однако после этого Иван Петрович начал хлопотать об улучшении условий работы всех российских ученых и в конце концов добился своего.

Собаки, действительно, занимали исключительное место в научной жизни Павлова. Подчеркивая значимость именно собак для успешного проведения физиологических экспериментов, ученый признавался, что отдает им предпочтение не только потому, что это удобные для опыта крупные животные, но и потому, что они обладают особыми психическими данными. Еще в 1893 г. он писал: *С горечью надо признать, что лучшее домашнее животное человека — собака, благодаря именно ее высокому умственному и нравственному развитию, чаще всего является жертвой биологического эксперимента. Только от нужды делают опыты на кошках — нетерпеливых, крикливых и злых животных. При хронических опытах, когда оперированное животное, оправившись от операции, служит для долго длящихся наблюдений, собака незаменима, даже больше того — в высшей степени трогательна. Она является как бы участником вашего опыта на ней, своей понятливостью и готовностью чрезвычайно способствуя успеху исследования* [8, с.23–24].

По воспоминаниям П.К.Анохина, если Павлову для объяснения каких-то фактов не хватало данных, он говорил: *Надо посидеть у собаки. Тут-то мы уж добьемся своего* [5, с.299]. Не было лучшей похвалы для сотрудника, получившего хорошие экспериментальные результаты, чем восторженные слова Ивана Петровича: *Ваш пес прекрасно работает!* [9, с.492]. Иногда дело доходило до курьезов. Так, слушатели лекций Павлова по физиологии в Военно-медицинской академии вспоминали, что, демонстрируя лягушку, он постоянно оговаривался, называя ее собакой [10, с.118]. В 1912 г. в Кембридже вместе с дипломом *honoris causa* Иван Петрович получил в подарок от английских студентов игрушечную собаку с трубками, изображавшими павловские фистулы, применявшиеся для изучения физиологии пищеварения. Эта игрушка — небольшой белый терьер — до сих пор хранится в мемориальной квартире ученого в Санкт-Петербурге.

В 1920-х годах знаменитого *Дружка*, на котором Иван Петрович впервые успешно провел операцию образования изолированного маленького

желудочка, уже давно не было в живых. В лаборатории Павлова пришло новое поколение собак, заменившее погибших в голодные годы животных. Павловские лаборатории тогда представляли собой настоящее царство собак — собачьи запахи и голоса доносились отовсюду. <...> Во всех лабораториях на больших столах стояли деревянные станки, в станках — собаки, по большей части овчарки, но были и других пород. Всюду пахло псиной. Издалека доносился жалкий слабый вой, видимо из операционной, где-то скулил щенок, — вспоминал А.Л.Чижевский, посетивший Государственный институт экспериментальной медицины в 1926 г. [11, с.463–464].

Сотни собак, прошедших через эксперименты павловских лабораторий в Военно-медицинской академии, Институте экспериментальной медицины и Академии наук, были бы, возможно, забыты навсегда. Но их клички остались в записях сотрудников, в стенограммах еженедельных лабораторных заседаний — известных «Павловских сред». Сохранились даже фотографии некоторых из этих «служителей науки».

В фондах Мемориального музея-квартиры И.П.Павлова хранится уникальный экспонат* — альбом, основательная обложка которого выполнена из коричневого коленкора и украшена тисненой надписью: Академику Ивану Петровичу Павлову от «друзей». Физиологическая лаборатория Института экспериментальной медицины. Май 1927. В нем — фотопортреты 40 подопытных собак, работавших тогда на науку. Здесь же и список сотрудников — «хозяев» той или иной собаки. Этот альбом, подаренный Павлову коллегами, можно рассматривать как своеобразное дополнение к шуточному диплому, врученному ему в конце 1926 г. Материалы из него позволяют продолжить тему роли этих замечательных животных в научных экспериментах.

В то время в павловских лабораториях на «друзьях» исследовали разнообразные аспекты деятельности головного мозга животных. Особое внимание уделялось влиянию отдельных факторов на выработку условных рефлексов. Изучалось действие на кору головного мозга собак различных химических веществ, например брома и кофеина. Много внимания уделялось влиянию на работу коры половых гормонов, с этой целью было кастрировано несколько собак, после чего их высшая нервная деятельность подвергалась тщательному анализу. Попытки дать объяснение и найти способы борьбы с нередко возникавшим у собак во время эксперимента явлением гипнотизации. Много времени уделяли значению отдыха и тренировки для восстановления работы нервной системы собак разного типа.

Катастрофическое ленинградское наводнение 1924 г. подсказало новую тему исследования — не-



Альбом с фотографиями подопытных собак, хранящийся в Мемориальном музее-квартире И.П.Павлова.

вротические состояния у собак, попавших в экстремальные условия затопления помещений Физиологической лаборатории Академии наук. Эти собаки были спасены от гибели самоотверженными усилиями сотрудников Павлова, но у них развился невроз. Иван Петрович и его коллеги начали изучать на этих животных выносливость мозга, нарушения нормальной деятельности больших полушарий и их патологические состояния.

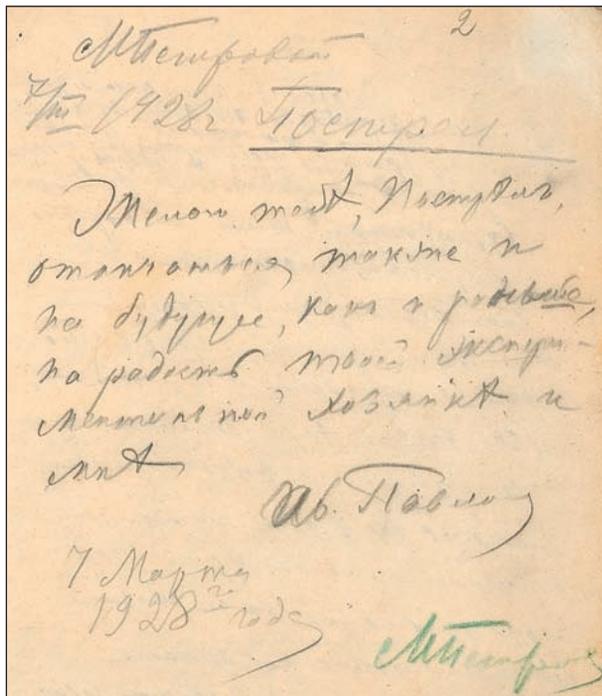
Чтобы изучить механизмы возникновения неврозов и способы их лечения, у здоровых собак старались вызвать неврозы искусственным путем, подвергая их так называемой «сшибке», чередуя воздействия, порождавшие возбуждение и сильное торможение нервных процессов. Полученные искусственным путем неврозы у собак лечили отдыхом от экспериментов, дававшим облегчение для деятельности коры, а также применением химических веществ, таких как кофеин, вызывавший возбуждение нервной системы, и бром, усиливающий ее торможение. Необходимо было на собаках испытать различные дозировки этих веществ, фиксируя их действие на работу мозга и поведение животных, — с тем, чтобы в будущем было возможно применять их для лечения неврозов у людей.

Одной из таких собак, пострадавших от наводнения, был Август, собака А.Д.Сперанского. К тому времени Алексей Дмитриевич работал с этим молодым псом уже год, характеризуя его как очень активное, жадное до пищи животное. Это стремление Августа к еде весьма помогало в работе, у него были успешно выработаны условные рефлексы на различные слуховые и зрительные раздражители. После спасения во время наводнения в работе был устроен перерыв на 10 дней. При возобновлении опытов каждый условный раздражитель стал у спокойной прежде собаки вызывать вместо обычной пищевой реакции ярко выраженную оборонительную, пропал даже безусловный пищевой рефлекс. Спасло только применение «социально-го» раздражителя, т.е. присутствие в камере самого

* Фонд Мемориального музея-квартиры И.П.Павлова, №106/2М.



А.Д.Сперанский с Августом [4, оп.7, д.230, л.12об.].



«Послание» И.П.Павлова в лабораторном журнале, адресованное Пострелу. 7 марта 1928 г. [14, д.1/4, л.2].

экспериментатора во все время продолжения опыта (обычно сотрудники Павлова наблюдали за реакциями собак в эксперименте через специальное окошко, находясь вне звуконепроницаемой камеры). Потребовалось более двух месяцев такой постоянной поддержки животного во время экспериментов, чтобы восстановились прежние рефлексы. Однако стоило только воспроизвести «искусственное наводнение», т.е. влить в камеру, где находилась собака, полтора ведра воды, образовавшей на полу большую лужу, как невроз тут же вернулся. Искусственно вызванный у *Августа* невроз удалось вновь победить «социальным воздействием» [12]. Позже *Август*, полностью восстановивший нервную систему, был снова переведен в разряд собак сильного типа.

Для своих опытов Павлов умышленно выбирал собак с разными типами нервной системы. Его сотрудница М.К.Петрова несколько лет работала с собаками *Милордом* и *Пострелом*. К этим двум псам был применен метод сопоставления двух противоположных нервных процессов — возбуждения и торможения при трудных условиях (воздействие электрического тока), что вызвало у обоих патологическое состояние нервной системы. Однако реакция собак была совершенно разной: живой, возбудимый *Пострел* реагировал на приемы экспериментатора резким повышением возбуждения, а спокойный *Милорд* — понижением нормальной возбудимости: сначала исчезли прочно выработанные у него рефлексы, а потом, последовательно, — и выработанные тормозные реакции [13].

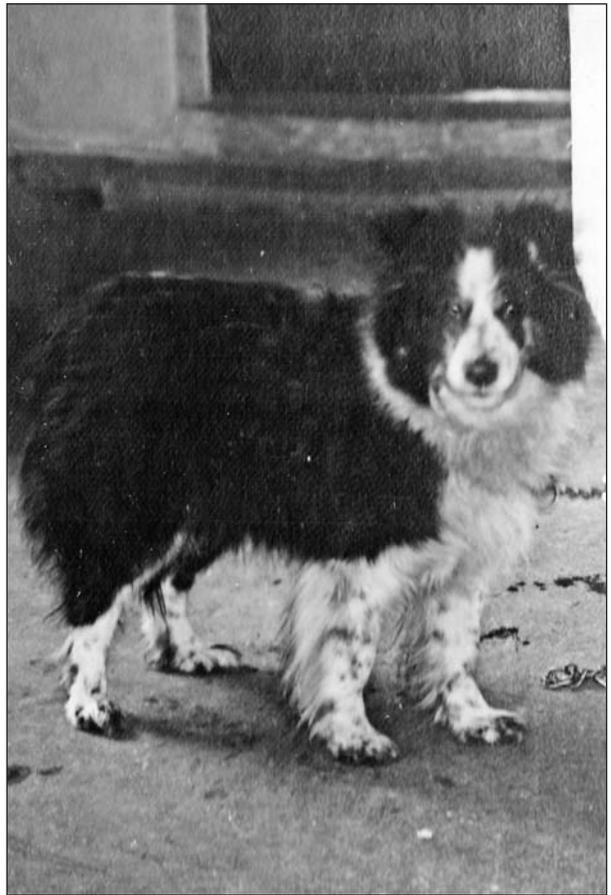
Иван Петрович нередко в лабораторных записях оставлял «послания» собакам. Так, к *Пострелу* он обратился со следующими словами: *Желаю тебе, Пострел, отличаться также и на будущее, как и раньше, на радость твоей экспериментальной хозяйке и мне. Ив. Павлов. 7 марта 1928 г.* [14, д.1/4, л.2].

Пострел работал в лаборатории более 15 лет. Его относили сначала к отчетливо возбудимому типу, но постепенно, многочисленными тренировками и сложными заданиями пес был приведен к тому, что с успехом стал одолевать самые сложные задачи [15].

После смерти *Милорда* его место занял *Бек* — беспородный кобель рыжей масти, первоначально настолько возбудимый, что проводить с ним опыты было совершенно невозможно. Но постепенно В.А.Крылову, который работал с ним с 1923 г., удалось обуздать этот неукротимый темперамент. Через год *Бек* стал считаться одной из лучших собак лаборатории, а по типу нервной системы — «сангвиником». В 1926 г. *Бек* был передан для экспериментов М.К.Петровой. В течение нескольких месяцев было проведено 30 опытов со столкновением (сшибкой) нервных процессов. Поддержание известного равновесия между двумя противоположными процессами *Бек* выдерживал, но в ответ на



«Сангвиник» *Милорд* — собака М.К.Петровой. Фото из альбома (с.8, фото 26).



Пострел — собака с возбудимым типом нервной системы. Фото из альбома (с. 11, фото 32).

предъявление трудного запроса к его нервной системе у собаки появилось экзематозное раздражение на коже. Однако вызвать продолжительное нарушение нервной деятельности животного так и не удалось. Прекращение опытов привело к быстрому успокоению и излечению собаки. Опыты с *Бекон* показали, что собаки-сангвиники обладают сильной нервной системой [16].

Подобные же опыты проводил И.О.Нарбутович на «сангвинике» *Пингеле*, и они также подтвердили, что у собак с уравновешенной нервной системой трудно получить общий срыв в результате «сшибок» [17].

Вопрос о взаимоотношениях раздражительного и тормозного процессов многократно ставился перед экспериментаторами павловских лабораторий. Иван Петрович называл «проклятым»



М.К.Петрова с *Бекон*. 1927 г. [4, оп.7, д.230, л.11об.].



«Сангвиник» Пингель — собака И.О.Нарбутовича. Фото из альбома (с.10, фото 31).



Разработанный скульптором И.Ф.Безпаловым проект памятника собаке на территории Государственного института экспериментальной медицины с резолюцией И.П.Павлова об одобрении проекта. 12 октября 1934 г. [4, оп.4, д.250, л.1].

этот вопрос и был склонен рассматривать раздражение и торможение как две стороны единого нервного процесса с преобладающим действием одной из них. Торможение рассматривалось в учении Павлова не как отсутствие возбуждения, а как столь же активный процесс, что и возбуждение.

Множество других собак также прошло через лабораторные испытания и оставило свой след в науке. Любимцем Павлова был, например, воспитанник М.К.Петровой немецкий пойнтер Джон, названный (по-английски) в честь самого Ивана Петровича. Пес талантливо решал многие трудные задачи, именно у него впервые экспериментально была получена фобия глубины, и Павлов демонстрировал его на Международном конгрессе физиологов в Ленинграде в 1935 г. На страницах лабораторного журнала он написал своему тезке: *Джон, благодарность от имени науки и ее служителей* [14, д.1/5, л.2].

Кастрированные собаки (Джон, Джой, Бой, Бек, Мамтус и др.) принимали участие в экспериментах, посвященных изучению физиологического действия брома. У таких животных нарушенная кастрацией нервная деятельность восстанавливалась после применения бромистого натрия, необходимо было только точно дозировать препарат и строго индивидуализировать дозировку у псов сильного и слабого типа: малые дозы применялись для слабого типа, а большие — для сильных систем. Будем мечтать, что Джой разрешит чертовскую задачу, — записал Павлов в лабораторном журнале 15 октября 1927 г. [14, д.1/1, л.2]. В другом месте, обращаясь к той же собаке, он написал: *Май 1928 г. Джой, не осрамайсь, голубчик, дальше, веди себя, как раньше. За прошлое благодарим* [14, д.1/2, л.1–2].

Иван Петрович исполнил свой долг перед лабораторными животными и отблагодарил их за многолетнюю службу и преданность, установив памятник собаке на территории Государственного института экспериментальной медицины, где он почти 46 лет был бессменным руководителем физиологического отдела. Павлов лично участвовал в создании проекта памятника, вместе со скульптором И.Ф.Безпаловым обсуждал его конструкцию, сочинил надписи на барельефах пьедестала. Памятник задумывался как апофеоз собаке, благодарность человечества и одновременно как напоминание исследователям об их долге перед подопытными животными. Наконец на одном из вариантов памятника появилась резолюция: *Предпочитаю этот проект. Относительно деталей сговоримся с Иннокентием Федоровичем. И.Павлов* [4, оп.4, д.250, л.1].

В окончательном варианте памятника собака смотрит прямо перед собой, а не в сторону, как это было в первоначальном варианте, одобренном Павловым. Проект был откорректирован, по-видимому, не только по эстетическим, но и по идеологическим соображениям: в советской стра-

не даже подопытная собака должна была уверенно смотреть в будущее и с радостью работать во имя науки. Как известно, Иван Петрович возлагал надежды на генетическое закрепление у собак приобретенных навыков, полученных в эксперименте. Для советской власти, вознамерившейся создать «нового человека», результаты павловских опытов представляли несомненный интерес.

Открытие памятника состоялось 7 августа 1935 г., накануне начала работы XV Международного конгресса физиологов.

Павлов, окруженный своими сотрудниками и гостями форума, подробно рассказывал об идее создания барельефов, на которых были изображены конкретные сцены из лабораторной жизни и пояснявшие их надписи, составленные им самим. На одном из них была изображена операция по вживлению в желудок собаки специальной трубочки — фистулы. Надпись над изображением гласила: *Пусть собака, помощница и друг человека с доисторических времен, приносится в жертву науке, но наше достоинство обязывает нас, чтобы это происходило непременно и всегда без ненужного мучительства. И.Павлов.*

Другой барельеф изображал сразу несколько стоявших в станках фистульных собак, прооперированных специально для возможности долговременного взятия у них желудочного сока, использовавшегося в те времена для лечения людей с различными заболеваниями желудочно-кишечного тракта.

Надпись над изображением выражала слова благодарности этим животным: *Собака, благодаря ее давнему расположению к человеку, ее догадливости, терпению и послушанию, служит, даже с заметной радостью, многие годы, а иногда и всю свою жизнь, экспериментатору. И.П.*

Два других барельефа представляли конкретные подробности поведения собак, помогавшие физиологам найти способы выхаживания подопытных животных после сложных операций. Их поясняли такие же вполне конкретные надписи. *Разломав штукатурку и сделав из нее пористую подстилку, собака подсказала экспериментатору*



И.П.Павлов на открытии памятника собаке. 7 августа 1935 г. [4, оп.6, д.30, л.1].

ру прием, благодаря которому истекающий из искусственного отверстия поджелудочный сок не разъедает брюха. И.П., — гласила надпись с правой стороны памятника. С левой стороны было написано: Вылизывая у своего сородича загноившуюся на шее рану после глубокой операции, собака спасает его от смерти и сохраняет для дальнейших научных исследований. И.П.

Памятник «безымянной собаке» по сей день хранит благодарность не только Павлова и его коллег, но и людей, чье здоровье, а подчас и жизнь сохраняются в современном мире благодаря опытам на животных. ■

Литература/References

1. Павлов И.П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Павлов И.П. Полное собрание сочинений: Т.4. М.; Л., 1951. [Pavlov I.P. Lectures about work of big cerebral hemispheres. Pavlov I.P. Complete collected works: V.4. Moscow; Leningrad, 1951. (In Russ.).]
2. Крепс Е.М. О прожитом и пережитом. М., 1989. [Kreps E.M. About lived and endured. Moscow, 1989. (In Russ.).]
3. Todes D.P. Ivan Pavlov: A Russian Life in Science. N.Y., 2014.
4. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф.259. [Saint-Petersburg Branch of the Archive of the RAS. Fund 259. (In Russ.).]
5. Анохин П.К. Иван Петрович Павлов. М.; Л., 1949. [Anokhin P.K. Ivan Petrovich Pavlov. Moscow; Leningrad, 1949. (In Russ.).]
6. Кольцов Н.К. Труд жизни великого биолога. И.П.Павлов в воспоминаниях современников. Л., 1967: 111–116. [Koltsov N.K. Work of life of the great biologist. I.P. Pavlov in memoirs of contemporaries. Leningrad, 1967: 111–116. (In Russ.).]
7. Новиков Ю.Ю. О социально-политических взглядах И.П.Павлова. Вестник Международной академии наук. Русская секция. 2008; 1: 77–81. [Novikov Yu.Yu. On the social and political views of I.P.Pavlov. Bulletin of the International Academy of Sciences. Russian section. 2008; 1: 77–81. (In Russ.).]
8. Павлов И.П. Живосечение. Павлов И.П. Полное собрание сочинений: Т.6. М.; Л., 1952: 9–27. [Pavlov I.P. Vivisection. Pavlov I.P. Complete collected works: V.6. Moscow; Leningrad, 1952: 9–27. (In Russ.).]
9. Анохин П.К. Несколько эпизодов из моих встреч и бесед с И.П.Павловым. И.П.Павлов: Pro et contra. Личность и творчество И.П.Павлова в оценке современников и историков науки. СПб., 1999: 488–502. [Anokhin P.K. Several episodes from my meetings and conversations with I.P.Pavlov. I.P.Pavlov: Pro et contra. I.P.Pavlov's personality and creativity in assessment of contemporaries and historians of science. Saint-Petersburg, 1999: 488–502. (In Russ.).]
10. Конради Г.П. О Павлове. И.П.Павлов в воспоминаниях современников. Л., 1967: 117–126. [Konradi G.P. About Pavlov. I.P. Pavlov in memoirs of contemporaries. Leningrad, 1967: 117–126. (In Russ.).]
11. Чижевский А.Л. О посещении И.П.Павлова в 1926 году. И.П.Павлов: Pro et contra. Личность и творчество И.П.Павлова в оценке современников и историков науки. СПб., 1999: 463–472. [Chizhevsky A.L. About my visit to I.P.Pavlov in 1926. I.P.Pavlov: Pro et contra. I.P.Pavlov's personality and creativity in assessment of contemporaries and historians of science. Saint-Petersburg, 1999: 463–472. (In Russ.).]
12. Сперанский А.Д. Изменение взаимоотношений процессов возбуждения и торможения у собаки после наводнения. Русский физиологический журнал имени И.М.Сеченова. 1925; VIII(3–4): 139–141. [Speransky A.D. Change of relationship of processes of excitement and braking at a dog after a flood. I.M.Sechenov Russian physiological Journal. 1925; VIII(3–4): 139–141. (In Russ.).]
13. Петрова М. К. Различные виды внутреннего торможения при особенно трудном условии. Труды физиологических лабораторий И.П.Павлова. 1924; 1(1): 61–69. [Petrova M.K. Different types of internal braking under especially difficult condition. Works of I.P.Pavlov's physiological laboratories. 1924; 1(1): 61–69. (In Russ.).]
14. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН. Ф.767. Оп.1. [Saint-Petersburg Branch of the Archive of the RAS. Fund 767. Inventory 1. (In Russ.).]
15. Павловские среды. Т.1: Протоколы 1929–1933 гг. М.; Л., 1949. [Pavlov's Wednesdays. V.1: Protocols 1929–1933. Moscow; Leningrad, 1949. (In Russ.).]
16. Петрова М.К. Лабораторное испытание силы нервной системы у собаки «сангвиника». Труды физиологических лабораторий И.П.Павлова. 1928; 2(2): 41–52. [Petrova M.K. A bench test of force of a nervous system at a dog of «sanguine person». Works of I.P.Pavlov's physiological laboratories. 1928; 2(2): 41–52. (In Russ.).]
17. Нарбуттович И.О. К испытанию типа нервной системы. Труды физиологических лабораторий И.П.Павлова. 1928; 3(1): 43–53. [Narbutovich I.O. To test the type of a nervous system. Works of I.P.Pavlov's physiological laboratories. 1928; 3(1): 43–53. (In Russ.).]

Ivan P.Pavlov' special diploma and a photo album of his four-legged friends

E.Yu.Basargina¹, L.I.Gromova²

¹Saint-Petersburg Branch of the Archive of the Russian Academy of Sciences (Saint Petersburg, Russia)

²Pavlov Institute of Physiology, RAS (Saint Petersburg, Russia)

Little-known documents relating to the scientific biography of Ivan P. Pavlov from Saint-Petersburg Branch of the Archive of the Russian Academy of Sciences and the Memorial Flat of the scientist provide more details on his work with the dogs in the study of the physiology of higher nervous activity of animals.

Keywords: Ivan P.Pavlov, physiology, higher nervous activity, types of nervous system and temperaments of animals, Pavlov's dogs.

Новости науки

Физика атомного ядра и элементарных частиц

Когерентное упругое рассеяние нейтрино обнаружено

Международная коллаборация COHERENT, в состав которой входят ученые из России, США, Канады и Южной Кореи, сообщила о первом наблюдении когерентного упругого рассеяния нейтрино на атомном ядре (CEvNS, Coherent elastic neutrino-nucleus scattering)*. Эффект когерентного усиления рассеяния нейтрино был теоретически предсказан еще в 1974 г.** Регистрация 2017 г. бы-

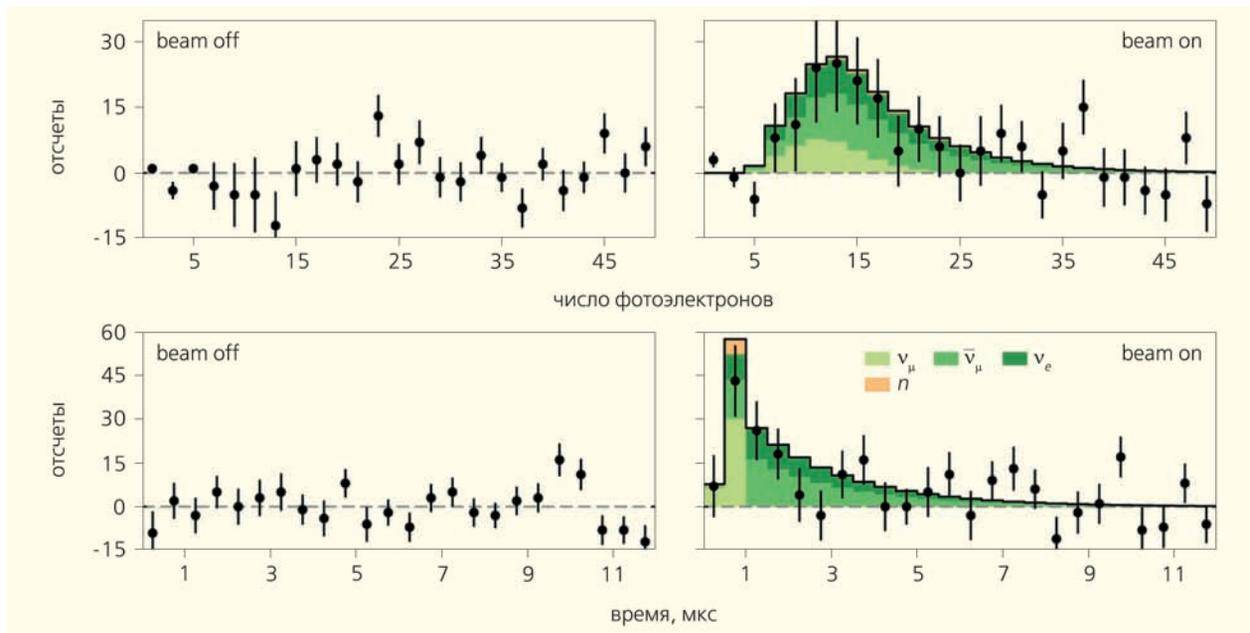
* Akimov D, Albert J.B, An P. et al. Observation of coherent elastic neutrino-nucleus scattering. Science. 03 Aug 2017.

Doi:10.1126/science.aao0990.

** Копелиович В.Б., Франкфурт Л.Л. Об изотопической и киральной структуре нейтрального тока. Письма в ЖЭТФ. 1974; 19(4): 236–239; Freedman D.Z. Coherent effects of a weak neutral current. Phys. Rev. D. 1974; 9(5): 1389–1392.

ла проведена с помощью нового детектора нейтрино, разработанного участниками группы. По сравнению с имеющимися детекторами он поистине миниатюрный: масса его активной среды сведена к нескольким килограммам вместо привычных тонн и килотонн.

Такие значительные объемы среды, используемые обычно, требуются, поскольку нейтрино взаимодействует с веществом очень слабо — в ходе процесса обратного бета-распада или рассеяния на электронах и кварках. При взаимодействии по механизму нейтральных токов нейтрино обменивается с кварком нейтральным Z-бозоном. Как подсказывает соотношение неопределенности Гейзенберга, при достаточно маленьком импульсе, переданном от нейтрино ядру, неопределенность координаты места взаимодействия становится сравнимой с размером ядра. В таком случае надо говорить о взаимодействии нейтрино не с отдельными кварками или нуклонами, а со всем ядром в целом, т.е. когерентно. Рассеяние происходит упруго, часть энергии нейтрино переходит к ядру. Для тяжелых



Количество отсчетов в зависимости от интенсивности сцинтилляционной вспышки (числа фотоэлектронов,верху) и от времени, прошедшего после сброса пучка (внизу). Данные суммированы для наблюдений в течение 153 дней в отсутствие пучка (beam off) и 308 дней производства нейтрино (beam on). Теоретические оценки для вклада от нейтрино различных типов (а также от быстрых нейтронов) показаны различными цветами.

ядер сечение упругого когерентного рассеяния оказывается намного больше, чем сечение других процессов взаимодействия нейтрино с веществом. Поэтому для достаточно интенсивных потоков нейтрино можно резко уменьшить массу детектора. Но для выполнения условия когерентности — малости переданного импульса — требуются и относительно невысокие энергии нейтрино (в текущих экспериментах она составляет 16–53 МэВ). Ядро, получившее импульс отдачи от частицы, в свою очередь передает его соседним ядрам, и в сцинтиллирующем материале часть рассеянной энергии выделяется в виде регистрируемого света (один акт взаимодействия с нейтрино дает выделение в веществе энергии ~10 кэВ).

В качестве сцинтиллятора для детектора был выбран кристалл CsI[Na] весом около 14.6 кг. Каждый раз, когда нейтрино рассеивается на ядре цезия или йода, последнее ускоряется и ионизирует вещество среды, порождая сцинтилляционную вспышку. По интенсивности света можно оценить сечение процесса (в пределах ошибок измерений оно совпало с предсказанным Стандартной моделью). Мощный поток нейтрино поставил ускоритель SNS (Spallation Neutron Source — Источник рассеянных нейтронов Окриджской национальной лаборатории, США) за счет побочных процессов рождения и распада пи-мезонов. Большие усилия потребовались, чтобы найти для размещения детектора подходящее место, где паразитные сигналы были бы снижены до минимума. И в результате длительных наблюдений удалось построить энергетические спектры событий, приписываемых когерентному рассеянию нейтрино. Такой спектр можно рассчитать теоретически, и данные эксперимента хорошо совпали с предсказаниями.

Регистрация процессов CEvNS интересна не только с точки зрения проверки Стандартной модели — она способна стать инструментом для расширения наших знаний о свойствах нейтрино, например для поиска стерильных (невзаимодействующих) нейтрино и для обнаружения нейтринного магнитного момента. Неудивительно, что описанный результат занял третье место в рейтинге «Научных прорывов года» журнала Science. Сбор данных продолжается, и сейчас коллаборация работает также с детекторами на основе жидкого аргона и кристаллов NaI[Tl].

Science. 03 Aug. 2017. Doi:10.1126/science.aao0990.

Климатология

Биткойн и климат

Взаимодействие компьютеров при обмене информацией похоже на обмен веществ живых организмов. Эта аналогия нашла свое отражение в широком распространении таких понятий, как «компьютерный вирус», «заражение компьютеров». Но недавно возникло новое финансовое явление:

криптовалюта. В прошлом году биткойн, как самый распространенный из них, показал беспрецедентную прибыль на финансовых рынках. Можно ли найти аналогию между взрывным ростом стоимости биткойна и процессами в живой природе?

Прежде всего, надо отметить, что в биткойне и других криптовалютах в целом ничего особенного нет. Они принципиально не отличаются от других финансовых инструментов. Каждая валюта, облигация, акция или фьючерс (оценка будущей цены акции) оправдывает свое существование и стоимость по отношению к другим платежным средствам объемом тех транзакций, которые происходят с ее участием. Так, доллар выступает как единое для всего мира средство взаиморасчетов, а евро силен своей общностью для экономики Европы. Финансисты, придумавшие биткойн, прекрасно понимали: риск того, что он не вызовет массового интереса и останется на периферии финансовой системы, очень велик. Но алгоритм майнинга (производства нового биткойна) был сделан привлекательным благодаря своей кажущейся доступности для любого владельца компьютера, а также полезности для возможного внедрения в иные банковские операции. Суть алгоритма в том, что при генерации нового биткойна и при всех операциях его купли-продажи фиксируется цепочка операций, которая называется блокчейн. Такой метод защиты транзакций привлек внимание банков. Распределенное хранение больших массивов информации, названное Cloud storage, известно уже давно; оно удобно, но недостаточно надежно. Технология блокчейн обеспечила быстрый и безопасный доступ к этому «облачному» хранению, позволив проводить защищенные банковские переводы.

Мощные компьютеры могут создавать новые единицы криптовалюты, пользуясь не очень сложной программой, однако объем необходимых вычислений с каждым шагом заметно возрастает. Если цена биткойна быстро растет, то его майнинг (добыча) остается выгодным, несмотря на растущие расходы на электроэнергию. Стоимость электроэнергии в разных странах различается весьма существенно: один киловатт-час в Европе обходится потребителю в 0.3 евро (или 19 руб.), в США он стоит 0.12 долл. (7 руб.), в России — от 4 до 6 руб., в Китае всего 3 руб. Поэтому неудивительно, что мировым лидером по количеству произведенных биткойнов в прошлом году стал Китай, на втором месте оказались США. Суммарная же энергия, затраченная в ноябре прошлого года на майнинг всех биткойнов, превысила потребление электричества всей Австралией.

А теперь подумаем: честно ли заработаны эти деньги? Оправдывает ли конечная цель затраченные средства чем-либо, кроме сверхприбыли? Ответ кажется очевидным. А каковы последствия гонки за прибылью для мирового сообщества? Китай производит дешевое электричество, сжигая углеродное топливо (в основном, уголь), что зна-

чительно увеличивает нагрузку на атмосферу. После заключения Парижского соглашения по климату в декабре 2015 г. выбросы диоксида углерода CO₂ — основного парникового газа, не возрастали в 2016 г., но заметно выросли в 2017 г. Его окончательные итоги еще не подведены, но поквартальный рост уже очевиден. Вина за это нарушение если не буквы, то духа Парижского соглашения ложится на Китай и США. Но как назвать эту безумную погоню за прибылью? Есть ли аналог такой болезни у живых существ? Есть. Это рак: неконтролируемый рост клеток, приводящий к гибели организма.

Излечима ли биткойновая болезнь? В данном случае мир, по-видимому, достаточно быстро справится с заразой естественным путем. В Европе производство биткойна уже стало убыточно. Еще немного, и стоимость майнинга окажется выше рыночной цены криптовалюты даже для Китая. Но само возникновение этого явления намного опаснее конкретной эпидемии. Дурной пример биткойна может оказаться заразительнее самой болезни, другие криптовалюты уже пытаются повторить его «успех».

Потепление на 2°, предусмотренное Парижским соглашением, трудно достичь даже при выполнении ведущими странами своих обязательств по сокращению выбросов CO₂. Если рак мировой финансовой системы получит дальнейшее распространение, потепление климата станет смертельно опасно.

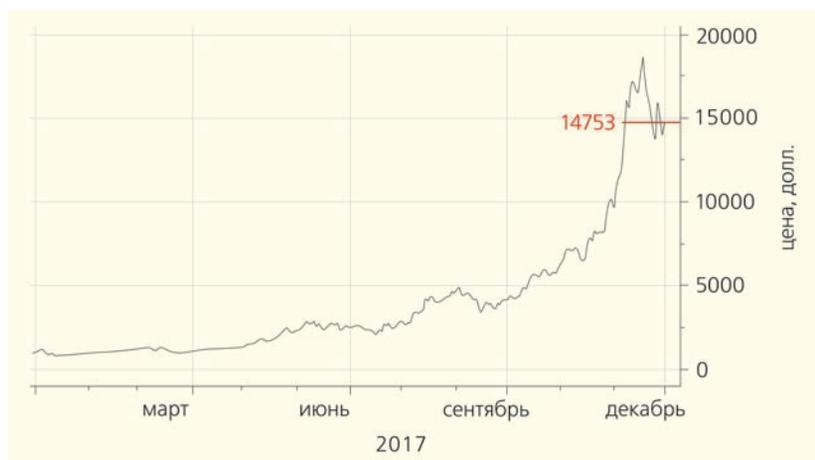
© доктор физико-математических наук **А.В.Бялко**
Институт теоретической физики
имени Л.Д.Ландау РАН

Кардиология

Рефралон: новые возможности антиаритмического препарата III класса

Несколько лет назад в нашем журнале была опубликована статья* о разработке и результатах доклинических и первых клинических испытаний ниферидила — нового отечественного антиарит-

* *ЛВРозентраух*. Экспериментальная электрофизиология сердца в создании новых препаратов // Природа. 2012. №8 С.10–16.



Цена биткойна в долларах в 2017 г. (вверху) и суммарная энергия производства биткойнов в конце 2017 года.

Источник: Bloomberg.com

мического препарата III класса. Создан ниферидил был учеными лаборатории электрофизиологии сердца НИИ экспериментальной кардиологии совместно с сотрудниками Центра по химии лекарственных средств. В экспериментах было установлено, что по ионному механизму действия ниферидил близок к другим современным препаратам III класса (способен подавлять калиевые токи), при этом в концентрации всего 0.1 и 1 мкмоль ниферидил значительно (на 19 и 26%) увеличивал длительность потенциала действия (за счет замедления конечной фазы реполяризации в предсердиях) на уровне 90%. Примечательно, что под действием препарата достоверный рост рефрактерности в предсердиях начинался уже при дозе всего 5 мкг/кг, а в желудочках — при 40 мкг/кг. Эти различия принципиальны, так как позволяют избежать осложнений при купировании мерцательной аритмии (фибрилляции предсердий), что делает ниферидил более безопасным средством по сравнению с другими препаратами III класса.

Клинические испытания препарата были завершены в 2013 г.; спустя год он был зарегистри-

рован в нашей стране под названием «рефралон» и рекомендован к широкому применению для восстановления ритма у пациентов с хронической (персистирующей) формой мерцательной аритмии. Таким образом, рефралон при внутривенном дробном (разово по 10 мкг/кг) введении в суммарной дозе до 30 мкг/кг — высокоэффективное средство медикаментозной кардиоверсии при персистирующем и длительно персистирующем (до двух лет) течении фибрилляции предсердий, которое обеспечивает восстановление синусового ритма в 85% случаев, что сопоставимо с эффективностью лишь электрической кардиоверсии (ЭКВ).

В октябре прошлого года в журнале «Кардиология» вышла статья об успешном применении рефралона в лечебной практике у больных с ожирением и персистирующим течением фибрилляции предсердий. По данным Национального института здоровья и питания США (The National Health and Nutrition Examination Survey), в периоды с 1988–1994 по 1999–2000 гг. распространенность людей с избыточной массой тела у взрослых увеличилась с 55.9 до 64.5%, а распространенность людей с ожирением увеличилась с 22.9 до 30.5%. В обзоре 16 исследований, в которые были включены в общей сложности 123 тыс. пациентов, показано, что у лиц с ожирением риск развития мерцательной аритмии в два раза выше, чем у остальных. Купирование этого состояния требует проведения ЭКВ, чья эффективность составляет 70–90%. Среди факторов, оказывающих отрицательное влияние на непосредственный успех этой процедуры, принципиальное значение имеют состояния, повышающие трансторакальное электрическое сопротивление. Ожирение может приводить к существенному возрастанию этого эффекта и тем самым существенно снижать вероятность восстановления синусового ритма у таких больных с помощью ЭКВ. Важно то, что в представленных в опубликованной работе случаях, после повторных безуспешных попыток ЭКВ, синусовый ритм у пациентов был восстановлен всего лишь через несколько минут после внутривенного введения рефралона в минимальной «стартовой» дозе (10 мкг на 1 кг массы тела), со-

ставляющей одну треть от максимальной расчетной дозы этого препарата. Представленные клинические примеры еще раз подтверждают, что при персистирующем течении фибрилляции или трепетании предсердий рефралон — весомая альтернатива ЭКВ.

Кардиология. 2017; 57(10): 80–86.
Doi:10.18087/cardio.2017.10.10036.

Экология

Редкость не всегда приводит к вымиранию

Долгое время считалось, что если численность некоторого вида мала, то он находится на грани исчезновения. Есть много типов редкости: у редкого вида могут быть малые размеры популяции, узкий ареал обитания, специализированный образ жизни в необычных местообитаниях, случайное попадание в нехарактерную для данного вида среду, успешность размножения только в определенных условиях, исчезновение биотопов в результате изменения климата и др. Однако хронически редкие виды довольно успешно существуют, а в некоторых случаях (например, некоторые тропические деревья) даже и обладают преимуществами за счет малой подверженности атакам паразитов и специализированных травоядных. Для того чтобы понять, как феномен хронической редкости развивался, и оценить его роль в выживании вида в кризис, важно определить не только виды, которые редки в пределах своих местообитаний в течение длительного времени, но и черты организмов, которые дают возможность выживать при низкой плотности популяции. Однако об индивидуальных, организменных, признаках, которые позволяют успешно существовать хронически редким видам, почти ничего не известно.

Ученые Г.Вермей и Р.Гросберг из Калифорнийского университета (Дейвис, США) сосредоточили свое внимание на хронической редкости, которая характеризуется низкой плотностью популяции на протяжении многих поколений. Такая редкость подразумевает успешное размножение в условиях, неблагоприятных для большинства других видов.

По мнению ученых, для успешного поддержания популяции хронически редкие виды должны обладать следующими особенностями:

- оплодотворение происходит внутри или вблизи взрослой особи (возможно, с помощью посредников);
- для привлечения друг друга особи используют сигналы, воспринимаемые издалека;
- взрослые особи подвижны сами или используют посредников,



Восстановление синусового ритма с частотой 67 уд./мин через 5 мин после внутривенного введения рефралона в дозе 10 мкг/кг.

распространяющих их половые клетки на большие расстояния (например, опылителей); — оба пола сочетаются в едином организме (гермафродитизм).

Кроме того, были выделены черты, которые смягчают неблагоприятное влияние низкой плотности популяции. Среди них отмечены синхронное выбрасывание и распространение гамет и увеличенная продолжительность жизни гамет до оплодотворения (что также способствует распространению на дальние расстояния). Частота и специфика образования этих признаков в процессе эволюционного развития видов, особенности сочетания признаков для лучшей устойчивости и выживаемости вида, связь хронической редкости с динамикой численности популяции и модели видообразования и вымирания остаются значимыми вопросами для решения проблем сохранения как хронически редких видов, так и всего биоразнообразия Земли.

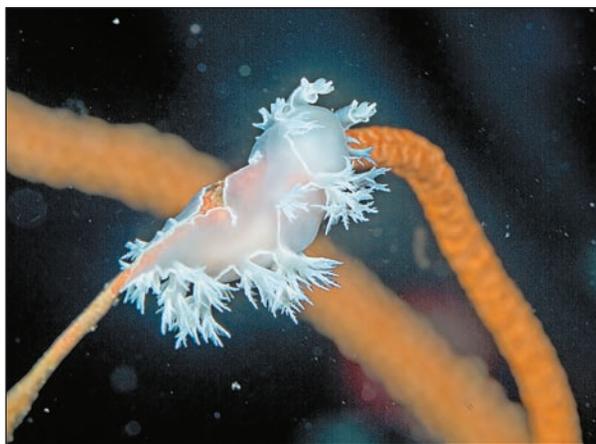
Ecology Letters. 2017; 21: 3–8. Doi:10.1111/ele.12872.

Палеонтология

Новые данные о юрских ихтиозаврах Поволжья

Ископаемые остатки морских ящеров ихтиозавров часто встречаются в верхнеюрских отложениях на территории Европейской России. Обычно это изолированные тела позвонков и фрагменты ребер, гораздо реже — кости черепа, конечностей и поясов конечностей, по которым возможно более точное определение их систематической принадлежности. Далеко не все стратиграфические уровни верхнего отдела юрской системы в равной степени полно охарактеризованы остатками ихтиозавров. Они встречаются достаточно часто только в отложениях средне- и верхневожского возраста. Намного реже окаменевшие кости этих морских рептилий попадают в отложения оксфордского и кимериджского ярусов, а также нижневожского подъяруса. Поэтому новая находка неполного скелета ихтиозавра* из оксфордско-кимериджских отложений окрестностей Сызрани

* Архангельский М.С., Зверьков Н.Г., Спаская О.С., Евграфов А.В. О первой достоверной находке остатков ихтиозавра *Ophthalmosaurus icenicus* Seeley в оксфордско-кимериджских отложениях Европейской России // Палеонтологический журнал. 2018. №1. С.45–52.

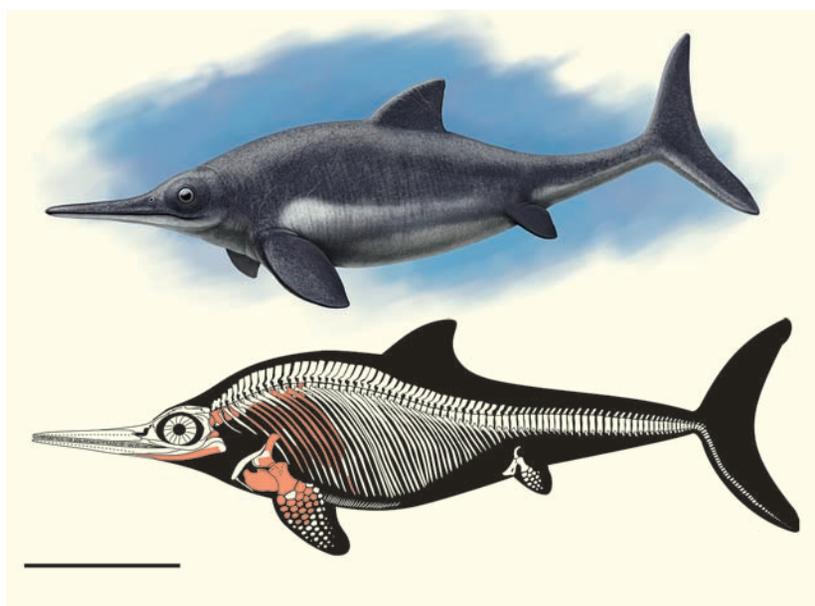


Брюхоногий моллюск *Tritonia* sp. *nudibranch*, обитающий в Красном море, может оказаться хронически редким видом. Обычно представителей этого вида находят всего лишь раз в несколько лет.

Фото prilfish (www.flickr.com)

(Самарская обл.) не могла не привлечь внимания исследователей. Были обнаружены диагностически значимые кости черепа и плечевого пояса, а также почти полный передний ласт, позвонки и ребра ихтиозавра. Остатки удалось отнести к *Ophthalmosaurus icenicus* Seeley, 1874 — типовому виду офтальмосавров, ранее известному лишь из средне-верхнеюрских отложений Западной Европы.

Офтальмосавры — это один из наиболее хорошо изученных родов ихтиозавров, главным обра-



Реконструкция внешнего вида ихтиозавра *Ophthalmosaurus icenicus* и прорисовка его скелета внутри контура тела (розовым цветом показаны те части скелета, что были обнаружены в Поволжье). Рисунок А.А.Атучина, реконструкция скелета Н.Г.Зверькова. Длина масштабной линейки 1 м.

зом благодаря многочисленным находкам из оксфордских глин Англии. Долгое время ситуация с определением материалов по верхнеюрским ихтиозаврам была серьезно осложнена тем, что палеонтологи не могли прийти к согласию в вопросе об объеме рода *Ophthalmosaurus*. Из-за этого к нему часто относили не только юрских, но даже и некоторых меловых ихтиозавров, плечевые кости которых несли три крупные дистальные фасетки. Сейчас для представителей рода *Ophthalmosaurus* установлена уникальная комбинация признаков скелета, и новая находка из Сызрани их демонстрирует. Таким образом, можно с уверенностью говорить о существовании более широкого ареала *Ophthalmosaurus icenicus*, охватывавшего также европейскую часть России. Это подтверждает представления о связи водных гер-

петофаун бассейнов Западной Европы и Среднерусского моря в начале поздней юры.

Интерес к новой находке из Поволжья связан с тем, что она заметно пополняет данные о географическом и стратиграфическом распространении ихтиозавров-офтальмозавров, а также открывает нам ранее неизвестные страницы из истории ихтиозавров Среднерусского моря.

© кандидат геолого-минералогических наук

Архангельский М.С.

Саратовский государственный технический университет имени А.Ю.Гагарина

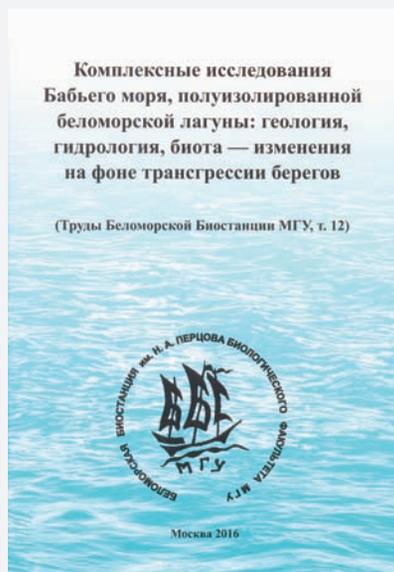
Саратовский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского

Зверьков Н.Г.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Гидрология. Геология. Экология

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БАБЬЕГО МОРЯ, ПОЛУИЗОЛИРОВАННОЙ БЕЛОМОРСКОЙ ЛАГУНЫ: геология, гидрология, биота — изменения на фоне трансгрессии берегов / Ред. Мокиевский В.О., Исаченко А.И., Дгебуадзе П.Ю., Цетлин А.Б. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 243 с. (Труды Беломорской биостанции МГУ. Т.12).



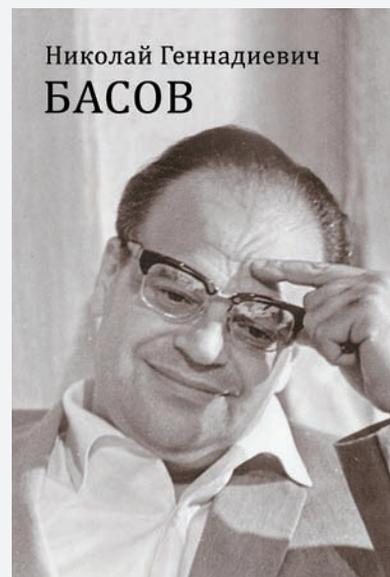
В 15 статьях сборника отражены результаты работ, проведенных преимущественно в летний сезон 2013 г. на базе Беломорской биостанции Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова и с борта судна «Студент». Бабье море — обширный водоем лагунного типа, расположенный в Кандалакшском заливе Белого моря, к северу от Ругозерской губы, и сообщаящийся с ней проливом глубиной около 3–4 м. На севере Бабье море соединено с Кандалакшским заливом еще более мелким (глубиной менее метра) проливом. Глубины в самом Бабьем море достигают 50 м. Неровный рельеф дна ведет к формированию сложной гидрологической структуры вод, а пороги изменяют характер приливов и отливов внутри лагуны. Междисциплинарные исследования проводились силами большого коллектива исследователей биологического, географического и геологического факультетов МГУ, Института океанологии РАН, Зоологического института РАН и ряда других учреждений. В публикациях дано описание рельефа дна, состава современных донных отложений, особенностей гидродинамики, видового состава и структуры сообществ планктона и бентоса. Исследования экосистемы Бабьего моря обеспечивают надежный временной репер для изучения изменений этой экосистемы в будущем и представляют материал для анализа динамики сообществ прибрежной зоны под влиянием меняющихся условий среды.

История науки. Физика

НИКОЛАЙ ГЕННАДИЕВИЧ БАСОВ: К 95-летию со дня рождения / Авторы-составители В.М.Березанская, М.А.Лукичев, Н.М.Шаульская; отв. ред. А.А.Ионин. Ярославль: Издательство «РМП», 2017. 200 с.

Открытия Н.Г.Басова привели к созданию новой науки — квантовой электроники (лазерной физики). Его фундаментальные исследования получили мировое признание и отмечены высшими наградами: Нобелевской (1964), Ленинской (1959) и Государственной (1989) премиями; он стал дважды Героем Социалистического Труда (1969, 1982), награжден пятью орденами Ленина, орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени (1999), Большой золотой медалью имени М.В.Ломоносова АН СССР (1990) и рядом зарубежных медалей. Был директором Физического института имени П.Н.Лебедева РАН (1973–1989), профессором Московского инженерно-физического института (заведовал кафедрой квантовой электроники), главным редактором журнала «Природа» (1967–1990). Началась же его жизнь в небольшом городе Усмани Тамбовской губернии (ныне Липецкая обл.). Тетя — учительница математики — научила его логически мыслить и увлекла миром точных наук. Велико было и влияние отца — выпускника Петербургского политехнического института, инженера-гидротехника, преподававшего в Воронежском государственном университете и в Воронежском лесотехническом институте. Еще в юности пришло увлечение физикой, но в год окончания школы началась Великая Отечественная война. Николай был призван в армию и направлен в военно-медицинское училище. В 1943 г. ему присвоили звание лейтенанта и отправили на фронт. Служил ассистентом врача в батальоне химической защиты в составе 1-го Украинского фронта. А в полевой сумке носил книгу А.Эйнштейна «Основы теории относительности». Демобилизовался в конце 1945 г. и поступил на инженерно-физический факультет Московского механического института (так назывался МИФИ). Любознательный, думающий и усидчивый студент понравился М.А.Леонтовичу, научившему Басова работать в лаборатории и совмещать теорию с научным экспериментом. В 1948 г., еще студентом, стал лаборантом в Физическом институте, а затем инженером в лаборатории колебаний, которой заведовал А.М.Прохоров. Там Николай Геннадиевич занялся изучением синхротронного излучения и радиоспектроскопии. В 1952 г. Басов и Прохоров на основе теоретического анализа первыми продемонстрировали возможность построения генераторов и усилителей электромагнитных волн с использованием явления вынужденного перехода в квантовых системах. В 1955 г. они предложили высокоэффективный принцип достижения инверсии путем СВЧ-накачки трехуровневой системы. Исследования Басова и его сотрудников привели к созданию широкого семейства новых лазеров. Впервые было предложено использовать полупроводники в качестве активной среды для лазеров, возбуждаемых различными методами, что привело к появлению инжекционных диодных лазеров. В 1962 г. Басов выдвинул идею достижения реакции термоядерного синтеза путем лазерного облучения малой мишени.

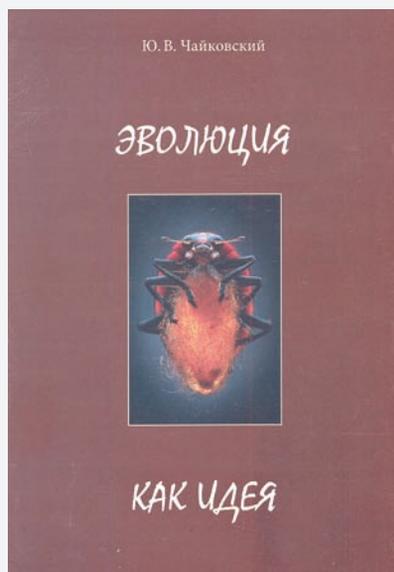
Фотографии и документы, собранные в альбоме, получены из фонда Н.Г.Басова в Архиве РАН, кабинета истории ФИАН, личного архива К.Т.Басовой и архива отделения квантовой радиофизики ФИАН. Большая часть материалов публикуется впервые.



Николай Геннадиевич
БАСОВ

Эволюционная теория. История науки

Ю.В.Чайковский. ЭВОЛЮЦИЯ КАК ИДЕЯ. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 159 с.

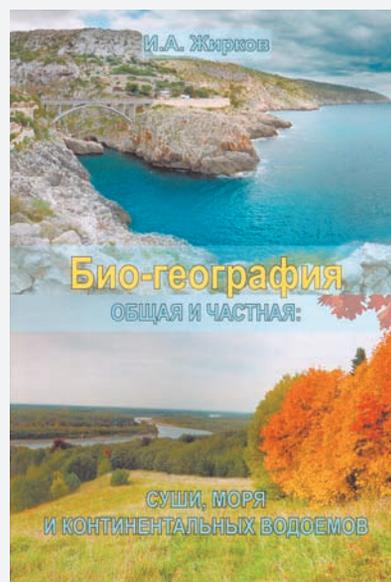


Основу книги составляет серия статей, опубликованных в «Lethaea rossica. Российский палеоботанический журнал» и переработанных автором. В них, с позиций научного идеализма, рассмотрена история эволюционной идеи, сделан акцент на необходимости включения идеализма в эволюционизм. В первых двух главах показано, как менялись представления об эволюции в шести познавательных моделях (от нулевой — донаучной до пятой научной — диатропической, согласно которой в мире наиболее важно разнообразие, но ни один элемент его не обязателен). Отмечено, что после того, как в 2000 г. была завершена расшифровка генома человека, выяснилось, что в нем имеется всего 30 тыс. генов, тогда как одних лишь связей в мозге человека многие миллиарды, а наследоваться могут даже тонкие черты поведения. Развитие зародыша — не просто считывание программы, записанной в генах, а нечто большее, для чего гены дают лишь материал. Как макромолекулы складываются в органеллу, органеллы — в клетку, клетки — в ткань, а ткани — в орган, генетика не говорит ничего. В главе «Эволюционное братство» рассказано о А.А.Любичеве (всю жизнь размышлявшем об эволюционном идеализме, но так и не реализовавшем его в виде целостной концепции), о «Любичевских чтениях, об их организаторах и участниках, а так же об идеях, высказанных в докладах. Завершающая глава посвящена философскому осмыслению некоторых идей в теории эволюции и обсуждению их вклада в историческую науку.

Биогеография. Экология

И.А.Жирков. БИО-ГЕОГРАФИЯ. Общая и частная: суши, моря и континентальных водоемов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 568 с.

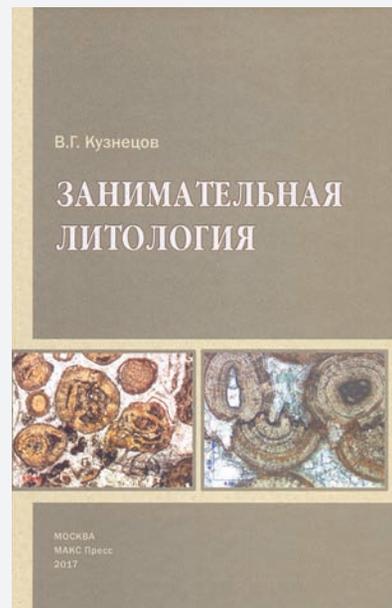
Автор книги, начав читать курс лекций «Общая биогеография» на биологическом факультете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, обнаружил, что почти все книги по этой науке написаны для географов. Поэтому он посчитал необходимым написать первую на русском языке монографию, в которой биогеография рассмотрена с позиций биологии. Обсудить в ней неоднородность биосферы и процессы, оказывающие влияние на нее, и дать обзор такой неоднородности. Книга состоит из двух частей: общей и частной биогеографии. В первой (главы 1 и 2) проанализированы различные концепции и взгляды на структуру биосферы; рассмотрены закономерности, свойственные всей биосфере; проанализированы методы выявления биогеографических регионов и смысл подобного понятия в разных парадигмах. Вторая часть посвящена биогеографии основных биотопов Земли — суши (глава 3), континентальных водоемов (глава 4), бентали (глава 5) и пелагиали (глава 6) морей и океанов, — соответствующим основным типам экосистем. При характеристике биогеографических регионов суши учтены изменения, произведенные человеком (на суше сообществ, находящихся в естественном состоянии, по мнению автора, возможно, уже и нет), и сделана попытка воссоздания биогеографической картины, существовавшей до его появления.



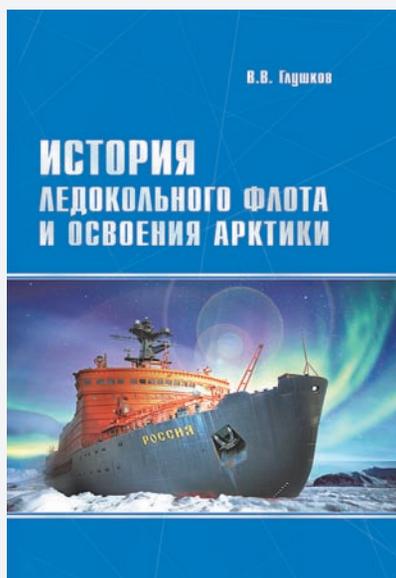
Геология. Литология

В.Г.Кузнецов. ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЛИТОЛОГИЯ. М.: МАКС Пресс, 2017. 192 с.

Литология — наука об осадочных горных породах и осадочных комплексах, об их составе, строении, происхождении, закономерностях пространственного и геохронологического распространения, а также о связанных с ними полезных ископаемых. Осадочные породы составляют около 10% объема земной коры, это область существования жизни; в значительной степени и сами они — продукт жизни в самом широком значении этого понятия. Книга состоит из серии научно-популярных очерков о некоторых интересных объектах, изучаемых литологами: «Что можно узнать от одного образца горной породы», «Изучаем разрезы осадочных отложений», «Создано бактериями — микроболиты», «Пилообразные узоры в породах — стилолиты», «Кремни», «Что происходит на подводных склонах» и «Как форма осадочного тела помогает определить условия его образования». В очерках рассмотрены примеры того, как можно восстановить механизмы и способы образования осадочных отложений и выяснить условия древних обстановок, в которых они формировались. Рассмотрены преимущественно карбонатные породы (это отражает научные интересы автора), составляющие лишь четвертую или даже пятую часть осадочных пород, но они наглядней, чем другие — глины, песчаники, соли, кремнистые породы, фосфориты, осадочные железные руды и др., — позволяют продемонстрировать возможности считывания содержащейся в них геологической информации.

**История науки**

В.В.Глушков. ИСТОРИЯ ЛЕДОКОЛЬНОГО ФЛОТА И ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ. М.: ИДЭЛ — Экономическая литература, 2017. 560 с.



Научно-популярная книга вышла в свет в год 80-летия со дня начала работы первой дрейфующей полярной станции «Северный полюс» под руководством И.Д.Папанина. Она знакомит читателей с более чем 150-летней историей отечественного ледокольного флота на фоне этапов изучения и освоения Арктики с помощью ледоколов и судов ледового плавания, а также самолетов и вертолетов полярной авиации, надводных и подводных кораблей Военно-морского флота. Немало страниц в книге уделено навигационному и гидрометеорологическому обеспечению плавания судов в арктических морях. Главы книги освещают периоды истории: 1864–1917, 1918–1955, 1956–1991, 1992–2016 гг. В них минувшие события показаны с позиции нашего современника — критически, но без идеологических штампов. Наиболее объемная — заключительная — глава повествует о современном состоянии российского ледоколостроения и перспективах его развития. Этот флот позволит более эффективно освоить богатейшие углеводородные и другие месторождения на арктическом шельфе, а также обеспечить социально-экономическое развитие российской арктической зоны и укрепить национальную безопасность. Россия располагает самым многочисленным ледокольным флотом, а также единственным в мире атомным, который уже в ближайшие годы пополнится тремя самыми крупными и мощными универсальными судами.

Информация для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Статьи рецензируются и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию материалы можно

прислать по электронной почте. Текст статьи, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате doc, txt или rtf. Иллюстрации предоставляются отдельными файлами. Принимаются векторные и растровые изображения в форматах EPS или TIFF (без LZW-компрессии). Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (Bitmap) — не менее 800 dpi. Векторные изображения должны быть выполнены в программе CorelDRAW или Adobe Illustrator.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала. См.: www.ras.ru/publishing/nature.aspx; www.naukaran.com/zhurnali/katalog/priroda/

ПРИРОДА

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

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

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Перевод содержания
Т.А.КУЗНЕЦОВА

Графика, верстка:
С.В.УСКОВ

Сдано в набор 29.01.2018 г.
Подписано к печати 05.02.2018 г.
Дата выхода в свет 24.02.2018 г.

Формат 60×88 1/8

Цифровая печать

Усл. печ. л. 11,16

Уч. изд. л. 12,2

Бум. л. 12

Тираж 24 экз.

Заказ 1987а

Бесплатно

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

Учредитель: Президиум Российской академии наук

Издатель: Российская академия наук

Исполнитель по контракту № 27-ЭА/17 ООО «Издательство РИПОЛ МЕДИА»

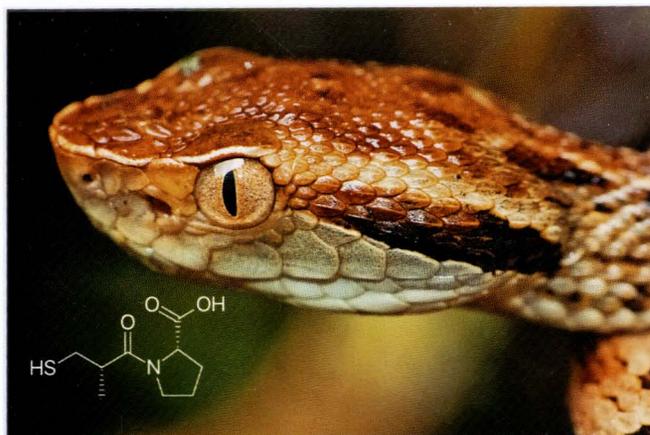
Оригинал-макет подготовлен ФГУП «Издательство «Наука»

Отпечатано в ФГУП «Издательство «Наука» по заказу ООО «Издательство РИПОЛ МЕДИА»

16+

www.ras.ru/publishing/nature.aspx; www.naukaran.com/zhurnali/katalog/priroda/
При использовании материалов ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.

в следующем номере



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

Копылова Н.В., Уткин Ю.Н.

ЗМЕИНЫЕ ЯДЫ — ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

