

ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

7 16



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.Куниин** (**E. Koonin**, США), академик, доктор геологоминералогических наук **Н.П.Лаверов**, доктор геолого-минералогических наук **А.Ю.Ленин**, член-корреспондент, доктор биологических наук **В.В.Малахов**, профессор **Ш.Миталипов** (**Sh. Mitalipov**, США), доктор сельскохозяйственных наук **Ю.В.Плугатарь**, доктор физико-математических наук **М.В.Родкин**, академик, доктор биологических наук **Л.В.Розенштраух**, 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 физико-математических наук **Л.Д.Фаддеев**, академик, доктор биологических наук **М.А.Федонкин**, академик, доктор физико-математических наук **А.Р.Хохлов**, академик, доктор физико-математических наук **А.М.Черепашук**, академик, доктор физико-математических наук **Ф.Л.Черноусько**, член-корреспондент, доктор химических наук **В.П.Шибяев**, **О.И.Шутова**, кандидат биологических наук **А.О.Якименко**, доктор геолого-минералогических наук **А.А.Ярошевский**

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Офиура *Ophiotrix savignyi*, как и ее ближайшие родственники морские звезды, относится к типу иглокожих — одним из самых загадочных представителей животного царства.

См. в номере: **Ежова О.В.**, **Малахов В.В.** *Есть ли почки у иглокожих?*

Фото А.А.Семенова

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Упряжка камчатских ездовых собак на соревновании «Берингия». См. в номере: **Быкасов В.Е.** *Ода собакам Севера.*

Фото Н.Слацилиной



«Наука»

**В НОМЕРЕ:****3** **Ефремова М.В., Мажуга А.Г., Головин Ю.И., Клячко Н.Л.****Наномеханика:  
адресная доставка лекарств**

Для адресной доставки лекарств можно использовать магнитные наночастицы. Если к ним прикрепить молекулы фермента и, наоборот, его ингибитора, то фермент начнет работать только после того, как при определенных условиях под действием магнитного поля связи между молекулами комплексов механически разорвутся.

**12 ВЗРЫВЫ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ:  
КАК С НИМИ БОРОТЬСЯ**

В подавляющем большинстве случаев аварии на шахтах происходят из-за взрывов метана, который концентрируется в какой-либо части горной выработки и легко воспламеняется. Однако с подземным газом успешно борются метаноокисляющие микроорганизмы.

**Кизильштейн Л.Я.****Геологические опасности  
в угольных шахтах (12)****Иванов М.В.****Использование микроорганизмов  
при борьбе с метаном в угольных  
шахтах (16)****22** **Ежова О.В., Малахов В.В.****Есть ли почки у иглокожих?**

Долгое время считалось, что у иглокожих нет почек. Оказалось, что выделительную функцию у иглокожих выполняет осевой орган — гомолог реноперикарда полухордовых, что подтверждает близкое родство двух типов.

**30** **Никонов А.А.****Мощное цунами.  
В проливе... Керченском**

Керченская сейсмогенерирующая зона регулярно продуцирует разрушительные землетрясения. Но не каждое событие сопровождается катастрофическим цунами — его вызывает только такое, при котором происходит провал дна.

**41** **Панов Е.Н.****Зарождение творчества**

Человечество «возникло» не тогда, когда у наших предков окончательно сформировались черты *Homo sapiens*, а когда они обрели способность творить второй, виртуальный мир. Как могли быть сделаны первые шаги в этом направлении? И как на этой почве формировалась и развивалась культура?

**50** **Черных Е.Н.****Русь, Россия и культуры Степного  
пояса: триста лет в рамках империй**

Несколько сотен лет потребовалось России для покорения народов Степного пояса. К середине XVIII в. удалось преодолеть сопротивление на Южном Урале и начать освоение его рудных богатств. В конце XIX в. были завоеваны Хивинское и Бухарское ханства. Так подошло к финалу формирование границ гигантской империи. Однако просуществовать в этих границах нашей стране пришлось недолго...

**Научные сообщения****62** **Горбунов А.П.****Озера северо-западного Сибирья****Времена и люди****69** **Булюбаш Б.В.****Б.Б.Голицын — физик  
на государственной службе****77****Новости науки**

Изучение неба в гамма-диапазоне. **Быков А.М., Красильщиков А.М., Холупенко Е.Е.** (77). Гидрофобное покрытие для теплообменных устройств. **Сафонов А.И., Тимошенко Н.И.** (78). Доказано существование на Земле Сибирско-Американского континента. **Гладкочуб Д.П.** (79). В Звенигороде обнаружен частный арсенал русского воина XVI в. **Энговатова А.В., Двуреченский О.В., Алексеев А.В.** (80).

**Рецензии****81** **Трускинов Э.В.****Книга о выдающемся  
биологе-эволюционисте и педагоге  
(на кн.: Э.И.Колчинский. Кирилл Михайлович  
Завадский. 1910–1977)****88****Новые книги****В конце номера****89** **Быкасов В.Е.****Ода собакам Севера****96****Объявление**

**CONTENTS:****3 Efremova M.V., Majouga A.G.,  
Golovin Yu.I., Klyachko N.L.****Nanomechanics:  
Targeted Drug Delivery**

For address drug delivery magnetic nanoparticles can be used. If enzyme molecules or alternatively its inhibitor molecules are bound to these nanoparticles, the enzyme will not work until the bonds between molecules in complexes rupture under specific conditions and the action of magnetic field.

**12 COAL MINE EXPLOSIONS:  
HOW TO FIGHT THEM**

Mining accidents are predominantly caused by explosions of methane, which concentrates in some part of mine roadway and is very inflammable. But methane-oxidizing microorganisms efficiently combat the underground gas.

**Kizilshtein L.Ya.****Geological Perils in Coal Mines (12)****Ivanov M.V.****Using Microorganisms in Fight  
against Methane in Coal Mines (16)****22 Ezhova O.V., Malakhov V.V.**  
**Do Echinoderms Have Kidneys?**

For a long time it was believed that kidneys are absent in echinoderms. It turned out that their excretory function is fulfilled by echinoderm axial organ, that is homologous to the hemichordate «heart-kidney». It confirms the close relationship between these two phyla.

**30 Nikonov A.A.**  
**Powerful Tsunami.  
In the Kerch Strait**

The Kerch Strait seismogenic zone regularly produces ruinous earthquakes. Not every event is accompanied by catastrophic tsunamis, but only when sinkhole occurs.

**41 Panov E.N.**  
**The Birth of Art**

Humankind «arose» not when our ancestors finally developed the features of *Homo sapiens*, but when they acquired a capacity to create the second, virtual world. How could the first steps have been taken in this regard? And how due to this did the culture form and evolve?

**50 Chernykh E.N.**  
**Rus, Russia and Steppe Belt Cultures:  
Three Hundred Years within Empires**

It took Russia several hundred years to conquer Steppe Belt nations. By the middle of the XVIII century it managed to overcome opposition in the Southern Urals and start to tap its ore wealth. At the end of the XIX century the khanates of Khiva and of Bukhara were conquered. That way the formation of borders of the vast empire approached the final. But our country had a short-lived existence within these borders...

**Scientific Communications****62 Gorbunov A.P.**  
**Lakes of the Northwest Xinjiang****Times and People****69 Bulyubash B.V.**  
**B.B. Galitzin – a physicist  
in the public service****77 Science News**

Investigation of Sky in Gamma Range. **Bykov A.M., Krasilshchikov A.M., Kholupenko E.E.** (77). Hydrophobic Coating for Heat Exchangers. **Safonov A.I., Timoshenko N.I.** (78). Existence of the Siberian-American Continent is Proved. **Gladkochub D.P.** (79). XVI-th century Private Arsenal of Russian Soldier Found in Zvenigorod. **Engovtova A.V., Dvurechensky O.V., Alekseev A.V.** (80).

**Book Reviews****81 Truskinov E.V.**  
**A book about the outstanding  
evolutionary biologist and teacher  
(E.I. Kolchinsky. Kirill Mikhailovich Zavadsky.  
1910–1977)****88 New Books****End of the Issue****89 Bykasov V.E.**  
**Ode to the Dogs of North****96 Advertisement**

# Наномеханика: адресная доставка лекарств

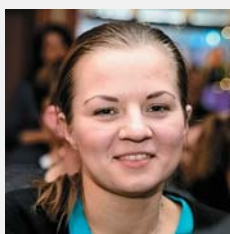
М.В.Ефремова, А.Г.Мажуга, Ю.И.Головин, Н.Л.Клячко

Трудно представить, сколько раз за последние несколько десятилетий в научном сообществе всплывало словосочетание «адресная доставка лекарств». И не случайно, ведь эта магическая формула, реализованная на практике, может совершить коренной переворот в современной медицине. К сожалению, все теоретическое многообразие систем доставки на практике часто сводится лишь к одному носителю — липосомам [1], да и то проблема контролируемого высвобождения лекарств из них окончательно не решена. В качестве возможной альтернативы «контейнерам» для адресной доставки лекарств в данной статье рассматривается механический подход с участием магнитных наночастиц.

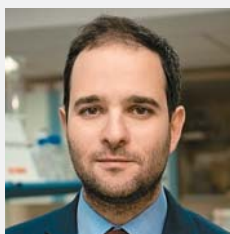
## Адресная доставка лекарств

Впервые о возможности адресной доставки лекарств заговорил в конце XIX в. великий немецкий бактериолог Пауль Эрлих (1854—1915), придумав термин «волшебная пуля» (рис.1). Под ней подразумевался препарат, который при введении в организм больного избирательно находил бы и убивал возбудителя болезни (например, опухолевые клетки), не повреждая при этом здоровые ткани [2]. Строго говоря, концепция волшебной пули порождает две проблемы:

© Ефремова М.В., Мажуга А.Г., Головин Ю.И., Клячко Н.Л., 2016



**Мария Владимировна Ефремова**, аспирант факультета наук о материалах Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Научные интересы — магнитные наночастицы, биомедицина, иммобилизация ферментов, магнитно-резонансная томография. Победитель конкурса «Био/мол/текст» 2015 года\*.



**Александр Георгиевич Мажуга**, доктор химических наук, доцент химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — синтез наногибридных функциональных материалов, биоорганическая химия, биологически активные вещества.



**Юрий Иванович Головин**, доктор физико-математических наук, профессор Тамбовского государственного университета имени Г.Р.Державина. Занимается магнетизмом, физикой наноструктур, математическим моделированием, наномеханическим управлением биомолекулами.



**Наталья Львовна Клячко**, доктор химических наук, профессор химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова. Изучает биокатализ, взаимосвязь структуры и функции биокатализаторов с помощью систем, моделирующих биомембранное окружение ферментов.

**Ключевые слова:** дистанционное управление активностью ферментов.  
**Key words:** remote control of enzymatic activity.

\* Статью «Наномеханика для адресной доставки лекарств — насколько это реально?», участвовавшую в конкурсе «Био/мол/текст» 2015 г. в номинации «Своя работа», можно найти здесь: <http://biomolecula.ru/content/1819>. — *Примеч. ред.*

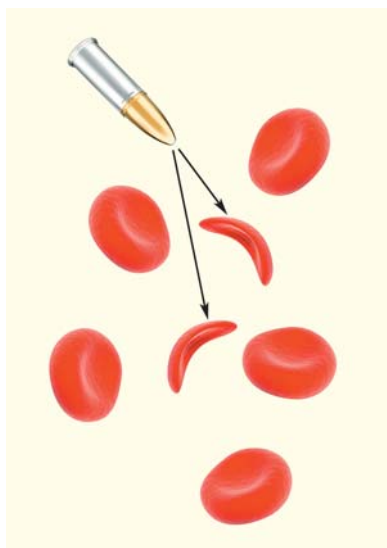
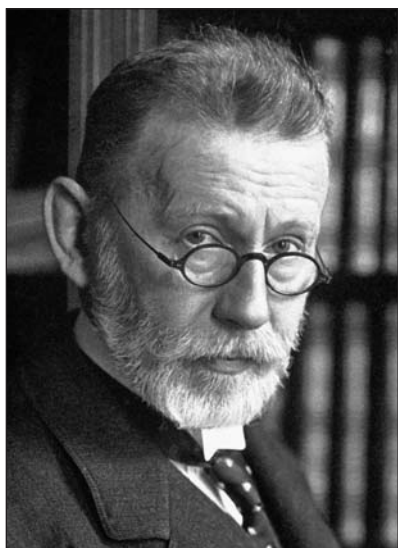


Рис. 1. Пауль Эрлих и его концепция волшебной пули. Например, подобный «снаряд» способен поражать только серповидные эритроциты в крови больного серповидноклеточной анемией.

направленное конструирование новых лекарственных препаратов — драг-дизайн (drug design) — и систем для их адресной доставки (drug delivery).

Основные понятия, используемые как в драг-дизайне, так и в задачах доставки, — это «мишень» и «лекарство». Мишень — макромолекулярная биологическая структура, предположительно связанная с определенной функцией, нарушение которой приводит к заболеванию. Чтобы излечиться от него, на эту структуру необходимо оказать определенное воздействие. Лекарство — это химическое соединение, специфически взаимодействующее с мишенью и модифицирующее клеточный ответ, создаваемый ею. Если в качестве мишени выступает рецептор, то лекарство будет, скорее всего, его лигандом (соединением, избирательно связывающимся с активным сайтом рецептора). Задача драг-дизайна состоит в том, чтобы, во-первых, выбрать правильную мишень, воздействуя на которую можно специфическим образом регулировать конкретные биохимические процессы, а во-вторых, найти или создать химические соединения, которые потенциально могут стать лекарствами. Задача адресной доставки, соответственно, заключается в транспортировании лекарства к мишени.

В современном научном мире под адресной доставкой лекарств понимают транспортировку молекул лекарственного вещества к мишени с помощью управляемого носителя, коим могут выступать другие молекулы или частицы (и даже клетки, например эритроциты). Почему же это направление исследований столь заманчиво для ученых?

В терапии трудноизлечимых на сегодняшний день заболеваний определяющую роль играет подбор оптимальной концентрации препарата

в очаге поражения. Чтобы лекарство было эффективным, его молекулы должны попасть к нужным клеткам: антидепрессанты — к клеткам мозга, противоопухолевые препараты — к раковым клеткам и т.д. В действительности большая часть целевого препарата попадает в печень и там инактивируется, а затем выводится из организма почками. Наиболее очевидное решение этой проблемы — повышать начальную концентрацию вводимых веществ. Однако тогда многие из них могут стать токсичными, т.е., оказывая положительное воздействие на одни клетки, начнут подавлять жизнедеятельность других. Это особенно важно в случае противоопухолевых препаратов, о которых мы и будем говорить дальше.

Вот почему ученые всего мира активно развивают это направление исследований — адресную доставку лекарств, которые будут попадать точно в цель, не повреждая другие клетки. Следовательно, важно защитить лекарство, чтобы оно не вступало в химические реакции по пути к опухоли, а начало действовать лишь в нужном месте. Это можно сделать, поместив молекулы в защитный «контейнер», к которому предъявляется ряд требований:

- его материал не должен сам вступать в химические реакции, которые нарушили бы взаимодействие лекарства с опухолевыми клетками;
- его материал должен каким-либо образом способствовать транспорту лекарства в опухоль;
- само его строение и состав должны содействовать контролируемому высвобождению лекарства только после успешной доставки в опухоль.

Наибольшую проблему на сегодняшний день представляет именно высвобождение лекарства из «контейнера», что, как правило, требует дистанционного регулирования. Как добиться того, чтобы, например, оболочка «контейнера», непроницаемая в процессе его транспортировки и тем самым защищающая лекарство, после его доставки в место назначения стала проницаемой, позволяя содержимому выйти наружу и начать действовать?

Поскольку идеального решения, удовлетворяющего всем критериям, до сих пор не найдено, в лаборатории химического дизайна бионаноматериалов химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова был предложен и разработан новый вариант системы для адресной доставки лекарственных препаратов. В ее состав входят три основных компонента: магнитные наночастицы, действующее вещество и его блокатор (рис.2).

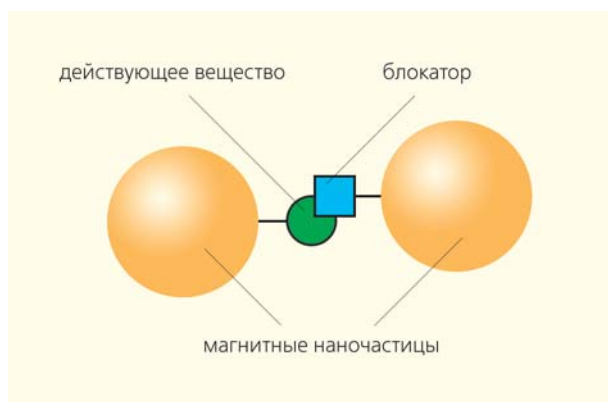


Рис.2. Система для адресной доставки лекарств на основе магнитных наночастиц.

Действующее вещество — это и есть то лекарство, которое нужно доставить к больным тканям. Блокатор полностью подавляет его действие, т.е. не дает преждевременно вступать в химические реакции — имитирует «контейнер». Как же доставить магнитные наночастицы в опухоль и как сделать лекарство активным после транспортировки?

### Доставка магнитных частиц в опухоль

Магнитные частицы выбраны в качестве носителей лекарства, поскольку ими можно управлять с помощью внешних магнитных полей. Однако не совсем верно полагать, что, просто вода вдоль тела больного по некоторой траектории постоянным магнитом, можно заставить частицы попасть в нужное место. Необходимо четко различать два вопроса: проникновение магнитного поля в ткани как таковое и его способность удерживать в требуемой области организма определенный процент введенных магнитных частиц.

Единственный фактор, от которого зависит проникновение переменного магнитного поля в ткань, — его частота. Поле частотой 1–10 МГц способно «пройти» лишь на 10–20 см вглубь, в то время как использование частоты 50–60 Гц обеспечивает на два-три порядка большую глубину проникновения. Следовательно, проникновение низкочастотного магнитного поля в любые ткани человека, в том числе опухолевые, практически ничем не ограничено.

Способность же переменного магнитного поля удерживать в нужном месте организма опре-

деленную долю введенных магнитных частиц не зависит от частоты, зато зависит от силовой характеристики поля, а также от проницаемости тканей для частиц. Что касается последнего аспекта, то для опухолей характерен так называемый эффект повышенной проницаемости и накопления (EPR-эффект, Enhanced Permeability and Retention), обусловленный «рыхлостью» стенок сосудов в пораженной области [3]. При этом магнитного поля индукцией 1 Тл вполне достаточно, чтобы удерживать магнитные частицы в конкретном месте после их доставки, т.е. сопротивляться потоку крови. Это продемонстрировали авторы статьи [4], смоделировав поток крови в сосудах под давлением. Они использовали установку, состоящую из перистальтического насоса, гонящего буферный раствор по силиконовой трубке из одной емкости в другую (рис.3). Шприцем в трубку вкалывали магнитные частицы и изучали, как они удерживаются постоянным магнитом в определенном месте. При умеренных скоростях потока (6 мм/с) и расстоянии между потоком и источником магнитного поля 1 см в требуемой области удерживалось 50–60 % введенных частиц.

Однако приложение сильного магнитного поля лишь в одной точке вне организма недостаточно полно разрешает вопрос доставки частиц к опухолям глубоко залегающих органов. Ведь в этом случае магнитные частицы будут накапливаться не только в целевой области, но также и по всему поперечному сечению от внешнего источника магнитного поля до глубины, которая служит пределом эффективного поля. Самое простое решение этой проблемы — одновременное использование двух источников магнитного поля, расположенных симметрично относительно об-

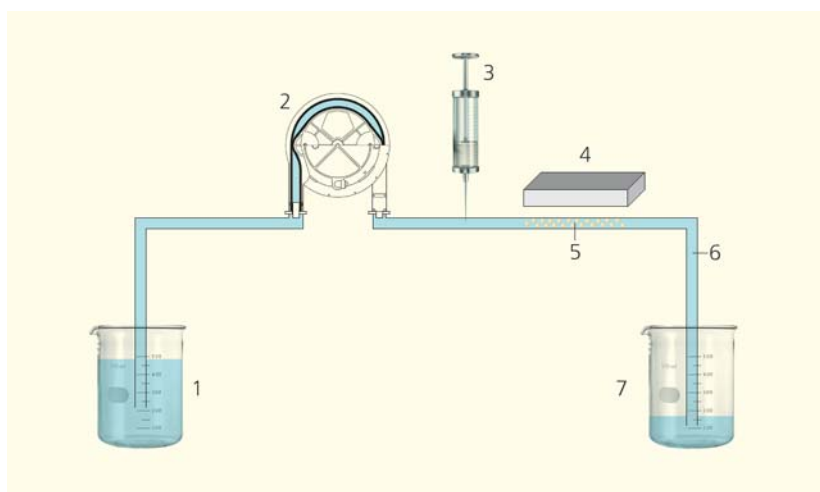


Рис.3. Схема установки для изучения того, как в определенном месте потока магнитные частицы удерживаются магнитным полем. 1 — емкость с буферным раствором, 2 — перистальтический насос, 3 — шприц с магнитными частицами, 4 — постоянный магнит, 5 — место удержания частиц, 6 — силиконовая трубка, 7 — сливная емкость.

ласти поражения. При этом геометрию и градиент суммарного поля можно подобрать таким образом, чтобы точка его фокусировки располагалась именно в опухоли. Также высказываются предложения хирургически имплантировать магниты в организм вблизи целевой области [5].

### Комплекс блокатор—лекарство

Примеры «парных» молекул известны всем, кто занимается биохимией, — это комплексы антиген—антитело, фермент—субстрат, фермент—ингибитор, рецептор—лиганд и др. Очень упрощенно можно сказать, что в основе взаимодействия этих молекул лежит принцип «ключ—замок», когда две молекулы настолько хорошо подходят

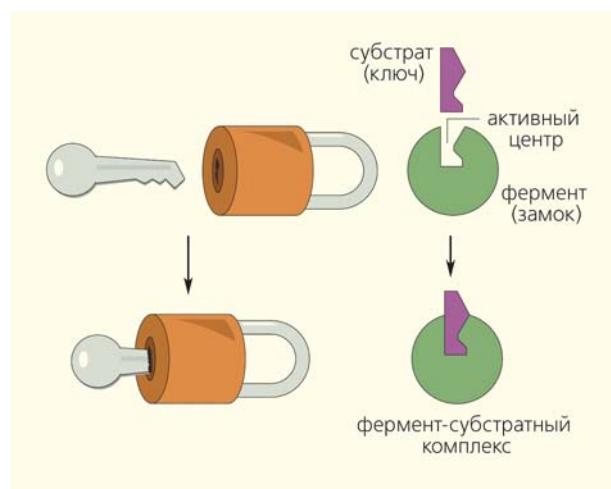


Рис.4. Иллюстрация принципа «ключ—замок» для комплекса фермента и его субстрата.

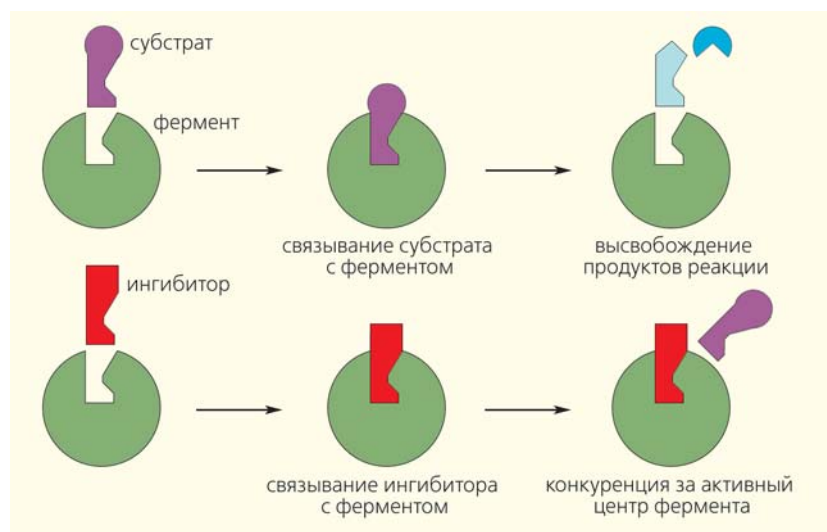


Рис.5. Схематическое изображение комплексов фермент—субстрат (вверху) и фермент—ингибитор.

друг другу по форме, заряду и т.д., что стремятся «найти» друг друга и образовать очень прочную связь (рис.4).

Антитела и ферменты могут выступать в качестве лекарственных препаратов [6], теряя свою активность в присутствии соответствующих антигенов или ингибиторов. В нашей экспериментальной работе роль лекарства выполняли именно ферменты, поэтому остановимся подробнее на комплексах фермент—субстрат и фермент—ингибитор.

Ферменты — биологические катализаторы, ускоряющие протекание многих реакций в организме. Фермент образует комплекс со своим субстратом — веществом, которое в ходе химической реакции превращается в ее продукт (рис.5, вверху). Структуры фермента и субстрата подходят друг к другу так же, как ключ к замку. Именно это обуславливает их прочную связь, а также высокую избирательность ферментов к типу реакции, на скорость которой они могут повлиять. Однако существует еще один класс молекул, способных образовывать не менее устойчивые комплексы с ферментами, — их ингибиторы. Они схожи по структуре с субстратами, однако не превращаются в продукты реакции, а лишь препятствуют связыванию фермента с субстратом (рис.5, внизу).

Таким образом, если мы хотим использовать фермент в качестве прицельно доставляемого лекарства, то, конечно, рассчитываем, что его терапевтическим действием будет как раз превращение субстрата в продукт, причем происходить это должно исключительно в пораженной ткани. В качестве блокатора мы берем ингибитор, который не дает ферменту вступать в химические реакции. Однако, как только фермент достигнет определенного места в организме, нужно отделить от него ингибитор, позволяя ферменту начать взаимодействие с субстратом. В этом нам помогут магнитные частицы.

### Снятие блокировки фермента

Мы уже говорили, что магнитными частицами в организме можно управлять извне с помощью магнитного поля. Рассмотрим случай, когда частицы состоят из молекул, обладающих собственным магнитным моментом (он обусловлен внутренним движением электронов). Соответственно, вся частица также будет обладать некоторым суммарным магнитным моментом, причем его направление будет произ-



вольным относительно магнитных моментов других частиц. В своей работе мы синтезировали наночастицы оксида железа  $Fe_3O_4$ , образующего в природе минерал магнетит.

Мысленно поместим такие частицы между полюсами постоянного магнита, пренебрегая при этом сопротивлением среды и тепловыми флуктуациями (рис.6). Внешнее магнитное поле будет стремиться повернуть хаотично ориентированные магнитные моменты частиц в одну сторону, по направлению своих силовых линий. Расчеты показывают [7], что при диаметре более 13-14 нм магнитные моменты частиц магнетита становятся сонаправленными силовым линиям внешнего поля преимущественно за счет механического поворота самих частиц.

Получается, если к магнитным частицам в растворе, помещаемом в магнитное поле, мы прикрепим какие-то молекулы, то поворачиваясь, выстраиваясь по полю под действием возникающих механических сил, частицы будут вместе со своим «грузом». Мы провели численные оценки этих сил [8, 9], и в первом приближении оказалось, что они не зависят от вязкости раствора и частоты переменного поля, но линейно зависят от его индукции. В такой системе для магнитных наночастиц радиусом 10 нм в поле индукцией 0.1 Тл можно получить силу около 100 пН, а для наночастиц радиусом 20 нм в поле индукцией 0.2 Тл — 1000 пН. Благодаря исследованиям по силовой спектроскопии одиночных молекул [10, 11] известно, что такого диапазона сил достаточно для проведения манипуляций с белковыми макромолекулами. Именно это и лежит в основе разрыва связи между ферментом и ингибитором в нашей системе для адресной доставки лекарств.

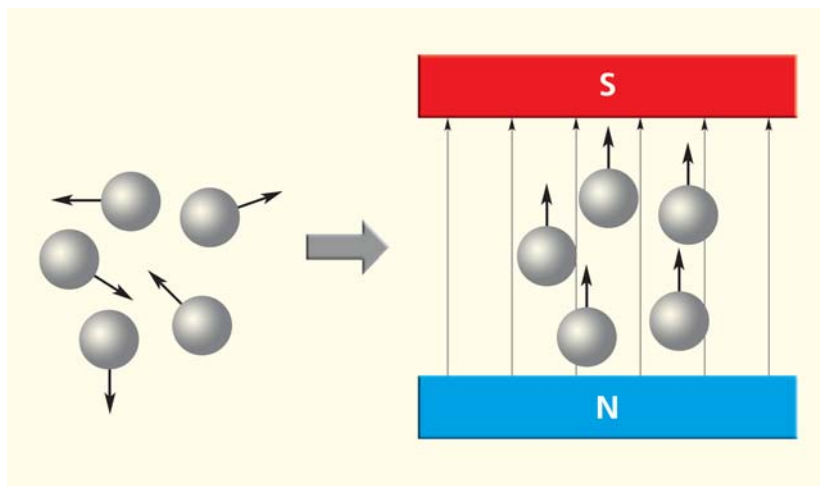


Рис.6. Схема, иллюстрирующая поведение магнитных частиц в поле постоянного магнита. В отсутствие внешнего поля магнитные моменты частиц (изображены маленькими стрелками) ориентированы хаотично (слева). Внешнее же магнитное поле стремится повернуть магнитные моменты частиц в одну сторону, сонаправленно с его силовыми линиями (тонкие стрелки).

Итак, первоначально у нас есть две порции наночастиц магнетита  $Fe_3O_4$ , покрытых золотой (инертной) оболочкой. К одной порции мы «пришиваем» фермент, а к другой — его ингибитор (рис.7, слева). Затем смешиваем обе порции частиц друг с другом — и они попарно взаимодействуют между собой, образуя комплексы, в которых фермент связывается с ингибитором и становится неактивным (рис.7, справа). Осталось добиться механического разрыва связи между ферментом и ингибитором или как минимум ее деформации, а следовательно, ослабления, что позволит ферменту вновь стать активным и начать действовать. Безусловно, активация фермента актуальна только после доставки описанных комплексов к нужным клеткам.

Каждая из двух наночастиц магнетита в комплексе обладает собственным магнитным моментом, в общем случае — произвольно направленным (рис.8, вверху). Поместим систему во внеш-

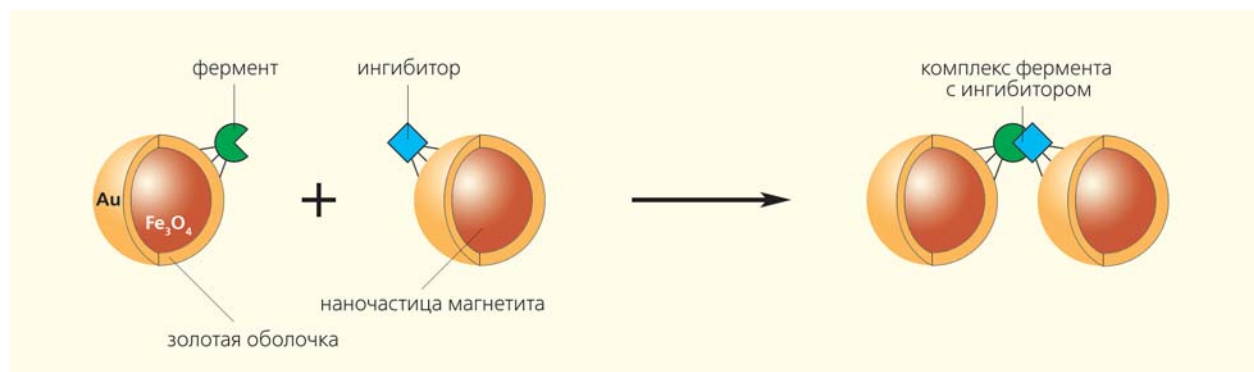


Рис.7. Образование комплекса между ферментом и ингибитором на магнитных наночастицах.

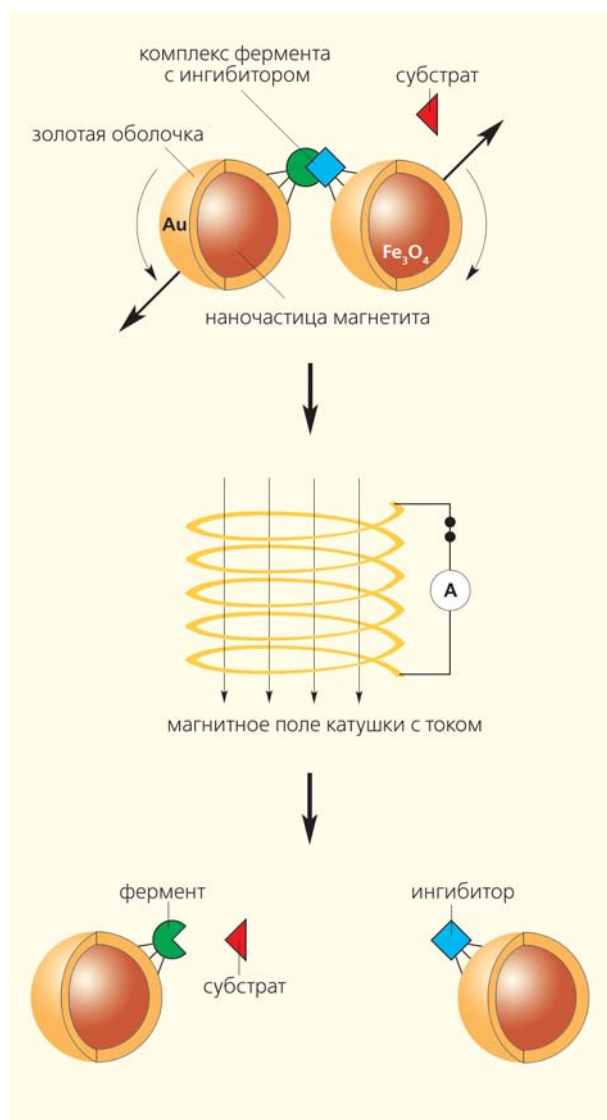


Рис.8. Схема, иллюстрирующая поведение магнитных наночастиц с «пришитыми» к ним молекулами фермента и ингибитора во внешнем магнитном поле катушки с током. В отсутствие внешнего поля магнитные моменты (изображены черными стрелками) двух наночастиц магнетита в комплексе ориентированы произвольным образом (вверху). Во внешнем магнитном поле катушки с током магнитные моменты частиц будут ориентироваться в направлении силовых линий поля (если ток течет по обмотке по часовой стрелке, то силовые линии катушки по правилу правой руки направлены вниз, как показано тонкими прямыми стрелками) за счет механического вращения самих частиц (направления вращения показаны тонкими стрелками вверху). В результате связь между ферментом и ингибитором будет растягиваться и деформироваться. Если же пустить через катушку переменный ток, меняющий свое направление на противоположное с определенной частотой, то и магнитное поле катушки тоже будет менять ориентацию, а значит, многократные повороты частиц в разных направлениях через некоторое время неизбежно разорвут связь фермента с ингибитором (внизу).

нее магнитное поле, например, внутрь катушки с постоянным током. Тогда магнитные моменты частиц будут ориентироваться в направлении силовых линий магнитного поля катушки. Поворот магнитных моментов будет происходить за счет механического вращения самих частиц, в ходе которого связь между ферментом и ингибитором, очевидно, растягивается и деформируется. Учитывая, что диаметр используемых наночастиц равен приблизительно 20 нм, а размеры фермента и ингибитора намного меньше — около 2 нм, при любом начальном положении магнитных моментов двух частиц, кроме идеально совпадающего, во внешнем магнитном поле они будут «тянуть» фермент и ингибитор в разные стороны. А если пустить через катушку переменный ток, меняющий свое направление на противоположное с определенной частотой, то и магнитное поле катушки тоже будет менять ориентацию, а значит, повороты частиц будут происходить многократно в разных направлениях. При таких условиях через некоторое время связь фермента с ингибитором неизбежно разорвется (рис.8, внизу). Фермент станет доступным для субстрата (который не связан с магнитной наночастицей и поэтому более подвижен) — и между ними произойдет нужная каталитическая реакция.

### Чего удалось достигнуть

Мы получили водные растворы наночастиц магнетита  $Fe_3O_4$  диаметром 10 нм и покрыли их защитной оболочкой из золота толщиной около 6 нм (рис.9, 10) [12]. Затем к половине частиц «пришили» фермент альфа-химотрипсин (диаметр молекулы около 2 нм), а к другой половине — соевый ингибитор трипсина, способный блокировать действие нашего фермента. В организме человека химотрипсин содержится в секрете поджелудочной железы и участвует в расщеплении белков в тонком кишечнике. Разумеется, теоретически возможна ситуация, когда альфа-химотрипсин понадобится прицельно доставить в организм человека, страдающего расстройством пищеварения. Однако на данном этапе мы, скорее, выбрали этот фермент как хорошо изученную модель с известными характеристиками (размером, молекулярной массой, структурой, химическими свойствами и т.д.). Эксперименты с магнитными наночастицами, несущими фермент или его ингибитор, проводили *in vitro*, не помещая частицы в живой организм.

Чтобы судить об успешности эксперимента, нужно иметь возможность оценивать активность фермента. Ведь он не просто должен быть доставлен в конкретное место организма, а еще и способен эффективно работать после отделения от ингибитора. Альфа-химотрипсин катализирует гидролиз пептидных связей, поэтому в качестве

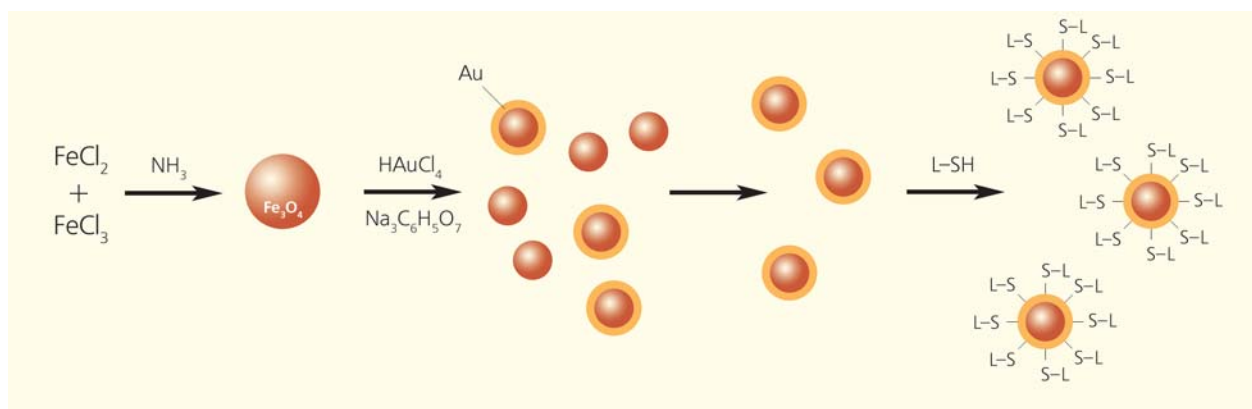


Рис.9. Схема получения наночастиц магнетита для экспериментальной работы. Наночастицы магнетита образовывались в процессе соосаждения солей железа (II, III) в щелочной среде. Затем частицы прикапывали в кипящий раствор соли золота  $\text{HAuCl}_4$ , которая адсорбировалась на их поверхности, и добавляли к ним цитрат натрия, восстанавливающий ионы  $\text{Au}^{3+}$  до металлического золота. Так частицы магнетита оказывались покрыты золотой оболочкой. Их отделяли из смеси центрифугированием, далее покрывали лигандом — липоевой кислотой (L-SH), избыток которой удаляли диализом. Этот лиганд служил линкером между магнитными наночастицами и молекулами фермента или ингибитора.

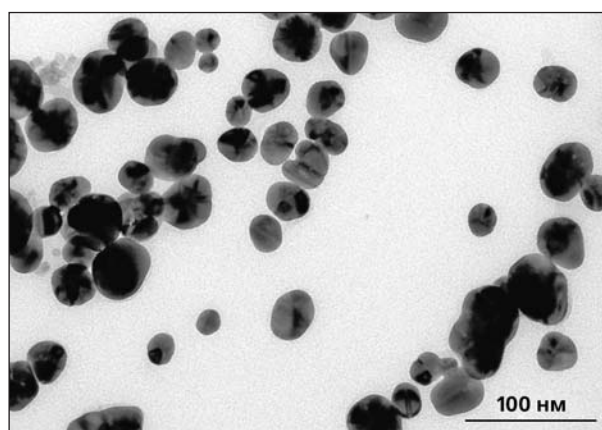
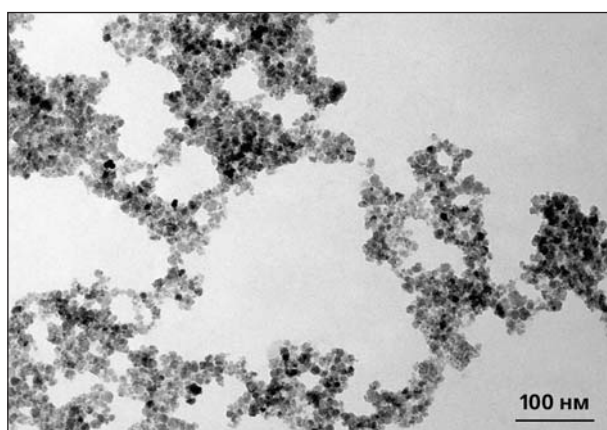


Рис.10. Полученные наночастицы магнетита диаметром  $10 \pm 2$  нм (слева) и наночастицы магнетита, покрытые золотом, диаметром  $23 \pm 3$  нм. Фотографии сделаны с помощью просвечивающего электронного микроскопа.

субстрата мы выбрали паранитроанилид-N-бензоил-L-тирозин (BTNA). Фермент отщепляет от субстрата паранитроанилин, что сдвигает максимум поглощения раствора в длинноволновую область (рис.11). В нашей лаборатории специально сконструировали прибор, совмещающий в себе функции спектрофотометра и катушки с током. С его помощью мы можем одновременно прикладывать внешнее магнитное поле и измерять зависимость поглощения раствора от времени.

Итак, мы сравнивали скорость реакции гидролиза BTNA под действием альфа-химотрипсина в различных условиях.

1. Все магнитные наночастицы связывали только с альфа-химотрипсином, ингибитора не было вообще. К частицам в отсутствие внешнего магнитного поля добавляли субстрат BTNA и помещали раствор в спектрофотометр, чтобы определить максимальную эффективность работы фермента.

2. Часть магнитных наночастиц связывали с ферментом, часть — с его ингибитором и инкубировали оба раствора вместе для образования комплексов. Затем к ним в отсутствие внешнего магнитного поля добавляли субстрат BTNA и помещали раствор в спектрофотометр, чтобы определить, насколько эффективно ингибитор подавляет действие фермента.

3. Наконец, к магнитным наночастицам с образованными, как в пункте 2, комплексами фермента с ингибитором добавляли субстрат BTNA, помещали раствор в спектрофотометр и включали внешнее магнитное поле.

Скорость гидролиза BTNA в отсутствие ингибитора (характеризующую максимальную активность фермента) принимали за 100 %. При связывании альфа-химотрипсина с ингибитором активность протеазы падала до 25-30 %, однако при включении внешнего магнитного поля повыша-

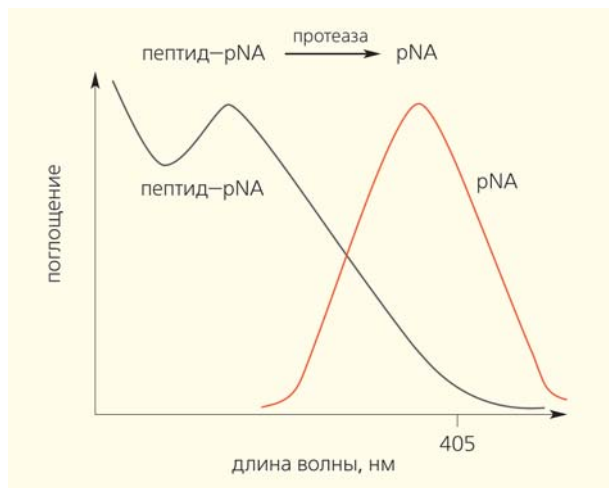


Рис.11. Принцип определения активности протеолитического фермента с помощью хромогенного субстрата. Исходный субстрат имеет максимум поглощения в области короткого ультрафиолета, а свободный паранитроанилин (pNA) — около 380 нм. Протеаза отщепляет от молекулы субстрата pNA, что приводит к сдвигу максимума поглощения раствора в длинноволновую область. Это регистрируется спектрофотометром. Итоговая концентрация pNA пропорциональна активности протеазы и определяется по увеличению поглощения света с длиной волны 405 нм.

лась приблизительно в два раза, до 50-55 %, т.е. комплекс фермента с ингибитором частично разрушался — и фермент лучше взаимодействовал с субстратом (рис.12).

Любой человек, знакомый с термином «магнитная гипертермия» (направленный нагрев опухолевых клеток — с целью их уничтожения — с помощью магнитных наночастиц), может возразить, что наблюдаемое изменение скорости реакции объясняется не структурными перестройками свя-

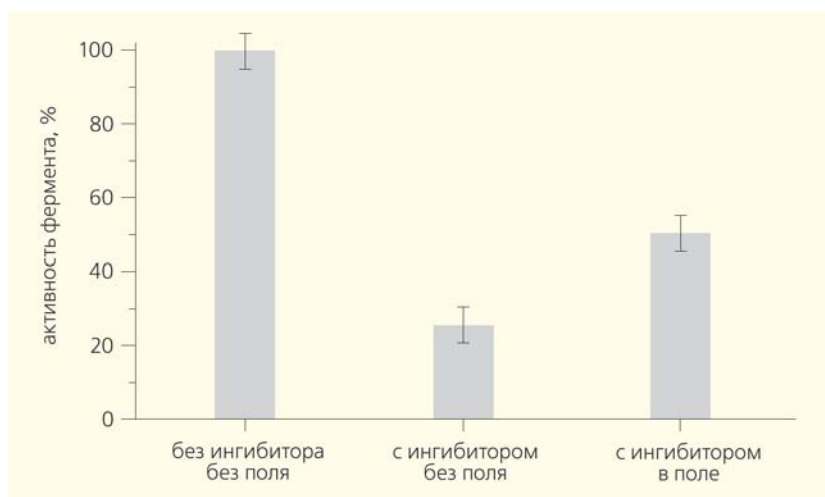


Рис.12. Скорость реакции гидролиза субстрата (активность фермента) при различных условиях эксперимента.

зи фермента с ингибитором, а локальным нагревом в растворе. Однако мы специально использовали низкую частоту переменного поля (50 Гц по сравнению с частотой 100–1000 кГц, которая применяется для магнитной гипертермии). Поскольку интенсивность нагрева пропорциональна частоте, любые термические эффекты были сведены к минимуму [13]. «Обработка» магнитным полем фермента либо фермента в комплексе с ингибитором без магнитных наночастиц не приводила к изменению скорости реакции.

В идеальном случае в отсутствие внешнего магнитного поля ингибитор должен был бы полностью (до 0 %) подавлять активность фермента при образовании комплексов соответствующих магнитных наночастиц. После же включения магнитного поля активность фермента восстанавливалась бы до исходной (100 %) — той, что регистрировалась в отсутствие ингибитора и поля. В своих экспериментах мы не достигли такого максимального эффекта: по-видимому, условия были подобраны не оптимально. Например, могло оказаться, что не все молекулы альфа-химотрипсина связались с магнитными частицами на этапе синтеза или что часть молекул фермента «пришилась» сразу к нескольким частицам каждая, в результате став пространственно недоступной. Такой фермент (или ингибитор, ведь с ним могло произойти то же самое) — словно бисерина, зажатая на нитке между двумя большими бусинами (магнитными частицами). Очевидно, что продеть нитку (образовать химическую связь) одновременно через эту бисерину и какую-нибудь еще, прикрепленную к одной или двум другим большим бусинам, практически невозможно. Эти недостатки мы планируем устранить, аккуратно подобрав соотношение количества магнитных частиц и молекул фермента с ингибитором, к ним «пришиваемым».

В будущем, когда модельная система с альфа-химотрипсином и его ингибитором будет доработана, мы перейдем к экспериментам с ферментом аргиназой и ее ингибитором (например, норвалином). Аргиназа расщепляет аргинин до орнитина и мочевины. Несколько лет назад установили, что снижение концентрации аргинина в крови эффективно замедляет развитие рака печени у человека [14]. Поэтому данное направление исследований крайне актуально. Изучаемая нами система доставки на основе магнитных наночастиц, которая высвобождает фермент из его комплекса с ингибитором под действием внешнего магнитного поля, бе-

зусловно, может помочь в решении проблемы, как транспортировать аргиназу в клетки печени, не потеряв при этом активности фермента.

Итак, в нашей лаборатории был разработан и экспериментально подтвержден принципиально новый подход к высвобождению лекарства, который может быть использован при его адресной доставке в требуемое место организма. Действующее вещество транспортируется магнитными наночастицами прицельно в клетки опухоли (безусловно, при правильной фокусировке и оптимизации индукции и частоты прикладываемого переменного магнитного поля). При определенных размерах молекул фермента и ингибито-

ра по сравнению с размером самих наночастиц, к которым они «пришиты», связи между молекулами лекарства-фермента и его блокатора-ингибитора механически разрываются под действием магнитного поля. Учитывая малые масштабы такой системы, этот способ был назван наномеханическим. Мы рассчитываем, что проведенные эксперименты станут основой для развития нового направления в адресной доставке лекарств, в частности в терапии онкологических заболеваний печени, что приведет к созданию коммерчески доступного терапевтического препарата и даст пациентам с ныне неизлечимыми недугами надежду на выздоровление. ■

*Авторы выражают благодарность А.В.Барулину за вклад в экспериментальную часть работы.*

**Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 14-13-00731), в рамках Федеральной целевой программы №14.607.21.0132 и Программы развития МГУ ПНР 5.13.**

## Литература

1. Allen T.M., Cullis P.R. Liposomal drug delivery systems: from concept to clinical applications // *Adv. Drug Deliv. Rev.* 2013. V.65. P.36–48. Doi:10.1016/j.addr.2012.09.037.
2. Ивонин А.Г., Пименов Е.В., Оборин В.А. и др. Направленный транспорт лекарственных препаратов: современное состояние вопроса и перспективы // *Известия Коми научного центра УрО РАН.* 2012. Т.1. №9. С.46–55.
3. Maeda H. Tumor-selective delivery of macromolecular drugs via the EPR effect: background and future prospects // *Bioconjug. Chem.* 2010. V.21. P.797–802. Doi:10.1021/bc100070g.
4. Kayal S., Ramaniujan R.V. Anti-cancer drug loaded iron-gold core-shell nanoparticles (Fe@Au) for magnetic drug targeting // *J. Nanosci. Nanotechnol.* 2010. V.10. P.5527–5539.
5. Reddy L.H., Arias J.L., Nicolas J., Couvreur P. Magnetic nanoparticles: design and characterization, toxicity and biocompatibility, pharmaceutical and biomedical applications // *Chem. Rev.* 2012. V.112. P.5818–5878. Doi:10.1021/cr300068p.
6. Ren J., Wang F., Wei G. et al. MRI of prostate cancer antigen expression for diagnosis and immunotherapy // *PLoS One.* 2012. V.7. e38350. Doi:10.1371/journal.pone.0038350.
7. Jeyadevan B. Present status and prospects of magnetite nanoparticles-based hyperthermia // *J. Ceram. Soc. Japan.* 2010. V.118. P.391–401. Doi:10.2109/jcersj2.118.391.
8. Головин Ю.И., Клячко Н.Л., Головин Д.Ю. и др. Новый подход к управлению биохимическими реакциями в магнитной наносuspension с помощью низкочастотного магнитного поля // *Письма в «ЖТФ».* 2013. Т.39. №5. С.24–32.
9. Golovin Y.I., Gribovsky S.L., Golovin D.Y. et al. Towards nanomedicines of the future: Remote magneto-mechanical actuation of nanomedicines by alternating magnetic fields // *J. Control. Release.* 2015. V.219. P.43–60. Doi:10.1016/j.jconrel.2015.09.038.
10. Puchner E.M., Gaub H.E. Single-molecule mechanoenzymatics // *Annu. Rev. Biophys.* 2012. V.41. P.497–518. Doi:10.1146/annurev-biophys-050511-102301.
11. Mori T., Asakura M., Okabata Y. Single-molecule force spectroscopy for studying kinetics of enzymatic dextran elongations // *J. Am. Chem. Soc.* 2011. V.133. P.5701–5703. Doi:10.1021/ja200094f.
12. Majouga A., Sokolsky-Papkov M., Kuznetsov A. et al. Enzyme-functionalized gold-coated magnetite nanoparticles as novel hybrid nanomaterials: synthesis, purification and control of enzyme function by low-frequency magnetic field // *Colloids Surf. B Biointerfaces.* 2015. V.125. P.104–109. Doi:10.1016/j.colsurfb.2014.11.012.
13. Klyachko N.L., Sokolsky-Papkov M., Potbayee N. et al. Changing the enzyme reaction rate in magnetic nanosuspensions by a non-heating magnetic field // *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 2012. V.51. P.12016–12019. Doi:10.1002/anie.201205905.
14. Munder M. Arginase: an emerging key player in the mammalian immune system // *Br. J. Pharmacol.* 2009. V.158. P.638–651. Doi:10.1111/j.1476-5381.2009.00291.x.

# ВЗРЫВЫ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ: КАК С НИМИ БОРОТЬСЯ

В конце февраля этого года на угольной шахте «Северная» в г.Воркуте произошла техногенная авария. В результате внезапного взрыва метана и угольной пыли обрушилась порода кровли и возник подземный пожар. Погибло 36 человек, многие получили травмы. Это одна из самых крупных аварий в горнодобывающей промышленности России с 2010 г., когда на шахте «Распадская» в Кемеровской обл. погиб 91 человек, и четвертая авария с человеческими жертвами на шахте «Северная» с 2000 г. Первые три унесли жизни 17 шахтеров. С чем же связаны катастрофические взрывы на шахтах и как с ними бороться? Мы предлагаем нашим читателям две статьи ведущих российских специалистов. В первой публикации рассматриваются природные опасности, связанные с геологическим строением угольных пластов, а во второй рассказывается об уникальной методике борьбы с метаном с помощью микроорганизмов, разработанной отечественными учеными. К сожалению, метод, прошедший успешную апробацию еще в конце прошлого века, до сих пор не применяется, а взрывы подземного метана все продолжают.

## Геологические опасности в угольных шахтах

Л.Я.Кизильштейн

Привычно слышать об опасности геологических процессов, если речь идет, например, о землетрясениях или извержениях вулканов. Но наша тема — опасности в шахтах, где добывают уголь, — вполне мирное полезное ископаемое.

В конце 80-х годов прошлого века в Российской Федерации шахты обеспечивали добычу около 80% каменных углей и около 10% бурых. Подземный способ добычи — единственный в Донском угольном бассейне и преобладающий в Кузнецком. Несмотря на возрастающее использование других видов при-



*Леонид Яковлевич Кизильштейн, доктор геолого-минералогических наук, профессор Южного федерального университета (г.Ростов-на-Дону). Область научных интересов — геохимия ископаемого органического вещества, петрографический состав и палеоанатомия углей и горючих сланцев. Заслуженный деятель науки РФ.*

**Ключевые слова:** угольная шахта, метан, угольная пыль.  
**Key words:** coal mine, methan, coal dust.

родного органического топлива (нефти, газа и горючих сланцев), а также атомной энергии и возобновляемых источников (солнца, ветра, тепла земных недр и океана), к сожалению, не видно замет-

ных признаков сокращения в использовании угля. В связи с перемещением горных работ на все более глубокие горизонты становится все опаснее и работа шахтеров. Подземные опасности можно разделять на две группы: геологические, определяемые природными особенностями угольных месторождений, и технологические, связанные с работами горнодобывающего оборудования.

Предмет предлагаемой статьи — опасности геологические. К ним относятся газодинамические явления (внезапные выбросы угля породы и газа), возгорания и пожары в недрах (связанные с природными процессами окисления горных пород и минералов), образование угольной пыли. Как показывает опыт, один из эффективных путей избежать или снизить негативные последствия горных опасностей — их заблаговременное прогнозирование. Подобные прогнозы составляются по материалам геологической разведки угольных месторождений, чтобы планировать и проводить мероприятия, предупреждающие природные катастрофы, а в необходимых случаях своевременно выводить людей из опасных горных выработок. Ниже приводятся описания геологических опасностей, которые чаще других сопровождают подземные горные работы и представляют серьезную угрозу для жизни и здоровья шахтеров.

### Внезапные выбросы угля, породы и газа

Именно вследствие внезапности этот геологический процесс приводит к наиболее тяжким последствиям. Масштабы таких выбросов принято оценивать массой выброшенных угля и породы и объемом газа. Они могут составлять всего несколько десятков килограммов (или метров кубических) или достигать нескольких сотен тысяч тонн и миллионов кубических метров. Причина внезапных выбросов — наличие в угольных пластах природных газов, среди которых, как правило, абсолютно преобладает метан ( $\text{CH}_4$ ), в меньшей степени присутствуют другие углеводороды, а также кислород, азот, окись углерода, углекислый и сернистый газ, сероводород. Метан представляет собой газ без цвета, запаха и вкуса. Его особенность — способность воспламеняться при температурах 650–750°C. При содержании в шахтном воздухе от 5–6 до 14–16% он взрывается. Обычно газовые выбросы происходят на глубинах более



В угольной шахте.

400 м от поверхности земли. Еще одна опасность, связанная с метаном, состоит в том, что он вытесняет из шахтного воздуха кислород. Понятно, что это может иметь серьезные негативные последствия для работающих в шахте людей и даже угрожать их жизни.

Первый выброс угля и газа был зарегистрирован в 1834 г. во Франции (в бассейне р.Луары). Но до сих пор с этим явлением связаны наиболее драматические события в истории угольной промышленности, сопровождающиеся большими человеческими жертвами и экономическим ущербом. Один из сильнейших взрывов произошел в 1968 г. в Донбассе на шахте им.Ю.А.Гагарина, на глубине 750 м. Горную выработку на протяжении 650 м засыпало углем. Было выброшено 14 тыс. т угля и около 600 тыс. м<sup>3</sup> метана. Мощный выброс каменного материала и взрыв метана случились в 2014 г. в угольной шахте Турции. По данным СМИ, там погиб 301(!) шахтер. И совсем недавно, зимой этого года, произошли трагические события на шахте в г.Воркуте.

При накоплении и разложении растительного вещества в торфяниках (генетических предшественниках углей) в результате деятельности анаэробных метанообразующих бактерий формируется метан. Его называют еще и болотным газом. На данной стадии углеобразования эмиссия газа в среднем составляет 400 м<sup>3</sup> на 1 т биомассы торфа. Однако практически весь этот метан удаляется в атмосферу. Ранее ошибочно считалось, что именно он, переходя вместе с торфом в ископаемое состояние, образует газ угольных пластов. В действительности метан возникает в угольных

месторождениях в результате термохимической и структурной перестройки органического вещества на стадии метаморфизма — преобразования угля под действием увеличивающихся давления и температуры при тектоническом погружении в глубины земной коры. Именно в результате метаморфизма формируются бурые и каменные угли и антрациты. Образование метаморфогенного метана максимально на стадии каменных углей и снижается на более высоких стадиях метаморфизма. Газоносность антрацитов поэтому обычно незначительна. Расчеты и наблюдения показывают, что при метаморфизме генерация метана составляет в среднем от 150 до 250 м<sup>3</sup> из 1 т угля.

Заметим, что в последнее время угольный метан привлекает интерес как самостоятельное полезное ископаемое. В некоторых странах он в значительных объемах извлекается и используется.

Последующая геологическая судьба метаморфогенного метана зависит от строения и состава угленосных отложений, точнее — от их способности накапливать и удерживать газ. При наличии системы полостей (трещин, каверн, тектонических нарушений) метан концентрируется в угольных пластах и может сохраняться неограниченно долго. Такие зоны становятся «трещинными коллекторами» газа. Продолжающееся выделение метана сопровождается увеличением его давления в подобных полостях.

События, приводящие к внезапным выбросам, случаются в период разработки угольных пластов. Приближение фронта горных работ к зонам высоких концентраций метана и эффект возрастающего горного (опорного) давления вследствие возникновения отработанного пространства приводят к тому, что давление газа в некоторый момент превышает предел прочности слоя между угольным пластом и горной выработкой. Происходит разрушение этого слоя и выброс угля вместе с газом и обломками породы. В результате появления искр, образующихся при соударении твердых частиц породы, и ударов о металлические детали шахтного оборудования возникают подземные пожары.

Масштабы выбросов газа и каменного материала в шахтах различны, и, естественно, оказываются разными и масштабы последствий, которые часто осложняются взрывами.

Гибель и травматизм шахтеров, разрушение оборудования и систем обустройства горных выработок делают чрезвычайно важным прогноз вероятности внезапных выбросов на полях действующих шахт. Основные геологические факторы, позволяющие прогнозировать внезапные выбросы угля и породы, — степень метаморфизма и петрографический состав угля, наличие и положение тектонических нарушений, изменения условий залегания пластов и др. Карты прогноза зон взрывоопасности представляют собой главный итог геолого-разведочных работ.

## Подземные пожары

Возгорание угля может происходить вследствие возникновения техногенных источников тепла или пламени — от искрящего электрооборудования, из-за сварочных работ, нарушения техники безопасности (в том числе курения) и др. Существуют и природные геологические (точнее, геохимические) процессы, при которых выделяется тепло. Они инициируются окислением горных пород и минералов в недрах. Чаще всего окисляются сульфидные минералы: пирит (FeS<sub>2</sub>) и моносульфид железа (FeS·nH<sub>2</sub>O), что подтверждается статистической связью числа пожаров и содержанием сульфидной серы в углях. Особенно отчетливо такая корреляция проявляется в высокосернистых углях. Окисление сульфидов железа — реакция экзотермическая, проходящая с большим выделением тепла. Ее проявлению способствуют и сероокисляющие бактерии, которые в процессе жизнедеятельности используют неорганические соединения серы в качестве доноров электронов при усвоении углерода углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

Потенциально самовозгорающимися считаются угли с содержанием сульфидов (пирита) более 1.5%. Рост температуры при их окислении в условиях малой теплопроводности угля и вмещающих угленосных пород приводит к накоплению тепла и возгоранию. Установлено, что температура угольного пласта 70–80°C — критическая. При ее превышении возможно возникновение подземного пожара.

Для возгорания также необходим свободный доступ в зону горения воздуха. С увеличением степени метаморфизма углей их способность к возгоранию снижается. Самовозгорание — свойство главным образом бурых и каменных углей, антрациты в этом отношении практически безопасны.

Вероятность возникновения подземных пожаров во многом зависит не только от содержания в угле сульфидов железа, но и от тектонических особенностей шахтных полей — наличия разрывных нарушений, трещин и складок, которые создают условия для циркуляции воздуха. Изучение тектонического строения угольного пласта на поле шахты и распределения в нем серы позволяют предвидеть положение потенциально пожароопасных участков.

Превентивные меры по предотвращению подземных пожаров состоят в уменьшении притока воздуха и возможно быстром ведении горных работ на опасных участках. С этой целью также применяются и вещества, снижающие химическую активность (окисляемость) углей. В тех случаях, когда возгорание предотвратить не удастся, очаг пожара изолируется герметическими минеральными перемычками, отделяющими зоны горения.



## Угольная шахтная пыль

Шахтная пыль — мелкие частицы различного состава, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе, — образуется в результате разрушения угля и сопутствующих горных пород при работе комбайнов, погрузочных механизмов, а также при взрывных работах, выбросах и взрывах метана.

Какие же геологические условия влияют на пылеобразование? Во-первых, это состав угольного вещества. В него входят органические микрокомпоненты (мацералы): витринит (фрагменты растительных тканей, преобразованные в водной среде торфа), инертинит (такие же фрагменты, но высушенные на воздухе до попадания в торф) и липтинит (остатки коры, листьев, пыльца, споры, смола растений). Кроме того, уголь содержит минеральные примеси: глину, сульфиды железа, кварц и др. Все они имеют разную твердость, плотность, химический состав и при механическом измельчении образуют частицы различных размеров и форм. Концентрация пыли в шахтном воздухе выражается числом частиц или (чаще) их массой в единице объема шахтного воздуха.

Два вида опасности связаны с наличием пыли в шахтной атмосфере: взрывы и профессиональные заболевания. Экспериментально установлено, что наиболее взрывоопасны частицы размером менее 75 мкм, а пороговой (в зависимости от степени метаморфизма угля) считается концентрация пыли во взвешенном состоянии от 16 до 45 г/м<sup>3</sup>. Температура взрыва составляет 600–800°С. Максимальная же его сила достигается при содержании пыли 300–400 г/м<sup>3</sup>. При концентрации выше 2000–3000 г/м<sup>3</sup> взрывов уже не происходит. На взрывоопасность влияет и состав органических и минеральных компонентов: инертинит снижает ее, витринит — увеличивает. Пирит обладает твердостью, достаточной для высекания из него искр при ударе о металлический предмет, что также делает его источником воспламенения.

Угольная пыль способствует возникновению профессионального легочного заболевания шахтеров — антракоза, которое проявляется при длительном пребывании в атмосфере с большим содержанием мелких (менее 5 мкм) угольных частиц. Они проникают в глубокие слои легочной ткани и подавляют выполнение дыхательной функции. Установлено, что частицы с острыми зазубренными краями травмируют легкие сильнее,

чем более или менее округлые. Наиболее опасна пыль антрацитов. Гигиенические нормативы допускают содержание частиц антрацита в шахтной атмосфере не более 6 мг/м<sup>3</sup>, а частиц каменного угля — не более 10 мг/м<sup>3</sup>. Тонкодисперсный пирит представляет собой дополнительную опасность. Во влажной среде легких сульфидные частицы быстро окисляются, образуя серную кислоту, которая усиливает процесс окисления угольных частиц и образование токсичных продуктов, мигрирующих с током крови в другие ткани и органы.

Запыленность воздуха снижается проветриванием горных выработок и предварительным (до отработки угольного пласта) увлажнением. Для предупреждения взрывов пыли стенки и кровли выработок покрывают тонкоизмельченным известняком, который снижает вероятность образования пыли и тем самым — ее взрыва.

Борьба с угольной пылью требует значительных материальных затрат, что повышает значение заблаговременного прогноза масштабов возможного пылеобразования. Критериями прогноза взрывоопасности служит наличие и положение тектонических нарушений, которые всегда сопровождаются образованием систем трещин и измельчением угля. То и другое ведет к усилению пылеобразования при отработке угольного пласта. Знание вероятного гранулометрического состава угольных частиц, образующихся при работах в шахте, также позволяет дать прогноз предполагаемого масштаба пылеобразования.

\* \* \*

Приведенное описание геологических опасностей не исчерпывает темы. Можно было бы обратить внимание на температурный режим шахт, тем более что неуклонный рост глубины работ сопровождается ростом температуры в горных выработках. На глубине 1 км она достигает уже 30–40°С. Весьма серьезную геологическую угрозу также представляют собой внезапный прорыв в шахты подземных вод и горные удары (внезапное разрушение горных пород, прилегающих к горной выработке).

В заключение мне бы хотелось подчеркнуть, что геологические опасности в статье искусственно отделены от технологических. Но в угольных шахтах они, разумеется, проявляются совместно, увеличивая вероятность возникновения катастрофических событий. ■

## Литература

1. *Леин А.Ю.* Цикл серы в породах земной коры // Глобальный биогеохимический цикл серы и влияние на него деятельности человека / Ред. И.И.Волков, В.А.Гриненко, М.В.Иванов и др. М., 1983. С.87–113.
2. *Кизильштейн Л.Я., Щириков В.Т., Черников Б.А.* Среднекарбонное торфоугленакопление в Донецком бассейне. Ростов-на-Дону, 2003.
3. *Природные опасности в шахтах.* М., 1981.
4. *Кизильштейн Л.Я., Мостовой П.П., Жак С.В.* Оценка обогатимости ископаемых углей на стадии геолого-разведочных работ. М., 1987.

# Использование микроорганизмов при борьбе с метаном в угольных шахтах

М.В.Иванов

Газообразный метан — один из основных продуктов переработки ископаемого растительного материала в каменный уголь. Условия образования и последующая геологическая история угольных пластов определяют природную газонасыщенность каменного угля, которая изменяется в широких пределах — от единиц до сотен кубических метров метана на тонну угля. Газообильность шахт зависит как от природной газонасыщенности, так и от системы разработки продуктивных пластов.

По мере отработки запасов угля в эксплуатацию вовлекаются все более глубокозалегающие угленосные толщи. При этом общее содержание метана в расчете на тонну добываемого угля существенно возрастает, и соотношение газа, поступающего в горные выработки из разрабатываемого пласта и зоны обрушения в выработанном пространстве, значительно меняется (рис.1).

## Метан в шахтах

Поступление метана в пространство шахты зависит не только от его содержания в угленосной толще, но и от системы разработки, в особенности от производительности оборудования.



*Михаил Владимирович Иванов, академик РАН, главный научный сотрудник Института микробиологии имени С.Н.Виноградского РАН, около 20 лет возглавлял этот институт. Область научных интересов — микробная биогеохимия. Лауреат премии имени С.Н.Виноградского и премий Правительства РФ в области науки и техники. Неоднократно печатался в «Природе».*

**Ключевые слова:** метанотрофные бактерии, окисление метана.  
**Key words:** methanotrophic bacteria, oxidizing methana.

Во второй половине прошлого века в Советском Союзе была создана мощная высокомеханизированная угледобывающая техника, которая позволяла получать до 5 тыс. т угля в сутки из одной лавы. Однако такая производительность достижима только при условии, если метанообильность не превышает 5–7 м<sup>3</sup>/т добываемого угля. К сожалению, более 10% из 500 действовавших в СССР шахт характеризовались газообильностью более 10–15 м<sup>3</sup>/1 т угля [1].

Без предварительного снижения содержания метана в угленосных толщах производительный труд в высокомеханизированных забоях практически невозможен. Несмотря на мощную систему вентиляции, содержание метана в шахтах нарастает пропорционально увеличению угледобычи в единицу времени. Как только концентрация метана становится опасной, срабатывает аварийная автоматическая система, выключающая электроэнергию, и весь производственный процесс останавливается, пока содержание метана не снизится. На многих шахтах из-за аварийных отключений электроэнергии современные угледобывающие комплексы простаивали более 50% рабочего времени. Если же аварийная система не срабатывала, происходили катастрофические события, о которых сообщали служебные документы, а теперь и средства массовой информации.

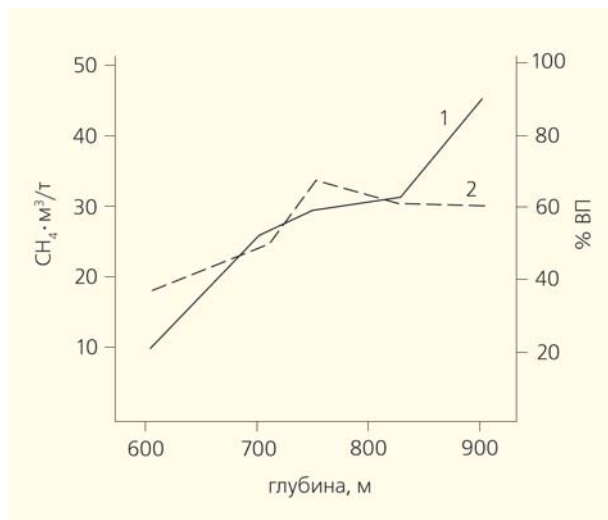


Рис. 1. Рост содержания метана по мере увеличения глубины разработки угольного пласта h7 на шахтах «Игнатьевская-4-21 и -17 бис». 1 — содержание метана; 2 — процент метана из выработанного пространства (ВП).

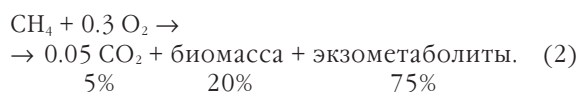
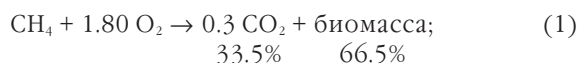
Таким образом, по мере увеличения глубины разработки угольных пластов и внедрения высокопроизводительных добывающих комплексов проблема борьбы с метаном приобретает все большее значение — как в чисто производственном, так и в социальном плане. Кроме усиления вентиляции горная наука предложила набор методов предварительного снижения содержания метана в угленосных толщах, в том числе различные схемы дегазации, приемы гидрорасчленения и гидроразрыва угольных пластов, более или менее надежные способы изоляции выработанных пространств [2]. Однако применяющиеся методы эффективны далеко не во всех случаях, и необходимо применять новые подходы и новые методы снижения содержания метана — как в угленосных толщах, так и в выработанных пространствах.

### Микробиологический метод борьбы с метаном

Идея использования специфических метаноокисляющих бактерий для снижения концентрации метана в выработанных пространствах угольных шахт была высказана еще в 1939 г. известным углехимиком А.З.Юровским. В 1966 г. сотрудники Московского горного института предложили использовать эти же микроорганизмы для снижения метаноносности угольных пластов\*. Тогда же они совместно с микробиологами двух академических институтов — Института микробиологии в Москве и Института биохимии и физиологии микроор-

ганизмов в Пущине — начали разрабатывать технологию микробиологических методов борьбы с метаном в угольных шахтах.

Главное отличие метаноокисляющих микробов от других представителей этого мира — способность осуществлять низкотемпературное окисление метана и использовать продукты его окисления (формальдегид и уголекислоту) для синтеза всех углеродсодержащих компонентов своей клетки. В процессе окисления метана образуется ряд промежуточных соединений: метанол, формальдегид и муравьиная кислота. Приведем брутто-формулы этого процесса в условиях лимита по метану (1) и по кислороду (2):



И потребление кислорода, и выход продуктов микробиологического окисления метана (в процентах по углероду) поддаются регулированию. Так, если необходимо получить максимальную биомассу, следует вести процесс по уравнению 1, если же стоит задача убрать метан (причем расход кислорода должен быть экономным, а выход уголекислоты минимальным), то процесс следует вести по уравнению 2 и контролировать его, лимитируя кислород [4–6].

В те годы, когда начиналась разработка технологии снижения содержания метана, о микрофлоре угольных месторождений имелись лишь отрывочные сведения, а о распространении метанотрофов в шахтах данные вообще отсутствовали. Одной из первых задач было исследование распространения метанотрофов в угле, вмещающих породах и водах каменноугольных шахт. Оказалось, что в образцах угля метанотрофы отсутствуют, а в шахтных водах их количество достигает сотен тысяч клеток на 1 мл воды [7].

Следующей задачей стало экспериментальное изучение возможности введения в угольные пласты метанотрофных бактерий и исследование их активности в поровом пространстве угля при высоком давлении метановоздушной смеси. Эксперименты проводились на специально созданном фильтрационном стенде в угольных ядрах (рис. 2), которые обжимались резиновой мембраной, имитировавшей условия горного давления [8].

Эксперименты, проведенные А.В.Назаренко [9], показали, что чистые культуры метанотрофов хорошо развиваются при давлении метановоздушной смеси от 5 до 20 атм в том случае, если парциальное давление кислорода не превышает 0.5 атм.

Опытно-промышленные испытания технологии снижения метанообильности в угольных шахтах проводились по двум основным схемам: снижение выделения метана из выработанного прост-

\* Ксенофонтова А.И., Бурчаков А.С., Могилевский Г.А., Ножкин Н.В. Авт. свидетельство №188442. 1966. №22. С.21.

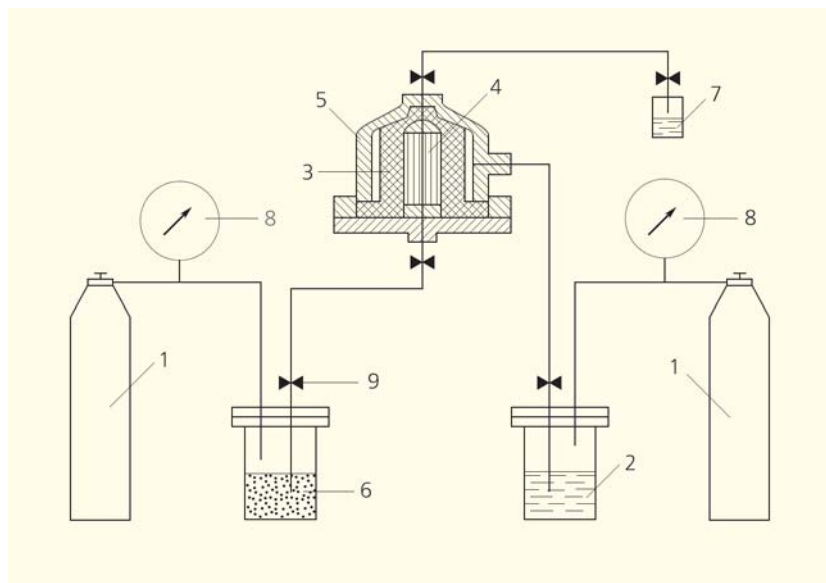


Рис.2. Схема фильтрационного стенда: 1 — баллоны со сжатым воздухом; 2 — сосуд с водой; 3 — резиновый колпак, обжимающий керн; 4 — образец керна; 5 — кернодержатель; 6 — сосуд с бактериальной суспензией; 7 — приемная колба; 8 — манометры; 9 — вентиль высокого давления.

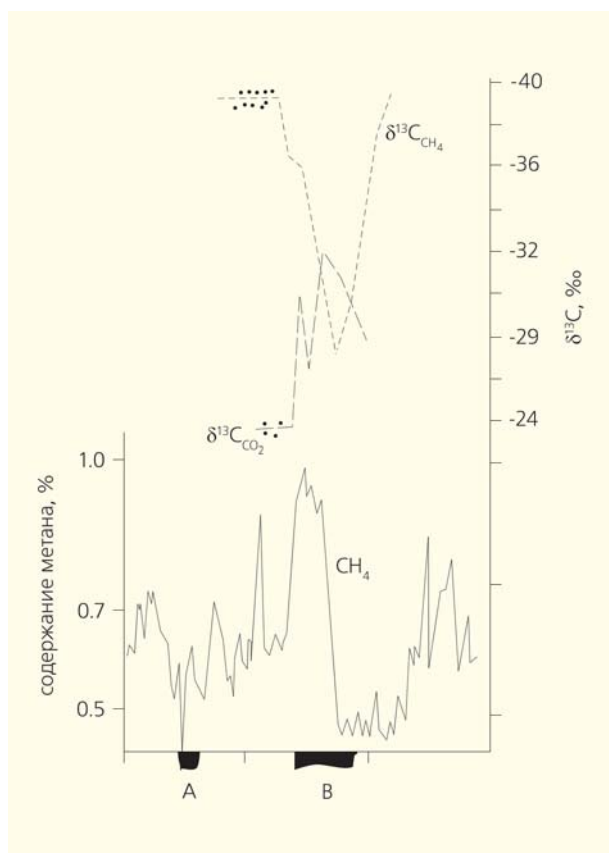


Рис.3. Изменение содержания метана и величины  $\delta^{13}\text{C}$  метана и углекислоты в шахтной атмосфере в процессе обработки обрушенных пород выработанного пространства суспензией метанотрофов. А и В — периоды обработки.

ранства и уменьшение его концентрации в угольном пласте до начала разработки.

На многих шахтах значительная часть метана (до 80–90%) выделяется из обрушенных пород в выработанном пространстве. В середине 1970-х годов горняки днепропетровского Института геотехнической механики АН УССР обратились к нам с просьбой о совместной разработке методов снижения поступления метана из выработанных пространств. На пути просачивания вентиляционных потоков через зону обрушения на границе с откаточными штреками был создан биологический фильтр из метанооксиляющих бактерий. Но при изучении его влияния на содержание метана в шахте мы столкнулись с большими трудностями. На фоне сильных колебаний содержания метана (рис.3) не всегда легко заметить снижение

его концентрации именно в результате микробиологического окисления, а еще труднее количественно оценить роль в этом процессе биологического фильтра. Выход, однако, нашелся.

### Метод изотопной масс-спектрометрии

В.С.Лебедев с соавторами [10], а затем и мы установили, что при развитии метанооксиляющих бактерий происходит преимущественное потребление метана, содержащего легкий стабильный изотоп углерода  $^{12}\text{C}$ . Образовавшаяся при этом биомасса бактерий и метаболическая углекислота также содержат углерод, обогащенный изотопом  $^{12}\text{C}$ . Оставшаяся часть метана, наоборот, обогащена тяжелым изотопом углерода  $^{13}\text{C}$ , причем степень обогащения пропорциональна доле потребления метана метанооксиляющими микроорганизмами [11].

Таким образом, располагая данными по изотопному составу углерода метана и углекислоты в потоке газа, поступающего из зоны, где функционируют метанотрофы, можно не только получить доказательство их активной жизнедеятельности, но и рассчитать долю потребления метана.

Изотопный состав углерода метана и углекислоты выражался в единицах  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) путем сравнения отношений изотопов  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$  в анализируемых образцах и в международном стандарте PDB.

Объектом наших исследований стал добычный участок шахты «Ясиновская глубокая», на котором, согласно данным газовой съемки, основная часть метана (60–70%) поступала из выработанного пространства. Его часть по мере продвижения уголь-

ной лавы в течение 15 сут обрабатывалась суспензией метанооксилюющих микроорганизмов. В опытах использовалась накопительная культура *Methylococcus capsulatus* 1-70, выращенная в ферментере. За время эксперимента был обработан участок длиной около 30 м и шириной 20 м.

Отбор газовой смеси для изотопного и количественного анализов метана и углекислоты проводился в вентиляционном штреке за передвижной перемышкой, которая регулировала направление основного потока в призабойном пространстве. Затем пробы метана очищались от CO<sub>2</sub> и сжигались в атмосфере кислорода. Одновременно отбирались и пробы углекислоты путем пропускания газовой смеси через насыщенный раствор Ва(ОН)<sub>2</sub>. Полученный карбонат бария отмывался, высушивался и с помощью безводной ортофосфорной кислоты разлагался до CO<sub>2</sub> [12].

Анализ полученных изотопных данных показал (рис.3), что до начала обработки бактериальной суспензией изотопный состав углерода метана и углекислоты в исходящей газовой смеси был практически постоянен и составлял соответственно  $\delta^{13}C_{CH_4} = -38.6 \pm 0.5\%$  и  $\delta^{13}C_{CO_2} = -24.0 \pm 0.4\%$ .

С началом микробиологической обработки наблюдались закономерные разнонаправленные изменения в изотопном составе углерода метана и углекислоты. Содержание тяжелого изотопа <sup>13</sup>C в остаточном метане увеличивалось, а легкий изотоп <sup>12</sup>C накапливался в суммарной углекислоте, которая выносилась из зоны микробиологического окисления метана (рис.3).

Такие изменения изотопного состава углерода метана и углекислоты служат прямым доказательством участия микроорганизмов в окислении определенной части метана в обработанной бактериальной суспензией зоне шахтного пространства.

Максимальное потребление метана, рассчитанное по изотопным данным, достигает 36% (рис.3). По результатам газохроматографического анализа, проводившегося одновременно с нашими исследованиями, максимальное потребление метана при бактериальной обработке составило близкую величину — около 40%.

Изменения в изотопном составе углерода углекислоты можно также использовать в качестве индикатора микробного окисления метана в выработанном пространстве. Однако для достоверных количественных оценок потребления метана эти данные, по-видимому, использоваться не могут. Из опытов с метанооксилюющими бактериями известно, что коэффициент пропорциональности между количеством потребленного микроорганизмами метана и количеством образующейся метаболической углекислоты может варьировать от

0.05 до 0.35 — в зависимости от условий роста бактерий (величины рН, степени аэрации и др.). Кроме того, образовавшаяся при окислении метана углекислота по пути следования газового потока может частично абсорбироваться шахтными водами, имеющими в отдельных случаях достаточно высокое значение рН. Коэффициент разделения изотопов углекислоты в этом случае может существенно меняться (от 1.004 для нейтральных значений рН и до 1.019 — для щелочных) [13].

Результаты других экспериментов по снижению содержания метана, поступающего из зон обрушения в выработанном пространстве (табл.1), также подтверждают эффективность (от 23 до 60%) краткосрочных (12–20 сут) обработок суспензией метанотрофов обрушенных пород [14].

Технология применения метанотрофов для снижения содержания метана в угольных пластах до начала выемки угля несколько более сложная. Она связана с введением культур бактерий в продуктивный пласт через систему специально пробуренных скважин. Опытно-промышленные испытания проводились на шахте «Суходольская-2» в Донбассе [14, 15]. На контрольных участках угольного массива, не подвергавшихся обработке, определяли исходное содержание метана и углекислоты. На опытных участках пробурено по три горизонтальных скважины длиной по 35 м. Через крайние скважины проводилась обработка угольного пласта водой и суспензией метанотрофов. В течение 150 ч после увлажнения через эти же скважины велась пневмообработка путем прокачивания воздуха с использованием компрессора. Через среднюю скважину на опытных участках происходил отток воздуха, в котором анализировали содержание метана и углекислоты.

На всех необработанных участках угольного пласта метанотрофы отсутствовали, а содержание метана углекислоты не изменялось. В массиве, обработанном водой с последующей пневмообработкой, несколько увеличилось содержание углекислоты, а концентрация метана снизилась с 3.5 до 2.2 м<sup>3</sup> на 1 т. Последнее объясняется вымыванием некоторого количества метана в результате насыщения пласта водой и пневмообработки.

Наиболее заметные изменения газового режима были обнаружены в угольном массиве, обрабо-

**Таблица 1**  
**Результаты испытаний микробиологического метода борьбы с метаном в выработанном пространстве шахт Донбасса**

| Шахта                              | Длительность обработки, сут | Концентрация метана в пространстве шахты, % |          | Относительное снижение метана, % |
|------------------------------------|-----------------------------|---|----------|----------------------------------|
|                                    |                             | исходная                                    | конечная |                                  |
| «Ясновская глубокая»               | 15                          | 0.9   | 0.7      | 23                               |
|                                    | 12                          | 0.9   | 0.58     | 36                               |
| Имени Ленинского комсомола Украины | 12                          | 1.0   | 0.4      | 60                               |
|                                    | 20                          | 1.1   | 0.5      | 55                               |

**Таблица 2**

**Сравнение показателей циклического и непрерывного методов обработки угольных пластов в Донбассе суспензиями метанооксиляющих бактерий**

| Показатель                        | Шахта «Суходольская-2» | Шахта «Перевальская-5 бис» |
|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|
| Режим обработки                   | циклический            | непрерывный                |
| Обработано запасов, т             | 103                    | 1170                       |
| Газоносность, м <sup>3</sup> /т   | 3.5                    | 23.0                       |
| Снижение газоносности за счет:    |                        |                            |
| дегазации скважиной               | 0.02                   | 2.85                       |
| увлажнения                        | 0.66                   | 2.80                       |
| пневмообработки                   | 0.62                   | —                          |
| окисления микроорганизмами        | 0.70                   | 5.96                       |
| общее                             | 2.00                   | 11.61                      |
| Содержание микроорганизмов в 1 г: |                        |                            |
| исходной суспензии                | 10 <sup>7</sup>        | 5·10 <sup>7</sup>          |
| отточной жидкости                 | 10 <sup>7</sup>        | 2·10 <sup>7</sup>          |
| угля                              | 10 <sup>11</sup>       | 10 <sup>10</sup>           |

танном суспензией метанотрофов. Содержание метана здесь снизилось до 1.48 м<sup>3</sup> на 1 т, а содержание углекислоты в выходящем газовом потоке увеличилось в 3.3 раза по сравнению с необработанными участками (табл.2).

Активное развитие метанотрофов в угольном пласте подтверждается и микробиологическими данными. Содержание жизнеспособных клеток в закачиваемой суспензии составляло 10<sup>7</sup> на 1 мл.

Для окислительного процесса кислород поступал одновременно с суспензией. В результате микробиологической обработки содержание метана в пласте снизилось с 23 до 11 м<sup>3</sup> на 1 т угля, причем более половины метана было окислено микроорганизмами. Высокая численность микроорганизмов, обнаруженная в отточной жидкости и в обработанном угольном массиве, несомненно, свидетельствует об их активном размножении.

Следующим этапом развития технологии обработки бактериальной суспензией стал эксперимент на шахте имени М.И.Калинина в Кузбассе, проведенный сотрудниками Московского горного института [16]. Участок пласта обрабатывался с поверхности земли через уже существовавшую скважину. Для облегчения проникновения микроорганизмов в угольный пласт и увеличения площади экспериментального участка еще до начала работ было проведено гидрорасчленение продуктивного пласта, что привело к значительному повышению пористости и трещиноватости угля. Затем в течение 83 сут через скважину непрерывно закачивали суспензию метанооксиляющих бактерий. Было использовано 5520 м<sup>3</sup> суспензии, содержащей 50 кг бактериальной биомассы (в расчете на сухой вес). По мере проходки обработанного и контрольного участков пласта обнаружилось, что содержание метана снизилось с 15 до 6.9 м<sup>3</sup>/т

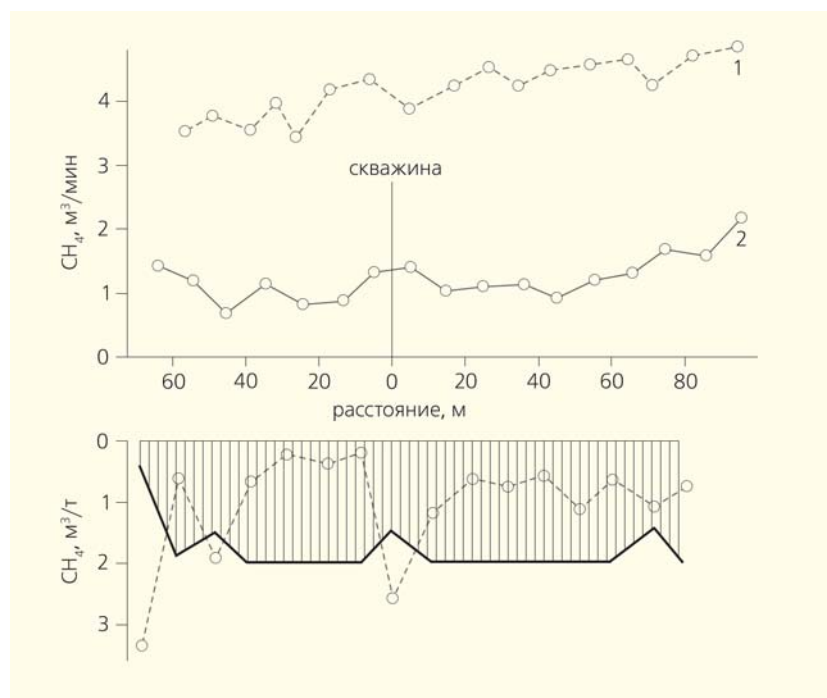


Рис.4. Результаты эксперимента по микробиологической обработке с поверхности угольного пласта через скважину. 1 — контрольный участок, 2 — обработанный; внизу сплошной линией показана относительная численность микроорганизмов в образцах угля, штриховой — остаточная газоносность.

угля, причем за счет жизнедеятельности бактерий на обработанном участке было окислено в среднем 4 м<sup>3</sup> на 1 т угля.

Некоторые дополнительные данные по эксперименту на шахте имени М.И.Калинина приведены на рис.4. Как мы видим, метанооксиляющая микрофлора была обнаружена в радиусе 80 м от ствола скважины, через которую проводилась обработка. Пики максимальной остаточной газоносности, как правило, совпадают с минимумами численности микроорганизмов. На верхнем рисунке сопоставлены скорости выделения метана в забоях горных выработок, пройденных по обработанному и контрольному участкам угольного пласта.

Газообильность обработанного участка снизилась в 3–3.5 раза, а газовыделение с поверхности угля в забое уменьшилось в шесть раз [16]. Кроме того, за счет образования углекислоты произошел растворение части карбонатных включений и увеличение эффективной пористости угольного пласта. В конечном результате на обработанном участке время подготовки угольного пласта к разработке сократилось с двух лет до трех-четырех месяцев [16].

\* \* \*

Итак, совместными усилиями микробиологов, горняков и шахтеров был разработан принципиально новый метод снижения содержания метана в угольных шахтах, основанный на использовании культур непатогенных метанотрофных бактерий. Основные исследования, результаты которых представлены в этой работе, были выполнены еще в 1970–1980 гг. К сожалению, после распада Советского Союза и последовавшего вслед за этим кризиса угледобывающей промышленности работы по внедрению микробиологических методов борьбы с метаном были приостановлены. Однако сейчас, особенно в связи с недавними трагическими событиями на воркутинских шахтах, необходимо вернуться к методу использования микроорганизмов для снижения содержания метана в угольных выработках как к одному из путей уменьшения аварий, приводящих к гибели людей и огромным материальным потерям. Желательно сделать это в максимально короткие сроки, пока люди, участвовавшие в разработке и испытаниях микробиологических методов, еще могут передать свой опыт молодому поколению горняков и микробиологов. ■

## Литература

1. Газоносность угольных бассейнов СССР. М., 1970. Т.1.
2. Докукин А.В., Айруни А.Т., Эттингер И.А. и др. // Изобретения, промышленные образцы, товарные знаки. 1984. Т.12. С.44.
3. Иванов М.В. Микробиологический метод борьбы с метаном в угольных шахтах // Труды Института микробиологии им.С.Н.Виноградского РАН. Вып.12. Юбилейный сборник к 70-летию института. М., 2004. С.160–171.
4. Harwood J.H., Pirt S.J. Quantitative aspects of growth of the methane oxidizing bacterium *Methylococcus capsulatus* on methane in shake flask and continuous chemostat culture // J. Appl. Bacteriol. 1972. V.35. №4. P.597–607.
5. Миенский Ю.Н. Основные закономерности роста метанотрофных бактерий: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1979.
6. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М., 2001.
7. Иванов М.В., Нестеров А.И., Намсараев Б.Б. и др. Распространение и геохимическая деятельность метанотрофных бактерий в водах угольных шахт // Микробиология. 1978. Т.47. С.489–499.
8. Иванов М.В., Нестеров А.И., Широков О.Г., Орлова Э.А. Повреждение бактериальных клеток при фильтрации под давлением через каменный уголь // ДАН СССР. 1970. Т.190. №5. С.1222–1224.
9. Назаренко А.Н. Особенности жизнедеятельности метанооксиляющих бактерий в условиях контакта с каменным углем: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1974.
10. Овсянников В.М., Лебедев В.С., Богданова В.М., Могилевский Г.А. Разделение изотопов углерода при окислении микроорганизмами газообразных углеводородов // Микробиология. 1973. Т.42. С.589.
11. Иванов М.В., Зякун А.М., Бондарь А.В. и др. Использование результатов анализа изотопного состава метана и углекислоты в качестве индикатора микробиологического окисления метана в угольных шахтах // ДАН СССР. 1981. Т.257. №6. С.1470–1473.
12. Зякун А.М., Бондарь А.В., Намсараев Б.Б. Фракционирование стабильных изотопов углерода метана при его микробиологическом окислении // Геохимия. 1979. Т.2. С.291–297.
13. Зякун А.М., Бондарь А.В., Гоготова Г.И. Разделение изотопов углерода углекислоты при абсорбции ее водой и раствором гидроксида бария // Геохимия. 1980. Т.5. С.754–758.
14. Иванов М.В. Микробиологические методы борьбы с метаном в угольных шахтах // Вестник АН СССР. 1988. Т.3. С.16–26.
15. Перминов Б.Н. Исследование параметров способа биохимического окисления метана в разрабатываемом угольном пласте с целью снижения газообильности угольных шахт: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 1971.
16. Измайлов А.С. Разработка методов борьбы с метаном в шахтах с использованием микробиологического воздействия на угольные пласты через скважины с поверхности: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 1985.

# Есть ли почки у иглокожих?

О.В.Ежова, В.В.Малахов

**И**глокожие (Echinodermata) — морские звезды (Asterozoidea), морские ежи (Echinozoidea), офиуры, или змеехвостки (Ophiurozoidea), голотурии (Holothurozoidea) и морские лилии (Crinozoidea) — широко распространены в морях и океанах нашей планеты (рис.1). Морских звезд, морских ежей и голотурий легко встретить на приливно-отливной полосе всех полносолёных морей. В нашей стране иглокожих можно найти на литорали Баренцева и Белого морей, а также в дальневосточных морях. Эти животные очень чувствительны к солёности, поэтому они не встречаются в пресных водах и в морях с пониженной солёностью, например в Балтийском и Чёрном.

Иглокожие распространены по всему Мировому океану, в том числе и на больших глубинах. Абиссальные равнины, простирающиеся на глубинах около 4 км и занимающие примерно 60% всей поверхности нашей планеты, тоже заселены этими животными. На мягких грунтах это голотурии из семейства Epridiidae (рис.1,к), а на твёрдых субстратах — стебельчатые морские лилии (рис.1,м). Всего на нашей планете обитает не менее 6 тыс. видов Echinodermata.

И все же иглокожие — это одни из самых загадочных представителей животного царства. Начнем с того, что у большинства из них нет переднего и заднего концов тела. Обычная морская звезда — это хищник, который может двигаться в любую



**Владимир Васильевич Малахов**, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой зоологии беспозвоночных биологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, руководитель лаборатории биологии морских беспозвоночных Дальневосточного федерального университета (Владивосток). Область научных интересов — сравнительная анатомия, эмбриология и филогения беспозвоночных.



**Ольга Владимировна Ежова**, кандидат биологических наук, доцент той же кафедры, сотрудник той же лаборатории. Специалист в области морфологии и тонкой организации кишечнодышащих, морских звезд, офиур и голотурий; занимается изучением эволюции амбулакралей, морфологии, микроскопической анатомии и ультраструктуры полухордовых, иглокожих и хордовых.

**Ключевые слова:** иглокожие, полухордовые, экскреция, осевой орган, филогения.  
**Key words:** echinoderms, hemichordates, excretion, axial organ, phylogeny.

сторону, и каждый из ее лучей может в данный момент быть передним, а в любой другой момент — стать задним. У иглокожих нет ни брюшной, ни спинной стороны. Морские звезды и морские ежи обращены к субстрату ротовой стороной. Биологи называют ее оральной, а противоположную, на которой находится анус, — аборальной (рис.2).

Иглокожие обладают радиальной симметрией. Она вторична — возникла в ходе сложнейших морфологических преобразований в процессе эволюции как надстройка над билатеральной симметрией. Ее слабые следы проявляются в расположении мадрепоровой пластинки, или мадрепорита (см. рис.2,а) — небольшой пористой пластинки, которая находится в промежутке между двумя лучами морской звезды (биологи говорят — в интеррадиусе). Вполне возможно, что мадрепоровая плоскость иглокожих — это и есть остаток плоскости билатеральной симметрии далеких предков (см. рис.2,а).



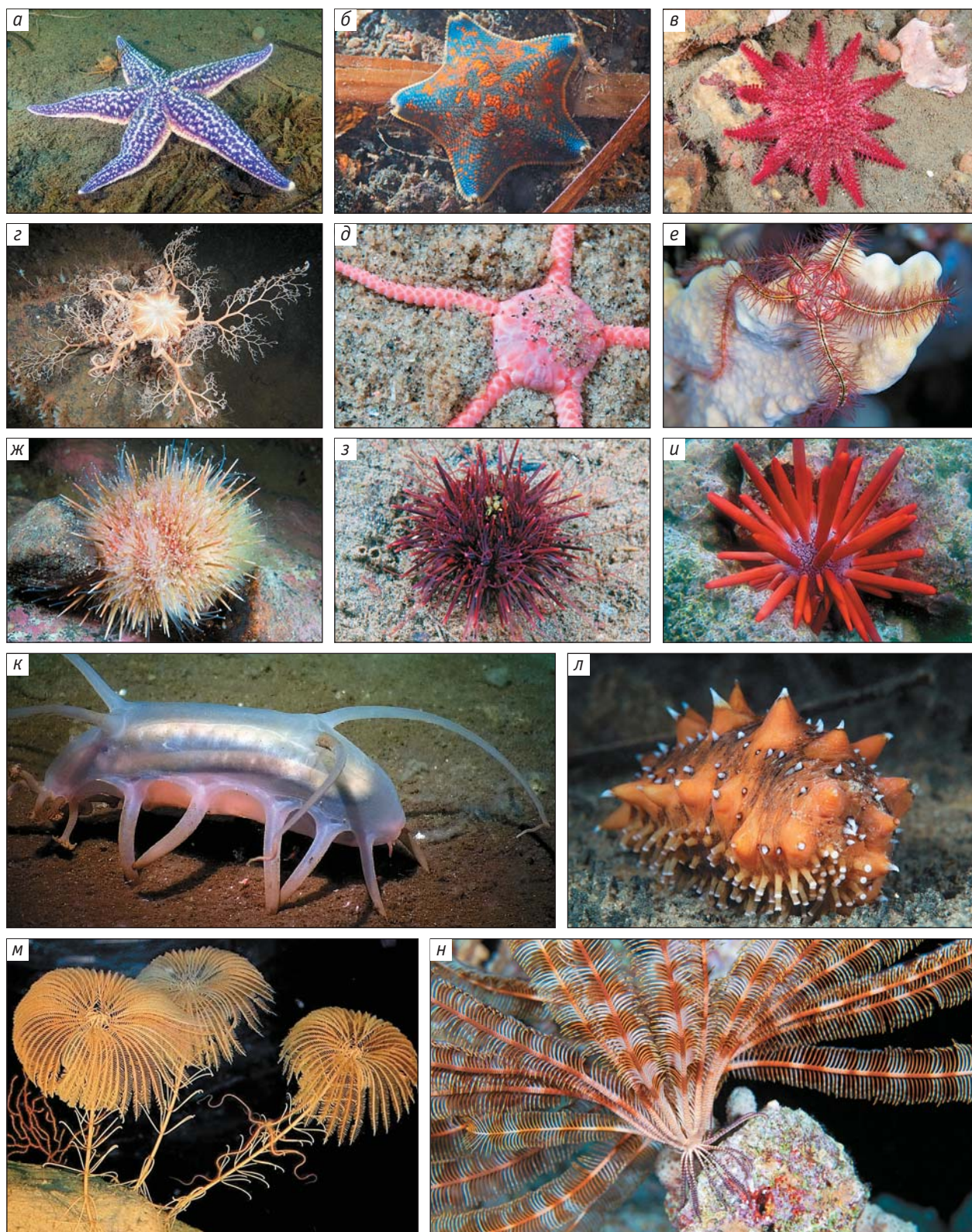


Рис.1. Различные иглокожие: морские звезды — *Asterias amurensis* (а), *Patiria pectinifera* (б), *Crossaster papposus* (в); офиуры — *Gorgonocephalus arcticus* (г), *Stegophiura nodosa* (д), *Ophiotrix savignyi* (е); морские ежи — *Strongylocentrotus pallidus* (ж), *S.purpuratus* (з), *Heterocentrotus mamillatus* (и); голотурии — *Scotoplanes* sp., или «морская свинья» (к), *Apostichopus japonicus* (л); морские лилии — *Neocrinus decorus* (м), *Heterometra savignyi* (н).

Фото А.А.Семенова, кроме и ([www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)), к ([www.tumblr.com](http://www.tumblr.com)), м ([www.photoflowery.ru](http://www.photoflowery.ru))

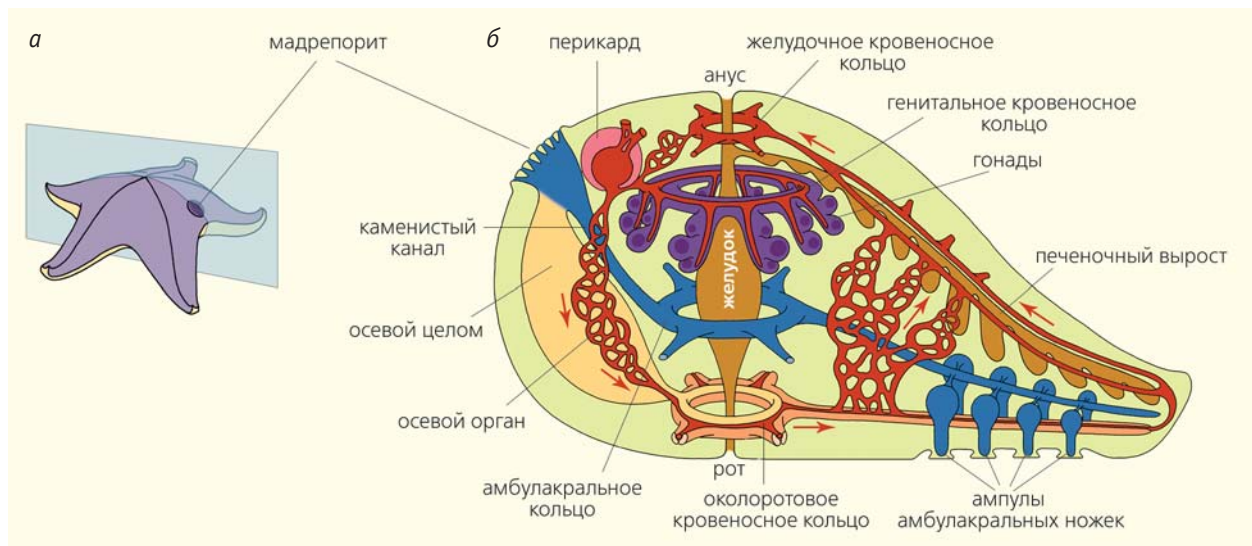


Рис.2. Анатомия морской звезды: *a* — расположение мадрепорита в одном из интеррадиусов морской звезды и мадрепоровая плоскость животного; *б* — схема анатомической организации на срезе в мадрепоровой плоскости (красными стрелками указано преобладающее направление тока крови).

В анатомическом строении иглокожих и их физиологии множество загадок. Одна из них касается органов выделения у этих животных. В современных учебниках об этом либо ничего не сказано, либо лишь упомянуто, что у иглокожих имеются почки накопления — клетки, в которых продукты обмена накапливаются до конца жизни животного [1, 2]. Однако в процессе обмена веществ у них образуется много растворимых в воде соединений, которые надо постоянно выделять во внешнюю среду. Так, при распаде белков образуются азотистые вещества — аммиак или мочевины, которые растворяются в воде и вместе с мочой выводятся из организма наружу. У иглокожих продуктом азотистого обмена является аммиак — вещество очень токсичное, которое необходимо постоянно удалять из организма. Таким образом, почки иглокожим необходимы, и наша задача состояла в том, чтобы найти у них орган, который выполняет выделительную функцию.

### Как функционируют выделительные органы беспозвоночных

Выделительные органы беспозвоночных тесно связаны с кровеносной системой — совокупностью полостей (гемоцелей) в толще соединительной ткани (рис.3). Гемоцель отделена от других тканей слоем неклеточного вещества — базальной пластинкой, которая состоит из особого соединительно-тканного белка — коллагена IV типа (см. рис.3,а). Базальная пластинка — это стенка кровеносных сосудов. Снаружи на ней располагаются клетки мезодермального целомиического эпителия, изнутри к ней могут прилегать клетки

эндотелия (правда, у многих беспозвоночных эндотелиальная выстилка кровеносных сосудов отсутствует). Одевающие кровеносный сосуд снаружи клетки целомиического эпителия имеют в цитоплазме сократимые волокна. Сокращение этих эпителиально-мышечных клеток приводит к возрастанию кровяного давления, и жидкость из кровеносных сосудов продавливается через базальную пластинку во вторичную полость тела — целом (см. рис.3,а). Базальная пластинка — надежный фильтр, не пропускающий клетки крови, а также белковые молекулы, например гемоглобин и другие белки плазмы крови. Зато этот фильтр легко проницаем для мелких молекул, в том числе для аммиака.

Обычно в кровеносной системе есть специальные места, предназначенные для такой фильтрации и связанные с органами выделения. В этих местах эпителиально-мышечные клетки целомиической выстилки на поверхности кровеносных сосудов представлены особой разновидностью — клетками-подоцитами (см. рис.3,б). От их основания отходят выросты, которые формируют многочисленные пальцевидные отростки. При этом отростки одной клетки входят в промежутки между отростками другой, приблизительно так, как сложенные в замок пальцы рук человека. Биологи так и называют это явление — интердигитация (от лат. *inter* — между и *digitus* — палец). Жидкость фильтруется из гемоцеля (т.е. из полости кровеносных сосудов) через базальную пластинку, проходит в узких промежутках между пальцевидными отростками подоцитов и попадает в целом (т.е. вторичную полость тела). Отростки подоцитов модифицируют проходящую жидкость: они извлекают из нее некоторые полезные веще-

ства, а какие-то вредные соединения могут хранить в цитоплазме в виде крупных включений. Поэтому жидкость, попадающая в целом, в большей или меньшей степени отличается от плазмы крови. В зоологии беспозвоночных ту жидкость, которая прошла через базальные пластинки, принято называть первичной мочой, а ту, которая была модифицирована отростками подоцитов, — вторичной.

Собственно выделительные органы — это ресничные воронки, открывающиеся в целом (см. рис.3,а). Биение ресничек загоняет целомическую жидкость в ресничные воронки, дальше она идет по длинному извитому каналу (где происходит значительная модификация мочи) и выводится во внешнюю среду.

Эта принципиальная схема приложима к большинству беспозвоночных, обладающих кровеносной системой и вторичной полостью тела — целомом. Так работают выделительные органы у кольчатых червей, почки моллюсков, щупальцевых и вторичноротых животных (Deuterostomia). Разумеется, в животном царстве много отклоне-

ний от этой схемы. Иначе устроены выделительные органы у животных, лишенных кровеносной системы (например, плоских червей), или у животных с редуцированным целомом (например, членистоногих), но мы не будем останавливаться на этих отклонениях.

### Что служит почкой у иглокожих

Почка должна содержать несколько морфологических компонентов: во-первых, сеть кровеносных сосудов, во-вторых, целомическую полость, в которую фильтруется из них жидкость, и в-третьих, выделительный канал, который связывает целомическую полость с внешней средой. Оказывается, такой орган у иглокожих есть! Это так называемый осевой орган, связанный с мадрепоровой пластинкой (см. рис.2,б). Располагается он между двумя лучами, т.е. в одном интеррадиусе, что придает анатомии иглокожих билатеральную симметрию (мы уже указывали, что, скорее всего, эта билатеральная симметрия унаследована радиально-симметричными иглокожими от их далеких билатерально-симметричных предков).

Кровеносная сеть осевого органа представлена системой тянущихся от аборальной к оральной стороне тела гемоцельных пространств. Располагаются они между складками осевого целома. Бесцветная кровь иглокожих течет по этим гемоцельным пространствам преимущественно от аборальной к оральной стороне тела в околоротовое кровеносное кольцо (см. рис.2,б). Направленное движение крови у иглокожих обеспечивается сокращениями сердца — пузырька, расположенного на аборальной стороне тела. Сердце принимает кровь из двух аборальных кровеносных колец — желудочного и генитального. Оно заключено в перикардиальный целом (или перикард), и эпителиально-мышечные целомические клетки на стенке сердца обеспечивают пульсацию этого органа. У иглокожих оно бьется нечасто — всего шесть раз в минуту [2]. Но этого достаточно, чтобы обеспечить направленное движение крови из двух аборальных кровеносных колец — желудочного и генитального — сквозь гемоцельные пространства осевого органа в околоротовое крове-

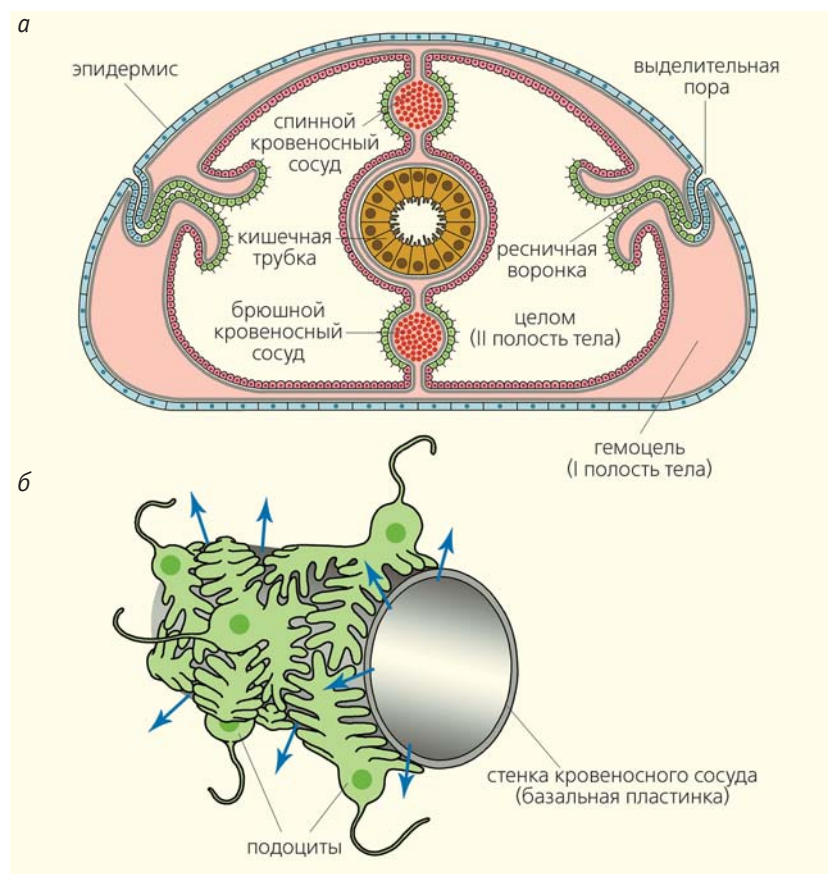


Рис.3. Строение органов выделения у беспозвоночных: а — схема устройства и расположения мест фильтрации и выделительных воронок на поперечном срезе тела животного (серым цветом показаны базальные пластинки); б — строение кровеносного сосуда и подоцитов в выделительных органах, а также схема фильтрации (синие стрелки указывают направление фильтрации).

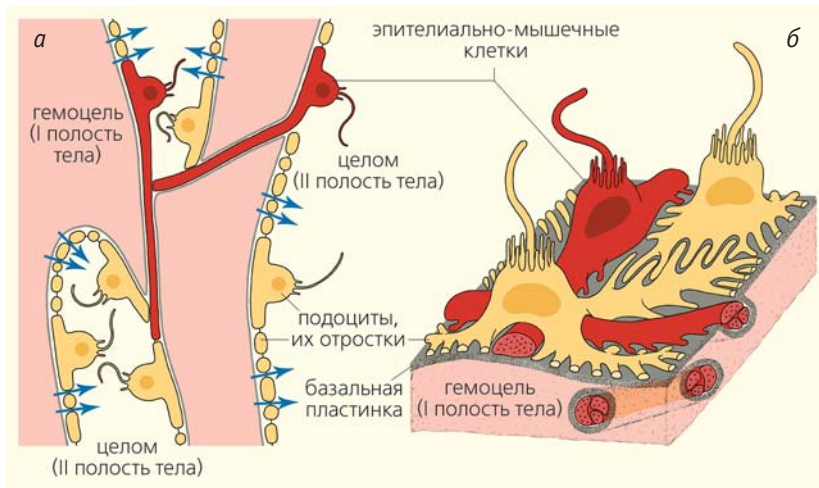


Рис.4. Строение и функционирование осевого органа морской звезды *Asterias amurensis*: а — схема устройства целомической выстилки осевого органа на схематическом срезе; показаны отростки эпителиально-мышечных клеток, пронизывающие гемоцельные пространства, но отделенные от них базальной пластинкой (серый цвет); синими стрелками указано направление фильтрации; б — трехмерная схема тонкого строения целомического эпителия осевого органа [3].

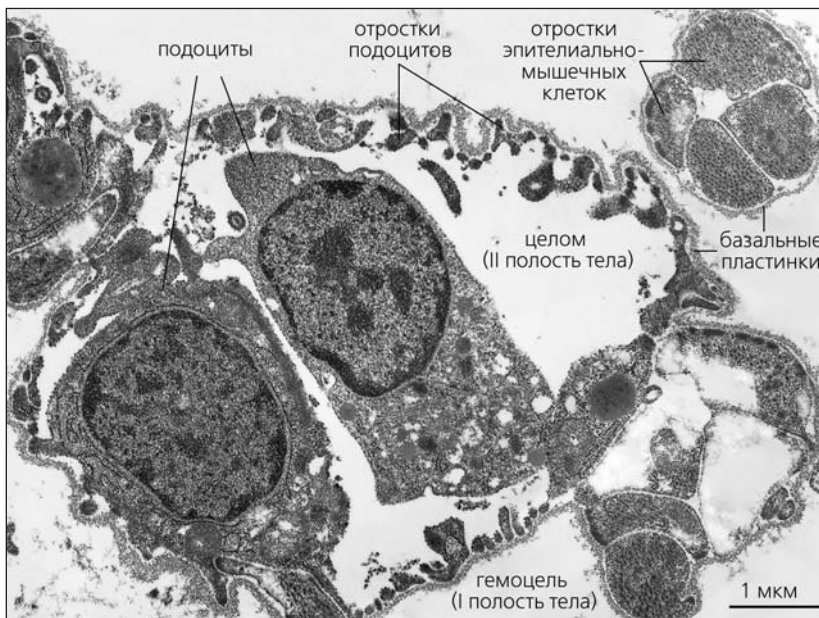


Рис.5. Ультраструктурная фотография осевого органа морской звезды *Asterias amurensis*, сделанная с помощью трансмиссионного электронного микроскопа в межкафедральной лаборатории электронной микроскопии биологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова [3]. Фото Е.А.Егоровой

носное кольцо. Оттуда кровь по радиальным сосудам течет в лучи, проходит сквозь кровеносную сеть, оплетающую печеночные выросты, и снова попадает в аборальные кровеносные кольца.

Гемоцельные пространства осевого органа отделены от осевого целома базальной пластинкой, на поверхности которой со стороны целома

располагаются клетки целомической выстилки (рис.4,а). В ее состав у иглокожих входит два типа клеток — подоциты и эпителиально-мышечные клетки (рис.4,б и 5). Сокращения эпителиально-мышечных клеток обеспечивают то давление, благодаря которому жидкость из гемоцеля выдавливается в осевую целом. При этом жидкость проходит через фильтр, образованный базальной пластинкой, и модифицируется, проходя через узкие пространства между пальцевидными отростками подоцитов. Отметим, что отростки мышечных клеток могут пересекать гемоцельные пространства, соединяя складки целомического эпителия (разумеется, мышечные клетки всегда отделены от гемоцеля базальной пластинкой). Таким образом, мышечные клетки образуют единую пространственную сеть в пределах всего осевого органа (см. рис.4,а).

Из осевого целома целомическая жидкость, содержащая продукты обмена, выводится во внешнюю среду через поры в мадрепоровой пластинке. Выделительная функция осевого целома доказана экспериментально: если ввести краситель в его полость, можно наблюдать, как краска выходит во внешнюю среду через мадрепоровую пластинку [4].

### Как развивается почка иглокожих

Зоологи уверены, что иглокожие происходят от билатерально-симметричных предков, так как личинки иглокожих — билатерально-симметричные организмы (рис.6,а). Вторичная радиальная симметрия формируется в результате сложных процессов при метаморфозе личинок. Они долго плавают в толще воды, питаются одноклеточными планктонными водорослями.

Личинки иглокожих очень разнообразны по внешней форме, но имеют общие особенности. По их телу проходят так называемые ресничные шнуры. Они представляют собой ленту сложной конфигурации, состоящую из жгутиковых клеток,

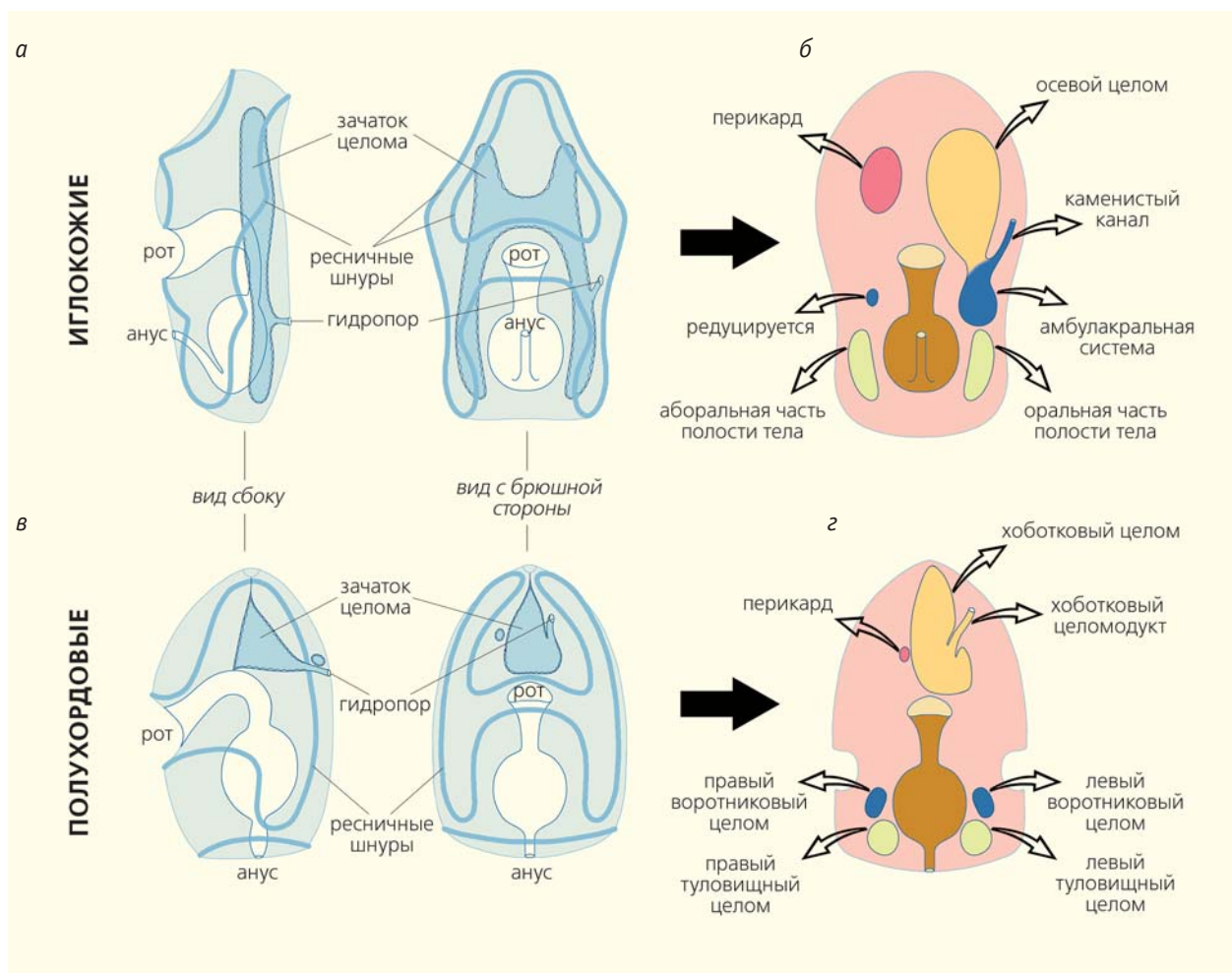


Рис.6. Личиночное развитие иглокожих (Echinodermata) и полухордовых (Hemichordata): слева — личинка морской звезды (а) и кишечнодышащих (в); справа — отделы личиночного целома этих животных перед метаморфозом (б, з). Полыми стрелками показано, какие отделы целома взрослых форм из них развиваются.

которые обеспечивают и локомоцию личинок, и их питание. Личинки иглокожих обладают обширным целомом, который связан с внешней средой каналом, который открывается наружу отверстием — гидропором, расположенным на спинной стороне личинки (см. рис.6,а).

Зачем нужен гидропор? Оказывается, это — выделительное отверстие. Жидкость из бластоцеля профильтровывается через базальную пластинку, попадает в целом, а затем выводится во внешнюю среду через гидропор. Нетрудно догадаться, что клетки целомической выстилки представлены подоцитами [5].

Перед метаморфозом целом расчленяется на три пары целомических мешков (см. рис.6,б). Передние целома личинки — это правый и левый аксоцели. В ее средней части располагаются правый и левый гидроцели, а в задней — лежат правый и левый соматоцели. Левый аксоцель и левый гидроцель всегда соединены между собой и связаны с внешней средой через гидропор. При метамор-

фозе (см. рис.6,б) из левого аксоцеля развивается осевой целом, из левого гидроцеля — сложная воднонососудистая (=амбулакральная) система иглокожих, а из правого аксоцеля — перикард. Правый гидроцель всегда редуцируется, никаких его производных у взрослых иглокожих нет. Что касается канала, соединяющего аксоцель и гидроцель личинки с внешней средой, то он дает начало характерному органу иглокожих — так называемому каменистому каналу. Самые задние целома личинки — правый и левый соматоцели — дают начало полости тела, в которой помещается желудок, печеночные выросты и гонады взрослого животного.

### Происхождение почки иглокожих

Повторим, что и внешнее строение, и анатомическая организация иглокожих очень необычны. Известный американский зоолог Э.Э.Рупперт писал о них так: «Иглокожие выглядят как инопла-

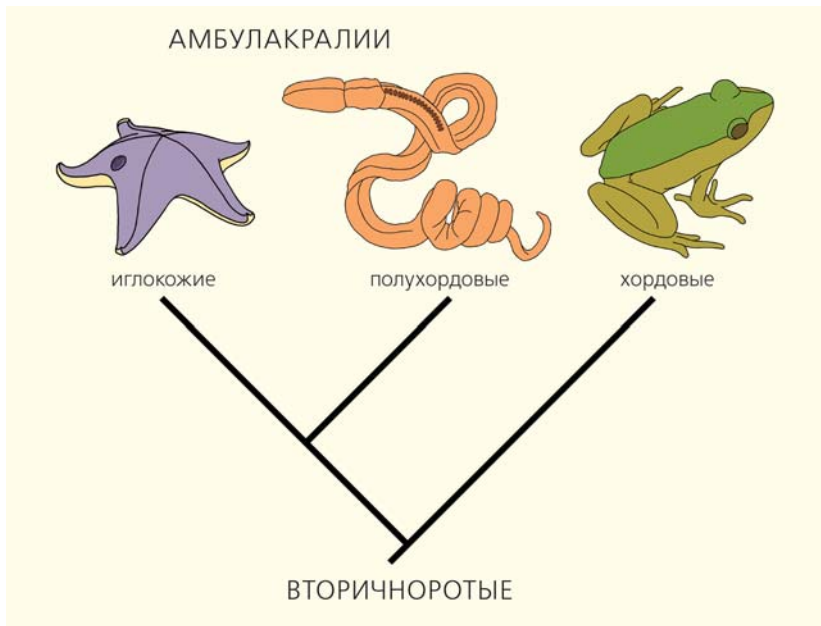


Рис.7. Схема филогении вторичноротых животных: типы иглокожих и полухордовых образуют группу амбулакралий.

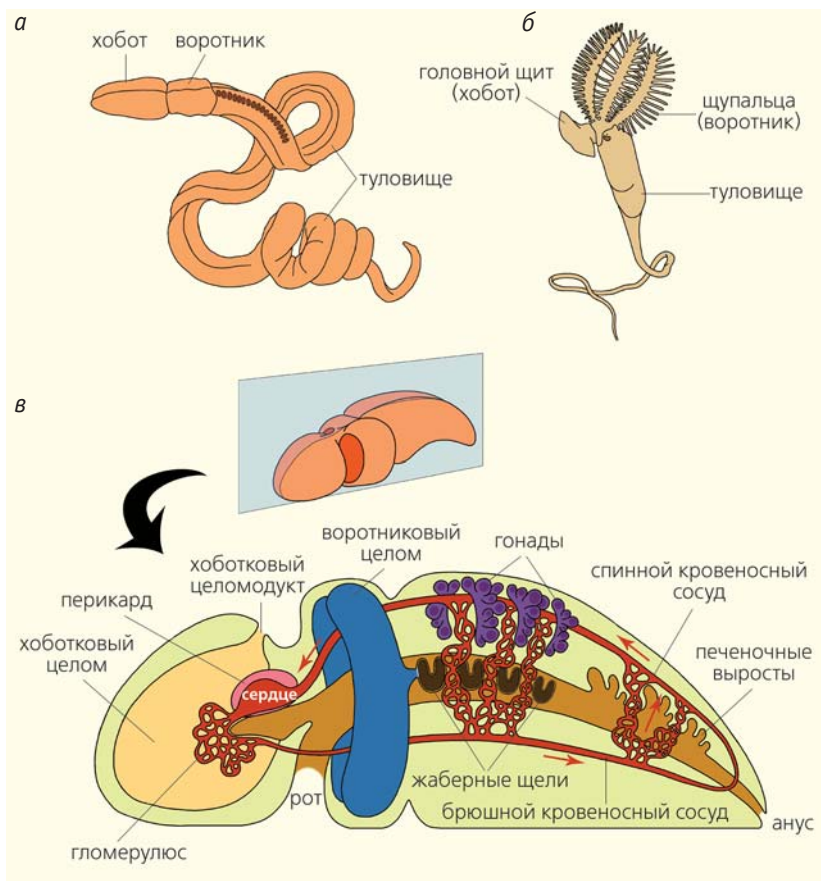


Рис.8. Полухордовые: а — *Saccoglossus*, представитель кишечнодышащих, б — *Cephalodiscus*, представитель крыложаберных; в — схема анатомической организации кишечнодышащих на срезе в сагиттальной плоскости (красными стрелками указано направление тока крови).

нетяне, оказавшиеся на Земле, так удивительны их формы и функции» [2]. И все же по зоологической классификации иглокожие принадлежат к группе вторичноротых животных. Ближайшие родственники иглокожих — полухордовые (Hemichordata) и хордовые (Chordata). Еще выдающийся русский биолог И.И.Мечников обнаружил, что личинки полухордовых (торнарии) и иглокожих удивительно сходны (см. рис.6). Торнарии также долго плавают в толще воды и имеют ресничные шнуры сложной конфигурации (см. рис.6,в). У личинок полухордовых тоже есть обширный целом, связанный с внешней средой каналом, который открывается наружу выделительной порой — гидropором. На основе сходства в строении личинок Мечников предложил объединить тип иглокожих и тип полухордовых в одну группу — амбулакралии (Ambulacraria) [6]. Современная молекулярная филогенетика полностью подтвердила предвидение Мечникова (рис.7). И название Ambulacraria (в современных публикациях используется написание Ambulacraria) снова появилось на страницах зоологических журналов и учебников [7, 8].

Перед метаморфозом целом личинки полухордовых приобретает расчленение, сходное с таковым у личинок иглокожих (см. рис.6,з). В передней части личинки имеется широкий левый аксоцель, связанный с внешней средой гидropором, и маленький пузырек правого аксоцеля. В средней части личинки имеется пара целомов, которые можно сопоставить с гидроцелями, а в задней части личинки — пара целомов-соматоцелей.

Взрослые полухордовые совсем не похожи на иглокожих. В состав типа полухордовых входит два класса: кишечнодышащие и крыложаберные. Взрослые кишечнодышащие обитают в толще грунта и выглядят как червеобразные организмы, тело которых разделено на три отде-

ла — хобот, воротник и туловище (рис.8,а). А крыложаберные — это мелкие колониальные организмы, несущие на воротниковом отделе перистые щупальца (см. рис.8,б). И у тех и у других имеется своеобразный рено-перикардиальный орган (лат. ren — почка, pericardium — околосердечная сумка). Авторы, пишущие на английском языке, называют этот орган heart-kidney — сердце-почка. В его состав входит хоботковый целом, который развивается из левого аксоцеля личинки полухордовых, перикард, формирующийся из правого аксоцеля, сердце и так называемый гломерулюс — сеть гемоцельных пространств между складками хоботкового целома (см. рис.8,в). Сокращения сердца нагнетают кровь в сосуды гломерулюса. Его стенка образована базальной пластинкой и клетками целомической выстилки — подоцитами. Из гемоцельных пространств гломерулюса жидкость фильтруется через базальную пластинку, проходит между пальцевидными отростками подоцитов и попадает в хоботковый целом. Оттуда жидкость выводится во внешнюю среду через специальный канал (хоботковый целомодукт), который открывается наружу порой на спинной стороне животного.

Рено-перикард полухордовых — несомненный гомолог осевого органа иглокожих. Он образуется из гомологичных целомов личинки и обладает существенным сходством в строении и функциях. Вероятно, предшественник рено-перикарда и осевого органа появился у общих предков иглокожих и полухордовых. Признаки, которые характеризуют родство двух групп животного царства, зоологи называют синапоморфиями. Можно считать, что рено-перикард, осевой орган, — это одна из важнейших синапоморфий группы Ambulacraria (=Ambulacraria), указывающая на глубокое филогенетическое родство полухордовых и иглокожих.

Итак, почка у иглокожих все-таки есть, — это давно известный осевой орган, а мадрепоровая пластинка — это выделительное отверстие иглокожих. Более того, оказалось, что почка иглокожих гомологична выделительному органу у представителей другого типа вторичноротых, а именно, у полухордовых. Таким образом, одна из загадок иглокожих разрешилась, но только одна... Иглокожие остаются, если использовать метафору Э.Э.Рупперта, «инопланетянами на морском дне», и их организация, развитие и эволюционная история таят еще множество тайн. ■

**Образцы иглокожих, служившие материалом для исследований авторов, были собраны в Японском море при поддержке Российского научного фонда (соглашение №14-50-00034), ультраструктурные исследования проведены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 14-04-00366-а, 15-29-02601-офи-м).**

## Литература

1. *Goldschmid A.* Echinodermata // *Spezielle Zoologie. Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere* / Eds W.Westheide, R.Rieger. Stuttgart, 1996. P.778–834.
2. *Ruppert E.E., Fox R.S., Barnes R.D.* Invertebrate zoology. Belmont, 2004. V.28. P.872–929.
3. *Ежова О.В., Егорова Е.А., Малахов В.В.* Ультраструктурные доказательства выделительной функции осевого органа морских звезд (Asterozoa, Echinodermata) // *ДАН.* 2016. Т.468. №4. С.470–473. Doi:10.7868/S0869565216160271.
4. *Cuénot L.* Anatomie, éthologie et systématique des Échinodermes // *Traité de Zoologie.* Paris, 1948. V.11. P.3–272.
5. *Balser E.J., Ruppert E.E., Jaekle W.B.* Ultrastructure of the coeloms of auricularia larvae (Holothurozoa, Echinodermata). Evidence for the presence of an axocoel // *Biol. Bull.* 1993. V.185. P.86–96.
6. *Metschnikoff E.E.* Über die Systematische Stellung von Balanoglossus // *Zool. Anzeiger.* 1869. Bd.4. S.139–143, 153–157.
7. *Furlong R.F., Holland P.W.H.* Bayesian phylogenetic analysis supports monophyly of Ambulacraria and of Cyclostomes // *Zoological Science.* 2002. V.19. №5. P.593–599.
8. *Nielsen C.* Animal evolution: interrelationships of the living phyla. Oxford, 2001.

# Мощное цунами. В проливе... Керченском

*Действительно, этим морем стоило полюбоваться,  
так как Понт — самое замечательное из всех морей.*

Геродот. История.

*...Атланта, которому ведомы бездны*

*Моря всего и который надзор за столбами имеет:*

*Между землею и небом стоят они, их раздвигая.*

Гомер. Одиссея (перевод В.В.Вересаева)

А.А.Никонов

В первой части трактата на объявленную тему\* мы рассмотрели материалы по участкам с признаками сильного цунами на восточных берегах Керченского пролива, куда волна накатилась. Шла же она, очевидно, от берега западного. Повернув теперь на 180°, обратимся к эпицентральной области землетрясения, в сторону источника цунами. Тут придется «копнуть» поглубже и столкнуться с неожиданностями.

Специалисты по береговым процессам и палеогеографы упорно и успешно изучали признаки трансгрессий и регрессий прошлого, о цунами не подозревая. После публикации каталога цунами в Черном море [1], а тем более после создания его расширенной версии в 2015 г. непредвиденно возникла дилемма: трансгрессия или цунами? Обойти этот вопрос стало невозможно. Здесь только коснемся его применительно к позднему голоцену и на примерах керченских.

## Нимфейская трансгрессия — реалия или заблуждение

Базовой основой для реконструкций колебаний Черного моря во второй половине голоцена стало выделение в 50-х годах XX в. на западном берегу пролива, вблизи древнегреческого городища Нимфея (южнее Керчи), нимфейской трансгрессии. Автор открытия — крупный специалист (и замечательный человек) П.В.Федоров. Нимфейская трансгрессия высотой 2 м над современным уровнем и датировкой I в. до н.э. стала каноном для большинства отечественных специалистов (Я.А.Измайлов, А.Б.Островский, А.А.Свиточ и др.). Были

\* См.: Природа. 2016. №5. С.29–38.



**Андрей Алексеевич Никонов**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — сейсмогеотектоника, палеосейсмичность, природные опасности. Постоянный автор «Природы».

**Ключевые слова:** Крым, Керченский пролив, землетрясение, палеоцунами, донные отложения.

**Key words:** Crimea, Kerch Strait, earthquake, palaeotsunami, bottom sediments.

и остаются резкие противники и сомневающиеся (Е.Н.Невесский, П.А.Каплин и др.). Ни в Средиземноморье, ни в Мировом океане следов трансгрессии нет. Минув историю вопроса и аргументы сторон, обратимся к разрезу, с которого все и началось (рис.1).

В первой публикации Федорова разрез описан скупо, без указания характерных черт отложений над культурным горизонтом и возраста артефактов в самом горизонте [2]. Между тем определения артефактов приводились еще в довоенной статье авторитетнейшего археолога того времени В.Ф.Гайдукевича [3]. Он знал, что ближайший к столице Боспорского царства греческий город Нимфей был «значительным портовым городом» и располагался на берегу «уже не существующего морского залива» [3, с.314]. В береговой части городища была раскопана керамическая обжигательная печь II–I вв. до н.э. [2; 3, с.315]. Отсюда следует, что перекрывающие культурные слои молже и их резонно соотносить с крупными пертурбациями всей местности в 63 г. до н.э.

Уровень моря в то время располагался на 3.0±0.5 м ниже современного [4], и, чтобы объяснить отложение морских песков выше него на 0.4–1.5 м, необходимо предположить подъем воды



как минимум на 4–5 м. Но морская терраса такого уровня на других берегах Керченского пролива отсутствует, что в высшей степени странно. Допущение трансгрессии (а она, как признается адептами канона, существовала и в последующие тысячелетия) неизбежно означает, что соответствующие ей морские слои должны залегать с наклонной слоистостью и включать переотложенные культурные остатки из подстилающего горизонта. Ничего этого, однако, в разрезе нет. Наоборот, вышележащие два горизонта имеют ровные границы, а внизу даже отчетливо прослеживается заполненная ими ложбина с «порогом» со стороны моря. Так отложиться слои могли только при каком-либо сильном нагоне (не при шторме!). Но никакой нагон не поднимет со дна столько мелкозема, чтобы ровно выложить его на берег, и никакой нагон не повысит уровень воды в Керченском проливе на 4–5 м. Такое под силу лишь мощному цунами.

В первой части статьи было сообщено о методических подходах к распознаванию и выделению отложений цунами в представительных разрезах. Здесь уместно сказать о способе, каким оценивалась высота залеска цунами. Оценка производилась с учетом повышения уровня моря на ~3 м за последние две с лишним тысячи лет, а также с учетом современной высоты кровли и мощности отложений цунами в конкретном месте. Логика при этом такова: слой песчаных осадков, часто с ракушей, а иногда с обломками, гравием и галькой, не мог быть перенесен водным валом толщиной, равной отложенному осадку. Он должен быть значительно больше. Условно принято превышение: однократное в случае приноса осадков глинистых фракций и двукратное — песчаных фракций.

Расчетные и модельные разработки показывают: при медленном и равномерном темпе трансгрессии образуется клиф — отвесный абразионный обрыв; волноприбойная зона смещается в сторону берега; уклон прибрежного участка тем больше, чем быстрее поднимается уровень моря; при мгновенном же поднятии уровня клиф сохраняется [5].

В современном состоянии берега на нимфейском участке явно присутствует и отчетливый современный клиф, и слабый уклон у его подножья, и признаки последовательного смещения волноприбойной зоны в сторону суши (постепенный размыв культурного слоя у уреза). Но ничего похожего нет в самом опорном нимфейском разрезе. Его характеристика полностью подпадает под случай мгновенного поднятия водного уровня,

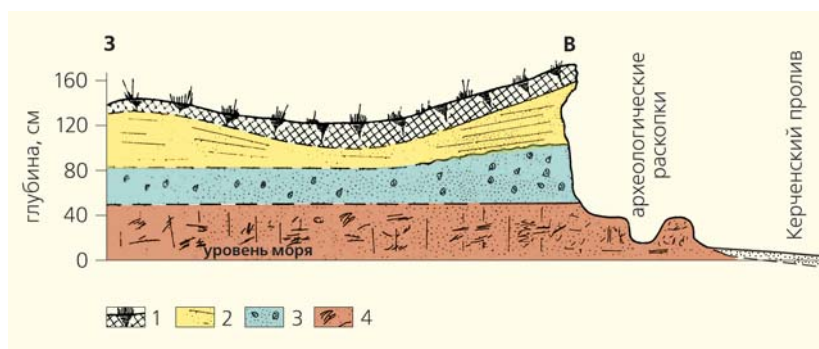


Рис.1. Разрез низкой террасы у древнегреческого города Нимфея на западном берегу Керченского пролива (П.В.Федоров использовал его в качестве опорного для выделения нимфейской трансгрессии [2]): 1 — почвенный слой; 2 — детритусовые слоистые пески оранжевого цвета; 3 — пески слоистые темно-серые Helix и Pupa; 4 — суглинки неслоистые с черепками глиняной посуды, углем и остатками строений и стен.

ибо отлично сохранились горизонтальные бассейновые накопления без следов абразии.

Непосредственно к югу от развалин г.Нимфея (там, кстати, идентифицированы следы крупных разрушений, датируемых именно 63 г. до н.э.) протягивается Героевская терраса высотой 3.5–2.5 м и шириной 0.5–0.6 км. Группа ученых из Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова подробно исследовала ее строение [6]. Разрез верхней (над современным урезом) части террасы напоминает слоистый пирог из континентальных слоев (включающих два культурных) и одного-двух слоев бассейновых осадков. Стабильные континентальные условия существовали на месте террасы как минимум с III в. до н. э. За это время на них только один-два раза наносились маломощные (не более 0.2 м) бассейновые накопления. По раковинному материалу в верхней части морских отложений террасы (а это крупнозернистые, иногда гравелистые пески с примесью гальки и раковинного детрита) удалось получить несколько значений возраста — от 4.8 до 5.6 тыс. лет назад. Однако справедливо допустить их перетолжение (до уровня 0–0.5 м). Если это так, то данные осадки были захвачены и перенесены водными возмущениями с уровня ниже современного на 4–5 м, что могло произойти только за счет цунами.

Молодой возраст этих отложений можно определить и другим, косвенным методом. В ближайшей к северу Чурубашской впадине, между Чурубашским озером и морским заливом с Камыш-Бурунской косой, развита низкая терраса длиной 2–2.5 км. На западе, где она имеет высоту всего 0.7 м над ур.м., в скважине 10-08 вскрыта четырехметровая толща грубозернистых песков с раковинным детритом и галькой, которая по резкой границе перекрывает алевриты с раковинами. Такая толща могла возникнуть вдоль оси широтной ложбины и отложиться на большом пространстве (а она обнаружена и на Камыш-Бурунской косе под алев-

ритовыми песками) только в результате полностью изменившегося условия экстремального события. Невозможно согласиться с авторами новых данных [6], которые трактуют пертурбацию как обычную смену отложений в мелководном заливе. Наиболее вероятным представляется резкое (внезапное) изменение уклона поверхности суши. Только такое действие могло породить мощный поток (водяной вал) из озера в море (или в обратном направлении). Вынесенный обломочный материал, несомненно, уже существовал на пути потока.

На восточном краю Чурубашского грабена, в южной части Камыш-Бурунской косы, под ее восточным склоном (где скважина 4-07), не менее чем на 1.5 км на широтном сейсмоакустическом профиле (рис.2) выделяются несколько залегающих друг на друге пачек слоев (сейсмофаций) с четкими контактами [6]. Средняя из них, с основанием на глубине 11.5–13.5 м от уровня воды (при глубине дна 5.5 м), отличается от ровных выше- и нижележащих пачек четкой гофрировкой слоев, которая могла образоваться под действием бокового давления. Судя по резкой пологой верхней границе толщи, гофрировка возникла моментально и заведомо после накопления всей толщи. Это не аккумулятивные (береговые) последовательно возникавшие валы [6], а единое тело с первичной горизонтальной слоистостью, которая была нарушена при сейсмообусловленном оползне скольжения. Перекрывающая пачка отложений образует ровное пологое дно. Ее мощность увеличивается с запада на восток до 2–2.5 м, что позволяет соотносить время схода оползня с пертурбацией на границе эр (т.е. с событием 63 г. до н.э.).

На основе публикации А.А.Поротова с коллегами [6] стало возможным выделить событие на самом западе Героевской террасы и на востоке, вблизи основания Камыш-Бурунской косы. На западе (в скважине 10-08) по раковинам из алевритов с глубины 3 м определено время их образования —  $2.2 \pm 0.27$  тыс. лет назад. Перекрывающая алевриты грубая толща могла появиться позднее. Более точ-

ную дату переворота позволяют получить три последовательных (снизу вверх) определения возраста мелкозернистых, хорошо сортированных, с раковинами, песков из восточной скважины (2-12). Возраст (по  $^{14}\text{C}$ ) слоев в основании этой пятиметровой толщи —  $2.65 \pm 0.34$  тыс. лет, в середине —  $2.3 \pm 0.2$ , а почти у кровли (на 0.8 м ниже) —  $1.65 \pm 0.22$  тыс. Таким образом, событие могло произойти в начале новой эры, а с учетом резервуарного эффекта — в конце прошлой.

Кровля датированной толщи залегает на глубине 3–3.5 м, т.е. на том уровне, на котором находилась береговая линия на рубеже эр. Отсюда следует, что верхи данной перекрывающей обломочной толщи возвышались на несколько метров (частично выходя на сушу) до тех пор, пока уровень новочерноморской трансгрессии их не перекрыл. В изученных разрезах не обнаружено никаких признаков постепенного наращивания мощности грубозернистых осадков, так же как и признаков их размыва.

Отложение прослоя песка толщиной 0.35 м попадает во временной интервал между II в. до н.э. и I в. н.э. В районе описываемых разрезов обнаружены развалы каменных стен постройки III в. до н.э. Эпицентр девятибалльного землетрясения 63 г. до н.э. располагался как раз поблизости, на западном берегу Керченского пролива. Других экстремальных природных событий в указанный период в районе пролива не происходило. Иное объяснение возникновения цунами не просматривается.

Высоту заплеска оценить пока можно лишь ориентировочно. Основания оборонительных укреплений древних городов не закладывали ниже 2 м над ур.м. Ныне интересующий нас пропласток, по-видимому, располагается на абсолютной высоте не более 2.5–3.0 м. Поднять 0.3 м песка на подобную высоту может волна никак не менее 1.0 м (над тогдашним уровнем моря). Таким образом, получаем высоту заплеска ~3.5–4 м. А при уровне моря в I в. до н.э. на 3 м ниже современного высота волны должна быть немаленькой, но не неверо-

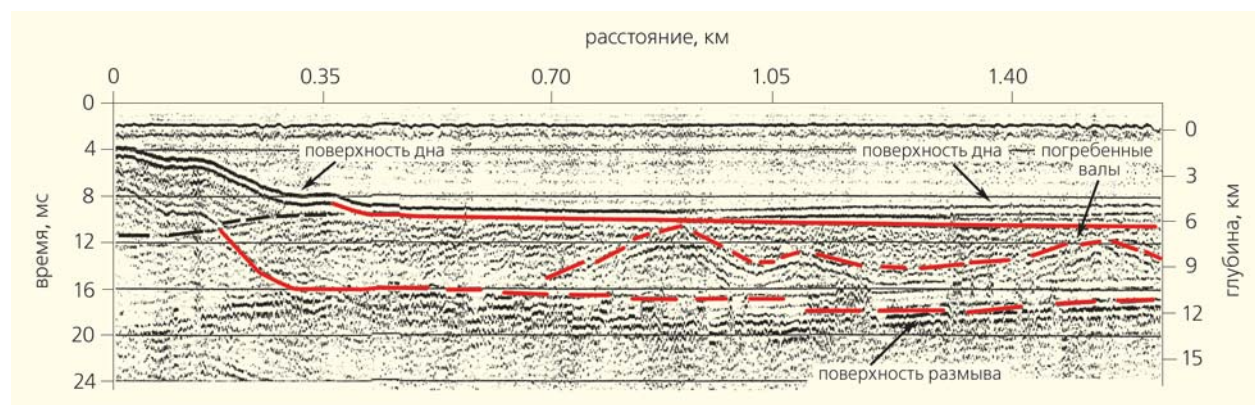


Рис.2. Широтный профиль эхозондирования на Чурубашском участке, к югу от Керчи [6]. Выделяется горизонт позднего-люциновых деформированных морских осадков и подводный оползень, сошедший, возможно, в результате землетрясения.

ятной для землетрясения в IX баллов в его эпицентральной области.

Так, двумя независимыми путями в нескольких рядом расположенных местах приходим к объяснению необычных разрезов вследствие единовременного (а не постепенного) поднятия водного уровня на 4–5 м в I в до н.э. Никаких других катаклизмов, кроме землетрясения 63 г. до н.э., в то время в Керченском проливе не установлено.

Итак, сильное цунами (а не нимфейская трансгрессия) выявляется не только на восточном берегу Керченского пролива, но и на западном. Отложения цунами идентифицируются также и в 12–14 км южнее (скважина 1/79), посередине вала-пересыпи, отделяющего Тобечикское озеро от вод Керченского пролива.

Приблизившись к эпицентральной области землетрясения, сосредоточимся на тектонической ситуации в середине I в. до н.э. на западном побережье Керченского пролива.

К северу от пос.Еникале признаки новейшего субмеридионального разрыва с блоковыми смещениями указывались еще в позапрошлом веке [7]. Там, под скалистым участком берега с подводным уступом, существует каменный развал и расщелины в скалах (сведения подводного археолога Б.Петерса). На берегу вокруг крепости Еникале обнаружены смещения оползневых тел по разлому. При бурении вдоль меридионального участка побережья и к югу от него была закартирована серия разновременных подводных оползней позднечетвертичного возраста [8].

### Молодые грабены-провалы

Рассмотрим два соседних участка, непосредственно к югу от уточненной эпицентральной области разрушительного землетрясения 63 г. до н.э.

**Чурубашский участок.** Вдоль одноименных речки и озера к востоку, до пос.Аршинцево, с выходом на Камыш-Бурунскую косу, проводились

детальные исследования с буровыми работами и документацией бортов карьеров [8, 9]. На трех меридиональных профилях закладывалось по 6–11 скважин. Некоторые из них достигали глубины 70–75 м, прорезая неогеновые породы и отбивая подошву четвертичных отложений. Надежно было установлено, что здесь сформировался новейший многоступенчатый грабен, заложный по южному крылу Камыш-Бурунской мульды и по северному крылу Эльтиген-Ортельской (рис.3). Были прослежены три субширотных разрывных нарушения, которые оконтуривали два тектонических блока, опущенных по отношению к южному берегу лимана [8, с.134]. Амплитуда вертикальных смещений по разрывам не превышала 60 м. Формирование этих продольных (относительно складчатых альпийских структур) разрывных нарушений происходило в посткimmerийское время (1.5–0.9 млн лет назад).

По изменению высоты подошвы четвертичных отложений (здесь карангатских, позднеплейстоценовых) выделяются два протяженных блока: узкий южный и более широкий северный, раструбом уходящий под восточную часть Чурубашского озера, в сторону Камыш-Бурунской косы (уже в пределах Керченского пролива). Резкие несоответствия изолиний в залегании подошвы карангатских отложений между блоками (рис.4), а также северная граница современного блока, проходящая именно по линиям разломов, позволяют предположить разновременность возникновения (и развития?) этих структур. На границе между блоками в западной части участка разница высот на крыльях разлома составляет 5–8 м, а на востоке — 4–17 м, причем в последнем случае — с обратным уклоном (т.е. от побережья к западу). На востоке (на западе измерения не проводились) северного блока, по северной границе, перепад высот составляет 1–8 м, с уклоном на восток (к заливу), но амплитуда уменьшается в восемь раз к западу. В такой ситуации считать подвижки земной коры одновременными практически невозможно. На восточном раз-

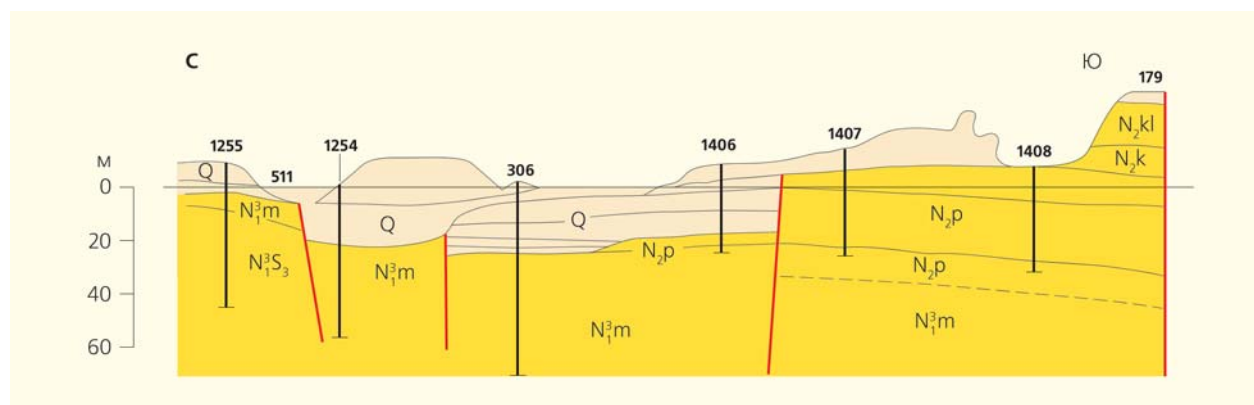


Рис.3. Меридиональный разрез через Чурубашский ступенчатый грабен четвертичного времени [9]. В северной части грабена (слева) вероятен провал голоценового времени.

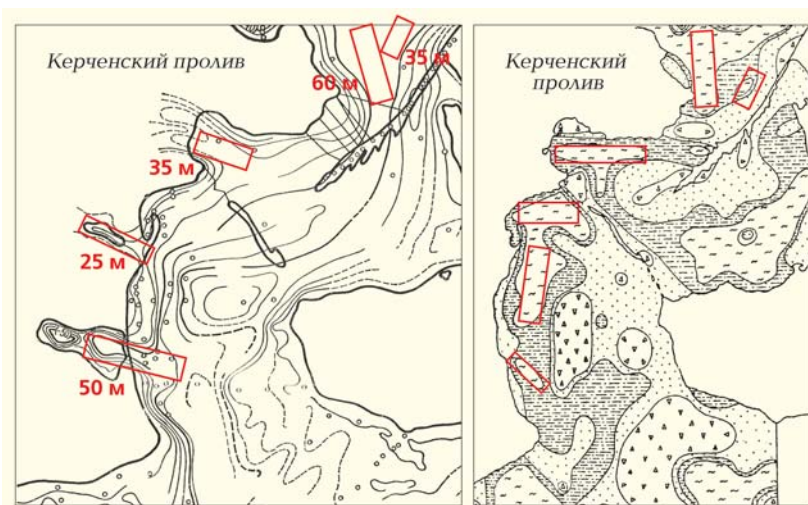


Рис.4. Рельеф дна в Керченском проливе. Красными прямоугольниками выделены участки провалов дна: слева — по карангатской поверхности (80 тыс. лет назад), цифры показывают глубину залегания поверхности карангатских отложений в пределах провала; справа — участки повышенной (до 15–18 м) мощности илов голоценового времени [8].

резе отчетливо выделяется сброс с амплитудой смещения восточного крыла 15–17 м, с резким увеличением (по сравнению с южным крылом) мощности карангатских ракушечных песков. Смещение здесь возникло в период карангатской трансгрессии (120–90 тыс. лет назад). А на крайнем западе этого же блока (где грабен гораздо уже) карангатские отложения располагаются на глубине около 20 м ниже ур.м., т.е. даже ниже, чем в более восточных разрезах. Сам грабен заполнен мощными (до 18 м) иловыми накоплениями, которые к северу тонким слоем на горизонте 0–5 м ложатся на континентальные лессы. Это говорит о резкой смене континентальных накоплений (без их размыва?) бассейновыми. Наиболее правдоподобно объяснить данную ситуацию можно, признав моментальное опускание этого участка грабена.

Из изложенных фактов следует, что отдельный небольшой внутренний грабен возник значительно позже карангатской трансгрессии, после (или в конце) длительного периода континентального развития этого участка, вероятно, 13–11 тыс. лет назад. Таким образом, здесь выделяется фаза (импульс) еще одной тектонической активизации, уже на границе плейстоцена и голоцена. Амплитуда провала в этом месте определяется в 15 м. Данный факт принципиален для понимания стиля и времени частных тектонических (сейсмотектонических) проявлений в пределах более крупного Керченского грабена.

И еще. Русло бывшего Чурубашского ручья вблизи устья врезано в окружающую низину. Ныне, после мелиорации, оно выглядит как узкий залив [6]. Между тем участок берега от мыса Камыш-Бурун (скальное возвышение, на котором распо-

лагается городище Нимфея) до пункта Кара-Бурун представлял собой крутой уступ, как о том свидетельствовал в начале XIX в. П.Дюбрюкс [10]. Абразия в защищенном заливе не могла создать столь выразительный уступ. Он мог возникнуть за счет сброса или срыва оползня с близлежащего участка дна.

Важно площадное и высотное залегание мощной толщи илов, одинаковых и в западной части грабена, и на его продолжении под Камыш-Бурунской косой (т.е. уже в пределах Керченского пролива). По материалам бурения (скважина 802), толща илов залегает в интервале 30–10 м ниже уреза воды. Она перекрыта раковинными разнозернистыми песками позднего голоцена. Мощность илов здесь близка к мощности толщи, обнаруженной в западной части грабена,

но находится она гипсометрически ниже. Молодые широтные разломы продолжают к востоку под дно пролива, так что грабен-провал протягивается на расстояние не менее 5 км.

На примерах хорошо документированных Чурубашского и Тобечикского грабенов [8, 9] убеждаемся, что они представляют собой не просто впадины неясного генезиса, а тектонические провалы, структурно и динамически вполне объяснимые. Это ведет к допущению формирования подобных (но меньшего масштаба) образований как внутри установленных структур, так и вблизи них. В условиях общего регионального меридионального сжатия возникновение узких грабенов-провалов в апикальных частях новейших, развивающихся антиклиналей широтного протяжения вполне естественно.

**Керченская бухта на месте тектонического провала.** Одна из необычных черт разрезов донных отложений в Керченском проливе — чередование илистых и песчаных фаций осадков. На эту особенность редко обращали внимание, а если и обращали, то считали *a priori*, что привнос песков в пролив идет по руслу Палео-Дона. Между тем, согласно сведениям гидрологов, поступающий в Керченский пролив ил со многими пищевыми элементами для планктона поступает из мелководного и прогреваемого Азовского моря, куда, в свою очередь, выносятся р.Доном [11]. Своих рек с водосборами Керченский пролив не имеет, и внезапные резкие перемены в донных разрезах (от длительного накопления илов к отложению песчаных осадков, нередко с битой или переотложенной ракушей) иначе, как бурными переломками водной среды в проливе, не объяснить.

Окружающий Керченскую бухту водосбор (совсем незначительный) в голоцене не менялся. Но зато в прибрежье и на окружающих берегах распространены пески с ракушняком, в основании сформировавшиеся за счет размыва плиоценовых железистых песчаников, а выше — за счет перемыва карангатских песчаных накоплений. Для объяснения местной ситуации сначала стоит рассмотреть признаки тектонических подвижек дна на этом участке.

Абрис береговой черты и морфология Керченской бухты резко выделяются на всем 40-километровом западном берегу Керченского пролива. На юге берег резко, под прямым углом, меняет простирание с меридионального на восточное (Керчь располагается как раз в этом углу), а через 10 км, у пос.Опасное, снова под прямым углом (по меридиану) уходит на север. Морфология побережья здесь также необычна. С запада подходит длинная скалистая гряда с горой Митридат (абсолютной высоты 81 м), которая крутым склоном спускается под воды бухты. Северный, широтного протяжения, берег бухты в восточной части высокий и крутой, с выходами коренных пород. Посередине же, западнее мыса Змеиног и ближе к Керчи, — низменный, пологий, сложенный исключительно рыхлыми отложениями.

Скальная гряда, восточное окончание которой фиксирует гора Митридат, представляет собой северное крыло широтной антиклинали с выходами (до абсолютной высоты 140 м) сарматских известняков. Южное крыло на поверхности не наблюдается. Его понтические слои появляются только южнее, у пос.Аршинцево, и там они лишь слабо деформированы, что позволяет смещение (начальное) по разлому относить к предпонтическому времени.

В рельефе между Керчью и Змеиным мысом отчетливо выделяется меридиональное понижение без выхода на поверхность коренных пород, но с мощным покровом рыхлых отложений, в основном лессовых (т.е. субаэральных). Еще в конце XIX в. Н.И.Андрусов установил здесь континентальные лессы с раковинами наземных моллюсков. По буровым скважинам эти отложения прослежены «на порядочную глубину ниже уровня моря» [7, с.72]. В одной из скважин на этом берегу они залегают на зеленоватой эвксинской глине на глубине 3.5–4 м, а на бывшей Привозной площади Керчи (т.е. в западном углу залива), лессы лежат уже на глубине 9 м. В других местах по обрамлению бухты лессовидные глины, как и подстилающие их надрудные песчаники (киммерийский ярус плиоцена), располагаются «нередко даже выше уровня моря», тогда как в центре бухты их кровля фиксируется только на глубине 19–22 м. Андрусов резонно заключил: «Указанный факт доказывает, что дно синклинали у Керчи после отложения лессовых глин успело опуститься до 30 футов, а может быть и более» [7, с.71]. Этот вывод ос-

тался без внимания, хотя практически именно тогда было положено начало представлению о дифференцированных (блоковых) тектонических движениях в постплиоценовое время.

В свете нынешних знаний эти рассуждения корректируются следующим образом. Южная часть заложеной в миоцене — раннем плиоцене Керченской синклинали опустилась по широтному разлому (который маркируется современным береговым обрывом) и образовала Керченскую мульду (фактически наложенный грабен). Произошло это в послекарангатское время, ибо разница высот карангатских прибрежных отложений на берегах и дне примерно равна высоте, на которой залегают подошва лессов. Но на берегу (ново)эвксинские отложения отсутствуют. Определить амплитуду тектонического опускания в данном месте в голоцене трудно, так как необходимо учитывать величину эвстатического повышения уровня моря. Андрусов писал: «Опускание в Керченской мульде... почти современное, произошло, может быть, уже в историческую эпоху, во всяком случае, послеледниковую» [7, с.72–73]. В пользу того, что лессы попали на дно Керченского залива именно в результате резкого, тектонического провала (а не постепенного погружения), приведем следующее соображение. Если бы происходило медленное погружение дна бухты относительно возвышенного (кроме юго-западной части) берега или постепенный подъем уровня моря, то легко размываемые лессы уничтожились бы абразией в смещавшейся к современному берегу волноприбойной зоне. Именно моментальный провал блока с погружением лессов на глубину, за пределы волнового воздействия, мог обеспечить их сохранность в разрезе.

На северном берегу Керченской бухты, на низменном участке западнее мыса Змеиног, распознаются признаки молодой фазы провала. В пределах этого понижения разрез в окрестностях Керчи получен еще в скважине 1891 г. Она заложена на низменном берегу у выхода с севера к Керченской бухте Катерлесской балки. Сверху залегала желтоватая лессовая глина, под ней — желтый, а затем более мелкий серый кварцевый песок. Под песками вскрыта большая толща разнообразных глин (сверху вниз): синеватая слоистая (внизу с камнями), песчаная, сланцеватая зеленоватая и др. На данном участке отмечается полное сходство верхней части разреза с отложениями других скважин. Но в этой, более глубокой, скважине разрез внизу значительно представительнее. Ниже новоэвксинской зеленоватой глины здесь опять встречен «камень», под ним темно-серый песок, слои «железняк», затем снова лессовидная глина (!), пески и глина. Вся эта четвертичная толща, с маркирующими карангатскими слоями, значительно ниже уровня моря (!) покоится на плиоценовых рудных пластах, понтических известняках, меотических глинах и песчаниках [7]. Совершенно ясно, что здесь, у са-

мого берегового уступа широтного простирания, плиоценовые и миоценовые слои залегают гораздо глубже, чем севернее или западнее (на горе Митридат). Объяснить такую суперпозицию иначе как сбросом южного блока по разлому невозможно. Присутствие в разрезе глубоко под уровнем моря толщи более раннего, скорее всего надкарангатского, лесса подтверждает и более молодой провал дна под Керченским заливом. Тут уж о влиянии голоценового постепенного подъема уровня моря говорить не приходится.

Изложенные факты, по наблюдениям столь квалифицированного исследователя, как Андрусов, ведут к признанию Керченской бухты тектонически опущенным блоком, который от береговых массивов с севера и запада отделен разломами. Данная структура, как и дополнительный (суб)меридиональный разлом западнее Змеиного мыса, отчетливо читаются и в наземном рельефе, а вот в подводной части они замаскированы поздними морскими отложениями.

Конфигурация и масштабы молодых, одинаково ориентированных грабенов-провалов — Тобечикского, Чурубашского и Керченского — отлично просматриваются на картах с глубинами залегания кровли маркирующего карангатского горизонта и на карте литологии донных отложений Керченского пролива [12]. На последней легко выделяются поля илистых отложений у современной поверхности дна, т.е. самых молодых осадков на восточном краю Чурубашского грабена и в Керченской бухте. И это притом, что глубина дна здесь не превышает 2–3 м.

Независимое подкрепление приведенных выше суждений о существовании молодого провала под крайней западной частью Керченской бухты можно получить из не обратившего на себя внимание древнего сообщения [13]. На одной из подводных античных стен вблизи Старогреческой пристани Керчи в 90-х годах позапрошлого века «строилась волнорезная постройка». Из нее, в 60 м от берега, с глубины 7 м, извлекались камни. Основание же более древней постройки находилось «в подводном грунте» глубже еще на 1.5 м. Оттуда была поднята и амфора IV в. до н.э. [7]. Вряд ли античные строители под основание постройки на дне бухты выкапывали траншеи глубиной более 1.5 м. Скорее, стены ставили на дно, бывшее в то время устойчивее, а полутораметровые осадки накопились позднее.

На глубине 7 м (да даже 3–4 м, если учитывать произошедшее с того времени поднятие уровня моря) дно в кутовой части бухты располагалось практически вне зоны активного волнового воздействия. Если же считать, что верхняя часть подводной стены разрушилась после IV в. до н.э. (что вполне вероятно), то все равно невозможно допустить возведение древними греками стены на такой глубине (ни по соображениям пользы постройки, ни по причине технических возможнос-

тей). Остается допустить погружение местного прибрежного участка дна в Керченской бухте на 2.5–3.0 м. Предположить, что прочная каменная стена разрушилась в результате сильного землетрясения, вполне реально. Именно в Керченской зоне достоверно установлены разрушительные землетрясения в 225±20 г. до н.э., в 63 г. до н.э. и позднее. Подобная ситуация отмечалась на заре греческой колонизации на юго-западе Крыма, где у края Гераклеяского п-ова произошел провал старого Херсонеса на глубину 9 м [4].

Сопоставляя полученные сведения (приведенные здесь частично), получаем, что вдоль ступенчатого в плане контура западного побережья Керченского пролива (к югу от порта Крым и городища Нимфея) везде обнаруживаются признаки молодых разрывов с опусканием дна прилегающей акватории.

### Кре... мост наш тяжкий

Назвать грандиозным проект «Керченский мост» значит ничего не сказать (рис.5). Это колоссальное мостовое сооружение с шестью полосами движения (с дополнительными во много десятков километров федеральными подъездными дорогами), которое сопровождается на севере «энергомостом» с четырьмя кабельными линиями, а на юге — мощным газопроводом.

Керченский мост — сложнейшая система надводных и подводных, наземных и подземных конструкций, с сопряженными подсобными предприятиями, подстанциями, разветвленной береговой инфраструктурой, поселками, отелями, с множественными объектами жизнеобеспечения. Проект выдающийся. В него заложено противостояние самого мостового перехода сейсмическим воздействиям силой в VIII–IX баллов. А периферия и вся инфраструктура? Противостояние береговым обвалам, подводным оползням, сильным цунами учтено не было. При составлении проекта не существовало еще такого рода знаний, они только начинают появляться [14, 15]. И главное, не было даже подозрений о возможности внезапных подводных разрывов со смещениями на несколько метров и грабенообразных провалов морского дна под объектом и по соседству с ним.

Есть ли примеры подобных строек? Выдающийся мост к о.Русский неколебимо стоит на Дальнем Востоке. Но создан он в совсем иных природных условиях. Если обратиться к близким по геодинамике примерам, то они — в Средиземноморье: проливы Босфор, Гибралтарский, Дарданеллы, Мессинский, а также проливы к сотням островов в Эгейском море. И ни одного моста. Их строительство сдерживалось хорошим пониманием геодинамической и сейсмотектонической обстановки, знанием богатой катаклизмами истории. Элементарной разумной предусмотрительностью.

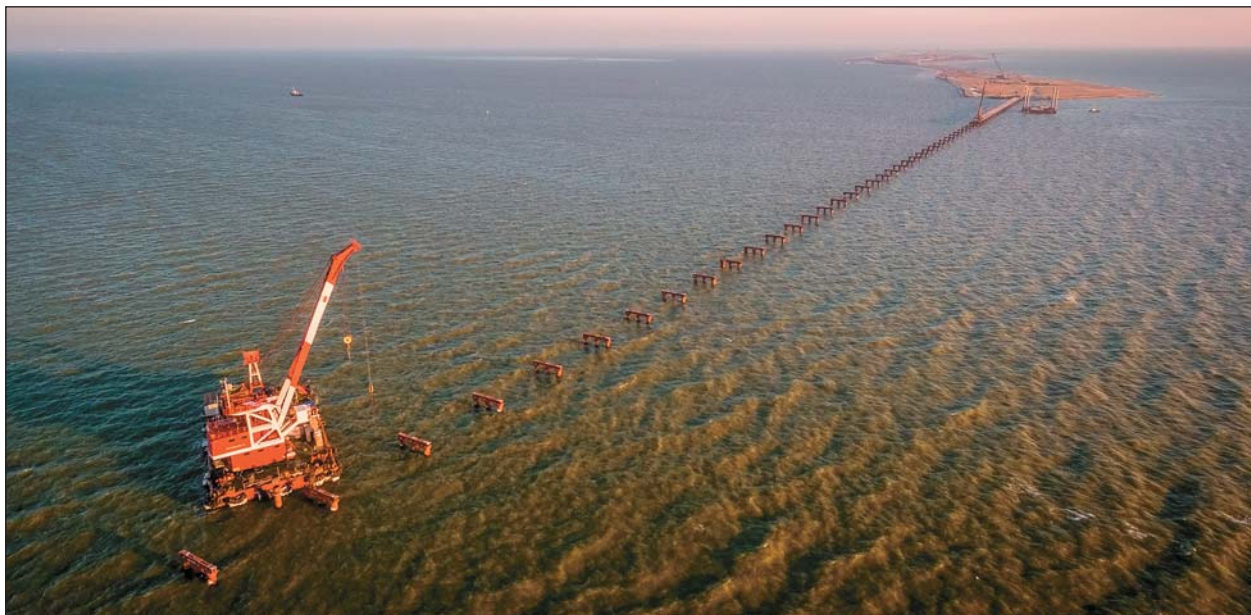


Рис.5. Протяженность первого рабочего моста — от Тузлинской косы до о.Тузла — около 1.2 км. Это сооружение на 58 опорах, рассчитанных на воздействие максимальной ледовой нагрузки за 10-летний период. Ширина металлического пролета — более 11 м, высота от уровня моря — 2 м.

Фото с сайта Управления федеральных автомобильных дорог «Тамань»  
Федерального дорожного агентства (fkutaman.ru)

### Сравнение не доказательство, но...

*...богиня, скажи мне всю правду:*

*Если погибельной я избегну Харибды, могу ли  
Сциллу я отразить, как хватать она спутников  
станет?*

*...богиня богинь мне ответила тотчас:*

*Знай же: не смертное зло, а бессмертное Сцилла.*

*Свирепа,*

*Страшно сильна и дика. Сражение с ней невозможно.*

*Гомер. Одиссея (перевод В.В.Вересаева)*

У меня нет намерений напустить страх. Есть потребность поделиться новыми знаниями. А есть старые. По другому проливу, если не близнецу, то родному брату нашего, Керченского. В журнале «Природа» была опубликована статья «Между Сциллой и Харибдой»\*. В ней развернут сценарий не нарисованный, а подлинный, всего-то столетней давности. Познакомиться с ним весьма полезно. Здесь воспроизведем несколько отрывочных фактов.

В декабре 1908 г. при землетрясении X (или более) баллов на западном берегу Мессинского пролива, в г.Мессине, волна поднялась на 3 м, а на других участках — достигала 10 м. Десятки тысяч жителей погибли при цунами. Общее же число жертв катастрофы приближалось к 120 тыс. Моретрясение началось в глубине. Вот свидетельство капитана парохода, шедшего ранним утром злополучного дня через пролив из Мессины в Ред-

жио: «Море вдруг стало бурным, хотя погода оставалась тихой; казалось, что вся поверхность моря разверзается, и что в глубине открылась какая-то пропасть, куда устремилась вся вода. В одно мгновение пароход коснулся морского дна, а затем был подброшен волной вверх».

«Коснулся дна» на глубинах свыше 100 м. Это, видимо, была иллюзия, так бывает при моретрясениях. Но падение судна в водную пропасть и последующее подбрасывание вверх (т.е. моментальное колебание с амплитудой как минимум в несколько метров) — факт сам по себе весьма показательный. Он означает, что судно проходило практически непосредственно над сместителем одного из сбросов, т.е. над очагом землетрясения.

Машинист другого корабля, находившегося у калабрийского берега на широте Мессины, поведал: «Около 5 ч 20 мин утра ужасное содрогание морского дна дало такой сильный толчок нашему судну, что все грузы на нем сорвались с мест. Море внезапно вздулось наподобие огромного горного кряжа, рядом с которым, наоборот, как бы опрокинулось внутрь. Слышался глухой грохот. На берегу яростно тряслись огни Сан-Райниери».

Опять сильное моретрясение, и сразу вздутие, а рядом провал морской пучины. Почти то же сообщали о начальном поведении моря из прибрежного городка Сан-Джиованни в 10 км севернее: «Морские пучины поднялись так, как если бы их выбросило в воздух подземным взрывом».

Получается, что водный «кряж» и «ров», как синусоида, возникли вдоль восточного берега про-

\* Никонов АА. Между Сциллой и Харибдой. К столетию Мессинской катастрофы // Природа. 2008. №12. С.36–50.

лива, на меридиональном его участке. А форт Сан-Райниери, где «яростно тряслись огни», расположен на косе, отделяющей гавань Мессины от пролива, т.е. всего в 1.5 км от города.

Еще с одного корабля (он стоял в проливе ближе к сицилийскому берегу) поступило известие: «Мгновение спустя после возмущения водной поверхности удары сотрясли палубу и судовые шлюпки, оторвали спасательные лодки, баки с горючим, выбросили ящики с цитрусовыми». Здесь не было провала пучины и выброшенных вверх валов.

А в гавани самой Мессины, всего в каких-то 3–5 км, события разворачивались иначе. Капитан стоявшего на рейде парохода «Монтелло» рассказывал, что на корабле вдруг почувствовали три удара, затем его стало бросать из стороны в сторону. На палубе моряки увидели мчавшуюся к берегу (в сторону Мессины) громадную водяную стену. В самом порту, по сообщению капитана стоявшего в порту английского корабля, волны ударились о борт и перехлестывали через палубу. На морской поверхности образовались впадины глубиной 3–9 м. «На гребне горы-волны неслись сорванные с якорей суда. И все то, что было недобито, не доломано землетрясением, было стерто волной с лица земли. И, уходя, она уносила с собой все, что встретила на пути: катавших по земле и бежавших к морю взрослых, как щепочки подобрала детей, и дома, и церкви, которые она только что раздавила». И это при том, что волны имели высоту 2.4–3 м.

На противоположном, калабрийском, берегу, волна со всей силой ударила в мост. Тот обрушился и раздавил, столкнув одни с другими, пришвартованные суда. Южнее волна затопила протестантское кладбище, смыла дом сторожа вместе со спавшими в нем обитателями и унесла в море огромные обломки стены. Даже от мола она оторвала и сдвинула на 20 м цементную глыбу массой в 20 т. Здесь высота цунами составила 4–10 м (до 11.7 м). Три основных волн опустошили полосу побережья в глубину до 500 м.

Целый ряд фактов не оставляет сомнения в том, что под водой происходили разрывы и крупные смещения дна. Наиболее важны среди них следующие свидетельства: разрыв нескольких подводных кабелей, в том числе к северу от г.Реджио, резкие вертикальные толчки на кораблях, находившихся в середине пролива, возникновение продольных водных валов и впадин с размахом 5–10 м, после которых к берегам подошли волны цунами. По результатам повторной высокоточной нивелировки установлено оседание на несколько десятков сантиметров восточного побережья между Сциллой и г.Реджио. На западном побережье и в самой Мессине произошло оседание до 70 см (а за счет местного оползания берег опустился почти на 2 м). Общее же поднятие региона сменилось медленным погружением еще за шесть-пять лет до самого землетрясения.

Сценарий столь же реальный, сколь был ужасающим и остается удручающим. «Тот, кто забывает прошлое, обречен его повторить».

## Конец — всему делу... венец

Всего 100 лет назад научному сообществу о цунами в Черном море практически ничего не было известно. После крымских землетрясений 1927 г. появилось кое-что. К концу XX в. даже был опубликован каталог из 22 событий. Водные возмущения при них на записях приборов измерялись сантиметрами. А что сейчас известно о цунами в самом Керченском проливе? Расширенный к концу 2015 г. каталог черноморских цунами насчитывал уже 38 событий. Но в Керченском проливе — ни одного сколько-нибудь значимого зарегистрировано не было. И не предвиделось. Но приходит время...

Появились новые факты о цунами в разных частях мира и свидетельства о их катастрофических последствиях. Разработаны новые подходы и способы распознавания, новые толкования прежних сведений. Научное познание растет.

Керченское цунами, как оно теперь вырисовывается, значимо в целом ряде отношений. Оценки высоты заплеска в 10 разных пунктах побережья пролива превысили все значения, полученные на черноморских берегах за 2.6 тыс. лет [16]. По-видимому, сказались такие факторы, как мощность сейсмического события, близость берегов к эпицентральной области. Главная же причина — моментальный тектонический провал (на несколько метров) дна в эпицентральной области, что бывает очень редко. Вероятно, не случайно с удалением от приэпицентральной области прослеживается уменьшение толщины отложений цунами, как и оцениваемой по единому правилу высоты заплесков.

Всеобщая мелководность пролива с учетом местоположения очага разрушительного землетрясения 63 г. до н.э. определяло специфику возникшего здесь цунами. Она состоит, в частности, в том, что в мощное турбулентное движение пришла вся толща воды в мелководном проливе и практически на всей его акватории. Такое возмущение не могло не привести к захвату и переносу больших масс донных осадков (в том числе песчаных). Из них моментально надстраивались прилегающие и отдаленные косы. Осадки покрывали слоем толщиной до 1–1.5 м низменные части побережий, меняя их ландшафты.

Возникают вопросы (как минимум, два). А вообще такое бывает? Какова вероятность подобного катаклизма? Вопросы разной трудности. Ответы разной степени неопределенности. Рискнем предложить ответы (ибо каждая оценка опасности сама опасна). При ответе на первый вопрос можно было бы использовать вопрос рецензентов



двух академических журналов в 1995–1997 гг.: «А разве в Черном море цунами бывают?»

Или вспомнить об убежденности специалистов в начале 20-го столетия в том, что Крымский регион сильным землетрясениям не подвержен. Убеждения ныне иные, наши ответы тоже.

Исследование землетрясения 63 г. до н.э. в Керченском проливе дает основание считать его мегасобытием регионального масштаба (рис.6). После драматических уроков, преподанных человечеству Посейдоном в Индийском океане в 2004 г. и в Тихом — в 2011 г., образ мышления и действия в отношении мегасобытий должны измениться.

Всего несколько лет назад большинство специалистов не предполагали, что Керченский пролив представляет собой новейший грабен и мощную сейсмогенерирующую зону (сейсмолинеament), которая регулярно продуцирует сильные землетрясения ( $M \geq 6$ ). Зона эта коварная. Режим активности в ней принципиально отличается от других зон в Крымском регионе. Так, в отличие от Ялтинской зоны с ее постоянной сейсмической активностью и потому находящейся «под контролем» у сейсмологов, Керченская очаговая область хранит молчание столетиями, а затем разражается внезапным приступом мощных конвульсий. Новейшее исследование показывает: здесь за 2.6 тыс. лет выявлено семь сильных землетрясений (рис.7, 8). Средний интервал их повторения посчитан двумя способами: по Керченскому линеamentу и по сопряженным Керченскому и Южно-Азовскому. Получилось 350 и 250 лет соответственно. Последнее сильное событие в Керченской зоне произошло в 1580 г., в Южно-Азовской — 265 лет назад. Эта главная научная новость [14, 15] не только позволяет, но и диктует необходимость заглянуть в ближайшее будущее. Приходится принять, что район Керченского пролива вступил в опасный период. И считаться с этим.

Другое дело, что вовсе не каждое сильное землетрясение сопровождается мощным цунами. Неизбежно сопровождаются — только провальными. Последнее из таковых в проливе случилось 2 тыс. лет назад, предшествующее — 4–5 тыс. лет назад. Статистики нет. Следовательно, на вопрос «когда?» ответа нет, а ответственность остается.

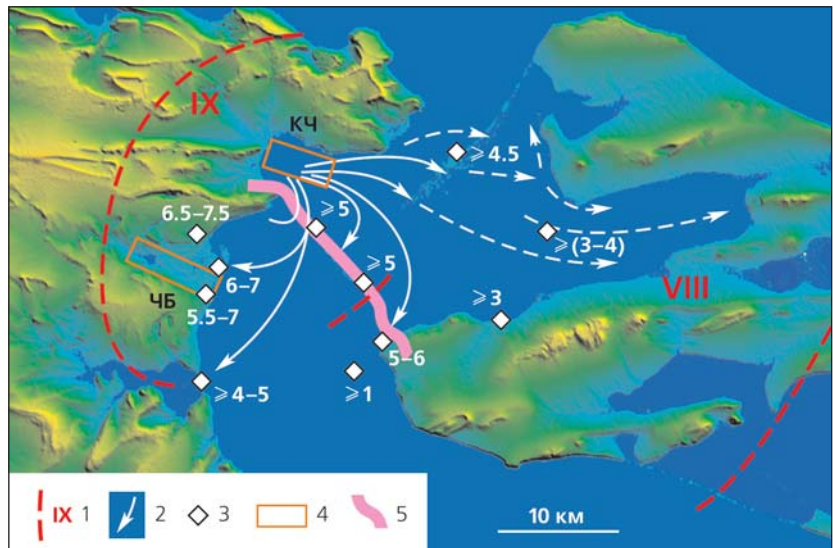


Рис.6. Схема сейсмо- и цунами-проявлений Пантикапейского землетрясения 63 г. до н.э.: 1 — изосейсты высших баллов; 2 — намечаемые трассы распространения цунами; 3 — ориентировочная высота заплеска (м); 4 — молодые грабены-провалы (ЧБ — Чурубашский, КЧ — Керченский); 5 — трасса строящегося моста.

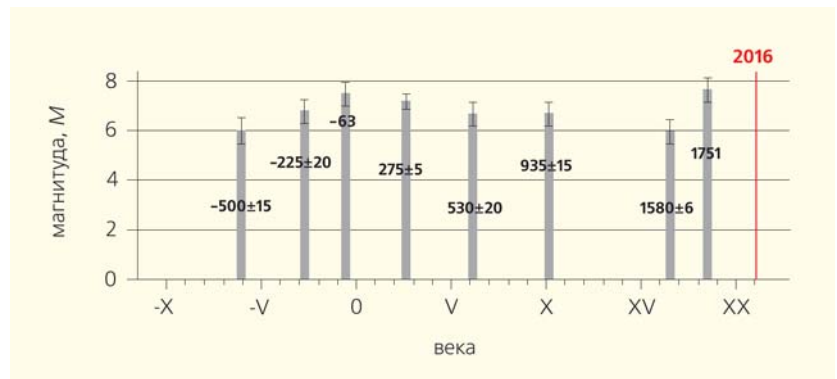


Рис.7. Пространственно-временное распределение сильных землетрясений: в Керченской сейсмогенной зоне за 2.6 тыс. лет.

| век   | Сейсмогенные зоны |                            |                 |    |                   |    |
|-------|-------------------|----------------------------|-----------------|----|-------------------|----|
|       | I                 | II                         | III             | IV | V                 | VI |
| XXI   |                   |                            |                 |    |                   |    |
| XX    |                   | 1927<br>6.8±0.1<br>6.0±0.1 | 1919<br>5.7±0.3 |    |                   |    |
| XIX   |                   |                            | 1869<br>6.0±0.3 |    |                   |    |
| XVIII |                   |                            |                 |    | 1751<br>(7.5)±0.5 |    |

Рис.8. Фиксированная и намечаемая миграция очагов сильных землетрясений в Крыму за последние 300 лет. Римскими цифрами показаны сейсмогенные зоны: I — Севастопольская, II — Ялтинская, III — Судакская, IV — Феодосийская, V — Южно-Азовская, VI — Керченская.

## Возмутительные результаты

Выявленная закономерность и неизбежно предстоящее событие — разрушительное, с эпицентром в Керченском проливе, — безусловно, серьезная опасность. Но не вся опасность и не всё — опасность. Возникновение мощного цунами не выводится прямолинейно только по факту (прогнозу) катастрофического землетрясения. Возмущения водной среды залива обязательны. Опасные возмущения воды в заливе не обязательны. Насколько позволяют судить современные знания по истории Средиземноморья и Черноморья, определяющим становится механизм очага землетрясения, который порождает тектонический тип цунами. В данном случае, возможно, и провальный. Вопрос не в том, будет ли сильное землетрясение, а в том, будет ли при этом провал дна?

В любом варианте рассчитывать на легкий сценарий не следует.

Мегасобытия случаются очень редко. Свыше 2 тыс. лет минуло со времени предыдущего — срок вполне достаточный для того, чтобы ожидать следующего. Если нельзя определить его вероятность, то вычислять вероятность по крайней мере очередного, «обычного» IX-балльного, события с серьезными последствиями необходимо. Думать о рисках. Считать их заранее. Кто подсчитал (подсчитает) убытки, жертвы, последующие неизбежные затраты?

И обязательно нужны полноценные специализированные исследования. ■

*Царь Посейдон-земледержец, внимли, не отвергни  
молитвы*

*Нашей, исполни все то, о чем мы моленье возносим!*  
Гомер. Одиссея (перевод В.В.Вересаева)

**Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-05-00727а).**

## Литература

1. Никонов А.А. Цунами на берегах Черного и Азовского морей // Физика Земли. 1997. №1. С.86–96.
2. Федоров П.В. О колебаниях уровня Черного моря в послеледниковое время // Докл. АН СССР. 1959. Т.124. №5. С.1127–1129.
3. Гайдудевич В.Ф. Раскопки Мирмекия и Тиритаки, археологические разведки на Керченском полуострове в 1937–39 гг. // Вестник древней истории. 1940. №3–4. С.300–317.
4. Никонов А.А. Затопленные остатки античных сооружений по берегам Керченского полуострова (в связи с проблемой изменения уровня моря) // Российская археология. 1998. №3. С.57–66.
5. Есин Н.В. Эволюция абразионного склона в условиях эвстатических колебаний уровня моря // Береговая зона моря. М., 1981. С.18–25.
6. Поротов А.А., Мысливец В.И., Зинько В.Н. и др. Развитие рельефа побережья Керченского пролива в районе мыса Камыш-Бурун в позднем голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер.5: География. 2014. №2. С.41–48.
7. Андрусов Н.И. Геотектоника Керченского полуострова // Матер. по геологии России. 1893. Т.16. №4. С.63–336.
8. Шнюков Е.Ф., Аленкин В.М., Путь А.Л. и др. Геология шельфа УССР. Керченский пролив. Киев, 1981.
9. Науменко П.И., Кривошеева Н.П. Геология Чурубашского озера // Литолого-геохимические условия формирования донных отложений. Киев, 1979. С.97–107.
10. Дюбрьюкс П. Описание развалин и следов древних укреплений 1858 г. // Записки Одесского об-ва истории и древностей. Т.4. Одесса, 1858. С.3–85.
11. Беренбейм Д.Я. Керченский пролив во времена Страбона в свете новейших данных об изменении уровня Черного моря // Сов. археология. 1959. №4. С.42–52.
12. Шнюков Е.Ф., Поланский М.Г. Геологическое значение некоторых геохимических исследований современных донных отложений Керченского п-ова // Литолого-геохимические условия формирования донных отложений. Киев, 1979. С.3–17.
13. Орбели Р.А. Исследования и изыскания. Материалы к истории подводного труда с древнейших времен до наших дней. М., 1947.
14. Никонов А.А. Реальные опасности геодинамического ряда в районе строительства Керченского мостового перехода // Сергеевские чтения. Инж. геол. и геоэкол. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. Вып.18. М., 2016. С.325–330.
15. Никонов А.А. Сейсмогеодинамика Крымского региона (по материалам за 2.6 тыс. лет) // Матер. XLVIII Тектонич. совещания. Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ. Т.2. М., 2016. С.43–48.
16. Никонов А.А. Палеоцунами на российских берегах Черного моря: первые обнаружения, геологические признаки и аргументы // Геология морей и океанов. Матер. XXI Междунар. научн. конфер. (Школы) по морской геологии. Т.1. М., 2015. С.191–195.

# Зарождение творчества

Е.Н.Панов

Человечество «возникло» не тогда, когда у наших предков окончательно сформировались черты *Homo sapiens*, а когда они обрели способность творить второй, виртуальный мир. Ученые называют его по-разному: например, действительностью-2 [1] или собственным выражением бытия [2]. В англоязычной литературе процесс активного формирования гоминидами среды своего обитания, физической и духовной, именуется конструированием ниши [3]. Сначала это были мифы, потом религия, далее — философия, наука, а одновременно со всем этим — произведения искусства. Как могли быть сделаны первые шаги в этом направлении? И как на этой почве формировалась и развивалась культура?

## С чего все началось

Уже при первом знакомстве с самыми ранними этапами становления культуры видно, насколько неблагоприятна задача по разделению усилий, направленных на изготовление вещей, необходимых для выживания, и на придание им вида, отвечающего эстетическому восприятию. Сначала это попытка создания отточенной формы, радующей глаз, затем — стремление украсить изделие (рис.1). Утилитарный компонент творчества становится неотделим от изобразительного: если первый можно назвать «вещью в себе», то второй — соци-



**Евгений Николаевич Панов**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории сравнительной этологии и биокommunikации Института проблем экологии и эволюции имени А.Н.Северцова РАН. Лауреат Государственной премии РФ «За фундаментальные исследования в области коммуникации и биосоциальности животных» (1993). Специалист в области эволюции поведения животных.

**Ключевые слова:** археология традиционная и современная, палеолит, пресэпиенсы Африки, неандертальцы.

**Key words:** traditional and modern archeology, Paleolithic, Homo pre-sapiens of Africa, Neanderthals.

альным явлением. Осознано это субъектом деятельности или не осознано, в любом случае это сигнал, адресованный своему социальному окружению. Он приобретает самостоятельное звучание, когда вычлняется из единства, воплощенного в предмете быта, и выступает уже в форме произведения искусства. Это может быть миниатюрная скульптура (как, например, так называемые палеолитические вене-

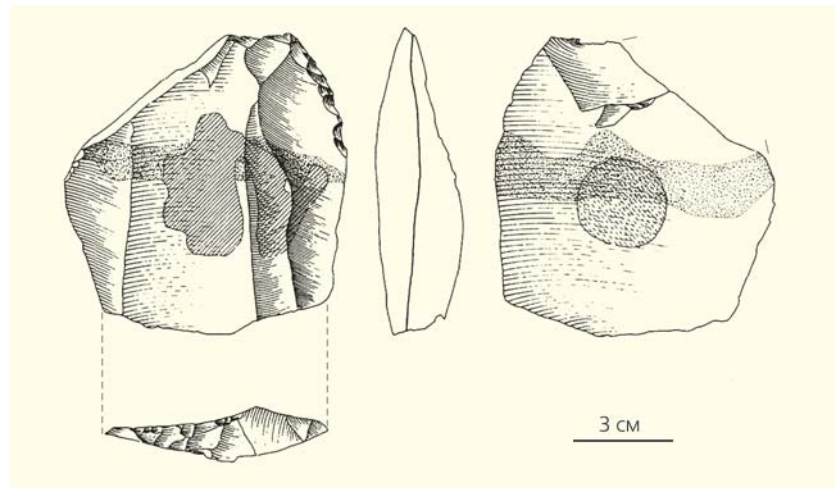


Рис.1. Каменная плитка, раскрашенная охрой около 115 тыс. лет назад, из пещеры Вади Солдмейн в Египте [4].

ры), выполненная с помощью тех же приемов, которые раньше применялись при изготовлении, скажем, наконечника копья.

Затем, если выстраивать гипотетическую схему эволюции первобытного искусства, появляются абстракции в форме изображения, перенесенного на плоскость. Движение здесь идет от так называемых малых форм (насечки на каменной плитке или на бивне мамонта) к монументальным полотнам пещерной живописи. Понятно, что это возможно лишь тогда, когда отпадает необходимость постоянно решать проблемы выживания и можно отстраниться на время от повседневных забот, связанных с добычей пропитания и обустройством быта. В верхнем палеолите это оказалось осуществимым в силу того, что за прошедшие тысячелетия культурной эволюции материальное оснащение гоминид уже позволяло им тратить меньше времени и усилий на обеспечение жизненного комфорта. Побочным результатом совершенствования орудий труда стало укрепление интеллекта. А главное, произошло увеличение численности общин и усиление сплоченности их членов.

Все перечисленное привело к формированию такой социальной обстановки, в которой отношения между индивидами существенно усложняются. Появляется необходимость в формулировании неких норм общежития, находящихся под контролем всего того, что можно условно назвать коллективным разумом. Данные этнографии показывают, что сюда относится в первую очередь самоидентификация общины, выбор ею собственного тотема. Это уже начатки верований, которые постепенно обрастают мифами. Теперь предметом изобразительного творчества, наряду с беспристрастным копированием увиденного (своих соплеменников и животных), становятся мысленные образы мифических существ, а также картины сцен из жизни коллектива, отражающие, например, выполнение обрядов. Постепенно все большим содержанием наполняется виртуальный мир действительности-2, формируемый сознанием субъектов. Таков умозрительный, в целом, сценарий тех процессов, которые, как полагают многие, должны были проходить на первых этапах становления духовной культуры.

Наиболее интересное, как мне кажется, состоит в том, чтобы уловить самые первые ростки того сложнейшего, многослойного спектра явлений, который принято называть сегодня символическим поведением. А затем проследить, как именно оно развивалось шаг за шагом, обогащаясь все новыми компонентами, — на самых первых этапах отделения от природы существ, одаренных сознанием и самосознанием. Вспомним слова Э.З.Фромма: «Человек отделился от природы; став “индивидом”, он сделал первый шаг к тому, чтобы стать человеком».

## Сюрпризы пещеры Бломбос

В начале 1990-х годов внимание археологов привлекла небольшая пещера на горном склоне южноафриканского побережья Индийского океана, неподалеку от Кейптауна. Вход располагался на 30 м выше приливной линии, примерно в 100 м от нее. Я думаю, что запоздавший интерес местных ученых к этой пещере как месту возможных раскопок можно объяснить ее скромными размерами (около 25 м<sup>2</sup>) и очень низким потолком (от метра до полутора). Инициатором первой попытки исследовать ее стал К.Хеншилвуд из Университета Бергена (Норвегия). Проведенные им в 1991 г. работы скорее разочаровали ученых. Артефакты, обнаруженные тогда, оказались очень «молодыми», возрастом всего лишь около 4 тыс. лет.

Это, к счастью, не смогло притупить интерес археологов к пещере, и в период между 1992 и 1999 гг. раскопки повторялись четыре раза. В статье, где описаны предварительные результаты проведенных изысканий, сказано, что они «позволили узнать о поведении человека в среднем каменном веке так много, как не удавалось никогда раньше» [5].

**Чем жили наши предки почти 100 тыс. лет назад.** Непосредственно под уровнем первых раскопок шли отложения без каких-либо артефактов, а еще на 70 см ниже ученые открыли культурный слой возрастом никак не меньше (а скорее древнее) 70 тыс. лет. Какие именно гоминиды жили здесь тогда, выяснить не удалось. Костных их останков не нашли, обнаружили только четыре зуба. Но их состояние оказалось таким, что не позволило представить себе, принадлежали ли они людям современного анатомического типа. Ответ напрашивался скорее отрицательный. Но поскольку считается, что в соответствующий период времени в Африке шло становление вида *Homo sapiens*, предположили, что обнаруженная культура принадлежит популяции архаичных его представителей, так называемых пресапиенсов. Каменные орудия относились к известной ранее индустрии стилбей. Она имеет много общего с технологией мустье, практиковавшейся в это время в Евразии неандертальцами. Но найдены также шиловидные инструменты, изготовленные из кости (рис.2).

Вместе с тем сведения о том, как именно обитатели пещеры поддерживали свое существование, выглядели чуть ли не исчерпывающими. Во всяком случае, вегетарианцами назвать их было трудно. Изобилие костей разных видов животных свидетельствовало о том, насколько разнообразным был рацион этих гоминид. Меня больше всего удивило то, что среди трофеев их охоты очень большое (если не первое) место занимал житель подземелья — капский пескорой (*Bathyergus suillus*). Этот грызун из семейства землекоповых, по образу жизни напоминающий крота, вредит полям для гольфа, газонам для игры в кегли, теннисным кортам и по-

севам пшеницы. Животное небольшое, но и не миниатюрным его не назовешь: длина тела взрослого 30 см или чуть больше, масса — до 750 г. Ныне в Южной Африке мясо его считают деликатесом. Вопрос лишь в том, как наловить землекопов в таком количестве, чтобы не остаться ненароком голодными. Видимо, обитатели пещеры выработали надежные способы отлова этих скрытных грызунов. В одном из слоев другой пещеры, где население придерживалось тех же традиций, были найдены костные останки 2518 землекопов.

Были эти пресапиенсы, вероятно, и неплохими рыбаками. Среди кухонных отходов ученые насчитали кости 11 видов рыб, в том числе и акулы. Еще более многочисленными оказались раковины восьми видов морских моллюсков, мясо которых, как полагают, составляли значительную долю рациона обитателей пещеры. Расширение рациона гоминид за счет использования таких даров моря началось на побережье Южной Африки много раньше. Первые находки раковин в кухонных отбросах пещеры Пиннакл Пойнт датируются 164 тыс. лет до н.э. Немалое место в питании жителей занимала местная черепаха *Hersonia angulata*. Этим рептилий готовили на огне прямо в панцире, опрокинутыми на спину [6].

Помимо рыбы и моллюсков, море дарило общине и более существенные приношения, а именно выброшенные волнами трупы крупных млекопитающих, таких как тюлени и дельфины. Но это не значит, однако, что пресапиенсы довольствовались такого рода неожиданными подаяниями судьбы, оставаясь в другое время пассивными собирателями моллюсков и ловцами медлительных черепах. Они охотились на всех тех животных, которые жили в окрестностях пещеры. Основными охотничьими трофеями были копытные небольших размеров, такие как антилопы-газели. При случае удавалось добыть с помощью дротиков и более крупных травоядных, например, антилопу гну или массивную канну.

Среди артефактов, найденных в пещере, внимание исследователей привлекли фрагменты охры, одна сторона которых была изрезана вдоль и поперек прямыми линиями (рис.3,а, б) [7, 8].

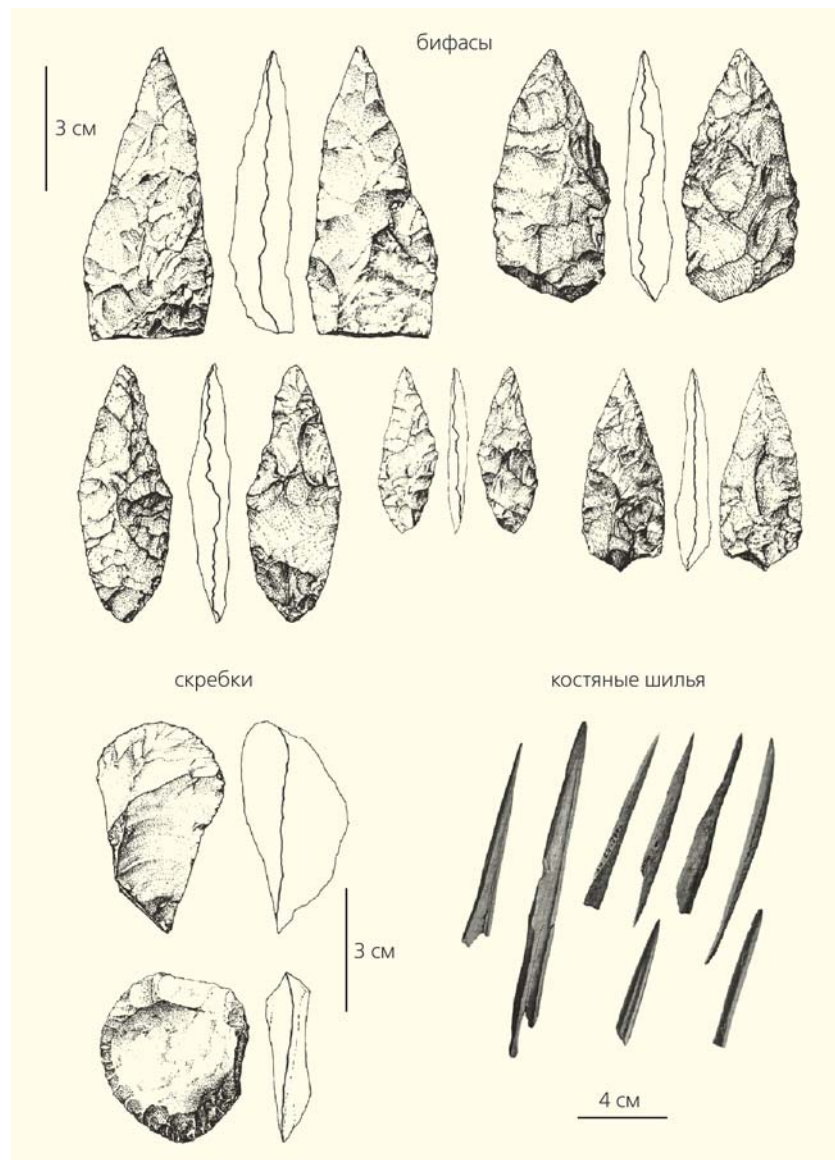


Рис.2. Орудия обитателей пещеры Бломбос, каменные и костяные [5].

Особый интерес вызвал фрагмент длиной около 6 см, одна сторона которого исчерчена вроде бы без какой-либо очевидной системы (рис.3,а, верху). Но когда позже восстановили ложбинки, нанесенные в первую очередь, оказалось, что прорезы складываются в нечто похожее на примитивный геометрический узор из пересекающихся прямых линий (рис.3,а, внизу). Похожим образом выглядела гравировка, нанесенная на обломок кости (рис.3,б) [9]. Вероятно, здесь мы имеем дело с самыми первыми попытками наносить изображение на плоскости. К этому вопросу я еще вернусь позже, а сейчас важно упомянуть об артефакте из другой южноафриканской пещеры — под названием Клейн Клифиус. На плоской стороне куска охры площадью примерно  $0.2 \times 0.2$  см был процарапан рисунок, весьма сходный по характеру

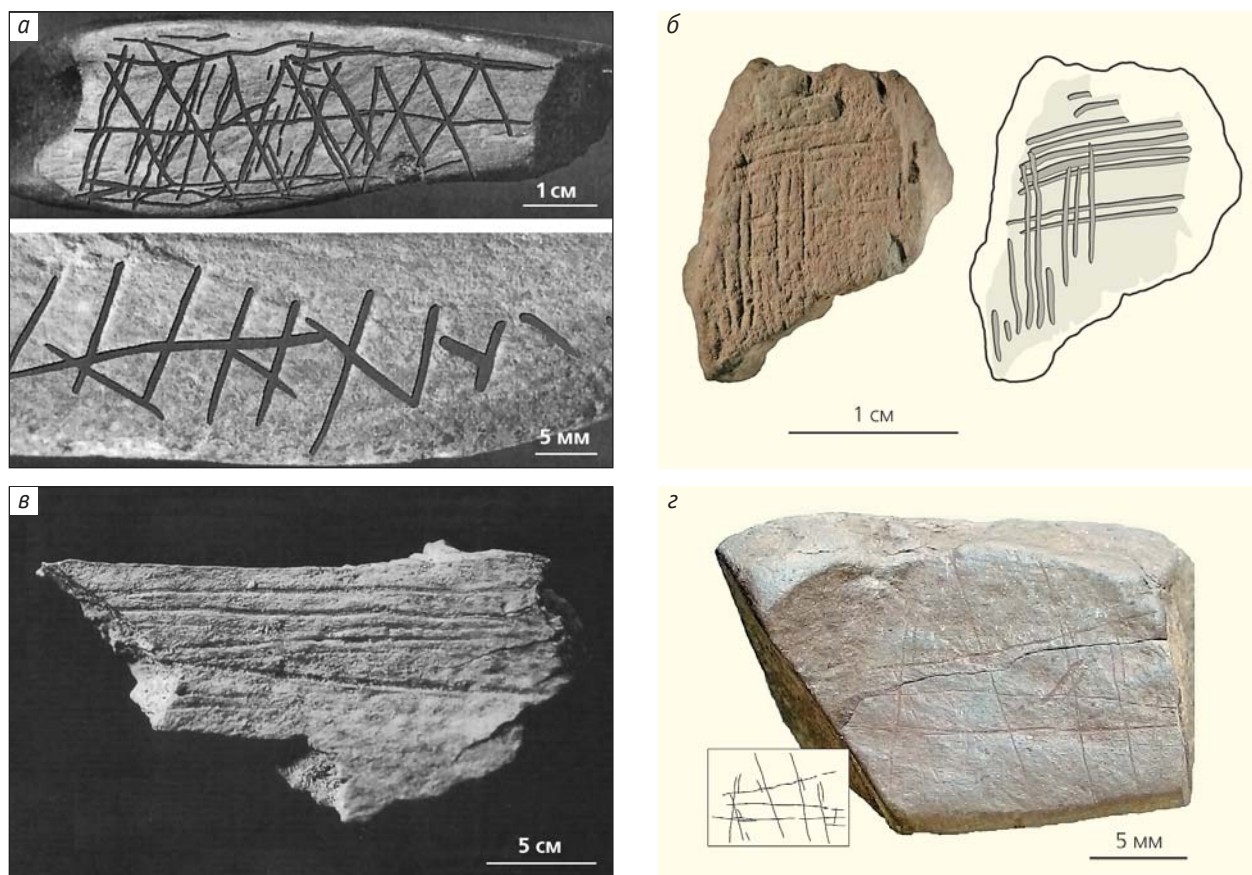


Рис.3. Геометрические орнаменты на фрагментах охры из пещер Бломбос (а, б) [7, 8] и Клейн Клифиус (г) [10], а также на осколке кости (в) [9].

ру с обнаруженным в пещере Бломбос (рис.3,г). Орудия из пещеры Клейн Клифиус были отнесены к культуре ховисонс пурт [10]. Она сменила индустрию стилбей, практиковавшуюся жителями Бломбоса, около 65 тыс. лет назад.

**Изготовление краски.** В культурных слоях пещеры Бломбос, приуроченных к разным, последовательным этапам проживания пресapiенсов, в изобилии присутствовали фрагменты минералов алеврита и глинистого сланца с большой примесью красных и желтых пигментов. Ближайшее место залегания этих пород находится в 32 км от пещеры. Только за два последних сезона раскопок в ней обнаружили чуть менее восьми тысяч кусочков этих минералов (почти 6 кг в общей сложности), сильно обогащенных пигментами. Из них 24, длиной более 10 см, которые имели удлиненную форму с одним концом более узким, первоначально были условно названы карандашами (crayons).

Уже в лаборатории провели детальнейшие исследования всех фрагментов охры. На многих из них были явственно видны бороздки разной длины и формы, процарапанные твердыми инструментами. В большинстве случаев следы воздействия говорили о том, что материал долго скобли-

ли — вероятно, чтобы получить в результате цветной порошок. Подсчеты показали, что чем ярче фрагменты были окрашены в красный цвет, тем чаще их использовали таким образом.

Спустя почти 10 лет после того, как были сделаны эти первые находки, при раскопках в сезон 2008 г., ученые убедились в справедливости этих первоначальных предположений. Им повезло найти в одном из нижних отделов культурного слоя ни много ни мало — рабочее место изготовителя красной краски.

Как-то раз, отгребая песок от стены пещеры, чтобы расчистить очередной плацдарм раскопок, ученые наткнулись, к своему восторгу, на две раковины моллюска *Haliotis midae*, относящегося к ряду так называемых морских ушек (рис.4) [11]. Раковины диаметром около 15 см каждая лежали вогнутой стороной вверх неподалеку друг от друга. Ликование вызвала сразу же мелькнувшая догадка, что раковины едва ли могли служить чем-то иным, чем резервуарами для сбора порошка охры. Предположение полностью подтвердилось, как только находку рассмотрели более тщательно и сфотографировали во всех возможных ракурсах. Нашли лежащие рядом с раковинами красные кусочки минералов и несколько каменных орудий типа микро-

литов со следами их использования в качестве пестиков для дробления фрагментов породы и терками для дальнейшего ее измельчения в порошок. Какая-то часть его находилась уже внутри раковин.

Найденную здесь же кость ноги животного из семейства собачьих, один из концов которой был красным от охры, посчитали инструментом для перемешивания содержимого раковин. Позже возник вопрос: с чем же могли смешивать порошок охры, чтобы его можно было употреблять затем в качестве краски? Анализ содержимого раковин показал, что в нем присутствует также измельченный древесный уголь и, возможно, животный жир. На последнее обстоятельство указывал найденный здесь же позвонок крупной антилопы, раздробленный каменным молотком. Его перед этим подогревали на огне, чтобы, как считают авторы, растопить жир костного мозга.

Но самое поразительное во всей этой истории выяснилось позже. Когда ученые установили с помощью нескольких наиболее современных методов археологический возраст находки, была названа цифра, которой никто не ожидал. Оказалось, что все эти непростые последовательности операций наши предки выполняли 100 тыс. лет назад (точная датировка —  $101 \pm 4$  тыс. лет). Подготовка к ним началась много ранее. Я уже упоминал о том, что охру обитатели пещеры приносили сюда с расстояния в 32 км. Кварцит, из которого изготавливали инструменты для размельчения породы, тоже доставляли издалека. Благо хоть раковины морских ушек можно было собрать, спустившись со склона к линии прибоя.

Для чего же краска? Поскольку в пещере не нашли никаких предметов, намеренно окрашенных, ученые предположили, что охру использовали как макияж. Предположение достаточно правдоподобное, если вспомнить, что такой обычай широко распространен во многих, если не во всех традиционных обществах.

Вот, в частности, что сказано по этому поводу об австралийских аборигенах. Они «...отличались особой изощренностью в разрисовывании и раскрашивании тела. Почти все труды, написанные о них, содержат по крайней мере по несколько описаний такой раскраски. Чаще всего разрисовывают лицо, грудь, бедра, плечи и спину. Раскраска тела у разных групп аборигенов сильно различается по стилю выполнения и степени сложности — от примитивных рисунков или простого обмазывания до весьма тонких и сложных узоров, как, например, в Северо-Восточном Арнемленде. Тело вначале моют, снимают с него волосистой по-



Рис.4. Раковины моллюска *Haliotis midae* из пещеры Бломбос [11].

кров, затем натирают красной охрой и на нее уже наносят сам рисунок. Для этого требуется несколько часов. Все это происходит под соответствующие песни и пересказывание мифов, и после этого начинается обряд.

Иногда к рисунку приклеивают пух, перья, дикий хлопок. Основные цвета рисунков — белый и красный. Узор обычно начинается от бедер, затем переходит на грудь, плечи, спину и часто до шеи и как бы сливается с искусно сделанным головным убором, раскрашенным точно так же. Тело разрисовывают перед проведением священных тотемических обрядов; разрисованные мужчины символизируют великих мифических существ Времен сновидений. Аборигены уделяют большое внимание раскрашиванию лица. Рисунки и орнаменты, наносившиеся на лицо, весьма разнообразны.

Украшение тела пухом и перьями и разрисовывание охрой у аборигенов Арнемленда почти полностью прерогатива мужчин. Но женщины также раскрашивают себя красной, белой, желтой и черной краской для своих собственных религиозно-магических обрядов, и хотя их рисунки в значительной степени менее сложны, они выполнены с большим вкусом. В основном мужчины раскрашивают тело для священных обрядов или церемоний, но нередко аборигены разрисовывают себя и в других случаях, например для обычных танцев на стоянке, для представлений и развлечений, для обрядов любовной магии или просто для украшения. Для каждого случая предназначены соответствующие типы рисунков; одними украшают себя люди, присутствующие на похоронах, другими расписывают тело покойника, и даже грудным детям и подросткам полагаются особые рисунки» [12].

Высказывалось также предположение, что охру могли использовать как средство от солнечных ожогов. Это ее свойство подтверждено экспериментально в одном из недавних исследований [13]. Ясно, что эта гипотеза никак не противоречит первой — что раскрашивание тела могло служить про-

явлением стремления субъекта зафиксировать свою индивидуальность и, следовательно, простейшим способом невербальной коммуникации.

Можно усомниться в весомости параллелей между поведением пресapiенсов и обычаями современных охотников-собираателей (например, австралийских аборигенов), сказав, что когнитивный уровень последних, скорее всего, несопоставим с мыслительными и социальными характеристиками гоминид, живших 100 тысяч лет назад. Но в ответ можно привести немало доводов в пользу поразительной устойчивости ряда традиций, пришедших со времен палеолита в быт современных этносов, материальная культура которых во многом оставалась на уровне каменного века до контактов их с европейцами. Известно, например, что порошком красной охры иногда посыпали тела покойников в позднем каменном веке Южной Африки примерно 10 тыс. лет назад [14]. А уже в историческое время красную краску, наносимую на кожу, использовали бушмены этноса кунг в Ботсване при инициации девочек и в брачных ритуалах [15]. Еще и сегодня красная маслянистая смесь с примесью гематита служит обязательной принадлежностью туалета женщин племени мухимба в Анголе. Они объясняют, что покрывают ею торс, груди и предплечья для защиты от солнца. Но очевидно, что благодаря контрасту красного с черной мазью, которой окрашивается шея под бусами, эти операции, в традициях племени, необходимы, чтобы женщину считали красивой.

Еще один показательный пример: наконечники стрел бушменов еще в XIX в. были удивительным

образом сходны с полированными костяными остриями, найденными археологами в пещере Сибуду (Южная Африка) и датировемыми примерно 60 тыс. лет до нашего времени (рис.5). Авторы статьи подчеркивают, что стилистика их формы оставалась достаточно постоянной на протяжении последующих позднего каменного и железного веков и в таком виде сохранилась в культуре бушменов [16].

А если это не краска? В статье Хеншилвуда с соавторами, где описана находка двух раковин с охрой внутри них, есть краткая ремарка: «Мы не обнаружили смолы или воска, что могло бы указывать на использование смеси в раковинах для крепления каменных наконечников к рукояткам» [11, с.222]. Что же имели в виду исследователи?

Пещера Бломбос далеко не единственная в Южной Африке, жители которой интересовались охрой. Вот что писала Лин Водли, профессор археологии Университета Йоханнесбурга, за несколько лет до выхода статьи, о которой идет речь: «Мое исследование основывается на материалах, полученных в пещерах Роуз Коттедж и Сибуду. В обеих на многих каменных орудиях среднего каменного века были обнаружены мазки охры. На некоторых артефактах ее присутствие легко объяснить тем, что их использовали для дробления и измельчения этого минерала. На других, достаточно многочисленных, охра сосредоточена не на рабочих поверхностях инструмента, а на противоположном его конце. Моя рабочая гипотеза состоит в том, что их крепили к рукояткам с помощью клейкого состава, в который охра входит составной частью» [17, с.587].



Рис.5. Костяные наконечники из пещеры Бломбос (три крайних слева) и других пещер Южной Африки, а также три типа наконечников стрел, используемых в историческое время бушменами [16].



Клеящие свойства охры известны издавна. В этом качестве ее использовали аборигены Австралии и Новой Гвинеи в смеси с другими ингредиентами при изготовлении масок и головных украшений (см., например, [18]), а в Австралии также для крепления перьев к тыльным концам стрел.

Водли решила проверить экспериментально, насколько надежным может быть крепление каменного наконечника к рукоятке посредством той или иной смеси, содержащей охру. Она испытывала несколько вариантов клея разного состава. Смоле акации кару (*Acacia karroo*), широко распространенной в Южной Африке, без примеси охры; смоле с добавлением порошка охры в том или ином количестве; одну из этих смесей с добавлением воска или нескольких капель воды. Соединив тыльную часть наконечника с рукояткой, исследовательница покрывала стык смесью и удерживала орудие при семи разных режимах нагревания вблизи кострища с тлеющими углями. Она пришла к заключению, что, в принципе, неплохой результат может быть получен с использованием одной только смолы, но смесь ее с порошком охры облегчает и ускоряет работу. Не вдаваясь во множество деталей, скажу лишь, что смесь быстрее сохнет и не становится нежелательно хрупкой под действием нагревания.

Оценить весомость всех этих заключений поставила своей целью другая исследовательница предыстории Африки, профессор археологии Мерлиц Ломбард. Она решила исследовать более тщательно, с использованием новейших методов микроскопии и химического анализа, артефакты из пещеры Сибуду. Были взяты 53 каменных наконечника, относящихся к культуре ховисонс пурт возрастом от 60 до 40 тыс. лет и 24 — из более молодого слоя. Предположения, выдвинутые Водли на основе имитации поведения обитателей пещеры при изготовлении ими составных орудий, подтвердились полностью. Например, в первой, большей выборке на тыльной стороне наконечников, где в большинстве случаев (80%) присутствуют мазки охры, удалось обнаружить также следы смолы (87%) и даже волокна растительных материалов. Очевидно, это были фрагменты эластичных побегов вроде лиан, которыми обматывали для прочности место крепления острия к древку, как это делали в историческое время бушмены [19].

Ни Водли, ни Ломбард не отрицают, что сам факт использования охры в чисто утилитарных целях никак не противоречит идее, что она могла одновременно служить элементом духовной культуры, будучи используемой в качестве макияжа и для раскраски предметов в целях украшения. Да и не легко было бы отрицать эти ее функции в свете множества известных сегодня фактов. Например, было установлено, что за тысячи километров к северу красную охру использовали неандертальцы для подкрашивания раковин моллюсков, из которых они изготавливали бусы [20], и, как предполага-

ют многие, для нанесения на кожу. Но об этом я расскажу более подробно немного позже.

**Бусы вдобавок к макияжу.** За время многолетних раскопок в пещере Бломбос исследователям удалось собрать коллекцию из 68 продырявленных раковин морского моллюска *Nassarius kraussianus*. Характер отверстий не оставлял сомнений в том, что они были пробуровлены намеренно и с большой аккуратностью. Артефакты величиной примерно в сантиметр-полтора каждый не могли быть ничем иным, как бусинами, которые жители пещеры нанизывали на какую-то гибкую основу и носили на шее или, возможно, в виде браслетов на руках или ногах [21].

Пятьдесят шесть бусин нашли не поодиночке, а лежащими неподалеку одна от другой (обычно «группами» по 2–7 штук) в семи секторах пещеры площадью не более 2 м<sup>2</sup> каждый, хотя и в слоях разного возраста. Большой удачей стала находка из 24 раковин, положение которых в момент их обнаружения позволило предположить, что это могут быть фрагменты одного ожерелья.

Так у археологов возникла мысль пытаться реконструировать это украшение и какие-либо другие, чтобы выяснить, насколько искусными дизайнерами и ювелирами были обитатели пещеры. Но можно ли вообще восстановить относительное положение бусин внутри изделия? Было решено сделать это, сосредоточив внимание на потертостях, которые явственно видны на глянцевой поверхности всех раковин. Эти матовые участки возникали за счет трения соседних бусин друг о друга за все то время, когда ожерелье находилось в использовании.

Процесс решили повторить с самого начала. Собрали живых моллюсков на побережье вокруг пещеры, раковины препарировали и высушили. К компоновке бус приступили после того, как по специальным руководствам ознакомились со всеми способами комбинирования бусин при изготовлении ожерелий, которые известны этнографам, изучавшим культуры современных охотников-собирателей. В результате остановились на шести вариантах сочетаний, три из которых показаны на рис.6.

По каждой из этих шести схем изготовили по три нитки бус. Далее каждую помещали в аппарат-вибратор и запускали его в разных режимах (всего  $6 \times 3 = 18$  версий обработки). После длительных испытаний раковин усиленным трением места образовавшихся потертостей стали сопоставлять с тем, как они выглядели на экземплярах археологической коллекции.

Что же удалось узнать в конечном итоге? Во-первых, что изготовлением бус в пещере занимались весьма длительное время, возможно, несколько тысячелетий кряду. Во-вторых, что мода на бусы того или иного вида не оставалась постоянной. Вероятно, первоначально предпочтение отдавали дизайну, изображенному на рис.6, а позже нитки бус



Рис.6. Три гипотетических варианта крепления раковин в нитке бус [21].

стали более короткими, плотнее прилегающими к телу. Это, как полагают авторы исследования, обеспечивало большие удобства тем, кто пользовался украшениями. А методика их изготовления состояла теперь в следующем. После того, как две очередные раковины помещали на место, нить завязывали узлом и обматывали вокруг места крепления. Если все эти заключения исследователей справедливы, то они должны заставить нас изумиться изобретательности пресапиенсов, живших и творивших ни много ни мало 72 тыс. лет назад.

Впрочем, это внушительное число, как выяснилось недавно, нельзя считать рекордным. Далеко к северу от Бломбоса, на противоположном краю Африки, нашли раковины-бусины возрастом 82 тыс. лет [22]. Эта коллекция, собранная в пещере Голубей на территории современного Марокко, оказалась гораздо более скромной — всего 13 раковин. Все они располагались в момент находки на площади около 6 м<sup>2</sup>. Примечательно, что выглядели они почти так же, как те, которые служили украшениями обитателям южного побережья континента. И там и тут пресапиенсы собирали на берегу моллюсков одного и того же рода *Nassarius*: *N.kraussianus* на юге и *Ngibbosulus* на севере. Но жителям Бломбоса до приборной полосы было рукой подать, а в северную пещеру их доставляли с расстояния около 40 км. Так что здесь это была, вероятно, большая ценность.

Исследователи, описавшие эту находку, потратили немало времени, чтобы убедиться самим и убедить читателей своей статьи в том, что отверстия в раковинах были просверлены намеренно, а не стали результатом посторонних причин, как это часто случается с раковинами моллюсков. Наиболее веский аргумент в пользу того, что раковины использовали в качестве бусин, — это присутствия потертостей на десяти продырявленных экземплярах и отсутствие их на двух интактных, которые почему-то не были пущены в дело. Мы помним, что именно такие потертости от трения бусин друг о друга позволили восстановить внешний вид ожерелий в пещере Бломбос.

На девяти продырявленных раковинах и на одной интактной обнаружили следы красного пигмента — окиси железа. Однако из статьи следует, что никакой уверенности в том, что артефакты раскрашивали намеренно, у ее авторов нет. В качестве косвенного свидетельства, что могло быть так, они ссылаются на аналогичные сведения из пещеры Бломбос. Такие ссылки можно найти и в других источниках. Но беда в том, что в весо-мости этой информации не были уверены и те, от кого она поступила впервые [23]. Сказано

буквально следующее: «На четырех раковинах есть микроскопические следы красной охры, как внутри их, так и на поверхности. Она могла оказаться здесь, если инструмент, которым сверлили отверстие, был испачкан охрой. Могло быть и так, что раковины соприкасались с другими объектами того же характера или же их покрасили намеренно. Следы охры не найдены на раковинах других видов моллюсков в пещере»\* [23, с.16].

## По другую сторону Средиземного моря

Здесь, в Западной Европе и немного юго-восточнее, на территории современного Израиля, в тот же период селились популяции неандертальцев. Об их образе жизни мы сегодня знаем, пожалуй, даже больше, чем о быте наших непосредственных предков, обитавших одновременно в Африке.

Причина вот в чем. Археология — это наука по происхождению европейская, можно даже сказать, французская. Отсюда и большинство ее терминов: ашель, леваллуа, мустье, солютре и т.д. И занималась она первоначально в основном тем видом гоминид, который господствовал в Европе на большей части среднего палеолита, т.е. неандертальцами. В Африке же целью раскопок археологов долгое время оставалось преимущественно всестороннее изучение каменных индустрий.

\* Об этом никогда не упоминается в более поздних статьях тех же авторов, где речь идет о бусах из пещеры Бломбос. Например, в самой последней из них, где обсуждается вопрос о том, нагревали ли жители пещеры раковины сознательно, чтобы сделать их более темными. Ответ получен отрицательный: объекты попадали в зону нагревания, скорее всего, случайно [24]. В любом случае, сам факт использования раковин в качестве украшений в столь давнюю эпоху можно считать доказанным. Авторы исследования суммируют свой отчет об исследовании следующими словами: «Находка свидетельствует о том, что изготовление бус из раковин было широко распространено в Африке и Юго-Восточной Азии по крайней мере за 40 тысячелетий до появления сходных проявлений культуры в Европе» [22].

А поиски сведений о прочих сторонах прогресса культуры отходили в это время скорее на второй план и активизировались лишь в самые последние десятилетия. Как бы то ни было, наиболее детальной археологической летописью, рисующей разные начальные стадии эволюции социального поведения гоминид, ученые располагают сегодня как раз в отношении неандертальцев. Все то, что

удалось узнать за десятилетия, на основе материалов многочисленных раскопок во многих точках их ареала, позволяет судить не только об особенностях их материальной культуры. Ученые решаются уже делать предположения о динамике их численности, структуре групп и о взаимоотношениях индивидов внутри коллектива. Но обо всем этом речь пойдет во второй части статьи. ■

## Литература

1. *Мартьянов В.В.* Кибернетика. Семиотика. Лингвистика. Минск, 1966.
2. *Хёйзинга Й.* *Homo ludens*: Статьи по истории культуры / Пер. с гол. Д.В.Сильвестрова. М., 1997.
3. *Kendal J., Tehrani J.J., Odling-Smee J.* Human niche construction in interdisciplinary focus // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2011. V.366. P.785–792. Doi:10.1098/rstb.2010.0306.
4. *Peer P. van, Vermeersch P.M.* The Nubian Complex and the dispersal of modern humans in North Africa // *Recent research into the Stone Age of Northeastern Africa* / Eds L.Krzyzaniak, K.Kroeper, M.Kobusiewicz. Poznan, 2000. P.47–60.
5. *Henshilwood C.S., Sealy J. C., Yates R. et al.* Blombos Cave, Southern Cape, South Africa: Preliminary report on the 1992–1999 Excavations of the Middle Stone Age levels // *J. Archaeol. Sci.* 2001. V.28. P.421–448. Doi:10.1006/jasc.2000.0638.
6. *Thompson J.C., Henshilwood C.S.* Tortoise taphonomy and tortoise butchery patterns at Blombos Cave, South Africa // *J. Archaeol. Sci.* 2014. V.41. P.214–229. Doi:10.1016/j.jas.2013.08.017.
7. *D'Errico F.* The invisible frontier. A multiple species model for the origin of behavioral modernity // *Evol. Anthropol.* 2003. V.12. P.188–202. Doi:10.1002/evan.10113.
8. *Henshilwood C.S., d'Errico F., Watts I.* Engraved ochres from the middle stone age levels at Blombos Cave, South Africa // *J. Hum. Evol.* 2009. V.57. P.27–47. Doi:10.1016/j.jhevol.2009.01.005.
9. *D'Errico F., Henshilwood C., Nilssen P.* An engraved bone fragment from c. 70,000-year-old Middle Stone Age levels at Blombos Cave, South Africa: implications for the origin of symbolism and language // *Antiquity*. 2001 V.75. P.309–318. Doi:10.1017/S0003598X00060968.
10. *Mackay A., Welz A.* Engraved ochre from a Middle Stone Age context at Klein Kliphuis in the Western Cape of South Africa // *J. Archaeol. Sci.* 2008. V.35. P.1521–1532. Doi:10.1016/j.jas.2007.10.015.
11. *Henshilwood C.S., d'Errico F., Niekerk K.L. van et al.* A 100,000-year-old ochre-processing workshop at Blombos Cave, South Africa // *Science*. 2011. V.334. P.219–222. Doi:10.1126/science.1211535.
12. *Берндт П.М., Берндт К.Х.* Мир первых австралийцев. М., 1981. С.344–345.
13. *Rifkin R.F., d'Errico F., Dayet-Boulliot L., Summers B.* Assessing the photoprotective effects of red ochre on human skin by in vitro laboratory experiments // *S. Afr. J. Sci.* 2015. V.111. P.1–8. Doi:10.17159/sajs.2015/20140202.
14. *Wadley L.* Where have all the dead men gone? Stone Age burial practices in South Africa // *Our Gendered Past: Archeological Studies of Gender in Southern Africa* / Ed. L.Wadley. Johannesburg, 1997. P.107–134.
15. *Marshall L.J.* *The Kung of Nyae Nyae*. Cambridge, 1976.
16. *Backwell L., d'Errico F., Wadley L.* Middle stone age bone tools from the Howiesons Poort layers, Sibudu Cave, South Africa // *J. Archaeol. Sci.* 2008. V.35. P.1566–1580. Doi:10.1016/j.jas.2007.11.006.
17. *Wadley L.* Putting ochre to the test: replication studies of adhesives that may have been used for hafting tools in the Middle Stone Age // *J. Hum. Evol.* 2005. V.49. P.587–601. Doi:10.1016/j.jhevol.2005.06.007.
18. *I'ons A.* Friable ochre surfaces: further research into the problems of colour changes associated with synthetic resin consolidation // *ICCM bulletin*. 1983. V.9. P.13–33.
19. *Lombard M.* Direct evidence for the use of ochre in the hafting technology of Middle Stone Age tools from Sibudu Cave // *Southern African Humanities*. 2006. V.18. P.57–67.
20. *Mayer D.E.B.Y., Vandermeersch B., Bar-Yosef O.* Shells and ochre in Middle Paleolithic Qafzeh Cave, Israel: indications for modern behavior // *J. Hum. Evol.* 2009. V.56. P.307–314. Doi:10.1016/j.jhevol.2008.10.005.
21. *Vanbaeren M.* Thinking strings: additional evidence for personal ornament use in the Middle Stone Age at Blombos Cave, South Africa // *J. Hum. Evol.* 2013. V.64. P.500–517. Doi:10.1016/j.jhevol.2013.02.001.
22. *Bouzouggar A., Barton N., Vanbaeren M. et al.* 82,000-year-old shell beads from North Africa and implications for the origins of modern human behavior // *PNAS*. 2007. V.104. P.9964–9969. Doi:10.1073/pnas.0703877104.
23. *D'Errico F., Henshilwood C., Vanbaeren M., Niekerk K. van.* Nassarius kraussianus shell beads from Blombos Cave: evidence for symbolic behaviour in the Middle Stone Age // *J. Hum. Evol.* V.48. P.3–24. Doi:10.1016/j.jhevol.2004.09.002.
24. *D'Errico F., Vanbaeren M., Niekerk K. van et al.* Assessing the accidental versus deliberate colour modification of shell beads: a case study on perforated Nassarius kraussianus from Blombos Cave Middle Stone Age levels // *Archaeometry*. 2015. V.57. P.51–76. Doi:10.1111/arcm.12072.

# Русь, Россия и культуры Степного пояса: триста лет в рамках империй

Е.Н.Черных

Как и в предыдущей статье\*, для обозначения рубежей коренных перемен мы снова прибегаем к опоре на символические даты. Здесь этим целям может соответствовать 1700 г., поскольку к концу 17-го столетия Петр I четко осознал удручающую технологическую отсталость России. Столь ненавистный россиянам Степной пояс по-прежнему не удавалось одолеть, не получалось овладеть и Крымом — бородавкой на носу, как называл его Г.А.Потемкин. Стала очевидной потребность глубокой перестройки всей российской системы под европейские образцы. Окончательно Петр убедился в этом в 1697–1698 гг., в результате так называемого Великого посольства на Запад Европы. Нужно было заполнить специалистов, способных залатать технологические пустоты и наладить новые производства. В первую очередь это касалось строительства флота и металлургии. Если морских судов у России тогда вообще почти не было (не считая беломорских), то не очень выразительная металлургия железа все же имела место. Правда, металл невысокого качества, полученный в основном

\* Русь, Россия и культуры Степного пояса: путь в Новое время // Природа. 2016. №5. С.49–58.



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

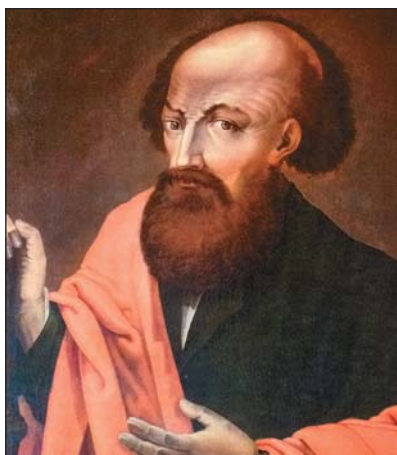
**Ключевые слова:** Степной пояс, кочевники, Россия, Советский Союз.  
**Key words:** Steppe belt, nomads, Russia, Soviet Union.

из болотных руд, мало на что годился. Совершенно отсутствовали рудные источники меди, свинца, олова... И если специалистов можно было отыскать на Западе, то залежи всех основных минералов для металлургического производства скрывались далеко на Востоке — на Урале и за ним.

## Уральский плацдарм

Вскоре обозначились контуры еще одной парадоксальной картины. По лесной зоне Евразии русские предприниматели Демидовы смогли проникнуть далеко на восток, вплоть до Рудного Алтая. Но ведь тот Алтай казался очень далеким — за несколько тысяч верст, а расположенный как будто совсем недалеко Южный Урал продолжал оставаться недоступным для русских. Населявшие этот полулесной (или полустепной) край башкиры успешно держали оборону, и это при том, что после сокрушения Казанского ханства они уже более 170 лет значились подданными Российской империи. Башкиры платили государству ясак, а власти о них, по сути, ничего не знали, да и пускали те к себе кого и когда хотели.

О минеральных богатствах Южного Урала российские власти вроде бы догадывались, и мысли о необходимости их освоения время от времени мелькали в головах ответственных персон. Однако еще в 1726 г. даже сам Вилим Иванович (Георг Вильгельм) де Геннин, *гене-*



Семейство Демидовых — родоначальники горно-металлургического производства в России. Слева — тульский кузнец-оружейник Никита Демидов (1656–1725; картина неизвестного художника), справа — его сын Акинфий (1768–1745; портрет работы Г.К.Гроота).

Г.В. де Геннин — основатель металлургической промышленности в России (копия А.Малевского с картины неизвестного художника).

*рал-маеор* голландского или же саксонского происхождения, назначенный берг-директором Урала и ставший организатором металлургического производства в стране, первый строитель и основатель Екатеринбурга, к тому же наиболее информированный в этом отношении человек, — практически ничего не ведал о южной и весьма обширной области Уральской горной системы. Когда же до него дошли первые, пусть даже весьма смутные сведения о рудных богатствах Южного Урала, стало ясно, что организовать добычу руд в этом населенном врагами-башкирами регионе будет очень сложно. Тогда де Геннин отправляет в Санкт-Петербург срочное *секретное уведомление о башкирском деле*, сочиненное, кстати, им самим, без участия секретаря, на диковатом русском языке, который потребовал перевода: *В случае войны против башкир, от каковой пусть сохранит нас Бог, хотя она и прежде случалась, в их землю можно будет свободно ввести войска. Посады свои башкиры скоро оставят. Летом же этот летучий народ в степи не поймаешь, разве только их жен и детей. Лучше всего делать это зимой, когда они обитают в домах, а их лошади плохи; только тогда заранее следует организовать магазины с провиантом, а также запасы сена. Лучше же всего без кровопролития, и чтоб они впредь не бунтовали, башкир надлежит сколько будет возможно вывести в Россию и разделить. От этого в России возрастет народонаселение, а бусурмане примут христианскую веру. И поскольку Башкирия будет от них свободна, добрую эту землю можно будет заселить русскими* [1, с.288–289].

Дружба с аборигенами в первой половине XVIII в. никак не складывалась. Но и по прошествии более полутора столетий после письма де Геннина о башкирах написаны гораздо более жестокие и непримиримые строки: *Столько забот,*

*трудов и лишений стоило для русских удерживать в повиновении этот самый плюгавый и неоружейный народ... <...> Лень, праздность и отвращение к труду, составляя отличительные свойства башкирца, сделали его отъявленным вором и мошенником...* Слова эти были опубликованы в 1889 г. в книге В.Н.Витевского [2, с.152] — между прочим, статского советника, т.е. почти генерала от просвещения (!) и, следовательно, в Российской империи лица официального.

### Иван Кирилов и «окно на юго-восток»

Истинной идефикс Петра Великого, как известно, было *окно на Запад*, в Европу, и на это он положил фактически всю свою жизнь. Однако не чуждался Петр и соображений о необходимости прорыва на Восток. Эта мысль полностью захватила одного из *птенцов гнезда Петрова* Ивана Кириловича Кирилова. Да, прорубить для России *окно* теперь уже на юго-восток, вплоть до Индийского океана, казалось ему абсолютно необходимым. Во времена Анны Иоанновны Кирилов значился обер-секретарем правительствующего сената. Неистовому фанатику собственной идеи явно не хватало конкретных знаний о том, какие барьеры придется преодолеть для реализации столь захватывающего броска. Но было ясно, что первоначально требовалось сломить упорных южно-уральских башкир. Обер-секретарю удалось убедить императрицу назначить его главой так называемой Оренбургской экспедиции. Кирилову была придана солидная воинская команда вместе с *Инструкцией, данной стацкому советнику Ивану Кирилову 1734 году мая 18 дня за подписанием... государыни императрицы Анны Иоанновны собственные руки*. Кирилову предписывалось



Камень И.К.Кирилова (1695–1737) в центре г.Орска. Поставлен в знак основания города, названного сначала Оренбургом.

уделять особое внимание поиску металлов и минералов кои найтися могут в ближних местах в башкирском и киргиз-кайсацком владениях в том поступать надлежащим образом ища интересы ея Императорского Величества пользы и приводя к тому тамошние народы лаской и награждением чтоб нетто известное скрывали и таили но и вновь сыскивая объявляли и для того сделать в городе лабораторию... Сегодня такая инструкция производит, конечно, крайне нелепое впечатление. Ведь еще никто и ничего толком

провианта. Участь его команды оказалась трагичной: скоро подступили жестокие морозы, а питаться было нечем. Из 800 участников похода лишь 223 человека едва живы, и кто как мог на Сакмару выжили, да из тех 80 человек руки и ноги познобили [3, с.22–23]. Тем не менее горячечно торопливый Кирилов представляет в Петербург победный отчет, которым императрица вполне довольна. Затем обер-секретарь снова мчит на Урал, к основанному им «Оренбургу», и в самом конце июня 1736 г. оказывается, правда, на р.Белой.



Небольшой участок Каргалинского древнего горно-металлургического центра на современном спутниковом снимке. Это гигантское рудное поле со многими тысячами следов горных выработок не смог заметить Кирилов, хотя проезжал в непосредственной близости от него.

не ведает о крае, куда направляется экспедиция. Но уже высочайше предписано строительство на Урале фабрик и заводов *расстоянием до ста верст в ведомстве и призрении городско-го магистрата* [3, с.9].

В разведывательно-воинский поход Кирилов отправился летом 1735 г. В землях башкир это сразу же породило мятежи. С большим трудом пробившись сквозь налеты башкирских конных отрядов, Кирилов в одночасье заложил *город о девяти бастионах по ситуации места регулярно, при выстреле трижды из тридцати одной пушки*, и назвал его Оренбургом. Церемония состоялась 31 августа, а через неделю Кирилов поспешил в Уфу, оставив здесь — на месте вовсе не Оренбурга, но будущего Орска — многочисленный гарнизон совершенно без

Увы, так и не смог Кирилов найти ни руд, ни минералов. Ему даже удалось не заметить находившихся буквально под его носом фантастических богатств гигантского меднорудного поля Каргалов... В Петербург же от него регулярно приходили фиктивные реляции об открытии богатейших рудных месторождений. Кирилов оказался странной и скоротечной фигурой в российской истории. *...Случившаяся ему, Кирилову, чахотная болезнь все его государству полезная и суще безпристрастная намерения в действо произвести не допустила... она болезнь столько в нем умножилась, что он 14 апреля [1737 г.] и жизнь свою христиански окончил* [3, с.28].

Первые шаги по колонизации богатого рудами Южного Урала

оказались весьма непростыми. Мятежи аборигенов не прекращались, и центральная власть бросала на борьбу с ними все новые и новые силы. Захваченных в 1740 г. в плен башкирских повстанцев — *возрастных и главных людей* — привели в лагерь правительственных войск. При появлении военачальника, князя В.А.Урусова, *...все они пали на землю, и старшины их, плача, с немалым воплем в винах своих у Ея Императорскаго Величества просили всемилоостивейшаго прощения.* Урусов начал свою речь так: *Отчаянные воры башкирцы! Разорители своего покоя и отечества! Нынешнее ваше воровское собрание... приводит меня в великое удивление...* Затем началась экзекуция. Будущий член-корреспондент Санкт-Петербургской академии наук П.И.Рычков перечисляет результаты казни: *...главные злодеи и сообщники возмутителя Карасакала... посажены на столбах каменных, нарочно для того сделанных, на колья, оным же подобные одиннадцатый человек, и в том числе помянутого Карасакала семь есаулов — за ребра; восемьдесят пять человек — за шею повешены; двадцать одному человеку отсечены головы и взоткнуты на колья, в том числе и самага главнейшаго возмутителя башкирского Аландзи Ангула, который частопомянутого Карасакала вымыслил, голова отсечена у мертвого, ибо он, как везли его под караулом в Оренбург, сам себя умертвил тем, что не пил, не ел более десяти дней. А протчим оставшим злодеям экзекуция была 17 сентября, по прибытии его, генерал-лейтенанта в Сакмарск, где сту двадцати человекам отсечены головы, пятьдесят человек повешено, да триста один человек наказаны отрезанием носов и ушей...* [3, с.48–50].

После этих жесточайших казней довольно быстро наступило время реального использования южноуральских богатств. Пришло время промышленников типа братьев Твердышевых, быстро и надежно осваивавших руды Каргалов и Магнитной горы [4]. Деяния Твердышевых были уже совсем не похожи на истерически победные депеши Ивана Кирилова. За счет вновь открытых рудников и построенных заводов Россия действительно совершила впечатляюще мощный рывок в металлургическом производстве. Правда, вскоре на Южном Урале вспыхнуло одно из самых трагичных в российской истории восстание Емельяна Пугачева (1773–1775), и в его рядах особую активность проявляли башкиры под предводительством Салавата Юлаева. Но после подавления мятежа работы на южноуральских рудниках и металлургических заводах были восстановлены.

## Путь в Казахстан и Среднюю Азию

Еще не покорен Южный Урал и не видно конца великой Северной войне со шведами, но Петр I проявляет нетерпеливый интерес к далеким ханствам Хивы и Бухары. *В мае 1714 года Петр дал*

*указ Сенату: «Послать в Хиву к хану с поздравлением на ханство, а оттоль ехать в Бухары к хану, сыскав какое дело торговое, а дело настоящее, чтоб проведать про город Эркетъ, сколь далеко от Каспийского моря? И нет ли каких рек оттоль или хотя не от самого того места, однако ж в близости в Каспийском море?». Про Эркетъ же ему донес сибирский губернатор князь Гагарин: в Сибири, близ калмыцкого городка Эркету на реке Дарье, добывают песочное золото. Легендарный калмыцкий городок Эркетъ (а на самом деле к калмыкам никакого отношения не имевший г.Яркенд) был расположен в 2 тыс. км (это по прямой линии!) от Каспия в Синьцзяне, на краю пустыни Такла-Макан\*.*

В том же нетерпении уже через два года Петр I повелел князю Александру Бековичу-Черкасскому отправиться по берегам Каспия и *над гаванью, где бывало устье Аму-Дарьи реки построить крепость человек на тысячу.* Если возможно, *путь держат подле той реки и осмотреть прилежно течение ее, а также и плотины, если возможно эту воду опять обратить в старое ложе, а прочие устья запереть, которые идут в Аральское море.* Не менее фантастичной выглядела и задача пути водою по Сыр-Дарье реке вверх до Эркету-городка для осмотра золота.

Впрочем, более важной целью вооруженной миссии князя Бековича-Черкасского стало обеспечение перехода в российское подданство Хивы и Бухары: *Хана хивинского склонить к верности и подданству, обещая ему наследственное владение, для чего предложить ему гвардию, чтоб он за то радел в наших интересах. <...> Будучи у хивинского хана, проведать и о бухарском, нельзя ли его хотя не в подданство, то в дружбу привести...*

Странные представления Петра I о почти неведомом ему мире, помноженные к тому же на его нетерпение, отразились на походе чрезвычайно быстро и трагически. *...Черкасский выехал в Каспийское море из устьев Волги и пристал к урочищу Тюк-Караган [на Мангышлаке], где велел строить крепость в месте... чрезвычайно неудобном: не было тут ни земли, ни леса, ни воды свежей, только один песок, нанесенный морем. От Тюк-Карагана Черкасский поехал далее морем и в начале ноября пристал к урочищу Красные Воды, где велел строить другую крепость, также... на дурном месте, не имеющем ни леса ни воды, ни травы, при глухом заливе, где морская вода стоячая и гнилая.*

Затем Бекович-Черкасский отправил в Хиву своих людей, и там их спрашивали: *Для чего вы города строите на чужой земле?* Но, исполняя приказ царя и взявши в Астрахани 600 человек драгун, яицких, гребенских казаков и других народов тыся-

\* Вспомним раздел о географических представлениях россиян конца XVII в. (во времена прорыва границ Ядра Евразии), приведенный в предыдущей статье (Русь, Россия и культуры Степного пояса: Путь в Новое время // Природа. 2016. №5. С.49–58).

чи с три человек, Черкасский пошел весною в Хиву сухим путем, и чрез несколько времени разнеслася весть, что он погиб в этом походе со всем отрядом [5, с.340–343]. То было началом битв за покорение народов Казахстана и Средней Азии.

## Казахские степи глазами Е.Мейендорфа

Реальный Оренбург — не тот, который с пушечным салютом в мгновение ока основал в свое время Кирилов, — был заложен в 1741 г., а уже в 1744 г. объявлен административным центром до невероятия огромной провинции с неясно-расплывчатыми рубежами, покрывающими и Казахстан, и Среднюю Азию. Город этот стал своеобразным плацдармом, с которого удобнее всего было продолжить покорение Степного пояса.

К началу XIX в. пришло время для начала колонизации Средней Азии. Однако ее ханства — Бухарское, Хивинское, Кокандское — были отделены от российских рубежей труднопреодолимыми бескрайними казахскими, или, как они тогда именовались, киргиз-кайсацкими степями.

В 1820 г. правительство Александра I решило направить в Бухару посольство, возглавляемое действительным статским советником А.Ф.Негри. Особую роль в посольстве играл Егор Казимирович Мейендорф, служивший в гвардейском генеральном штабе в чине капитана. Ему было вручено специальное *Наставление... касательно обозрения Киргизской степи во время следования с посольством в Бухару*. Мейендорф должен был назначить места, удобные для крепостей вдоль по дорогам от крепостей Орской и Троицкой... до реки Сырдарьи, на коей равномерно назначить место, удобное для крепости. Ему также следовало провести астрономические наблюдения с определением географических координат и подготовить *Общую генеральную карту* [7, с.7].

В каком-то отношении это посольство больше походило на вооруженный поход по землям полувраждебных кочевых народов, хотя почти 90 лет назад казахи (киргиз-кайсаки) клялись в верности российскому престолу. Объявленная верность была, разумеется, чистой фикцией. Ситуация оказывалась пригодной для кочевых ханов, чтобы иногда прикрыться авторитетом северного соседа и пострадать других. России же такая «присяга» внушала некую уверенность в территориальной громаде империи, а также манила возможным «освоением» в будущем киргиз-кайсацких степей. Так, спустя три года после принесения степняками присяги (в 1734 г.) российская императрица вынуждена была вновь направлять послание хану так называемого Среднего казахского жуза, кочевавшего по степям Центрального Казахстана: *Божиею милостию Мы, Анна, императрица и самодержица всероссийская и прочая, и прочая, и прочая. Нашему подданному Шемяки-хану, старши-*

*нам и всему киргиз-кайсацкому Средней орды войску Нашего Императорского Величества милость. Нам, великой государыне, Нашему Императорскому Величеству известно, как в 1731 году ты, Шемяки-хан, в бытность посланного Нашего в киргиз-кайсацкую орду мурзы Тевкелева в подданство Наше вступил, и в верности Нам присягу учинил...* [3, с.15]. В письме императрица с укоризною напоминает, как часто хан коварно нарушал свою присягу и устраивал непотребные разорения башкирам — российским подданным. Замечу, однако, что с этими «верными подданными», т.е. башкирами, Анне Иоанновне придется бороться до конца своего царствования.

Мейендорф выполнил данные ему поручения и постарался по максимуму собрать все сведения, столь желательные центральному правительству. Вначале своего отчета он пояснял: *Так как нам предстояло пересечь необъятные степи, посещаемые только кочевыми ордами, правительство снабдило нас конвоем из двух сотен казаков и двухсот пехотинцев, к которым затем присоединились двадцать пять всадников-башкир. Мы взяли с собой 2 артиллерийских орудия; 358 верблюдов везли наш багаж. Кроме того, у нас было 400 лошадей. <...> Чтобы преодолеть за два месяца пустыню, требовалось по 150 фунтов сухарей на каждого солдата и по 4 центнера овса на каждую лошадь, кроме того, крупы для отряда, двойного запаса снарядов для наших двух пушек, 15 кибиток, или войлочных палаток, 200 бочек для воды, наконец, немалое количество бочек водки.*

Перед самым отправлением из Оренбурга Мейендорф вспоминает о сравнительно недавних печалях, которые испытало такое же российское посольство в попытках пересечь населенные «союзниками» империи степи и полупустыни в стремлении достичь южных ханств: *Киргизы [казахи], недовольные тем, что русские исследуют их пустыни, нередко совершают нападения на проходящие караваны. Так, в 1803 году недалеко от Сырдарьи подверглось нападению киргизов посольство поручика Гаввердовского. Благодаря упорной обороне ему едва удалось спасти самому, но его жена, врач и большая часть отряда остались во власти степных кочевников. <...> Опасности подстерегают вас и в самой Бухарии, стране, подвластной варварскому и воинственному народу. Как я узнал впоследствии, перед нашим приездом в Оренбург бухарские купцы доверительно говорили своим знакомым: «Может статься, что никто из путешественников-христиан не вернется домой. Если даже хивинский хан разрешит им пройти, то уж наш хан не совершит ошибки, дозволит им отправиться обратно. Мы не хотим, чтобы христиане познакомились с нашей страной» [6, с.22–24].*

Посольство отбыло из Оренбурга 10 октября, а в Бухару прибыло 20 декабря, т.е. через 72 дня. За это время было пройдено только по прямой ли-



нии примерно 1700 км, а по реальной, ломаной, — не менее 2500 км. Иными словами, в среднем в день караван проходил по 33–35 км. Путешественникам повезло: все время стояла прекрасная погода, и на караван никто не рискнул нападать. Сами же переговоры с бухарскими властями ни к каким положительным результатам не привели. Аудиенция у хана продолжалась всего 20 минут. Посольство провело в Бухарском ханстве три месяца, после чего отправилось на родину. Из пределов ханства сотрудники посольства отбыли 25 марта 1821 г., *довольные тем, что познакомились с этой страной, но еще более довольные тем, что покинули ее.*

Невзирая на вполне очевидные помехи, Мейендорф сумел собрать довольно обширные сведения об этой почти незнакомой для русских и европейцев стране. Все это он описал в книге, которая, как это нередко бывало в российской реальной жизни, впервые вышла во Франции в 1826 г. Только через 150 лет ее перевели и опубликовали в России. Весьма примечательна в книге Мейендорфа заключительная фраза: *Это путешествие все же удовлетворило мое любопытство, не оставив, однако, никакого приятного впечатления и никаких утешительных воспоминаний* [6, с.154].

## Драматичный поход В.А.Перовского на Хиву

В марте 1839 г. император Николай I собрал совещание своих приближенных, на котором было решено начать немедленную подготовку к очередной военной кампании против Хивы. Срочность акции, судя по всему, была вызвана воинскими успехами англичан в Афганистане: те свои военные действия начали там двумя месяцами ранее. Командующим воинской экспедицией определили оренбургского губернатора, генерал-адъютанта В.А.Перовского, в губернские владения которого и планировали влить завоеванные в грядущем походе области.

«Экспедиция» длилась около восьми месяцев и, пожалуй, стала одной из самых неудачных и драматичных попыток завоевания Степного пояса к востоку от Урала и Каспия. Детали похода и причины его провала тщательнейшим образом проанализировал в своей книге (она вышла 35 годами позднее) участник кампании, офицер генерального штаба экспедиции Михаил Игнатьевич Иванин [7]. Приведу несколько выдержек из этого труда.

Первоначально на самом властном вершуре определили два важнейших условия: 1) *содержать истинную цель похода в Хиву в тайне, действуя под предлогом посылки только одной ученой экспедиции к Аральскому морю*; 2) *отложить самый поход до окончания дел Англии в Афганистане*. Выдержать оба этих условия оказалось в реальности совершенно невозможным, отчего все глубокие секреты грядущей кампании оказались фикцией. Более того, *содержание в официальном секрете*

*приготовлений к походу в Хиву, под покровом ученой экспедиции к Аральскому морю, принесло более вреда, нежели пользы. С марта 1839 г. поход этот в Оренбургском крае ни для кого не был тайной.*

В значительной мере это было предопределено малопригодной для командования фигурой губернатора Перовского. *К сожалению, ген. адъют. Перовский не обладал великим даром выбирать людей, не умел окружить себя дельными, способными и честными сотрудниками, выбор которых ограничивался и тем, что самый поход до времени должен был сохраняться в тайне, а это и было причиною, что обсуждение плана похода, приготовления к нему, закупки и проч. попали в руки самонадеянных говорунов, ловких интриганов, шарлатанов, лихоимцев, которые и подготовили поход так, что с того места, где он должен был начаться, т.е. от передового складочного пункта, его пришлось кончить.*

Судя по всему, с командной верхушкой была связана также традиционная и широко распространенная среди офицерства «шапкозакидательская» оценка противника: *...Из собранных сведений о Хивинском ханстве мы знали, что в то время войска ханства состояли из всякого сброда, вооружены были плохо; что народ не воинствен, что и плохих войск наберется не более 20 000 или 25 000, которые после первого удара разбегутся, что некоторые только города обнесены земляными стенами, частью обрушившимися; это дало надежду на легкое завоевание Хивинского ханства и внушило полное презрение к слабому неприятелю.*

Самые первые подготовительные шаги отрядов по организации на дальнем пути складов продовольствия привели к досадным неожиданностям. *Овражистая и изрезанная местность, производя большую ломку обоза, множество песков и солонцов... помешали этому обозу... <...>.*

*...Необходимость напоить из колодцев до 4000 лошадей воспрепятствовала отряду тронуться прежде 5 часов утра... Пройдя 17.5 верст, в 11 часов до полудни сделан был привал, а в 3 часа по полудни двинулись снова. День был знойный, при безветрии; удушающая пыль вилась густыми столбами, солнце палило, как в африканских степях... пройдя 6 верст, люди начали томиться жаждою; вся остававшаяся вода, смешанная с уксусом, роздана была солдатам... люди падали в изнеможении, и только скорое открытие крови спасало их от смерти.* И это описание начала похода относилось лишь к маю, основное пекло степей и пустынь было впереди.

Еще тягостнее оказались зимние переходы. Три колонны двигались друг за другом с разрывом в несколько дней. Очередной колонне приходилось *пролагать себе местами новый путь, потому что тропинки передних колонн вновь занесены были снегом. Только по временам мы могли ви-*

дет, что идем путем передних колонн, по снеговым столбам в рост человека, которые Уральские казаки первой колонны насытали в некотором расстоянии один от другого, и по лагерным местам 1 и 2 колонн, которые обозначались кучами снега, взрытого для укладки верблюдов и постановки кибиток, а также по оставленным, обезсиленным и упавшим верблюдам, или по замерзшим трупам их, частью занесенным снегом, частью обжеденным хищными зверями. Описание это соответствовало 160-верстному переходу ...по глубокому снегу от Эмбы к Акбулаку, при трескучих морозах и сильных буранах...

Остановки для ночлегов не были отдыхом для войск, на становищах надобно было повьючить и развьючить до 16 000 вьюков и потом, чтобы согреться или сварить кашу, надобно было перерывать кучи снега, глубокого, жесткого, местами даже обледенелого и окреплого, и из мерзлой земли вырубать тоненькие корешки скудных здешних трав, состоявших иногда из низкой полыни и солянки, расчищать места для кибиток, для верблюдов и проч., словом — становище не было отдыхом; солдат и казак успокаивался только к 8 и 9-ти часам вечера, а в 2 или 3 часа утра должен был подыматься для новых таких же тяжелых трудов...

О каких-либо заметных воинских успехах «экспедиции» рапортовать не приходилось — их не случилось, и было решено с полупути возвращаться в Оренбург. Во всяком случае, нам выгоднее действовать в Средней Азии развитием торговли, мирными сношениями, а не силой и военными действиями, — так, в сущности, звучало заключение Иванова. И еще один сюжет весьма занимал автора: чем можно объяснить легкость и быстроту движений по степям Азии и юго-восточной Европы многочисленных полчищ Чингис-хана, Батыя, Тамерлана? Вопрос действительно любопытный, и в конце статьи постараюсь коснуться также и его.

## Силы, конечно, неравны

Силы были действительно неравными. После того как в 1853–1856 гг. Крым преподнес России очередной малоприятный сюрприз, было решено перебросить основные внешнеполитические усилия на степной фронт, резко усилив там воинские подразделения. Обмен посланиями между бухарским эмиром Наср Улла Бахадур Ханом и Александром II в 1857–1858 гг., равно как и характер этой переписки, заставляли думать, что решающая стадия затянувшейся войны уже не за горами. К ее окончанию готовились войска, тыловые службы, журналисты и даже художники. Воинству предстояло победить не очень-то могучего и способного к обороне противника. Тылам следовало наладить коммуникации для снабжения войск всем необходимым через тысячекилометровые безводные степи. Журналисты

были призваны воспевать подвиги солдат в этой чужой и проклятой стороне.

Может быть, именно тогда к воинским делам постарались подключить, как выражаются ныне, массмедийные средства. Сегодня эти материалы кажутся нам достаточно любопытными. Широко известный тогда иллюстрированный журнал «Нива» взял на себя обязанность прославления русского воинства: *Продолжительная, почти непрерывная война, которую мы ведем в Средней Азии, — богата разными кровавыми эпизодами, крупными и мелкими, так и просящимися под перо и карандаш художника. Наши рисунки — эпизоды из этой военной драмы — выхвачены прямо из тревожной, полной опасностей и лишений военной жизни русского солдата, оторванного силою обстоятельств от родины, от всего, что было близко его простому сердцу и заброшенного в страну ему чуждую, неприветливую, встретившую его не с поклоном, а с коварным ножом, с предательскою петлею, — с разными бедами и лихами, со всем тем, с чем умеет бороться наш солдат, а если и не умеет сначала, то скоро научивается — благодаря своей сметливости и находчивости или же горькому опыту. Не всегда опасность грозит в открытом бою, чаще она таится где-нибудь по близости во время относительной тишины, в минуту спокойствия и отдыха* [8, с.4–5]. Знаменитый журналист и художник-баталист Николай Каразин в своих репортажах постоянно сетует на небезный нрав аборигенов, встречающих «освободителей» не низкими благодарственными поклонами, но коварным, спрятанным за спину ножом.

Другие авторы «Нивы», пожалуй, более романтичны и оптимистичны: *Отдаленность Хивы от России, а более всего безжизненность степей, отсутствие цивилизации, своеобразные нравы и обычаи кочующих магометанского вероисповедания обитателей степей, отсутствие рек и дорог — все это до сих пор препятствовало не только с научными целями пускаться по песчаному морю в Хиву, но и замедляло всегда торговое движение в Среднюю Азию. Теперь мало-помалу все эти преграды должны устраниться; постепенно будут водворяться колонизация и промышленность, проведутся каналы, пророятся на проложенных путях в достаточном количестве искусственно и удобно примененные к употреблению воды колодцы, — и степные народы, теперь уклончивые и недоверчивые, увидя в русских мирное обращение и доброту сердечную, нечувствительно будут с ними сходить в случае колонизации, свякаться и обобщаться в равной трудной доле посредности степей, в жизни и в торговых сношениях; а затем легко будут прививаться к их неприятным сердцам наши нравы, понятия и убеждения — и водворится правильный сельский образ жизни и промышленность по мере производительности почвы и по качеству климата* [9, с.465].

Расчет такого рода писаний состоял, как видно, в том, чтобы обыватели Центральной России непременно получили заряд уверенности, что уже совсем скоро, невзирая на упорство некоторых аборигенов, вся обширная картина новых и совершенно неведомых до тех пор земель в свете сердечной доброты колонизаторов покроется прелестью ярких цветов всеобщей любви, благолепия и дружеского взаимопонимания...

Этого, конечно, не случилось, но к 1868 г. завоеванный Бухарский эмират получил в рамках Российской империи статус протектората. С самостоятельностью Хивинского ханства было покончено пятью годами позднее. В 1867 г. указом Александра II было специально организовано Туркестанское генерал-губернаторство, под эгидой которого находились все завоеванные к тому времени области. А с 1886 г. вся подчиненная России Средняя Азия и ряд областей Южного Казахстана стали именоваться обширным Туркестанским краем. Так почти в самом конце XIX в. подошло к своему финалу оформление неохватных границ гигантской Российской империи. Вся западная половина Степного пояса Евразии оказалась наконец покоренной. Впрочем, уже через три десятилетия многое сильно изменилось...

## В границах Советского Союза

Распад империи династии Романовых привел к трехлетнему замешательству на степных пространствах Туркестанского края. Сохранившие некоторое влияние элиты попытались восстановить недавно утраченную независимость, но тщетно. Уже к 1920–1921 гг. большевики жесткой рукой подавили все эти мечтания и восстановили в рамках Степного пояса границы прежней империи. Более того, удалось добавить еще более 1,5 млн км<sup>2</sup> Северной Монголии — а это уже восточная половина пояса. Прибавка включала в себя ту часть исходного и легендарного чингисхановского монгольского домена, где в 1911–1912 гг. была объявлена независимость от резко ослабшей китайской империи Цин и провозглашена теократическая власть ламаистского первосвященника Богдо-гэгэна VIII. Российское участие в изъятии этого огромного куска территории не подлежало сомнению, над этой частью Монголии сразу же был объявлен протекторат России. Некоторое время после крушения царской империи в Северной Монголии пыталась учредить свою власть белая дивизия ге-



Территории Российской империи и Китая династии Цин к 80-м годам XIX в. Пунктиром показаны границы Степного пояса.

нерала Р.Унгерн фон Штернберга, но в августе 1921 г. командующего пленили свои же подданные-заговорщики и передали в руки большевиков, которые почти сразу его и расстреляли.

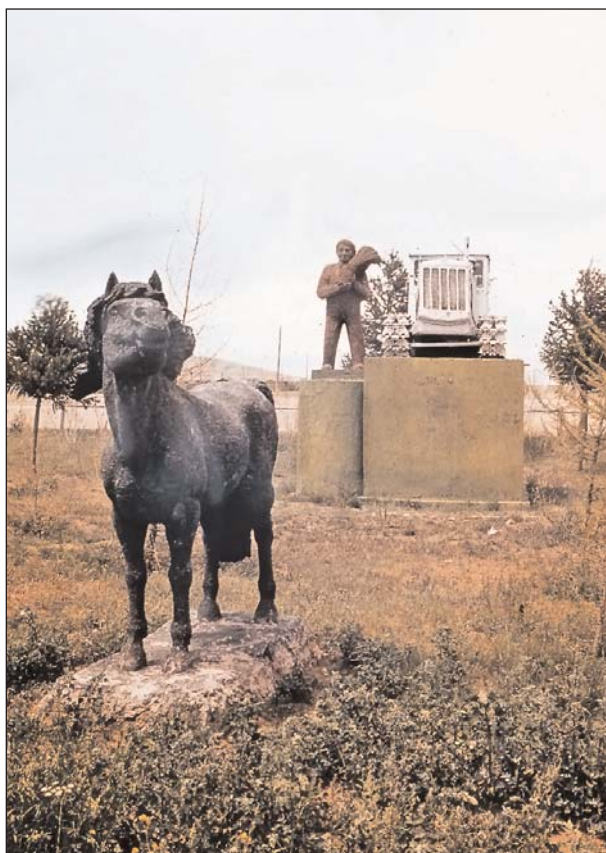
Монголия превратилась по сути в советскую колонию, хотя и при объявленном статусе независимого государства. На ее обширных пространствах сохранились многие признаки исконного кочевого быта, который за 100 лет пребывания Казахстана и бывших ханств и эмиратов Средней Азии в рамках обеих империй был фактически подавлен. Правда, в Монголии в колониальные времена также предпринимались долгие, но безрезультатные попытки ликвидации кочевого скотоводства и перевода если не всего населения, то хотя бы части его к оседлому земледелию. Одновременно старались привить отказ от традиционных для ламаизма форм погребальных обрядов и придать им подобие христианских, но столь же тщетно. Поэтому для этнографов Монголия осталась страной чрезвычайно желанной.

Но то было в Монголии, а на западной половине Степного пояса перемены происходили, конечно, кардинальные. Советская власть приложила изрядную массу усилий, чтобы преобразить облик своего степного *подбрюшья*. Кроме ликвидации кочевого скотоводства здесь пытались воплотить грандиозные проекты типа Главного Туркменского канала, от которого вскоре остались, правда, лишь сухие русла. В этом же ряду оказался и великий Каракумский канал, протянувшийся почти на 1300 км от Амударьи на запад к Каспийскому морю, хотя его русло уже в 1970-х годах являло собой затянутую кустарником и камышом глубокую ложбину (как не вспомнить при этом прозвучавшие три сотни лет назад вопросы-пожелания Петра I князю Бековичу-Черкасскому повернуть Дарью-реку в Каспий). Здесь и отстроенный после



Сезонная перекочевка монгольской семьи (1981). Лошадь служит только для верховой езды, а верблюды — исключительно под выюк.

Фото автора



Монголия (1979). Пропагандистские монументы, воспевающие счастливый труд землепашца; рядом с трактором фигура «колхозника» со снопом сжатой пшеницы.

Фото автора

сокрушительного землетрясения 1948 г. Ашхабад; или же Ташкент — *столица мира и тепла* — как звучало в одной песне советских времен. Всего этого никак нельзя вычеркнуть.

Однако вряд ли социалистические новостройки слишком трогали глубинные чувства узбеков, туркмен, таджиков. Все эти прелести были доставлены им из чужого мира. Для исконной культуры гораздо ближе, понятнее и роднее оставался не столичный Ташкент, похожий на иные города Союза, но Самарканд времен Тимура с величественной гробницей великого полководца или же с поразительным по великолепию многовековым погребальным мемориалом Шахи-Зинда. За пределами новостроек этих городов современный путешественник оказывался в мире глубоко традиционном — к примеру, в кишлаках, что носят имена, оставленные повелением легендарного Тамерлана. Великий полководец, уверовав в покорение им всего мира, распорядился обозначить в рамках своей мировой империи подобия столиц известных ему стран — Багдада и Парижа, вот только кишлак Париж произносился здесь как Фариж. А окружают его все те же высокие глинобитные дувалы, та же архитектура, наверняка уходящая в дотимуровы времена, еще к бронзовому веку. И если бы не бросающаяся в глаза электропроводка, то легко было бы спутать эпохи\*!

Для того чтобы вселить в народ уверенность перехода из мира мрака в мир великого счастья, чему тот был обязан советской власти, отомобилизовали массу журналистов, писателей и художников. Особенно почитались авторы — уроженцы этих окраин. Еще раз вспомним о мечтательных словах, которые можно было прочесть на страницах «Нивы» в 1870-х годах: местные народы должны были увидеть в русских колонизаторах *мирное обращение и доброту сердечную* и вскоре

Для того чтобы вселить в народ уверенность перехода из мира мрака в мир великого счастья, чему тот был обязан советской власти, отомобилизовали массу журналистов, писателей и художников. Особенно почитались авторы — уроженцы этих окраин. Еще раз вспомним о мечтательных словах, которые можно было прочесть на страницах «Нивы» в 1870-х годах: местные народы должны были увидеть в русских колонизаторах *мирное обращение и доброту сердечную* и вскоре

\* Эти слова в значительной мере отражают личные впечатления, сложившиеся у меня во время 50-летних работ в археологических экспедициях практически по всему Степному поясу — от устья Дуная и Северного Причерноморья, по всей Средней Азии, вплоть до Монголии и даже Синьцзяна. Подчеркну, что экспедиционные впечатления — когда вы буквально погружаетесь в реальный мир тех народов, по землям которых передвигаетесь, ночуете в кишлаках или среди юрт, — как правило, очень сильно отличаются от впечатлений, полученных в туристических поездках, ведь там зачастую стремятся показать вам мир весьма иной.

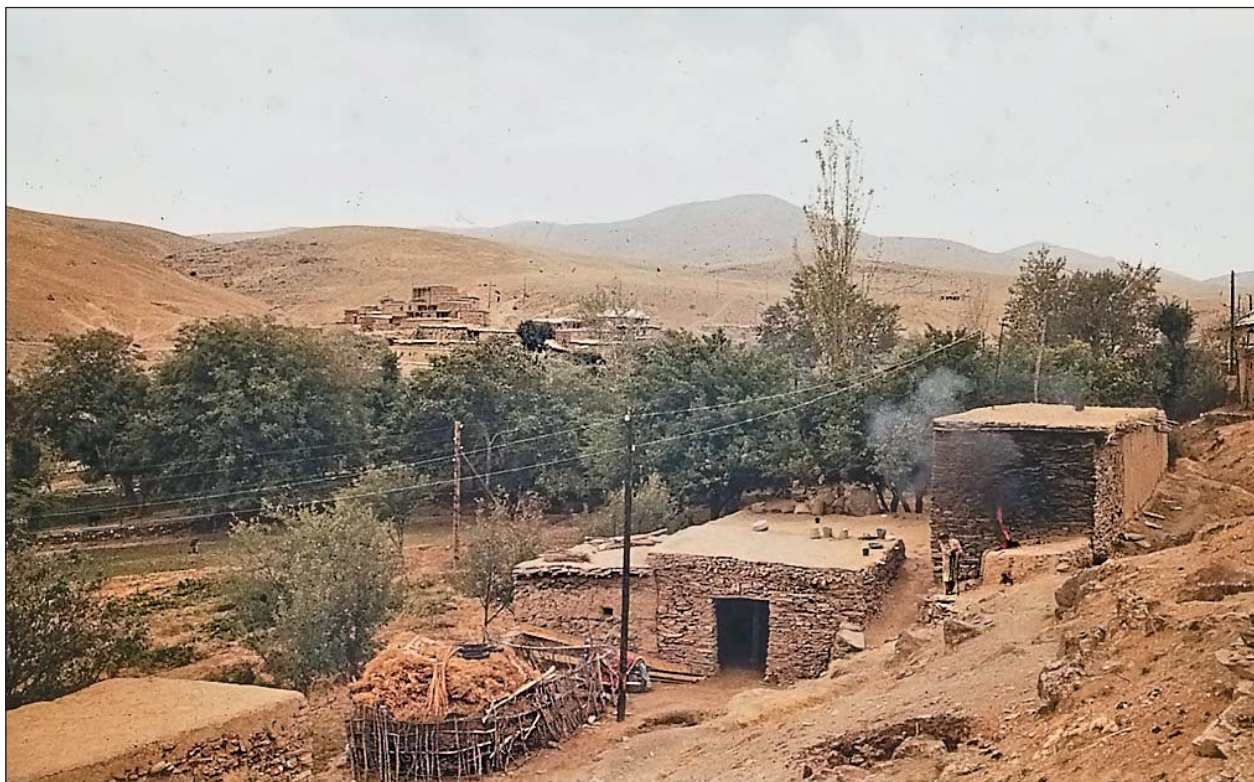


Традиционный колесный транспорт в Монголии (1980). По такой же технологии колеса выделывались и в 1920-х годах (справа). Видимо, этот способ появился еще в бронзовом веке.

добровольно и с радостью принять в свои *неприязненные сердца* советское мировоззрение... И вот это счастье наступило.

В советские времена не счесть было возвышенных слов о наступившей благодати, и потому нет смысла громоздить здесь повторяющиеся цитаты.

Для иллюстрации возьмем лишь одного из наиболее выразительных писателей того времени, таджика Садриддина Айни, почитавшегося классиком. Когда-то он сочинил «Марш свободы», и *таджикский народ сразу же восторженно принял «Марш свободы»*. Ведь в нем звучали простые и понятные



Кишлак Фариж, расположенный недалеко от Самарканда (1977). Селение получило название по велению Тамерлана, пожелавшего видеть в своей империи двойники мировых столиц.

Фото автора

слова, как хлеб, земля и вода, слова, знакомые по первым декретам Советской власти.

*В те дни народ России жил в печали,  
Нужда и горе грудь его терзали,  
Душа томилась гневом и тоской,  
Стонало сердце, но уста — молчали.  
<...>*

*Отныне свобода свободна от пут.  
Отныне царям и эмирам!  
Отныне да властвует миром  
Лишь труд! Свободный труд!*

Это стихи классика, а вот его проза из романа «Рабы». Собрание свободных и счастливых колхозников затаив дыхание внимает речи их председателя Хасана. *Бывшие рабы и пастухи ныне трудятся на собственной, на своей земле. И никто у них ее не отнимет. Никто, никогда. Колхозники теснились вокруг Хасана, и каждому хотелось позвать его руки, похлопать по плечу, сказать веселое слово. <...> Я родился в доме раба. Я начал жизнь рабом, а продолжаю ее равноправным членом большого колхоза, я знаю цену земле, цену труду. Я понимаю, что для нас сделано большевиками. Я знаю, что сделала для нас партия! <...> Здесь каждый знал, что жизнь впереди светла, труд дружен, правда непобедима. <...> Это сделала для нас партия!*

Судя по всему, лишь немногие люди могли верить во все эти удивительные изречения, хотя число подобного рода сочинений казалось в те поры бесконечным. Диковинно глубокий диссонанс между официальными словоизвержениями

и жизненной реальностью скрывал глубокую пропасть, которую не очень хотели замечать. По всей вероятности, именно этот поразительный провал-диссонанс чрезвычайно резко отразился в 1991 г. на молниеносном распаде СССР и немедленном отвержении имперских оков всеми социальными объединениями не только на западной половине Степного пояса, но и на восточной, если причислить к этому ряду и Монголию. Отпали степные республики Советского Союза на гигантских территориях — более 4.6 млн км<sup>2</sup>, а при учете Монголии — 6 млн км<sup>2</sup>!

### Прыжок на 300 лет назад

И вновь перед нами возникает символическая дата: 1991 г. Разумеется, ее реализация была подготовлена многими предшествующими десятилетиями, что никогда в открытую в СССР не обсуждалось; да и в одно мгновение бесповоротно обрезать все связи прошлого также невозможно. Однако по сути только одним юридическим актом контуры России на географической карте оказались отброшенными в далекий доимперский период, примерно к 1700 г. Мы теперь обретаемся в границах России, свершив трехсотлетний прыжок в прошлое. Это прекрасно видно на картах, и против этого очень трудно возражать.

Вся история взаимодействий Руси-России и кочевых/полукочевых народов Степного пояса Евразии насчитывает примерно полтора тысячелетия. Около семи столетий мы наблюдали сплошное чередование маятниковых процессов: те наступают — эти отступают, те отступают — эти наступают... Затем обрушились на Русь монгольские конные тумыны, и страна оказалась повергнутой, может быть, в самый тяжкий для нашей истории период *монголо-татарского ига*, длившийся 240 лет. Конец ига был отмечен также знаково-символическими годами — 1480/1500. С тех пор на пять столетий растянулся калейдоскоп сражений со степным миром, когда Русь-Россия вела по существу непрерывную наступательную войну. Победного апогея удалось добиться через 300 лет на западе — от Дуная до Волги — лишь с покорением Крыма, и только примерно через 400 лет — уже на востоке, от Волги и Каспия до грани Джунгарских ворот.

Теперь сопоставим эти цифры с теми, что характеризовали



Жительницы кишлака Фариж — «фарижанки» — с детьми отправляются в соседний кишлак (1977).

Фото автора

завоевания Чингисхана и его наследников в XIII в. В 1219 г. всадники Чингисхана пересекли створ Джунгарских ворот и появились на западе. И всего через четыре года (!) под властью великого хана оказалось не менее пяти, а то и шести миллионов квадратных километров, включая всю восточную «четверть» запада Степного пояса, а также примыкающие с юга ареалы — Иран и другие. Помимо этого два тумена, Джебе и Субэдэй, прошли от Самарканда с разведывательными боями через север Ирана и Кавказ, подошли к Киеву, разгромили на Калке в 1223 г. русские и половецкие дружины и наконец ушли назад в Среднюю Азию к Чингисхану, а оттуда уже на монгольскую родину. И все это в четыре года! Сравните четыре года и 400 лет. Разница стократная! Любопытно, что даже за 400 лет удалось отвоевать не всю территорию.

Вторая волна завоеваний после кончины Чингисхана нахлынула на запад через 14 лет. Ее начало и конец — 1237 и 1241 гг., тоже четыре года. Поглощена последняя «четверть» западной половины Степного пояса, а помимо того — лесная Русь, Кавказ... На покорение русских княжеств потребовалось лишь три года (1238–1240), т.е. и в этом случае стократная разница — ведь Крым отвоевывали 300 лет. И как все это объяснить?..

Ответы пытался найти еще Иванин, описывая трагичный Хивинский поход 1839–1840 гг. [7], но вряд ли успешно, ведь при опоре лишь на материалы отдельных воинских походов задачу эту не одолеть. А если отвлечься от локальных сюжетов и целиком погрузиться в протяженную, полуторатыся-

четлетнюю, историю сложных и крайне запутанных взаимоотношений Руси-России с миром культур Степного пояса? Но даже и тогда корректно разрешить эту проблему вряд ли удастся. Она много шире... ■



Россия на рубеже XVII и XVIII вв. Цветом показаны территории Степного пояса (1), Московского царства (2) и его сибирских и дальневосточных колоний (3).



Россия в начале XXI в. Показаны территория (1) и границы (2) Российской Федерации и ареал Степного пояса (3).

## Литература

1. Черных Е.Н. Культуры номадов в мегаструктуре Евразийского мира. М., 2013. Т.2.
2. Витевский В.Н. Н.И.Неплюев и Оренбургский край в прежнем его составе до 1758 г. Вып.1. Казань, 1889.
3. Рычков П.И. История Оренбургская (1730–1750). Оренбург, 1896.
4. Черных Е.Н. Степной пояс Евразии: феномен кочевых культур. М., 2009.
5. Соловьев С.М. История России с древнейших времен. Т.18. М., 1993.
6. Мейендорф Е.К. Путешествие из Оренбурга в Бухару. М., 1975.
7. Иванин М.И. Описание зимнего похода в Хиву 1839–1840 гг. СПб., 1874.
8. Каразин Н.Н. Две сцены из Хивинского похода // Нива. 1875. №1.
9. Михайлов Н. Голос хивинских пленных // Нива. 1873. №30.

# Озера северо–западного Синьцзяна

А.П.Горбунов,  
доктор географических наук  
Институт мерзлотоведения имени академика П.И.Мельникова СО РАН  
Якутск







Озеро Сайрам-Нур.  
Здесь и далее фото Ц.Абдувайли

В горах северо-западного Китая, а в административном отношении — в Синьцзян-Уйгурском автономном районе, недалеко от границы с Казахстаном, расположены четыре больших озера: Канас, Улюнгур, Эби-Нур и Сайрам-Нур. В русскоязычных публикациях сведения о них весьма скудны, а в Интернете — часто даже противоречивы. Поэтому расскажу об этих отдаленных и труднодоступных озерах подробно.

**Озеро Канас** (48°49'с.ш., 87°03'в.д.) расположено на абсолютной высоте 1375 м в среднем течении р.Канас — одного из истоков р.Бурчун (правого притока Черного Иртыша). Бассейн р.Канас приурочен к юго-западному макросклону оледенелого горного массива Таван-Богдо-Ула — высочайшего (4374 м) поднятия Монгольского Алтая, который находится на стыке государственных границ России, Китая и Монголии.

Озеро расположено всего в 15 км к востоку от границы Казахстана. Оно имеет вытянутую форму и протягивается по речной долине на 25 км. Ширина озера варьирует от 1.6 до 2.9 км, его площадь — почти 40 км<sup>2</sup>, а глубина — 188.5 м. Это самое глубокое высокогорное озеро в Китае.

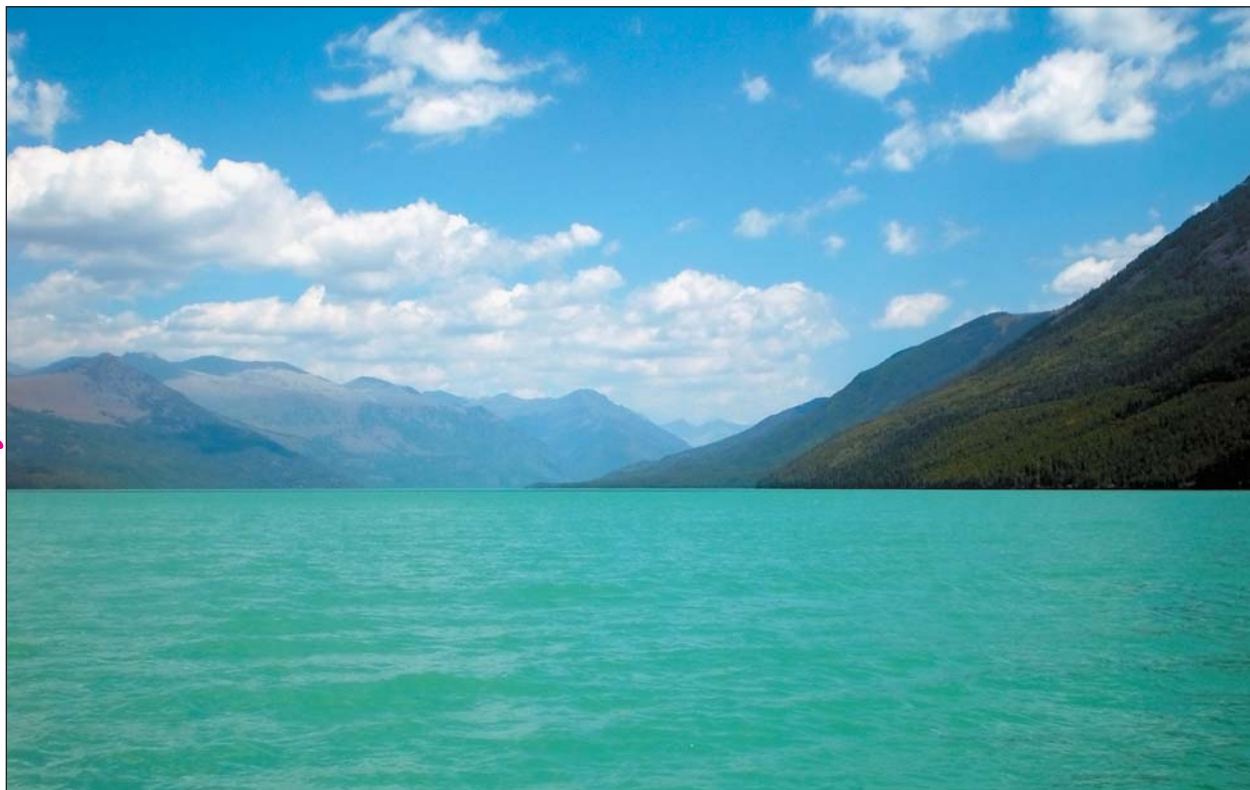
В верховье р.Канас находится одноименный перевал. Его абсолютная высота около 2700 м. Здесь проходит тропа из Китая в Россию, на плато Укок. У перевала берет начало р.Ак-Алаха, относящаяся к бассейну Катунь. Справа в нее впадает р.Бетсу-Канас. Есть на российской стороне и ледник Канас. На территории нашей страны, у подхода к перевалу, на высоте около 2300 м высится большой старообрядческий деревянный крест.

Озеро Канас появилось в результате подпруживания реки обвалом с левого борта долины.

© Горбунов А.П., 2016



Озера Канас, Улюнгур, Эби-Нур и Сайрам-Нур на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая.



Озеро Канас в долине одноименной реки.

Площадь обвального массива составила около 5 км<sup>2</sup>, а мощность — многие десятки метров. Об этом свидетельствует глубина водоема. Такого же генезиса другое, несколько меньшее по размерам, оз.Верхний Канас, которое расположено в верховье этой же долины, на высоте 1948 м. До него от Канаса 34 км.



Река Канас.

В бассейне р.Канас зафиксировано не менее десятка крупных обвалов. Они свидетельствуют о недавнем (вероятно, позднеголоценовом) очень крупном землетрясении в этих местах.

В водах озера летом отражается небо, снежные вершины и густые лесные массивы окрестных гор. Все это необычайно живописно, поэтому сюда приезжает большое количество туристов. Жители окрестных районов считают, что в озере обитает гигантский змей или дракон. Он порвал и утащил в глубину 600-метровую сеть. Возможно, это сделал огромный таймень, достигавший, по словам рыбаков, 4 м в длину. Туристы, отдохавшие на берегу озера в мае 2011 г., говорили, что в воде было заметно движение какого-то крупного животного.

Здесь, на территории Китая, в трех окрестных деревнях проживает около 2.5 тыс. тувинцев. Они утверждают, что их предки переселились в этот край из верховий Енисея около 500 лет назад, т.е. в XVI в. Тувинское население до сих пор сохранило национальные одежды и обычаи.



Озеро Улюнгур.

Семантика и этимология топонима Канас до конца не ясны. Можно предположить, что первичным было название перевала, ведь с давних пор через него проходила караванная тропа из Восточного Туркестана в Сибирь. А с середины XVIII в. перевалом пользовались старообрядцы, о чем говорит наличие здесь креста. Компонент *кан* может осмысливаться с позиций языков фарси как главный приток р.Бурчун. Компонент *ас* — корневая основа тюркского слова *асу* — «перевал». Тогда топоним может быть переведен как «речной перевал».

Ираноязычные географические названия могли появиться в здешних местах благодаря согдийцам. К числу таких топонимов относится, к примеру, Кран — река в системе Черного Иртыша [1]. Есть и другая версия семантики топонима Канас. В уйгурском языке *кан* употребляется как одно из названий родников. В этом случае Канас означает «родниковый перевал». На перевале действительно есть родники, питающие верховья р.Ак-Алаха.

Конечно, приведенные версии семантики топонима Канас небесспорны, но они вполне имеют право на существование.

**Озеро Улюнгур** (или Улэнгур-нур) расположено примерно в 100 км к востоку от границы Казахстана и в 180 км от оз.Зайсан. Координаты озера — 47°15'с.ш. и 87°15'в.д. Вода здесь солоноватая, но ее вполне можно пить. Видимо, в ней содержится менее 3 г/л соли. Как ни странно, данные о глубине озера в литературных источниках

найти не удалось, но по косвенным признакам ясно, что она достаточно велика.

От долины Черного Иртыша озеро отделено невысоким водоразделом, ширина которого примерно 2 км. В 1969 г. Улюнгур был соединен с Черным Иртышом каналом длиной 2.3 км, по которому вода из реки поступала в озеро. В результате уровень его повысился с 468 до 479 м, а площадь увеличилась с 827 до 1056 км<sup>2</sup>. Современная длина озера 45 км, максимальная ширина — 36 км.

На берегу западного залива оз.Улюнгур сохранились отчетливые следы его прежних береговых линий. Верхняя находится на высоте 496 м. Она совпадает с самым низким участком водораздела с Черным Иртышом. Следовательно, в недалеком геологическом прошлом озеро было проточным. Поэтому оно и несолоеное. Повышения уровня озера здесь, как и в озерах Алакольской группы, случались, по всей видимости, в XIII и XVIII вв.

Название озера обычно связывают с осокой, которая по-монгольски звучит как *олен* [1]. Однако в существующих описаниях озера осока не упомянута. По берегам растет в основном камыш и тростник [2]. Если осока здесь и есть, то ее немного и она вряд ли может входить в состав топонима Улюнгур.

Предложу другую версию названия озера. Вероятно, топоним происходит от монгольского *улаанхур* — «озеро красных обрывов». По данным В.В.Сапожникова [2], по северному и северо-восточному берегам встречаются красные плотные

глины. Они обнажаются в двадцатиметровых обрывах озерной террасы.

Существуют и другие названия озера: монгольское — Булунг-Тохой или Булаг-Тохой («озеро у излучины с родниками»), тюркское — Кызылбаш («озеро красной возвышенности»), китайское — Дахайцзы («большое озеро»).

Озеро Улюнгур соединено протокой с оз.Бага-Нур (или Бага-Нуур, в переводе с монгольского — «малое озеро»). В него впадает р.Урунгу, берущая начало в горах Монгольского Алтая близ истоков Черного Иртыша. Возможно, название реки восходит к тувинскому этнониму *оронго* [1], обозначающему название одного из родов тувинцев. В монгольском лексиконе оно звучало как *урянхай*. Именно так до начала 20-го столетия именовалась Тува, а ее жители звались урянхайцами.

Замечу, что тувинцы проживают не только по берегам оз.Канас. Они занимались хозяйственной деятельностью также в бассейнах Черного Иртыша и Урунгу. Так, еще Сапожников упоминает паром через Черный Иртыш, который обслуживали урянхайцы, т.е. тувинцы. Местное казахское население р.Урунгу называет Сарытогай — «широкий тугай». Действительно, ширина тугайных древесно-кустарниковых зарослей в ее низовьях местами достигала 3–5 км. В наши дни их место занимают орошаемые сельскохозяйственные угодья. Казахский гидроним кажется несравненно более информативным, нежели Урунгу. Монгольское название

реки — Булун-Тохой (а правильнее — Булаг-Тохой), что означает «излучина с родниками», — также предпочтительнее, нежели Урунгу. Китайцы называют ее Улуьнгу или Ухэ [1].

Приведу еще одну интересную информацию. В 60 км к западу от оз.Улюнгур, в местности Орху, находится так называемый эоловый город. Он был обнаружен экспедицией В.А.Обручева в 1906 г. Образовавшиеся в результате выветривания причудливые скальные формы действительно напоминают разрушенный город со стенами и башнями замков, профилями животных и людей. Сегодня эоловый город широко известен и за пределами Китая.

**Озеро Эби-Нур** (44°50'с.ш., 83°00'в.д.) находится у юго-восточного края Джунгарских ворот, в 150 км к северо-востоку от китайского города Кульджи и в 34 км к юго-востоку от границы с Казахстаном. Это мелководный горько-соленый водоем, площадь которого в последнее время интенсивно сокращается. В середине прошлого века озеро протягивалось с северо-запада на юго-восток на 60 км, ныне его длина составляет около 30 км. Площадь водной поверхности сократилась с 1300 до 450 км<sup>2</sup>. Уровень воды подвержен значительным (до 5 м) колебаниям от многоводных к маловодным годам. Сейчас он находится примерно на высоте 185 м. Глубина озера всего несколько метров. Даже в полноводные годы она не превышала 15 м. Соленость варьирует по годам от 80 до 120 г/л.



Берега мелководного горько-соленого озера Эби-Нур.

Берега водоема покрыты выцветами солей. Их особенно крупный массив площадью порядка 350 км<sup>2</sup> примыкает к озеру с северо-запада и представляет собой пересохшее дно.

В Эби-Нур впадает несколько рек. Самая полноводная из них — Боро-Тала, питаемая ледниками Джунгарского Алатау. Другие две — Куйтун (Джергалан) и Цзинхэ. Первая стекает с северного макросклона хребта Ирен-Хабьрга, исток второй находится в горах Борохоро. Значительная часть речной воды разбирается на орошение, что и вызывает сокращение площади озера.

Интересно, что первая часть названия озера — *эби* — это несколько измененное наименование ураганного ветра эбе (ибе, евгей), который временами свирепствует в районе казахстанских озер Алаколь и Сасыкколь. Дует он с юго-востока, как раз со стороны озера Эби-Нур. Иногда порывы достигают скорости 72 м/с.

Можно также предположить, что корни гидронима Эби-Нур лежат в языках фарси, где *аб* или *об* означают «вода», а *нур* — «сиять», «сверкать» [1].



Пересохшее дно озера Эби-Нур.

Возможно, сверкать на солнце могла не столько сама вода, сколько выцветы солей на берегах. Название озеру, вероятно, дали согдийцы, чьи торговые караваны проходили здесь со времен раннего Средневековья.

**Озеро Сайрам-Нур** (44°35'с.ш., 81°08'в.д.) находится в горах Борохоро, в 95 км к северо-востоку от казахстанского города Жаркент и в 62 км



Озеро Сайрам-Нур.



Берега о.Сайрам-Нур.

к северу от Кульджи, на абсолютной высоте 2073 м. Размеры этого округлого озера примерно  $30 \times 25$  км, площадь —  $458 \text{ км}^2$ . Его средняя глубина 46 м, максимальная — 86 м. В озеро впадают несколько небольших горных речек. С декабря по март водоем покрыт льдом, толщина которого составляет 0.7–1.1 м. Озеро Сайрам-Нур относится к слабосоленатым, в одном литре озерной воды содержится 2.85 г соли.

То обстоятельство, что бессточное озеро в полупустынном климате засолено лишь незначительно, позволяет предположить, что оно когда-то было проточным. Период высокого стояния воды в окрестных водоемах приходился на XIII в. В то время уровень воды в оз.Сайрам-Нур примерно на 47 м превышал современный, и сток из него был направлен в бассейн оз.Эби-Нур.

В древнетюркских языках *сайрам* означает «мелкое озеро», а по-киргизски *сайроон* — «отмель» [3]. Но оз.Сайрам-Нур никак не назовешь мелким, поэтому можно предположить, что название все же имеет киргизские корни. Оно характе-

ризует озеро с обширными отмелями, что на самом деле так. Местное же население предпочитает именовать его Сутколь — «молочное озеро». Действительно, илистые отложения на отмелях по цвету похожи на молоко. *Нор, нур* (а правильнее — *нуур*) по-монгольски означает «озеро».

Одно из первых письменных упоминаний озера относится к 1722–1724 гг. и приведено в путевом журнале российского посла. Там озеро названо Зютьколь, т.е. Сутколь [4]. Современное китайское название озера — Хуатинху.

В заключение расскажу народную легенду о возникновении оз.Сайрам-Нур. Юный казах и прекрасная казашка были влюблены друг в друга. Коварный демон, очарованный красотой девушки, похитил ее и заточил в своем логове. Но девушка сумела убежать. Демон стал ее преследовать. Понимая свою обреченность, девушка бросилась в глубокую пропасть. Узнав об этом, ее жених, желая навеки остаться со своей любимой, бросился следом. Слезы влюбленных заполнили пропасть, образовав солончатое озеро... ■

## Литература

1. Мурзаев Э.М. Очерки топонимики. М., 1974.
2. Сапожников В.В. По Русскому и Монгольскому Алтаю. М., 1949.
3. Мурзаев Э.М. Словарь народных географических терминов. М., 1999.
4. Журнал капитана Ивана Унковского о пребывании его у джунгарского хунтайджи Цэван-Рабтана // История Казахстана в русских источниках XVI—XX веков. Т.II. Алматы, 2005. С.318–340.

# Б.Б.Голицын — физик на государственной службе

Б.В.Булюбаш,

кандидат физико-математических наук

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е.Алексеева

Сто лет назад, в последний год своей жизни, российский физик Борис Борисович Голицын (1862–1916) был избран членом Лондонского королевского общества. Международную известность князю Голицыну принесли исследования в области сейсмологии — в том числе создание сейсмографов с гальванометрической регистрацией. Такие приборы позволяли вести непрерывную запись удаленных землетрясений и использовались даже в конце XX в. на многих сейсмических станциях — как в России, так и за ее пределами.

Сейсмографы Голицын рассматривал как инструменты для изучения внутреннего строения Земли, что для него самого было сродни изучению космоса: *Подобно тому как световые лучи, идущие к нам из мирового пространства, дают нам указания о химическом составе и отчасти о температуре и давлении, господствующих на различных небесных телах, а в комбинации с принципом Доплера дают возможность определить и скорость их движения по направлению луча зрения, так и сейсмические лучи дают нам ключ к разгадыванию сокровенных тайн внутреннего строения Земли, и именно на таких глубинах, которые по своей недоступности совершенно изъяты из области исследований современной геологии* [1, с.103]

Борис Борисович пришел в науку необычным путем. Выпускник Морского училища (именно так назывался Морской кадетский корпус до 1891 г. со времен общей реформы военно-учебных заведений 1860-х годов и нового устава 1867 г.) и Николаевской морской академии, офицер флота, он увлекся физикой, вышел в отставку в возрасте 25 лет и поступил в Страсбургский университет. Там Голицыну повезло с учителем — знаменитым немецким физиком Августом Кундтом, основателем первой в мире научной школы экспериментальной физики. Макс Планк так отзывался о нем: *Страстный, темпераментный, блистающий остроумием и интеллектом, он оказывал на своих сотрудников и учеников пленяющее действие, воодушевляя их на занятие физикой* [2, с.25].



Б.Б.Голицын. 1880-е гг. (СПбФ АРАН. Р.Х. Оп.1-Г. Д.272. Л.1).

© Санкт-Петербургский филиал Архива РАН

В Страсбург Голицына привели особенности отечественного законодательства, в соответствии с которым поступать в российские университеты могли исключительно выпускники классических гимназий. Борис Борисович же, окончив Морскую академию, должен был или сдать экзамен по гимназическому курсу, или получать университетское образование за пределами империи. Он выбрал второй вариант, но, чтобы поступить в Страсбургский университет, Голицыну пришлось в течение трех месяцев интенсивно изучать немецкий язык практически с нуля. В 1890 г. он закончил учебу в Страсбурге и защитил «с наивысшей похвалой» докторскую диссертацию на тему «О дальтоновом законе». Возвратившись в Россию, Борис Борисо-



Здание Морского кадетского корпуса в Санкт-Петербурге.

Фото Alex Florstein Fedorov (Wikimedia Commons)

вич некоторое время работал в Главной (Николаевской) физической обсерватории, созданной в 1849 г. по указу императора Николая I, и занимался геофизикой. В 1891 г. по инициативе А.Г.Столетова его пригласили в Московский университет, где он занял должность приват-доцента и начал исследовательскую работу в университетской физической лаборатории. В 1893 г. Голицын пред-

ставил к защите магистерскую диссертацию\* — комплект опубликованных статей под общим названием «Исследования по математической физике. Часть I: Общие свойства диэлектриков с точки зрения механической теории теплоты; Часть II: О лучистой энергии». Но профессор Московского университета Столетов — непосредственный руководитель Голицына — отказался принимать неко-

торые утверждения диссертанта. В частности, он считал абсолютно неприемлемым использование Голицыным понятия температуры применительно к электромагнитному эфиру. Суровую оценку работа встретила и со стороны рецензента А.П.Соколова. Поэтому Голицын снял диссертацию с защиты.

\* Согласно «Положению о производстве в ученые степени» 1844 г., лицо, получившее диплом на ученую степень за границей и желающее приобрести таковую в русском университете, подвергалось испытанию сначала на магистерскую степень, а потом на высшие степени по общему для всех установленному порядку. Степень магистра обычно имели преподаватели университетов, степень доктора — профессора университета, лица, стоявшие во главе университетских кафедр. — *Примеч. ред.*



Здание университетского дворца в Страсбурге.

Фото Absolutecars (Wikimedia Commons)



Историк науки Я.М.Гельфер описывает проблему непонимания идей следующим образом: *«Голицын распространяет понятие температуры непосредственно на электромагнитное излучение в пустоте, которое он рассматривает как некоторую материальную среду. Рассматривая механизм лучеиспускания согласно электромагнитной теории и основываясь на том факте, что «по мере возрастания  $T$  к прежним колебаниям присоединяются все новые и новые характерные виды колебаний», Голицын приходит к новому определению температуры, пригодному для излучения... [3, с.453]. Несостоявшуюся диссертационную работу Бориса Борисовича также обсуждает Н.В.Вдовиченко. Отмечая, что ученый приписывал излучению некоторую температуру, она пишет: *«В то время температурой излучения называли температуру испускающего его тела, поскольку с точки зрения классической физики излучение — это электромагнитные волны, испускаемые ускоренно движущимися электрическими зарядами. Но такое излучение совершенно не зависит от температуры среды, через которую проходит. Поэтому с классической точки зрения предложение Голицына неприемлемо... естественно, что многие его современники восприняли это как нелепость. Что имел в виду и чего хотел сам Голицын... трудно понять, поскольку мысль свою он дальше не развивал и никаких более подробных пояснений не оставил [4, с.69].**

Так или иначе, но довольно скоро температура стала для физиков одной из безусловных характеристик электромагнитного излучения. При всем том ситуация не была однозначной. Ю.А.Любимов отмечает: *«...у Столетова не было полной уверенности в своей правоте; интуиция исследователя и природная честность заставляли его сомневаться, правильно ли он поступил... [5, с.275]. В 1945 г. во дворе физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова была обнаружена часть архива Столетова, содержащего помимо прочего проекты его писем Г.Л.Ф.Гельмгольцу и У.Томсону (барону Кельвину) и копию письма Л.Больцману. В них Столетов описывает конфликт (уже после его окончания), излагая как свою точку зрения, так и соображения Голицына [5]. Безусловно поддержал Столетова только Томсон, заметивший, что *«нельзя рассматривать в качестве температуры энергию световых волн в пустом пространстве (свободный эфир) [3, с.454].* Что же касается Гельмгольца и Больцмана, то они заняли нейтральную позицию.*

Любимов вспоминает похожую ситуацию на защите докторской диссертации Н.А.Умова все в том же Московском университете, произошедшую без малого за два десятилетия до описываемой истории. Как известно, в своей работе Умов ввел понятия о локализации энергии в пространстве и о потоке энергии. Он, в частности, использовал понятие вектора плотности потока энергии. Его диссер-



Портрет А.Г.Столетова.

Из коллекции Музея Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г.Столетовых ([www.vlsu.ru](http://www.vlsu.ru))

тация стала объектом резкой критики, *«защита продолжалась около 6 часов и показала, что даже ведущие русские ученые того времени не смогли воспринять радикально новые идеи [5, с.291].* Умову удалось успешно защититься. Сопоставляя эту историю с событиями вокруг магистерской диссертации Голицына, Любимов, однако, замечает: *«Какой-то злой рок тяготел над русскими исследователями, занимавшимися вопросами движения энергии [там же].* Отметим, что П.П.Лазарев, описывая конфликт вокруг диссертации Бориса Борисовича, выделяет позицию Умова: *«многие из профессоров стали на сторону Голицына; среди них на первом месте нужно указать Умова, оценившего оригинальность мыслей и выводы, которые Голицын сделал в своей первой работе [6, с.183].*

После несостоявшейся защиты Голицын уехал из Москвы в Юрьевский университет\* (универси-

\* Университет основан шведским королем Густавом II Адольфом в 1632 г. на территории Ливонии под именем Academia Gustaviana. Стал вторым университетом Швеции (после Уппсальского) — Universitas Gustaviana. В XVIII в., после присоединения Эстляндии к России, прекратил свое существование. Чтобы остзейское дворянство могло получать образование в Российской империи, Александр I учредил университет в Дерпте в 1802 г. — *Примеч. ред.*



Главное здание Дерптского университета в 1821 г.

тетский город назывался по-разному: до 1893 г. — Дерпт, с 1893 по 1919 г. — Юрьев, с 1919 г. — Тарту). Степень, полученная в Страсбурге, позволила ему занять в этом университете должность профессора. Впрочем, в декабре 1893 г. Борис Борисович возвратился в метрополию, но уже не в Москву, а в Санкт-Петербург. В Академии наук появилась



Великий князь Константин Константинович. Портрет работы О.Э.Браза. Павловск, 1912.

вакантная должность адъюнкта, были объявлены выборы, по итогам которых на эту должность назначен князь Голицын. Победой в конкурсе молодой физик был в значительной степени обязан административному ресурсу — его кандидатуру поддержал президент Императорской Санкт-Петербургской академии наук великий князь Константин Константинович. Активно поддержали Голицына также академики П.Л.Чебышёв, А.М.Ляпунов и А.А.Марков. Одновременно в члены академии баллотировался Столетов, однако к участию в выборах его не допустили. И в этом вмешательство великого князя также было определяющим. Комментируя случившееся,

[www.estonica.org](http://www.estonica.org)

Столетов писал одному из своих коллег: *Хороши академики, хороши порядки, хороша вся эта интрига, теперь обнаружившаяся во всей ее красоте! Очевидно, меня сумели очернить президенту как нечто невозможное... а почтенный ареопаг — как прикажете: сегодня все за меня, завтра все (за исключением одного из пяти) против!* [7, с.440].

Этот эпизод отечественной истории нередко использовался в идеологических целях; его представляли как наглядную иллюстрацию порочности царизма, который-де предпочел «социально близкого» князя Голицына выдающемуся ученому, профессору Столетову. На самом же деле эта — согласимся, не вполне благовидная — история была связана с взаимными личными симпатиями Бориса Борисовича и Константина Константиновича. В 1888 г. выпускник Морского корпуса Борис Голицын был назначен гардемаринном на фрегат «Герцог Эдинбургский». Вахтенным мичманом на том корабле был великий князь, долгое плавание сблизило двух молодых людей.

Академик А.Н.Крылов с сожалением пишет о конфликте Голицына и Столетова: *...возгорелась полемика, в которой обе стороны проявили страстность, доставлявшую, наверно, им обоим впоследствии горькие минуты* [8, с.389]. При этом Крылов не скрывает негативной реакции научного сообщества на «академическую историю»: *...избрание Бориса Борисовича в Академию наук не было встречено сочувственно в широких кругах русского ученого мира, и первые его работы подвергались жестокой критике* [там же].

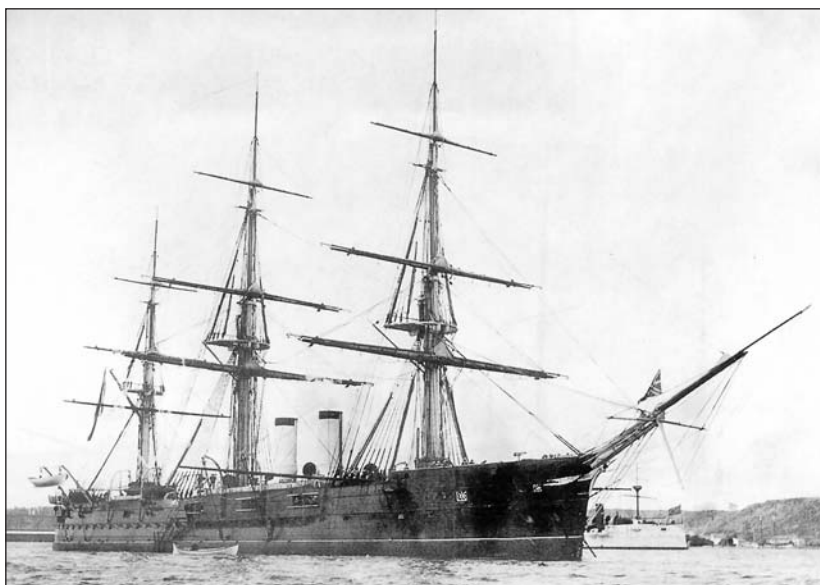
В конечном счете решение великого князя игнорировать условности и поддержать друга молодости благоприятно сказалось на развитии российской науки. Научные заслуги Бориса Борисовича получили в итоге высокую оценку коллег: в 1898 г. он был избран экстраординарным академиком, а в 1908 г. — действительным членом Санкт-Петербур-

бургской академии наук. Вел он и преподавательскую работу: так, в 1897 г. возглавил кафедру опытной физики в созданном Женском медицинском институте.

В 1894 г. новоиспеченный адъюнкт Академии наук Голицын был назначен заведующим ее Физическим кабинетом. На своей первой административной должности он проявил большую активность: преобразовал кабинет в Физическую лабораторию и добился ее оснащения современным оборудованием. После революции на базе Физической лаборатории, Математического кабинета и Постоянной центральной сейсмической комиссии был образован Физико-математический институт Академии наук, из которого впоследствии был выделен Математический институт АН СССР. Именно как руководитель Физического кабинета Голицын начал прославившие его исследования по сейсмометрии, о которых рассказано в статье А.В.Пономарёва и А.Я.Сидорина [9].

Летом 1896 г. во главе специальной экспедиции он выехал на архипелаг Новая Земля для наблюдений полного солнечного затмения. Среди измерений, которые им проводились, отметим «наблюдения за периодом качания магнитной стрелки до и после затмения». Следует иметь в виду, что незадолго до этого (17 апреля 1889 г.) в ходе изучения деформаций Земли под воздействием лунно-солнечного притяжения была впервые осуществлена первая запись удаленного землетрясения. По-видимому, Голицын предполагал, что приливный эффект (усиливающийся в момент затмения) опосредованным образом влияет на интенсивность земного магнитного поля. Он лаконично отмечает: *...мне не удалось обнаружить какое-нибудь заметное влияние затмения на ход склонения и величины горизонтальной составляющей силы земного магнетизма* [10, с.256].

В 1900 г. учреждается Постоянная центральная сейсмическая комиссия, в состав которой включают Голицына\*. На заседании комиссии 5 марта 1903 г. он сделал доклад о сейсмографах принципиально новой конструкции. В таких приборах с маятником связана индукционная катушка, а на основании сейсмометра закреплен постоянный магнит, благодаря чему при движении маятника в катушке возникает электрический ток. В сейсмографах с гальванической регистрацией реша-

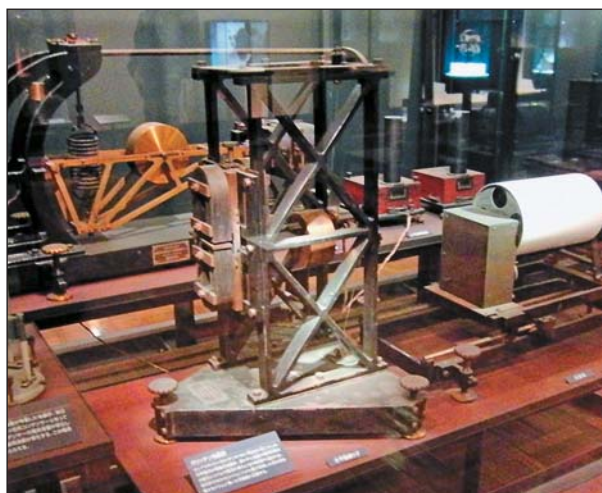


Полуброненосный фрегат «Герцог Эдинбургский» (1872–1909), на котором служили великий князь К.К.Романов и князь Б.Б.Голицын.

Из архива фотографий кораблей русского и советского ВМФ

лась проблема трения; кроме того, в них можно было использовать маятники небольшой массы и производить запись колебаний поверхности в удаленном помещении. За несколько лет Борис Борисович, используя оборудование Физической лаборатории Академии наук, совершенствует горизонтальные сейсмографы, а в 1910 г. создает также вертикальный сейсмограф.

В начале 20-го столетия в геофизике сделаны важные открытия, благодаря которым сейсмология и сейсмометрия получили мощный импульс к развитию. Порождаемые землетрясениями продольные и поперечные упругие волны распространя-



Сейсмограф Голицына. Экспонат Национального музея природы и науки в Токио (Япония).

Фото Momotarou2012 (Wikimedia Commons)

\* См.: Басаргина Е.Ю. Академик Б.Б.Голицын и основание Постоянной центральной сейсмической комиссии (<http://ganar.spb.ru/files/visual/pdf/Golitsin.pdf>).

ются с разными скоростями. Определив разность времен прихода продольной и поперечной волн в точку наблюдения, можно, зная их скорости, найти расстояние от точки наблюдения до эпицентра. Если разместить соответствующие приборы в трех различных точках, мы сможем определить местонахождение эпицентра землетрясения. Однако точность, с которой сейсмометры Голицына определяли смещения почвы (составлявшие десятки доли миллиметра для землетрясений, происходивших на удалении в несколько тысяч километров), позволяет *...по двум горизонтальным слагающим перемещения определить его азимут... и значит, по наблюдениям одной станции находится и положение эпицентра* [1, с.105]. Это достижение во многом определило известность ученого за рубежом, не случайно в 1911 г. Борис Борисович был избран в Манчестере президентом Сейсмической ассоциации.

Вклад Голицына в сейсмологию не ограничился разработкой новых приборов. Используя возможности Постоянной центральной сейсмической комиссии, он начал строительство в России современных сейсмостанций. 1 апреля 1913 г. академика Голицына назначили директором Главной физической обсерватории. За три года работы на этой высокой должности он организовал строительство новых станций и объединил их в полноценную сеть с центром в Пулковке. Одновременно с сейсмологией физическими методами исследования обогатилась еще одна новая наука — метеорология.



Портрет прапорщика А.А.Фридмана, преподавателя Киевской военной школы летчиков-наблюдателей. 1 августа 1916 г. (Альбом «1-й выпуск школы летчиков-наблюдателей», преподнесенный августейшему организатору великому князю Александру Михайловичу. Киев, 1916. Фиг.8).

Главная физическая обсерватория нуждалась в квалифицированных математиках. По инициативе Голицына одна из вакантных должностей в обсерватории была предложена молодому аспиранту-математику Санкт-Петербургского университета А.А.Фридману, который, безусловно, внес значительный вклад в становление российской метеорологии, однако его главные научные достижения относились уже к иной дисциплине — космологии.

В опубликованной в 1922 г. статье «О кривизне пространства» Фридман доказывал, что уравнения общей теории относительности допускают решение, описывающее нестационарную Вселенную. Спустя год А.Эйнштейн соглашается с российским математиком: *Я считаю результаты г.Фридмана правильными и проливающимися новым светом* [11, с.119]. В итоге Фридман, в научной судьбе которого Голицын сыграл решающую роль, вошел в историю астрономии 20-го столетия как один из создателей теории расширяющейся Вселенной. Любопытно, что к этой же теории имеет непосредственное отношение и один из выдающихся научных результатов самого Бориса Борисовича. В 1908 г. в серии прецизионных экспериментов он повторил — на более высоком уровне точности — эксперименты, выполненные в 1900 г. астрономом А.А.Белополюским. В этих опытах Борис Борисович (совместно с И.И.Вилипом) подтвердил эффект Доплера для случая световых волн (напомним, что этот эффект Голицын упомянул, когда сравнивает изучение космоса с исследованием Земли). Именно эффект Доплера использовал американский астроном Э.П.Хаббл, обнаруживший явление разбегания галактик. Закон Хаббла стал одним из основных аргументов в пользу теории расширяющейся Вселенной.

Успех сопутствовал Борису Борисовичу не только как организатору научных исследований, но и как государственному служащему. В 1899 г по инициативе С.Ю.Витте его назначили вначале заместителем управляющего, а затем и управляющим Экспедиции заготовления государственных бумаг (предшественницы нынешнего предприятия «Гознак»). Проработав на этой должности до 1905 г., Голицын модернизировал всю работу учреждения, установив и внедрив в производство новейшее для того времени оборудование. Более того, его усилиями в деятельности Экспедиции заготовления государственных бумаг появилось социальное измерение: с привлечением лучших художников. Экспедиция издала на бумаге высокого качества произведения русской классики.

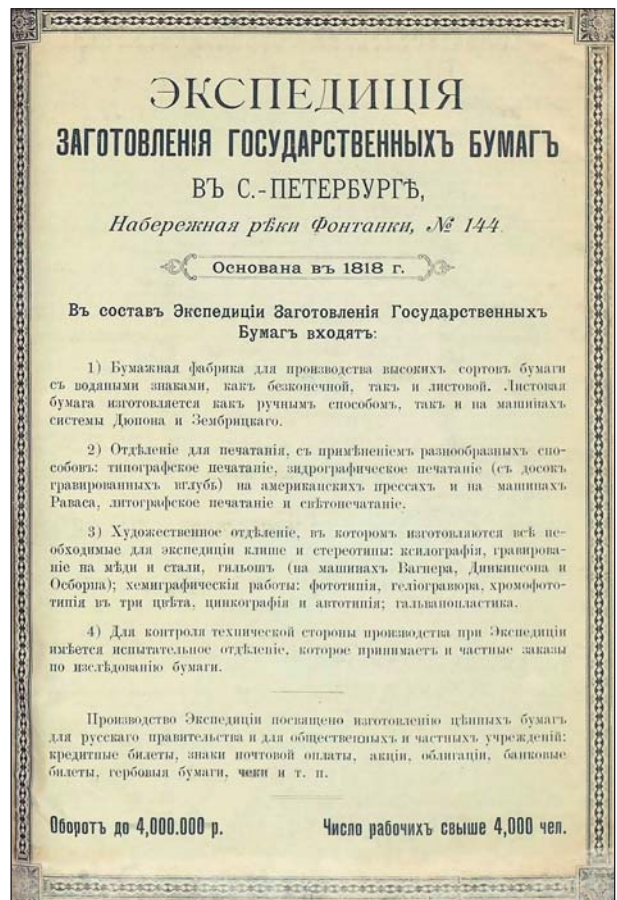
Период с 1899 по 1905 г., когда управляющим Экспедиции заготовления государственных ценных бумаг был Голицын, называют Серебряным веком «Гознака» [12]. Борис Борисович преобразовал учреждение в образцовое с художественно-технической точки зрения бумажно-полиграфическое производство. Учреждение по праву считалось лучшим полиграфическим предприятием России. По

мнению Голицына, экспедиция должна была служить целям просвещения, культурно-эстетического развития народов страны. Было задумано издание русских классиков и популярных книг по всем отраслям науки на хорошей бумаге, с иллюстрациями. Голицын привлек выдающихся художников и ученых, и были изданы книги высочайшего художественного уровня. В том числе по инициативе управляющего увидели свет знаменитые русские народные сказки с иллюстрациями И.Я.Билибина. Книги, альбомы, календари и открытки, напечатанные в тот период, сегодня входят в число раритетных российских изданий. Экспедиция обеспечивала не только государственные нужды, но также выполняла на платной основе заказы общественных и частных учреждений на изготовление акций, облигаций, чеков, гербовой бумаги и т.п. Голицын расширил граверное отделение. При нем был введен восьмичасовой рабочий день, организована девятиклассная школа, в старших классах которой изучали бумажную, фототехническую и печатную специальности. При экспедиции имелись лазарет, магазин, собственный театр, ясли.

Авторитет Голицына позволил ему распространить свою активность и на другие сферы деятельности. Так, с 1907 г. он занимал должность председателя Ученого комитета Главного управления землеустройства и земледелия (с октября 1915 г. комитета в составе Министерства земледелия). Судя по отзывам современников, и на этом посту ему удалось добиться выдающихся результатов, а к его мнению прислушивались все агрономы России. Он был заместителем председателя Комиссии по изучению естественных производительных сил России — академика В.И.Вернадского. Деятельность этого комитета оказывала существенное влияние на организацию научных исследований.

Исключительно важным было участие Бориса Борисовича в развитии отечественной авиации\*.

\* После гибели русского флота при Цусиме был создан Особый комитет по усилению флота на добровольные пожертвования, и в стране начался сбор денег на строительство современных военных кораблей. Во главе комитета стоял великий князь Александр Михайлович, двоюродный дядя Николая II. Поскольку очень большие средства были выделены также и из Государственного бюджета, то собранных денег оказалось очень много. 30 января 1910 г. на общем собрании комитета Голицын предложил ассигновать на авиацию сумму, предназначенную на постройку подводной лодки. Общее собрание большинством голосов приняло решение: оставшиеся в распоряжении комитета средства в сумме 900 тыс. руб. обратить на создание воздушного флота (Зарождение военной авиации в России // Авиация и космонавтика. 2012. №8. С.1). Но это не было согласовано наверху, из-за чего несколько лет разбиралось дело на Бориса Борисовича за нецелевое использование части собранных средств. Расследование было закрыто лишь в августе 1914 г., когда Голицына назначили начальником Главного военного метеорологического ведомства авиации, созданного по его же предложению [9]. — *Примеч. ред.*



Реклама Экспедиции заготовления государственных ценных бумаг (Адресная книга города С.-Петербурга на 1898 год / Ред. П.О.Яблонский. СПб., 1898).

Именно по его инициативе Русско-Балтийский завод приступил в 1912 г. к производству отечественных аэропланов, причем (также благодаря Голицыну) на должность главного конструктора был назначен И.И.Сикорский [13, с.3]. Под руководством Сикорского на заводе построили самолет «Илья Муромец» — крупнейший для своего времени; в будущем авиаконструктор эмигрировал в США и прославился там уже как создатель вертолетов.

Отмечая широту интересов и обязанностей Голицына, Р.Н.Щербаков процитировал его близкого друга по совместной учебе в Страсбургском университете, знаменитого русского физика П.Н.Лебедева. В одном из писем Голицыну тот заметил: *Всех дел не переделаешь, и бог с ними, с делами, которые имеют переходящую цену вроде разных технических приемов... Мне тягело и досадно думать, что недостаток времени в Вас ударит физика, а это грех!* [14, с.363]. Щербаков напоминает в связи с этим о так и оставшейся неразработанной концепции температуры электромагнитного излучения.

Лебедеву, посвятившему себя фундаментальной физике (и получившему в ней результат мирового



Посмертная маска Б.Б.Голицына, хранящаяся в здании сейсмостанции в Пулково.

Фото Maks physics (Wikimedia Commons)

значения!), был, по-видимому, глубоко чужд явный интерес Голицына к работе, связанной с организацией научных исследований в масштабе не университетской лаборатории, но страны в целом. Однако именно сочетание административных талантов и дара исследователя позволило Голицыну не только разработать, но и внедрить сейсмометры нового типа и стать одним из создателей сейсмологии XX в. И занять таким образом свое уникальное место в истории российской науки.

## Литература

1. Крылов А.Н. О работах кн.Б.Б.Голицына по сейсмологии // Успехи физических наук. 1918. Т.1. №2. С.101–106.
2. Храмов Ю.А. Научные школы в физике. Киев, 1987.
3. Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. М., 1981.
4. Вдовиченко Н.В. Развитие фундаментальных принципов статистической физики в первой половине XX века. М., 1986.
5. Любимов Ю.А. Очерки по истории электромагнетизма и диэлектриков. М., 2010.
6. Лазарев П.П. Очерки истории русской науки. М.; Л., 1950.
7. Болховитинов В.Н. А.Г.Столетов. М., 1965.
8. Крылов А.Н. Памяти князя Б.Б.Голицына // Крылов А.Н. Мои воспоминания. Л., 1984. С.385–391.
9. Пономарёв А.В., Сидорин А.Я. Основоположник современной сейсмологии Борис Борисович Голицын (1862–1916 гг.): к 150-летию со дня рождения // Вестник ОНЗ РАН. 2012. Т.4. NZ6001. Doi:10.2205/2012NZ000114.
10. Краткий отчет о поездке кн.Б.Б.Голицына летом 1896 г. на Новую Землю // Известия Императорской Академии наук. 1896. Т.V. №3. С.251–261.
11. Эйнштейн А. К работе Фридмана «О кривизне пространства» // Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т.2. М., 1966. С.119.
12. Вознесенский С.В. Первые сто лет истории Экспедиции Заготовления Государственных бумаг. СПб., 2009.
13. Булюбаиш Б.В. Академик Борис Борисович Голицын // Потенциал. Физика. Математика. Информатика. 2012. №8. С.12–16.
14. Щербаков Р.Н. Создатель отечественной сейсмологии // Вестник РАН. 2012. Т.82. №4. С.358–363.

В память об академике Голицыне Российская академия наук учредила в 1992 г. именную премию, присуждаемую Отделением геологии, геофизики, геохимии и горных наук за выдающиеся научные работы в области геофизики. В 1994 г. премия Голицына была присуждена Н.Н.Пузыреву за монографию «Методы сейсмических исследований», в 1997-м — Л.П.Виннику за серию работ «Структурная геология глубоких земных недр», в 2003-м — В.Н.Жаркову за цикл работ «Собственные колебания Земли и планет», в 2006-м — С.М.Молоденскому за серию работ «Исследование внутреннего строения Земли по приливным и астрометрическим данным», в 2009-м — Г.А.Соболеву и А.В.Пономареву за монографию «Физика землетрясений и предвестники», в 2012-м — В.Н.Страхову за цикл работ «Развитие новых математических методов аппроксимации и решения обратных задач для потенциальных полей Земли», а в 2015-м — Г.С.Голицыну за монографию «Статистика и динамика природных процессов и явлений. Методы, инструментарий, результаты».

По решению Международного астрономического союза имя Голицына присвоено одному из кратеров на обратной стороне Луны. Увековечено его имя и на нашей планете: на глубине 400–900 км расположен слой Голицына, разграничивающий верхнюю и нижнюю мантии Земли. В 1984 г. в Финляндии было построено научно-исследовательское судно «Академик Голицын», принадлежащее ООО «Газфлот», дочернему предприятию ОАО «Газпром». А в 2015 г. имя Бориса Борисовича присвоено Санкт-Петербургской гимназии №278, правопреемнице Технической школы Экспедиции заготовления государственных бумаг. ■

# Новости науки

## Астрофизика

### Изучение неба в гамма-диапазоне

Российские астрономы разрабатывают уникальную установку — высокогорную обсерваторию ALEGRO (Atmospheric Low Energy Gamma-Ray Observatory — Атмосферная низкопороговая гамма-обсерватория) для наблюдения неба в одном из наиболее интересных и важных диапазонов электромагнитного излучения. В проекте, инициированном Физико-техническим институтом (ФТИ) имени А.Ф.Иоффе, участвуют исследователи из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Института ядерных исследований РАН, Национальной академии наук Армении, Министерства науки, технологий и инноваций Аргентины, Института ядерной физики Макса Планка в Гейдельберге (Германия), Дублинского института перспективных исследований (Ирландия), Университета штата Пенсильвания (США) и некоторых других научных центров.

Космическое гамма-излучение содержит информацию о наиболее ярких и высокоэнергичных явлениях, происходящих в нашей Галактике и далеко за ее пределами. К таковым относятся взрывы звезд на поздних стадиях эволюции (сверхновые и гиперновые), потоки ультрарелятивистских частиц и ударные волны, создаваемые замагниченными нейтронными звездами и черными дырами, обращающимися вокруг своей оси сотни раз в секунду, а также мощные высокоскоростные истечения активных ядер галактик, формирующиеся в окрестности сверхмассивных черных дыр. Таким образом, наблюдение космического гамма-излучения дает уникальную возможность получать сведения о процессах, протекающих в наиболее экстремальных условиях во Вселенной: в сверхсильных электромагнитных и гравитационных полях, при сверхядерных плотностях вещества, при ускорении частиц до сверхвысоких энергий. Эти знания необходимы для проверки фундаментальных законов физики и установления новых закономерностей в условиях, принципиально недостижимых в земных лабораториях.

Обсерватория ALEGRO с исключительно высокой чувствительностью будет регистрировать черенковское излучение, которое вызывают вторичные электроны и позитроны, рождающиеся при взаимодействии первичного гамма-кванта с атмо-

сферой Земли и движущиеся со скоростями, превышающими скорость света в атмосфере. Для достижения рекордной чувствительности и снижения пороговой энергии детектирования до 5–10 ГэВ ученые из ФТИ разрабатывают новые кремниевые фотонные счетчики, которые будут обладать уникально высокой квантовой эффективностью.

В состав обсерватории ALEGRO войдут четыре сегментированных оптических телескопа диаметром около 30 м каждый, которые предполагается установить на высоте 4–5 км над уровнем моря.

Новые технологии сверхчувствительного детектирования космического гамма-излучения с помощью высокогорных гамма-телескопов впервые позволят получить спектры и кривые блеска излучения гамма-всплесков и гамма-излучения от вы-



Схема высокогорной черенковской обсерватории ALEGRO.

сокоскоростных истечений сверхмассивных черных дыр, остатков сверхновых звезд и других экзотических астрофизических объектов в критически важном диапазоне энергий 5–50 ГэВ. Рекордная чувствительность телескопов ALEGRO в этом диапазоне энергий также откроет новые возможности для поиска продуктов распада темной материи. Изучение природы темной материи — одна из фундаментальных проблем современной космологии и физики элементарных частиц. Создание низкопороговой черенковской гамма-обсерватории приведет к качественному прорыву в исследованиях космических гамма-источников с экстремальным выделением энергии и позволит российским ученым занять еще не освоенную нишу в области астрофизики высоких энергий.

© **Быков А.М.**,

доктор физико-математических наук

© **Красильщиков А.М., Холупенко Е.Е.**,

кандидаты физико-математических наук

Физико-технический институт имени А.Ф.Иоффе  
г.Санкт-Петербург

## Теплофизика

### Гидрофобное покрытие для теплообменных устройств

В Институте теплофизики (ИТ) имени С.С.Кутателадзе СО РАН разработали оригинальную технологию получения гидрофобных покрытий, которую можно применять в микроэлектронике для охлаждения теплообменных устройств, а также в других высокотехнологичных областях.

Тепловой поток  $Q$  при охлаждении объекта определяется формулой Ньютона:  $Q = k(T_s - T_l)S$ , где  $T_s$  и  $T_l$  — температура твердой охлаждаемой поверхности и охлаждающей жидкости или газа,  $S$  — площадь контакта поверхности с жидкостью,  $k$  — коэффициент пропорциональности, который зависит от режима обтекания и характера теплообмена (кипения, конденсации и др.). Как правило, температура поверхности  $T_s$  не может быть выше заданной по параметрам осуществляемого процесса, температуру жидкости  $T_l$  желательнее использовать равной комнатной, чтобы не тратиться на дополнительное охлаждение, габариты устройства всегда стремятся сделать минимальными. Наиболее ярко это проявляется при охлаждении компьютерных процессоров: их температура ограничена примерно 80°C, а отдельные элементы достигают наноразмеров.

Таким образом, при охлаждении процессоров перепад температуры небольшой, поверхность миниатюрного устройства мала, а отводимая тепловая мощность составляет около 100 Вт для рядового компьютера и в сотни и тысячи раз больше для уже существующих и будущих суперкомпьютеров. При этом требуется обеспечить отвод тепловой мощности более 10<sup>3</sup> Вт/см<sup>2</sup>. Отсюда следует, что увеличить теплоотвод можно только за счет интенсификации

процесса теплообмена, например, используя испарение жидкости с охлаждаемой поверхности.

Интенсивность теплоотдачи при конденсации и кипении сильно зависит от свойств охлаждаемой поверхности, в том числе от смачиваемости. В классической работе Кутателадзе «Теплоотдача при конденсации и кипении» (1952) приведены сведения об увеличении коэффициента теплоотдачи более чем в пять раз при конденсации пара на гидрофобной поверхности. Современные исследователи изучают влияние смачиваемости поверхности на процессы теплообмена при кипении, предлагают способы и устройства для активизации охлаждения путем придания поверхности заданных гидрофобных свойств. Известен ряд работ, направленных на создание гидрофобных покрытий для различных практических назначений\*, но жизнь требует новых способов интенсификации теплообмена.

В ИТ разработали метод нанесения металлофторполимерных пленок газоструйным способом в вакууме, позволяющий создавать покрытия с требуемыми свойствами, в том числе гидрофобными\*\*. Его сущность состоит в том, что из струй двух взаимно перпендикулярных источников — полимера и металла, находящихся в вакууме, производится осаждение металлополимерных нанокомпозитов на подложку. Источником полимера — тетрафторэтилена — служит термический реактор, оборудованный омическими нагревателями, термопарными датчиками и сменным соплом. При нагревании выше 750 К фторопласт разлагается практически до газообразного мономера C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>. Давление в реакторе поднимается, и при истечении газа через сопло в вакуум формируется сверхзвуковая струя. В поток газа помещается мишень, на поверхности которой при полимеризации происходит образование пленки материала, подобного тетрафторэтилену, но с длиной полимерной цепочки меньше исходной. В 2010 г. такой способ газоструйного нанесения наноразмерных металлополимерных покрытий получил патент на изобретение (№2403317).

Низкая свободная энергия поверхности фторполимера и возможность влиять на микрошероховатость структуры покрытия позволили получить образцы с углами смачивания, которые капля жидкости образует по отношению к поверхности, более 170°, что соответствует супергидрофобным пленкам. Частицы металла в их составе, заметно улучшающие адгезию покрытия к подложке, обеспечивают дополнительную возможность управления шероховатостью поверхности. Более того, был обнаружен эффект влияния наночастиц золота под

\* *Бойнович ЛБ, Емельяненко АМ.* Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение // Успехи химии. 2008. Т.77. №7. С.619–638.

\*\* *Ребров АК, Сафонов АИ, Тимошенко НИ.* Осаждение пленок из сверхзвукового потока тетрафторэтилена, активированного взаимодействием с горячей проволочной преградой // Письма в «Журнал технической физики». 2009. Т.35. Вып.9. С.11–16.



слоем фторполимера на величину краевого угла смачивания. Таким образом, поверхность покрытия толщиной более 10 нм «видит» под такой пленкой наличие металлических частиц. Детальное исследование этого эффекта еще предстоит выполнить.

Новый метод нанесения фторполимерных покрытий можно использовать не только в микроэлектронике. Потенциальные сферы его применения — робототехника, энергетика, космическая, авиационная и другие отрасли промышленности. К слову, варианты супергидрофобных пленок, обладающих различными свойствами, уже успешно нанесены на медные и кремниевые поверхности. Специалисты ИТ продолжают экспериментировать с различными металлами, структурой фторполимеров и жидкостями, применяемыми для охлаждения более совершенных теплообменных устройств.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-38-20411а).

© Сафонов А.И., Тимошенко Н.И.,

кандидаты физико-математических наук

Институт теплофизики имени С.С.Кутателадзе СО РАН  
г.Новосибирск

## Геология

### Доказано существование на Земле Сибирско-Американского континента

Результаты многолетних исследований российских, американских, канадских и шведских ученых показали, что Сибирский и Североамериканский кратоны (древние платформы) на временном интервале от ~1.9 до 0.7 млрд лет назад располагались близко друг к другу, составляя единый континент. Аргументы в пользу этой версии приведены в недавно опубликованной статье\*.

Работы проходили в рамках Программы международной геологической корреляции «Формирование и распад суперконтинента Родиния» («Assembly and breakup of Rodinia supercontinent», проект №440), с 2001 г. осуществляемой ЮНЕСКО. Она объединила ученых многих стран Евразии, Северной и Южной Америки, Африки и Австралии. Участники этого коллектива, сосредоточившие усилия на изучении Сибирского и Североамериканского кратонов, стали соавторами статьи.

Важно отметить, что именно в начале XXI в. произошел взрывной всплеск научного интереса к суперконтинентам — структурам общепланетарного масштаба, в строении которых объединялись значительные объемы континентальной коры, существовавшей на планете в различные периоды ее геологической истории. Научные коллективы, работающие над этой проблемой, используют разные подходы в расшифровке таких

структур. Авторы упомянутой статьи предложили свой оригинальный способ реконструкции взаимного расположения двух крупнейших блоков континентальной литосферы — Североамериканского (Лаврентии) и Сибирского кратонов, основанный на выявлении и корреляции глобальных по масштабам всплесков (пиков) магматической активности, проявившихся на древних платформах и сопровождавшихся формированием так называемых крупных магматических провинций (КПМ).

Обнаружение разновозрастных КПМ на различных кратонах и континентах, выступающих в качестве своего рода «отпечатков пальцев», позволяет допускать, что в момент формирования конкретной крупной магматической провинции эти континенты находились в непосредственной близости друг от друга. Очевидно, что совпадение одного пика магматической активности на различных платформах не может быть основанием для серьезных геодинамических реконструкций. Но когда отмечается полная возрастная идентичность пиков магматизма в пределах разных кратонных блоков на протяжении сотен миллионов и даже миллиардов лет геологической истории, то данный факт (с учетом интерпретации палеомагнитных данных) можно уверенно использовать для доказательства близкого сосуществования кратонов в структуре тех или иных суперконтинентов.

Используя корреляцию крупных магматических провинций и результаты палеомагнитного анализа, авторы исследования показали, что на протяжении более чем миллиарда лет (с ~1.9 млрд до ~700 млн лет назад) Североамериканская и Сибирская платформы располагались в непосредственной близости друг от друга, формируя единый континент площадью более 25 млн км<sup>2</sup>. На высокую достоверность этого утверждения указывают и результаты прецизионных изотопно-геохронологических исследований пород Сибири и Лаврентии, выполненных U-Pb и Ar-Ar-методами изотопного датирования, что позволило точно определить возрастную позицию каждой КПМ, используемой для реконструкции.

Впервые надежно обоснована возможность существования на Земле единого континента, объединявшего Северную Америку и Сибирь. Он выступал своеобразным «ядром», вокруг которого на различных этапах геологической истории были сформированы два докембрийских суперконтинента: Нуна, больше известный как Колумбия (~1.7 млрд лет назад), и Родиния (~1.1 млрд лет назад).

Отметим и другой важный с точки зрения практического использования результат. С выявленными КПМ, в особенности с магматическими комплексами позднего неопротерозоя возрастом ~720 млн лет, связаны месторождения никеля, меди и платиноидов, хорошо известные в Северной Америке. Полученные данные свидетельствуют о том, что подобные месторождения могут быть и на юге Сибирского кратона.

\* Ernst RE., Hamilton M.A., Söderlund U. et al. Long-lived connection between southern Siberia and northern Laurentia in the Proterozoic // Nature Geoscience. 2016. Doi:10.1038/ngeo2700.

Методический подход, примененный авторами, прошел серьезную международную экспертизу на стадии подготовки статьи и, несомненно, найдет широкое применение в глобальных геодинамических реконструкциях.

© **Гладкочуб Д.П.**,  
доктор геолого-минералогических наук  
Институт земной коры СО РАН  
г.Иркутск

## Археология

### В Звенигороде обнаружен частный арсенал русского воина XVI в.

В конце 2015 г. сотрудники Института археологии РАН и Звенигородского историко-архитектурного и художественного музея-заповедника проводили спасательные работы на территории селища Игнатьевское в окрестностях Звенигорода. Эта зона попала под строительство и, согласно современному законодательству, ее необходимо было изучить, чтобы сохранить археологическое наследие. По письменным источникам данная территория принадлежала знатному старомосковскому боярскому роду Елизаровых-Гусевых. Его представители входили в «избранную тысячу» — элитный «офицерский» корпус поместного войска, который был создан в октябре 1550 г. Тогда по указу Ивана Грозного свыше 1000 служилых людей, не имевших земельных владений вблизи столицы, получили поместья в Московском уезде, Дмитрове, Звенигороде, Рузе, а также в других деревнях, расположенных вокруг Москвы в пределах 60–70 км. «Избранная тысяча» стала высшим

разрядом дворянства, составив основные командные кадры русского войска.

В подполе одного из домов, погибших при пожаре в начале XVII в., обнаружили уникальную для Подмосковья находку — воинский арсенал, в котором хранились шлемы, фрагменты кольчуг, детали ножен сабель, боевые пояса, стрелы и походный инвентарь. Как показали раскопки, пожар мог случиться в эпоху Смутного времени, когда Звенигород и ближайшие окрестности грабили польские войска.

Уникальность события в том, что археологи впервые получили частный арсенал знатного московского дворянина, служившего в поместной коннице Московского государства, которая была основным родом русских войск XVI — начала XVII вв. и состояла из дворянского ополчения. Именно на него опирался Иван Грозный в походах на Казань, Астрахань, Ливонию, в результате чего и сформировалась территория Русского государства.

Арсенал представлял собой большой сруб, находящийся в земле, где в специально отведенном месте в кожаных чехлах хранились шлемы, украшенные геометрическими орнаментами и инкрустацией серебром. Они дошли до нас в прекрасном состоянии, сохранив многие детали: на уши, следы крепления, наверхие, а также фрагменты подшлемника и прочих кожаных и тканевых элементов, которые позволяли комфортно носить боевое наголовье. В русской археологии находки шлемов, хорошо известных по изобразительным источникам и музейным собраниям русских боевых наголовий (их называли «шеломами»), чрезвычайно редки. Последний раз подобная находка была обнаружена более 10 лет назад.

Кроме предметов вооружения, особый интерес представляют детали походного снаряжения, которое брал с собой поместный дворянин в период боевых действий. Вероятно, в арсенале находились также боевые пояса, наконечники стрел и сабельные ножны, конская узда и переметные сумы — от них сохранились металлические детали.

Открытие, сделанное сотрудниками Института археологии РАН, дало отечественной науке материал, позволяющий увидеть воинский быт русского дворянина, который был основой армии эпохи становления и расцвета Московского государства.

© **Энговатова А.В.**,  
**Двуреченский О.В.**,  
кандидаты исторических наук  
**Алексеев А.В.**

Институт археологии РАН  
г. Москва



Шлем с орнаментом и железный арсенал, найденные на территории селища Игнатьевское.

# Книга о выдающемся биологе–эволюционисте и педагоге

Э.В.Трускинов,

доктор биологических наук

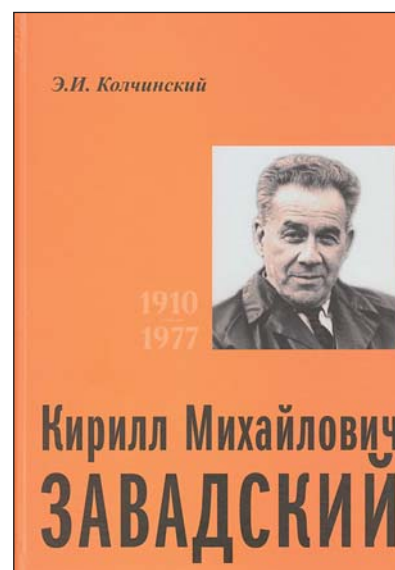
Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н.И.Вавилова Санкт-Петербург

В 2010 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Кирилла Михайловича Завадского — ученого, внесшего существенный и оригинальный вклад в эволюционную теорию. Ему же принадлежит большая заслуга в создании школы ученых, посвятивших свою деятельность естественнонаучным и философским проблемам микро- и макроэволюции, а также истории биологической науки. В 2013 г. вышла книга о нем, автор которой — историк науки, доктор философских наук Эдуард Израилевич Колчинский — ближайший ученик и сотрудник Завадского.

Книга получилась емкой по содержанию и четко структурированной. Биографическая ее часть это не просто перечень анкетных данных ученого, а целое повествование о становлении его как научного работника и творческой личности. Книга интересна подробными описаниями семейного круга Завадского, его родителей, ближайших родственников и друзей. Обстоятельно затронута даже родословие древнего дворянского рода Завадских-Рогалей. Благодаря рождению, детству и воспитанию в культурном и интеллигентном семейном окружении, юный Кирилл унаследовал многие достойные черты характера, которые помогли ему сформироваться в будущем как ученому, педагогу и личности. Правда, в первые годы советской

власти, на которые пришлось его юность и дальнейшая взрослая жизнь, дворянское происхождение не очень способствовало такому становлению. Дед Кирилла, Михаил Ромулович (иногда указывается Ромуальдович) Завадский, был в царское время видным деятелем просвещения, сенатором и членом Государственного совета. Отец, Михаил Михайлович Завадский, дослужился до должности окружного прокурора. Это не помешало им после революции стать скромными советскими служащими, но шлейф их прошлого положения вряд ли был тайной для соответствующих органов.

Никакой благотворный семейный инкубатор не мог, конечно, защитить ребенка от суровых реалий того времени, однако жизненные обстоятельства сильнее, но не всегда против нас. Мальчику повезло жить тогда в Петрограде, в большой квартире деда. Даже после превращения ее в коммуналку очень повезло с соседом. Им стал замечательный ученый-энтомолог Г.Я.Бей-Биенко, будущий член-корреспондент АН СССР. Дружба с ним во многом определила интерес к биологии молодого Завадского. Еще большее влияние на выбор будущей профессии оказал его родной дядя Александр Михайлович. Он был специалистом по зоологии, эмбриологии и гистологии, преподавал биологию в ряде университетов Средней Азии, а потом Молдавии, в том числе читал лекции по дарви-



**Э.И.Колчинский.** КИРИЛЛ МИХАЙЛОВИЧ ЗАВАДСКИЙ. 1910–1977 / Отв. ред. К.В.Манойленко.

СПб.: Изд-во «Нестор-История», 2013. 320 с.

© Трускинов Э.В., 2016.



Семья К.М.Завадского. Сидят, слева направо: Вера Михайловна (тетя), Софья Александровна (бабушка), Михаил Ромулович (дедушка); стоят, слева направо: Александр Михайлович (дядя) и Михаил Михайлович (отец). Тифлис, 1897 г. (рис. 3).

низму. Ну и немалую роль сыграло начальное школьное образование в очень известном, тогда уже бывшем, Тенишевском училище, заведении с большими учебными традициями, в том числе по общему биологическому образованию — с посещением парков, сбором гербариев, знакомством с окружающей природой. Здесь преподавали некоторые профессора Ленинградского государственного университета и Ленинградского государственного педагогического института имени А.И.Герцена (ЛГПИ), такие как Б.Е.Райков и Н.Д.Владимирский. Тем не менее, после окончания школы в 1926 г., поступив

в ЛГПИ на физико-техническое отделение естественного факультета, Кирилл поначалу собирался стать математиком.

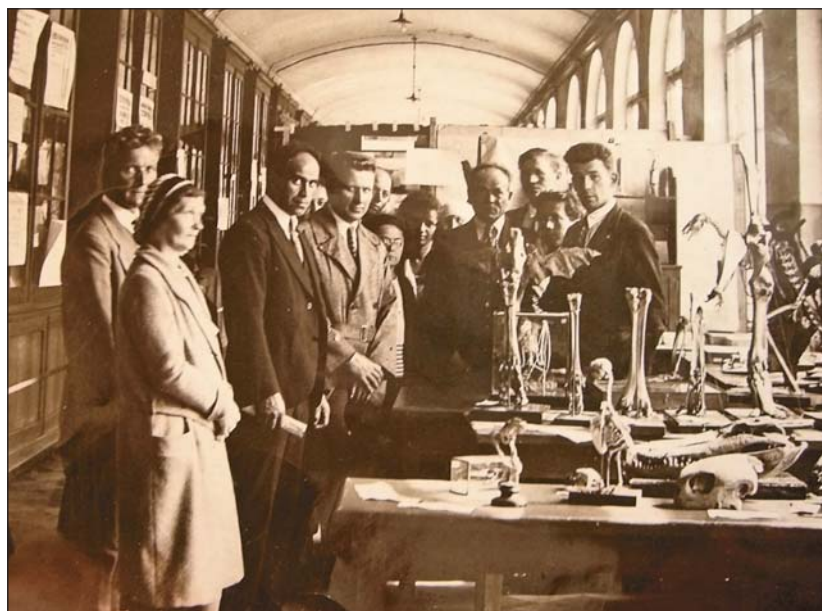
В процессе обучения интересы Завадского постепенно, под влиянием увлекательных лекций преподавателей биологического курса И.И.Полянского и Ф.Е.Тура, смещались в сторону биологии, но окончательный выбор он сделал в 1928 г. — после участия в комплексной экспедиции по Средней Азии вместе с дядей, работавшим тогда в Самарканде. Знакомство с богатейшей природой, растительным и животным миром этого края буквально покорило его и склонило

к серьезным занятиям биологией. В пору своего студенческого обучения он уже проявил определенную склонность и способность к общебиологическим дисциплинам и философии — тогда, безусловно, диалектического и исторического материализма марксистско-гегелевского толка. Он был очень активным студентом и на ниве общественной жизни института. Его происхождение никак не помешало ему стать правоверным марксистом, воинствующим атеистом, а возможно, даже и способствовало этому (он не хотел быть заподозренным в нелояльности тому строю, который принял его в свои ряды, несмотря на чуждость социальной среды, в которой он родился и вырос). А время тогда было очень опасное, переломное в жизни страны, затрагивавшее все ее сферы, в том числе образовательную. Сильно влияло оно и на учебный процесс в педагогическом институте, где учился Завадский. Здесь тоже были свои идеологические стычки, велась проработка и чистки. Оказались раскритикованы, уволены или вынуждены уйти некоторые очень видные и заслуженные педагоги, среди них Ф.Е.Тур, Н.А.Максимов, В.А.Догель и др. В 1931 г., по окончании института, Кирилл Михайлович был распределен в Верхнеудинск (с 1934 г. — Улан-Удэ), тогда столицу Бурят-Монгольской АССР, где назначен заведующим учебной частью Сельскохозяйственного и землеустроительно-мелиоративного техникума. С этого, собственно, и началась его биологическая и педагогическая карьера. В выданном позднее дипломе значилось, что ему присвоена квалификация «преподавателя химии и биологии в учебных заведениях типа техникума и рабфака». Однако трудиться на этом поприще ему пришлось недолго. Высокая гражданская активность и образованность направленного сюда молодого специалиста, видимо, пришлось не по душе местной власти и нацио-

нальной элите. Конфликты грозили арестом и политическими обвинениями. В результате ему посоветовали уезжать и не возвращаться сюда, что он и сделал, отправившись в командировку в Москву, после чего был по обоюдному согласию освобожден от работы в техникуме.

По возвращении в родные пенаты, в Ленинград, Завадский сразу попал в круговорот больших общественных событий, связанных с 50-летием со дня смерти Ч.Дарвина, которое власти решили превратить не только в научную, но и широкую политическую кампанию. Дарвинизм, как учение об эволюции и естественном отборе, в целом (хотя и не во всем) отвечал, очевидно, тогдашним идеологическим установкам о классовой сущности общества и, соответственно, борьбе. Представления дарвинизма распространялись на законы не только природы, но и социума, что превращало их в социал-дарвинизм. В мероприятиях с докладами и статьями, посвященных этой знаменательной дате, и в публичных дискуссиях участвовали очень значительные лица и ученые того времени: Н.И.Бухарин, Н.И.Вавилов, В.Л.Комаров, Г.К.Мейстер и др., каждый по своему интерпретируя и формулируя значения теории Дарвина. В знаменитом коридоре главного корпуса Ленинградского университета была организована большая дарвиновская выставка, в создании и показе которой Завадский лично участвовал.

Именно с того времени, с мая 1932 г., он начинает преподавание в университете, вначале как ассистент кафедры общей биологии и эволюционного учения, а с 1933 г. — как ассистент кабинета дарвинизма. Именно ему было поручено создать из материалов прошедшей выставки постоянный музей по общей теории биологии. Примечательно, что его первые две научные публикации были сделаны по материалам этой выставки и напечатаны в журнале «Природа».



Выставка в коридоре Главного здания Ленинградского государственного университета, посвященная 50-летию со дня смерти Ч.Дарвина. Крайний справа — экскурсовод К.М.Завадский. Апрель 1932 г. (рис. 25).

Пятидесятилетию со дня смерти Ч.Дарвина был посвящен тематический двудесятиномер журнала (1932. №6–7), в нем опубликованы статьи Б.А.Келлера, И.И.Презента, Н.И.Вавилова, А.А.Борисяка и др. Завадским написаны заметки в разделе «Научная хроника»: «Советская пресса в Дарвиновские дни» (с.636–638) и «Дарвинизм на службе социалистического строительства (Дарвиновская выставка)» (с.642–649). Есть также неподписанные заметки в том же разделе, которые похожи по стилю и, возможно, также принадлежат его перу: «Торжественное заседание во Дворце Урицкого» (с.633–634), «Дарвиновские дни в Ленинградском отделении Коммунистической Академии» (с.634–635). В университете Завадский проработал без малого 35 лет и стал заведующим и профессором кафедры дарвинизма биолого-почвенного факультета. В 1955 г. он даже исполнял (меньше года) обязанности декана.

Почти сразу после начала деятельности в университете Кирилл Михайлович пригласили на работу в Ботанический институт

АН СССР, незадолго до этого созданный в результате объединения Ботанического сада и Ботанического музея АН СССР. При приеме на работу туда, вероятно, были отмечены его отличные организаторские способности, проявленные на дарвиновской выставке. Здесь ему поручили организовать ботанический отдел на выставке «15 лет советской науке». Успех выставки достижений советской ботаники позволил ему окончательно утвердиться в институте, и в 1933 г. он был зачислен туда младшим научным сотрудником, а вскоре стал заведующим музеем. На годы работы в Ботаническом институте пришлось становление его как ученого. Кирилл Михайлович получил возможность познакомиться и приступить к сотрудничеству с видными ботаниками и экологами Б.А.Келлером, В.Н.Сукачевым, Е.М.Лавренко и др. Здесь же началась и активная лекторская, научно-пропагандистская работа, занятия с молодыми учеными и аспирантами ряда институтов. Не прервалась связь с университетом, где он читал курс по эволюционной теории. Но, как уже отме-

чалось, время было сложное, общественно-политическая обстановка в стране накалялась. Это сильно отражалось и на положении дел в науке и научных учреждениях, где началась, по сути, идеологическая борьба между сторонниками классических основ биологии и генетики и приверженцами новой советской, так называемой «мичуринской», биологии. В персонифицированном виде это было столкновением разных моральных и творческих принципов в науке, олицетворяемых с одной стороны Н.И.Вавиловым, а с другой — Т.Д.Лысенко. И хотя Завадский еще не совсем определился в то время, на чьей стороне истина и правда, все-таки репрессии 1937–1938 гг. коснулись опосредованно и его. Из института он был уволен, формально — за связь с «врагами народа». «Врагом» оказался его свояк, даже не родственник, видный комсомольский работник.

Вынужденно покинув Ботанический институт, Завадский в то время полностью переключился на преподавательскую работу во Всесоюзном научно-исследовательском институте защиты растений (ВИЗР), где читал курс лекций по эволюционному учению, а также в университете на кафедре дарвинизма. В книге довольно ярко показана напряженная обстановка в учебной среде университета того времени — на биофаке, особенно на кафедре генетики. Вскоре после ареста в августе 1940 г. Вавилова арестовали его ближайших сотрудников, преподававших там: Г.Д.Карпеченко, Г.А.Левитского, Л.И.Говорова. Бразды правления во Всесоюзном институте растениеводства (ВИР) и на кафедре генетики университета полностью перешли в руки лысенковцев. Для Завадского это стало наглядным уроком, показавшим, какие методы борьбы и научных дискуссий практиковались Лысенко и его сторонниками, среди которых ведущую роль здесь играли И.И.Презент и его жена Б.Г.Поташникова, за-

нявшая место Карпеченко на посту заведующего кафедрой генетики. С Презентом Кириллу Михайловичу предстоит еще жесткая борьба, но уже в послевоенное время.

Великая Отечественная война полностью перевернула жизнь страны: отставив на время все антагонизмы, надо было не просто жить, а выживать. Эти тяжелейшие годы не могли трагически не сказаться лично на Завадском и его семье. Почти с первых же дней он ушел добровольцем в народное ополчение. Вскоре его лекторский опыт был использован Политуправлением Ленинградского фронта. Пришлось побывать в разных боевых частях, но блокада, голод, смерть отца подорвали его силы. В 1942 г. в очень тяжелом состоянии, умирающие от истощения, он и его жена были вывезены из осажденного города по Дороге жизни. После всяких эвакуационных и семейных злоключений они поселились в сельском районе Киргизии, где Завадский стал работать агрономом, а затем заведовать сельхозотделом горисполкома г.Токмака. Здесь он обрел определенный опыт работы с сельскохозяйственными культурами и сорно-полевыми растениями этого края. Именно в то время он начал целенаправленное изучение внутривидовых отношений в условиях загущенных посевов. Продолжение этих опытов в дальнейшем позволило ему проявить наряду с качествами оригинального мыслителя-эволюциониста также и способности биолога-экспериментатора.

По возвращении в Ленинград в 1945 г. Завадский продолжил свою педагогическую деятельность в университете в качестве и.о. доцента, одновременно читая курсы дарвинизма в ВИРе и ВИЗРе, а также в ряде учебных заведений. Несмотря на большую загруженность учебным процессом, находилось время и для экспериментальной работы, начатой еще в Киргизии. В 1948 г. Кирилл Михайлович за-

щищает кандидатскую диссертацию «Влияние густоты насаждений на изменение численности и рост кок-сагыза». Выводы, вытекающие из этой работы, полностью противоречили взглядам Лысенко на отсутствие внутривидовой конкуренции в растительных популяциях и подтверждали экспериментальные данные Сукачева и его учеников. Если раньше Завадского еще причисляли к лысенковцам, то теперь он становится убежденным их противником, особенно познав и испытав на себе методы их работы, давления и поведения в научном мире. Диссертация была защищена в январе 1948 г., утверждена в феврале, а через полгода разразилась печально известная августовская сессия ВАСХНИЛ, приведшая к страшному разгрому генетики в стране и окончательному утверждению диктата Лысенко и его сторонников в биологической науке. В 1950 г. нечто подобное произошло в физиологии, правда, уже под знаменем не мичуринской биологии, а своеобразно понимаемого учения Павлова. Пострадали многие ученые, в том числе университетские. Были лишены работы Ю.И.Полянский, М.Е.Лобашев и др. Кадровая чистка не коснулась тогда Завадского, хотя диплом кандидата биологических наук был задержан и выписан только в 1949 г. В следующем году он был утвержден ВАК в ученном звании старшего научного сотрудника по специальности «Биология развития растений», однако спокойной, а тем более свободной творческой работы в те годы не могло быть ни у него, ни у его окружения. В то время Завадскому пришлось трудиться под руководством Презента, возглавлявшего тогда кафедру дарвинизма Ленинградского университета (после августа 1948 г. — и Московского), а потом не просто работать, но вступить в противоборство с ним.

Заметное место в книге уделено этой личности, а одна из глав («Борьба с лысенкоизмом»)

имеет подзаголовок «Схватка с Презентом». Теперь уже достаточно известна та скверная роль, которую сыграл этот человек, ставший правой рукой Лысенко, его идеологом и тараном в борьбе с генетикой и учеными, приверженными мировым направлениям и достижениям науки. Наиболее роковым по последствиям стало его письмо к Берии в 1939 г., заверенное согласием Лысенко. В этом письме Презент доносил на Вавилова и его сторонников, обвиняя их в противодействии шагам социалистического преобразования сельского хозяйства в стране, и выступал против проведения в Москве Международного генетического конгресса, президентом которого был бы Вавилов. Очевидным результатом этого доноса стала отмена конгресса и арест Вавилова через год. Правда или легенда, но говорят, что когда в ту пору Презента спрашивали, не знает ли он, где Вавилов, тот, подобно Каину, отвечал почти по Библии: «Не знаю, разве я сторож брату моему». В публицистической, да и в художественной литературе (например, в романе В.Д.Дудинцева «Белые одежды»), а затем и в кинофильмах принято изображать его или таким исчадием ада, или просто в карикатурном виде «карликового самца». На самом деле ни тем, ни другим он не был. А если и злодействовал, то не больше, чем его патрон со всем своим окружением. Демонизация той или иной личности часто сродни с ее мифологизацией. Судя по воспоминаниям не только его поклонников, но и противников, это была по-своему талантливая и яркая, как теперь говорят, харизматичная личность. Не в пример Лысенко он был достаточно образован и блестяще ораторски подкован, окончил юридическое отделение факультета общественных наук Ленинградского университета, хорошо разбирался в философии. Кафедра дарвинизма, по сути, была его детищем, протечей которой была организо-

ванная им в университете кафедра диалектики природы и общей теории биологии. Какое-то (правда недолгое) время Презент был замечен в генетических кругах и окружении Вавилова, но затем он радикально перевернулся к Лысенко, став главным рупором его как рациональных, так и бредовых идей. Это был беспринципный, но очень изощренный демагог, производивший сильное впечатление на некоторых неискушенных студентов и особенно студенток. Те же, кто работал с ним, хорошо знали его как беззащитного циника и интригана, а главное — всеильного временщика от науки. Завадскому удавалось какое-то время с ним срабатываться ценой избыточной лекторской нагрузки, которую ему приходилось нести вместо часто отсутствующего заведующего. Однако когда это стало ему физически и морально досажать, отношения их испортились. Положение самого Презента в университете сильно пошатнулось в ходе антисемитской компании по борьбе с «космополитами». Кроме того, на него навесили и многое другое, формально же отстранили от руководства кафедрой, а затем уволили «как не справив-

шегося с возложенными на него обязанностями». Дело дошло даже до исключения из партии. После смерти Сталина и восстановления в партии Презент пытался вернуться в университет и восстановиться на кафедре дарвинизма на место заведующего, занятое Завадским, но это ему не удалось. Этому воспрепятствовал лично ректор Ленинградского университета А.Д.Александров, несмотря на указания свыше и даже на давление самого Н.С.Хрущева: слишком Презент всех достал. Сам ректор признавал, что методы, примененные против Презента, не всегда были честные, но соответствовали тем приемам, которыми тот сам пользовался. Личность эта, конечно, крайне одиозная, но в чем-то и загадочная. Его личное архивное дело до сих пор засекречено. В книге приведена редкая групповая фотография, на которой И.И.Презент, В.И.Разумов и К.М.Завадский вместе на кафедре дарвинизма. Издание содержит много очень интересных фотоснимков, документальных и семейных.

Освободившись от гнета Презента, носившего не столько научный, сколько служебный характер, Завадский окончательно



И.И.Презент, В.И.Разумов и К.М.Завадский на кафедре дарвинизма ЛГУ. 1948 г. (рис.35).



К.М.Завадский среди выпускников кафедры дарвинизма ЛГУ. 1956 г. (рис.37).

утвердился на посту заведующего кафедрой дарвинизма, поддержанный ректором и сотрудниками по кафедре и университету. Он мог наконец отдалиться полнокровной творческой научной и педагогической работе. Наступил самый плодотворный ее период, когда многие его научные идеи и экспериментальные разработки смогли претвориться в многочисленные выступления, статьи, книги и монографии. Некоторые из них имели явную антилысенковскую направленность, что в то время было еще небезопасно для карьеры ученого. Главной своей целью Завадский ставил подготовку нового, адекватного современной науке курса дарвинизма, очистив его от искажений «советского творческого дарвинизма». В 1959 г. он принял самое активное участие в мероприятиях по случаю 100-летия выхода в свет эпохальной книги Дарвина «Происхождение видов», сделав за месяц 10 докладов на разных форумах, посвященных этой дате. Следующий, 11-й, доклад на основную для него тему «Учение о виде» он уже не смог сделать, так как был сражен инфарктом. Сказалась чрезвычай-

но интенсивная педагогическая, научная и организационная работа, не могла не отразиться на его здоровье и ожесточенная борьба с Презентом. Главный его труд «Учение о виде» все же вскоре, в 1961 г., вышел в свет в издательстве Ленинградского университета. Так получилось, что в 1960-х годах мне пришлось учиться на биофаке университета, специализируясь на кафедре дарвинизма. Завадский, который перенес уже не один инфаркт, вел занятия только на дому. Посещение его домашних семинаров, знакомство с ним как с педагогом и просто человеком оставило неизгладимую память и буквально пробудило интерес к эволюционной теории, до того воспринимаемой весьма схематично и условно. Чувствовалось, что он был прекрасным лектором и оригинально мыслящим ученым. К сожалению, отсутствие его на кафедре сильно обедняло курс. Из других преподавателей яркостью выделялась лишь фигура Р.Л.Берг, вскоре уехавшей в Новосибирск. Все это не могло не сказаться на окончательной судьбе самой кафедры. Мне и еще нескольким студентам пришлось стать букваль-

но ее «последними из могикан». В 1964 г. ее объединили с кафедрой геоботаники, и формально она перестала существовать как самостоятельное подразделение факультета. Не прекратил существовать сам курс дарвинизма, но это уже была другая история. Интерес к нему стали проявлять не на биологическом факультете, а на философском. Именно со студентами-философами у Кирилла Михайловича наладилась наиболее плодотворная работа. В 1967 г. он перешел на работу в Ленинградское отделение Института истории естествознания и техники АН СССР, организовав там сектор истории и теории эволюционного учения, однако до 1970 г. оставался профессором-руководителем специализации «Философские проблемы биологии» на философском факультете университета. В 1964 г. Завадскому была присуждена по совокупности работ ученая степень доктора биологических наук.

Значительная часть книги посвящена собственно научным теоретическим трудам Завадского. Преподавая многие годы дарвинизм, он понимал, что этим названием не исчерпывается эволюционная теория. К тому времени на основе дарвиновского учения о движущих силах и естественном отборе сформировалась новая синтетическая теория эволюции, включившая в себя основные постулаты генетики — того, что в разгар лысенковщины окрестили ярлыком «менделизм-морганизм». Важнейшим фактором эволюции были также мутации — то, что у Дарвина значилось как неопределенная изменчивость. Значительную роль в формировании этой теории сыграли и наши отечественные ученые: С.С.Четвериков, Н.В.Тимофеев-Ресовский, И.И.Шмальгаузен, Н.П.Дубинин и, конечно, Ф.Г.Добржанский, ставший американцем. Заметный вклад в эволюционную теорию внес и Завадский своими главными теоретическими трудами «Учение о виде» и «Вид и видообразова-



ние» (1968). Они представляли большой интерес для всех: для систематиков, экологов, эволюционистов. Высокую оценку книгам дали наши ведущие ученые В.Н.Сукачев, Ю.И.Полянский, С.С.Хохлов и др. Очень положительный отклик был получен из-за рубежа от классиков синтетической теории эволюции Ф.Добржанского и Э.Майра. Велика заслуга Кирилла Михайловича и как историка эволюционной теории: в 1973 г. вышла его книга «Развитие эволюционной теории после Дарвина (1859–1920-е годы)». Последним изданным его трудом стала книга «Эволюция эволюции» (1977), подготовленная совместно с Колчинским, где затронуты в основном философские вопросы изучения эволюции. К сожалению, так и осталась в черновых рукописях многолетняя работа Завадского по проблемам прогрессивной эволюции — по аромгенезу. Она изложена в ряде его статей, но выпустить все отдельной монографией он так и не успел. 2 ноября 1977 г. ученого не стало, остались его печатные труды и благодарная память о замечательном ученом, педагоге и человеке.

Оценивая книгу Колчинского в целом, надо отдать должное автору за очень глубокое и обстоятельное изложение всех научных и многих личных фактов и обстоятельств жизни Завадского. Это возможно было, конечно, только при безусловном уважении и любви к нему, и искренней заботе о сохранении его научного наследия. И это очень важно именно в наше время, когда вокруг много нигилизма и откровенного невежества, в том числе в научных кругах, когда возродились вновь неоламаркистские, а с возрождением религии — и креационистские, антидарвинистские взгляды на происхождение видов и жизни на Земле. В связи с этим как не привести тут высказывание Добржанского, не только выдающегося биолога-эволюциониста, но и доктора богословия, глубоко верующего



Сотрудники сектора истории и теории эволюционного учения Ленинградского отделения Института истории естествознания и техники АН СССР. Сидят, слева направо: Я.М.Галл, Л.Н.Хахина, Э.И.Колчинский; стоят, слева направо: З.М.Рубцова, К.М.Завадский, Т.А.Лукина, Т.М.Аверьянова, К.В.Манойленко, И.Быкова. Май 1977 г. (рис. 45).

человека: «Ничто в биологии не имеет смысла, кроме как в свете эволюции». Мало того, в последние годы очень активно и последовательно вытаскивается на свет уже, казалось, погребенная навсегда в науке личность Лысенко, его идеи, не оставляются попытки его научной и моральной реабилитации. То негативное, что с ним в истории науки связано, предлагается толковать как позитивное. Хотелось, чтобы эта книга помогла разобраться многим не совсем сведущим лю-

дям, в чем истина и где правда, на чем основаны их убеждения или заблуждения. Что касается сведущих, то и они, думается, тоже смогут почерпнуть что-то ценное, какую-то новую информацию не только о герое книги, его трудах и служении высшему образованию и науке, но и о том времени, людях той ушедшей, очень непростой, но интересной исторической эпохи; тем более что кое-что, если не многое, в истории имеет привычку возвращаться на круги своя. ■

**Зоология. Охрана природы**

**А.А.Данилкин.** ОХОТА, ОХОТНИЧЬЕ ХОЗЯЙСТВО И БИОРАЗНОООБРАЗИЕ. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 250 с.

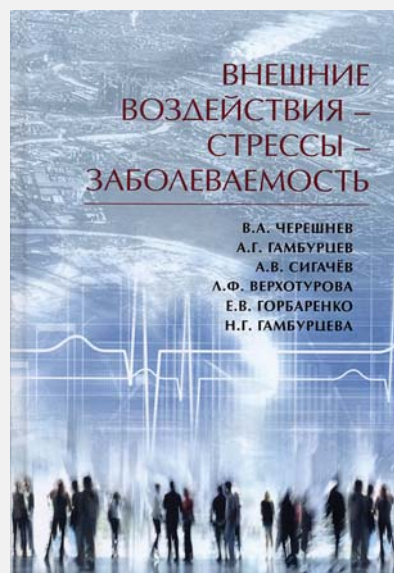


Кризис биоразнообразия — глобальная экологическая и этическая проблема, ею озабочены многие научные и общественные организации мира. Охота массовая, нерегулируемая, неконтролируемая или целенаправленно выборочная (трофейная) губительна для животных, особенно крупных и малоплодовитых. В книге прослежена история истребления и хозяйственного использования животных, показаны современное состояние, тенденции и закономерности динамики численности и распространения важнейших промысловых видов, роль охотника и охотничьего хозяйства в изменении и сохранении животного мира, анализируются государственная политика и управление в сфере охоты и сохранения биологических ресурсов. К сожалению, из нескольких возможных стратегических путей развития охотничьего хозяйства в нашей стране выбран элитарный, при котором лучшие охотничьи угодья (около 810 млн га), населенные 3/4 диких копытных, предоставлены в пользование 4450 юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям (как правило, бизнесменам и чиновникам высокого ранга). Вследствие этого охотничье хозяйство России обречено быть экстенсивным, конкуренции не предвидится, а для подавляющего большинства охотников охота стала недоступной или бессмысленной из-за дефицита дичи и опустошения угодий. Обоснована необходимость кардинальной реформы во всей сфере биологического ресурсопользования.

**Экология. Медицина**

**В.А.Черешнев, А.Г.Гамбурцев, А.В.Сигачёв, Л.Ф.Верхотурова, Е.В.Горбаренко, Н.Г.Гамбурцева.** ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ — СТРЕССЫ — ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ / Отв. ред. В.А.Черешнев. М.: Наука, 2016. 168 с.

Книга продолжает междисциплинарное исследование динамики процессов в природе и обществе, начатое в пятитомном «Атласе временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов» (1994–2013), где были представлены результаты сопоставительных исследований динамики различных процессов в широчайшем масштабе пространства и времени. Теперь внимание авторов сосредоточено на поиске причинно-следственных связей между заболеваемостью и внешними воздействиями. Источником данных послужили вызовы скорой помощи за 7–9 лет по разным заболеваниям с суточной дискретизацией и с дифференциацией по полу и возрасту в целом по Москве, а также для 10 ее административных округов (по базе данных Комплексной автоматизированной системы управления Станции скорой и неотложной медицинской помощи имени А.С.Пучкова). Показано, что временные ряды для каждого заболевания имеют индивидуальные особенности и зависимости от внешних воздействий, в том числе погоды, динамики процессов в атмосфере и т.д. Неожиданными оказались выводы о влиянии на здоровье аномальной жары 2010 г.: не последовало всплеска вызовов для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями и гипертонической болезнью; наблюдался взлет вызовов для гипотоников и людей с заболеваниями дыхательной системы. Доказывается необходимость разработки системного медико-экологического мониторинга для улучшения здоровья и качества жизни.



# Ода собакам Севера

В.Е.Быкасов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН  
Петропавловск-Камчатский

Люке

Как-то меня попросили по-делиться прошлым. И вот тогда-то среди всего прочего вдруг воскрес в моей памяти вой ездовых собак, сидящих на привязи. Вой, который пробуждал у меня, как я теперь понимаю, то первобытное приобщение к Природе, которого все меньше и меньше остается у человека. Ибо на сегодня даже среди коренных коряков мало найдется таких, кто еще застал и помнит настоящий собачий вой. Не лай, а стон, вопль, отчаяние собачьей души.

Итак — зима. Декабрь, январь или февраль. Время — ближе к 10–11 часам ночи. Полная луна и абсолютное, безмерное и безвременное «белое безмолвие». И вдруг первый собачий голос. Еще не вой, а только проба голоса. Иногда даже несколько виноватая — а не рано ли? — по тональности. Но вот раздается второй голос. К ним присоединяется третий, четвертый. И вскоре весь поселок тонет в разноголосице собачьих голосов. Однако и это еще не вой. Это всего лишь, выражаясь по-человечьи, спевка, подгонка голосов, улавливание общего настроения и постепенное приближение к апофеозу.

Но вот наконец все голоса сливаются в один. Да, при желании в нем можно было услышать и некоторые непопадания в общий тон, и голоса «солистов». Но, тем не менее, это уже одна общая мелодия, лишь иногда подчеркиваемая отдельным сольным воплем. Которая вскоре — на пике — окончательно становится единым стоном. Стоном зверей, вынужденных служить человеку. Благодарных ему за его заботу. И негодующих на то, что они стали зависимы от него. И вот когда они в очередной раз вспоминают, что они потеряли, придя к человеку, эта песня превращается в один, до мороза по коже, горестный вопль.

Впрочем, ближе к весне в этой песне появляется менее грустная тональность. А иногда и откровенно веселые соло отдельных исполнителей.



«Мы с тобой одной крови — ты и я».

Здесь и далее фото Н.Слащилиной

Но это уже не завораживает и не затягивает так, как стон посередине зимы

Слушать это можно было бы часами. Но даже выносливым полудиким псам такое напряжение дано выдерживать не более получаса, а чаще 15–20 мин. И вот ближе к концу этого срока, достигнув своего пика, стон, хотя он и оставался по силе прежним, как бы надламывался. Вернее, происходило нечто похожее на смену регистра при игре на органе. И мелодия вроде бы та же, и мощь звука не меняется, а то даже и возрастает. Но звучание и настроение — несколько другие. Так и в стоне собачьих голосов уже не вселенская скорбь, а примирение со своей собачьей долей. Вслед за этим начинается снижение звука, постепенное отключение голосов, отдельные всплески прежнего экстаза и, под занавес, единичный взлай еще не совсем успокоившихся зверей. И, в конце концов, снова наступало бесконечное безмолвие.

К чему все это? Да к тому, что я, внук потомственного дворянина, предки которого сотни лет жили на давно освоенной территории Средней Руси, для этой стаи не был чужим. Нет-нет, я даже и не пытался подвывать им. Просто я вместе с ними невольно приобщался к тому, что стоит вне

понимания. Не к богу, не к «вселенскому разуму», а к *беспредельности*.

Кстати, очень жаль, что в те поры не было возможности записать эту мелодию. Нет тех собак и уже, пожалуй, не будет. Ибо сейчас даже самые лучшие в мире ездовые собаки из тех полудиких псов, что, добросовестно натягивая алыки (собачью упряжь), исполняли свою часть общей работы, без которой было не выжить, превратились в партнеров по спорту. А это совсем не то партнерство. И это совсем не те собаки. Ибо современные собаки настолько очеловечились, что я откровенно радуюсь, что они (пока?) не научились говорить — уж очень много нелицеприятного наслушались бы мы, человеки, в свой адрес.

Впрочем, это уже иная история. А пока, в дополнение к моим собственным впечатлениям, приведу мнения других авторов. Дабы у читателей сложилась более полная и цельная картина.

Итак, слово Р.Пири — одному из первых покорителей Северного полюса. Вот его мнение об эскимосских собаках.

*Это крепкие великолепные животные. Есть собаки крупнее, есть собаки красивее, но я не верю в них. Возможно, и собаки других пород могут работать так же хорошо и совершать такие же быстрые и длинные переходы, когда они досыта накормлены, но нет другой такой собаки на свете, которая могла бы работать столь же долго при низких температурах, практически на голодном пайке. Кобель эскимосской собаки весит в среднем от 80 до 100 фунтов, хотя у меня был один, весивший 125 фунтов. Суки несколько меньше. Особенности их экстерьера являются заостренная морда, широко поставленные глаза, острые уши, очень густая шерсть с мягким плотным подшерстком, мощные мускулистые лапы и пушистый, похожий на лисий, хвост. Существует всего лишь одна порода эскимосских собак, но окраски они бывают самой разнообразной — черные, белые, серые, рыжие, коричневые, пегие. По мнению некоторых ученых, они прямые потомки полярного волка, однако, как правило, они так же привязчивы и послушны хозяину, как наши домашние собаки. Питаются они исключительно мясом. На основании опыта я убедился, что они не выносят никакой другой пищи. Вместо воды они едят снег.*

*Эскимосские собаки круглый год живут под открытым небом; и летом, и зимой их держат на привязи около палатки или иглу. Им никогда не позволяют бродить где вздумается. Иногда хозяин на время берет к себе в иглу любимую собаку или суку с щенками; впрочем, щенки уже через месяц после рождения становятся такими крепкими, что могут выдерживать суровые зимние холода [1, с.51–52].*

Но, как видим, Пири ничего не сказал о вое эскимосских собак. И, я думаю, потому, что он был очень прагматичным человеком, раз и навсегда заземленным на одной-единственной цели: достиже-

нии Северного полюса любой ценой. И непременно первым! А потому ему было не до собачьих песен. И добавлю, что он ничего не знал о североазиатских, в том числе и о камчатских собаках. А ведь эти последние, прирученные человеком около 10–11 тыс. лет назад, еще в середине XX в. оставались полудикими, а значит, и максимально приспособленными к суровым условиям животными.

Впрочем, вернусь к собачьему вою и предоставлю слово другому известному полярнику, первому покорителю Южного полюса, романтику по духу и замечательному человеку — Р.Амундсену.

*Всех собак, кроме щенят, перевели к дому и привязали к стальным тросам. Они и раньше развлекали нас музыкальными номерами. Но теперь, собранные вместе, они составили небывалый хор, который по сигналу того или иного великого запевалы устраивал дневной или — что еще хуже — ночной концерт. Удивительные животные. Что они всем этим выражали? Одна начнет, две-три подхватят, и вот уже все сто голосят. Усядутся поудобнее, задернут голову вверх как можно выше и воют что есть мочи. При этом вид у них чрезвычайно сосредоточенный, и ничто их не отвлекает. Но всего удивительнее то, как заканчивается концерт. Они смолкают все разом. Ни одна не издаст с опозданием лишнего звука. Чем определяется такая согласованность? Я много раз их наблюдал и изучал, но так ничего и не выяснил. Словно речь идет о хорошо разученной песне [2, с.327].*

И дополняет: *Могут ли животные общаться между собой? Это чрезвычайно интересный вопрос. Кто долго имел дело с эскимосской собакой, не усомнится в том, что она наделена таким даром. Под конец я так хорошо научился понимать издаваемые ими звуки, что, не глядя, мог сказать, чем заняты наши собаки. Драка, игра, любовь — для всего у них есть свои звуки. Любовь и преданность своему хозяину выражается специальными движениями и звуками. Если какая-то собака сделала что-нибудь заведомо недозволенное, например покушалась на мясо в складе, другие, которым не удалось проникнуть в склад, бежали вокруг и издавали особые звуки, отличные от других. По-моему, большинство из нас научилось распознавать эти собачьи звуки [2, с.327].*

Кстати, возможно, читатель уже обратил внимание на разницу в описании концовки собачьего «концерта» в моей трактовке и в изложении Амундсена. И я склонен объяснять эту разницу тем, что собаки норвежцев были скученны на небольшом пространстве возле домика полярников, тогда как собаки камчатских селений обычно сосредоточивались на полкилометра–километр, а иногда и больше, вдоль речных террас, по кромке которых в один-два, реже в три, ряда стояли невзрачные домишки тогдашних поселков. А потому камчатским собакам было многим труднее попасть в унисон.

И вот тому подтверждение. На этот раз со стороны Э.Б.Нордстрем, шведской путешественницы, в начале 1920-х годов прожившей почти два года в пос.Ключи в самом центре Камчатки.

*Когда наступают сумерки, начинается настоящая собачья жизнь! Что маленький дневной звук против этих, что свирепствуют и бушуют, когда подкрадываются сумерки, а затем продолжают с долгими промежутками целую ночь напролет. Я никогда не забуду первые недели. Я просыпалась в сильном страхе оттого, что, казалось, возле было нечто, которое могло меня схватить, стоит только пошевелиться.*

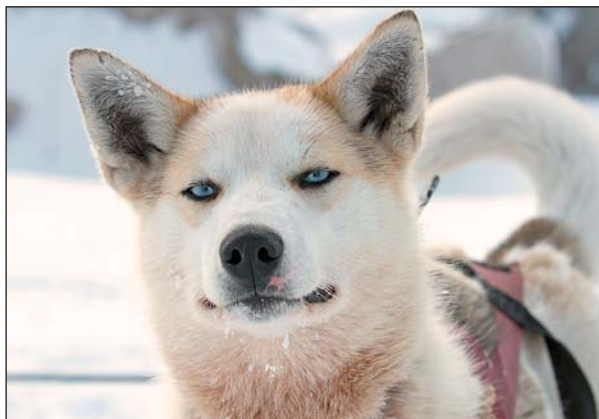
Какой-то ужас, кошмар! Этот вой — словно хор несчастных душ, чей шум все усиливается и усиливается, пока, наконец, не сожмешься под свирепой силой. Можно лежать иногда в своей постели и слышать, как это начинается в деревне. Одна-единственная собака подняла нос к звездам — и как будто потянулся длинный всхлипывающий вздох, лишь один, но затем он усиливается и переходит в дикий растянутый лай, который начинает понижаться, чтобы затем постепенно подняться в тончайший фальцет. Ближайшие сотоварищи подстраиваются, собаки во дворе поблизости откидывают головы назад и вверх, вступают в хор, и уже нельзя считать, сколько упряжек поют вместе.

От тончайшего *pianissimo* концерт разрастается до *forte*, *fortissimo*, *crescendo*, а когда и наши собаки присоединяют к ним свои голоса, тогда это становится ураганом. Это нечто ужасное и кошмарное, неумолимое и неотвратимое; в этих стенаниях и скорбь, и отчаяние, и печаль. Причем настолько беспредельные, что хочется вскочить и помочь, если можешь. Но наконец все замолкает точно в таком же такте, как и началось. И дикая песня расходится по другим концам деревни последними всхлипывающими звуками. Концерт закончен, чтобы через пару часов начаться вновь.

Но откуда эта мука в собачьем таинстве, в этой песне тысячи глоток? Что в собаках такое происходит, когда они жалуются так дико и покинуто в темное ночное небо? Есть ли у них волчья кровь, которая страстно желает добычи и крови в белой-пребелой тундре? Или это генерация нартовых собак всего лишь выкликивает ужас и страдания существ, побежденных своими жестокими хозяевами? Так что остается лишь радоваться тому, что ничего в этом стоне не понимаешь [3, с.74–75].

И наконец, еще одно свидетельство. Говорит С.Бергман, руководитель шведской научной экспедиции, работавшей на Камчатке в 1920–1922 гг.

Камчатские собаки обладают уникальной способностью выть красиво, если можно так выразиться. Их вой похож на пение; когда одна начинает, то все другие по-волчьи поднимают морду и участвуют в этом концерте. Тон всегда жалоб-



Такие разные индивидуальности.

ный и меланхоличный. Если в диком лесу одинокий человек будет разбужен этим протяжным воем, то он легко почувствует печаль. В песнеобразном вое ездовых собак, в особенности холодными лунными ночами на пустынном месте, всегда можно услышать, как мне казалось, справедливые обвинения многих поколений ездовых собак против людей за их нехорошее отношение, недостаточное питание и плохой уход [4, с.96].

Итак, как можно видеть, мое детское ощущение тоски и беспредельности, уловленное в собачьем вое, почти дословно совпадает с ощущениями взрослых, но еще не потерявших внутреннего слу-

ха людей. И на этом фоне удивляет то, что С.П.Крашенинников, будучи очень точным наблюдателем, заложившим основы наших знаний о природе Камчатки и быте ее коренных жителей, о собачьем вое высказался предельно сухо: *Труд их с первым снегом начинается, и тогда вой их слышать должно денно и ночью* [5, с.230]. Однако описание самих собак, нарт, снаряжения, способов езды и опасностей, подстерегающих неопытных или излишне самоуверенных ездоков, были изложены великим натуралистом настолько полно и достоверно, что все последующие исследователи и краеведы практически не внесли в это ничего хоть сколько-нибудь существенно нового. Вот уж парадокс, который непременно стоит отметить.

Впрочем, и Г.В.Стеллер, на суждение которого о камчатских собаках частично опирался Крашенинников, о собачьем стоне выразился почти столь же скупо, хотя и несколько более эмоционально: *Затем, с выпадением первого снега, начинается для псов тяжелое время, и днем и ночью слышится тогда их отчаянный вой и визг, которыми они как будто жалуются на свое печальное положение* [6, с.89].

На этом фоне заметно выделяются заметки известного натуралиста Г.Лангсдорфа: *День и ночь их голод и жалобы о потерянной свободе сопровождаются ужасным завыванием, и так как каждый камчадал обладает по крайней мере шестью собаками, т.е. столькими, сколько ему требуется для одной упряжки, то в одной деревне, население которой от 15 до 20 жителей, находится самое малое от 120 до 140 собак; и стоит*

*только некоторым подать голос, одновременно раздается страшный вой* [7, с.316].

Как можно видеть, все мои предшественники высказывались о собачьем вое почти теми же словами, что и я. Для более полного понимания сути дела не помешает сказать несколько слов и о самом себе. Дабы стало понятнее, каким образом у меня появилось чувство беспредельной тоски и грусти.

Осенью 1942 г., в возрасте полутора лет, я оказался в малюсеньком национальном селеньце Корн, состоящем примерно из 20—22 жалких домишек, где обитали 30—40 едва-едва приобщенных к цивилизации взрослых коряков и несколько русских, десятка четыре корякских и трое (вместе со мной) русских детишек разного возраста. Лукавить не стану, имен их я не помню. Но в памяти отчетливо сохранилось, что когда нас в очередной раз отмывали, то мы — белобрысики — вдруг становились как бы чужими среди маленьких корячат. Впрочем, уже через пару часов мы вновь были такими же чумазенькими, как и наши черноволосые и черноглазые друзья. Тем более что и одеты мы были, как они, в кухлянки, и обуты — в торбаса. Да и по-корякски мы говорили ничуть не хуже их. Куда только девалось затем это знание практически родного языка? Обидно...

А в придачу ко всему этому в поселке было около полутора сотен полудиких собак, наполняющих атмосферу лаем днем и слаженным хором исполняющих свою мелодию в длинные зимние ночи. А вокруг беспредельная, с высоты тогдашнего моего возраста и роста, тундра, накрытая сверху бездонным колпаком неба.



Характер вожака определяет характер всей упряжки.

Четыре года я жил почти первобытной жизнью. И не в гости я ходил к моим корякским друзьям, а с утра до ночи пребывал с ними. Я играл с ними в их игры, слушал рассказываемые им сказки и песни, которые им пели, ел их пищу. И вместе с ними в свои пять лет посылно помогал взрослым во время летней рыбалки, которая осуществлялась прямо тут же, под уступом речной террасы, на краю которой стоял поселок. Так сформировалась первая — и лучшая — половина моего «Я». Та половина, которая и до сих пор побуждает меня уходить в горы. Где, в отличие от профессиональных геологов, лесников и тому подобных специалистов, я просто живу. Хотя и вынужден выполнять при этом часть общей работы.

Но вернусь к самим собакам. И приведу воззрения некоторых ученых на происхождение и физический облик камчатской ездовой собаки. И первое слово предоставлю Стеллеру.

*Из прирученных камчатских животных как по давности прирученности, так и по приносимой пользе первое место должно быть отдано собакам, которые одни только и составляют класс камчатских ручных животных. Никто не может обойтись без них, как в других местах никто не может жить без лошадей и крупного рогатого скота. На Камчатке существует, собственно, только один вид собак, ничем, впрочем, не отличающихся от русских деревенских дворняг или черемичских и вотяцких псов как по росту, так и по внешнему виду; между тем трудные условия их жизни, принимаемая ими пища и характер их воспитания совершенно изменили их привычки (камчатские собаки считаются самыми выносливыми и быстрыми во всей Сибири; их ценят за то, что они довольствуются простою и легко добываемою пищею, именно рыбью). Камчатские собаки бывают преимущественно троякого цвета — белого, черного и волчье-серого, при этом они очень толсты и обладают длинною шерстью, — пишет исследователь [6, с.88–89].*

И дополняет: *Силе этих псов нельзя не надивиться в достаточной степени. В сани обычно впрягают только по четыре собаки, которые проворно везут трех взрослых людей с полутора пудами багажа; обычная кладь, полагающаяся на четырех собак, равна 5–6 пудам. С небольшой кладью один человек при плохой погоде и глубоком снеге в состоянии проехать за день от 30 до 40 верст, а по хорошему пути от 89 до 140 [6, с.90].*

Крашенинников к сказанному Стеллером добавляет: *Камчатские собаки от крестьянских ничем не разнятся. Шерстью бывают наибольшие белая, черная, черно-пестрая и как волк серая, а красных и других шерстей примечено меньше. Впрочем, почитают их за самых резвых и долговечных в рассуждении собак других мест, для того, что они питаются легким кормом — то есть рыбью [5, с. 229].*

Более полное описание камчатской собаки дал Лангсдорф в начале XIX в.

*У камчадалских собак острая, выступающая вперед морда, заостренные, прямо торчащие уши, длинный, сильно волосатый, лохматый хвост; по своей наружности, телосложению, размерам, взгляду и по самому образу жизни они очень схожи с волками и во многом напоминают наших так называемых ипищев (порода собак) и немецких овчарок.*

*Кожа покрыта либо гладкими короткими, либо мохнатыми длинными волосами, а на шкуре — настоящей шерстью, длинной, нежной, мягкой, которую бы можно было бы так же хорошо пряхть, как и овечью, если ее тщательно собрать, промыть и обработать. Тех собак, у которых вот такие шерстеподобные и длинные мохнатые волосы, называют общим именем вельможки или волосатые, и их шкуру ценят преимущественно как теплый мех и оторочку для одежды.*

*Этот вид собак в большинстве своем проблематичен для упряжки и часто едва может использоваться при свежевывающем и глубоком снеге, так как мягкий снег набивается между волосами, замерзает и мешает собаке быстро бегать. Длинноногие и тонковолосые собаки особенно подходят для легкой упряжи. Встречаются отдельные собаки, которые, как и наши, лают, но большинство просто воют и только изредка лают. Масть довольно разнообразна, есть черные, белые, серые, рыжие, и на этих окрасах возможны пятна.*

*Круглый год они живут под открытым небом, ни разу не заходя в жилище или сарай. Летом они роют себе ямы в земле, чтобы было прохладнее лежать, а зимой таким же образом прячутся в снегу, чтобы укрыться от холода...*

*Вообще, лучшими считают тех собак, у кого мощный скелет, высокие и широкие лапы, прямостоящие, длинные и острые уши, выступающая вперед заостренная морда, откиннутая назад мощная голова и широкая грудь [7, с.314–315].*

Лангсдорф же добавил к морфологической характеристике камчатской ездовой собаки оценку ее физических качеств — силы и выносливости.

*Число собак, которых запрягают в нарту, частично зависит от груза, который необходимо доставить из одного места в другое, частично от добротности собак и состояния дороги или санного пути. В легкую нарту с одним человеком и небольшим багажом требуется 4–5 собак, чтобы быстро доехать. Шесть собак могут с легкостью везти от 14 до 15 пудов или 640 фунтов по хорошей дороге. Если нужно увезти более тяжелый груз, то необходимо запрячь больше собак.*

*На обычных почтовых собаках за один час преодолевают 10–12 верст, а на хороших ездовых собаках — 15–20 верст. Это возможно при условии хорошей санной дороги и непродолжительного времени поездки. На очень хороших собаках можно, не меняя их, за два раза по 24 часа*



В пути. Нарты и сегодня имеют конструкцию, подобную классической ительменской.

*проехать 200 верст и за три дня самое большее 300 верст, но затем необходим отдых [7, с.317].*

Существенно дополняет сказанное описание известного русского мореплавателя В.М.Головнина: *По большей части камчатские собаки шерстью белые, потом более черных и серых, прочих же шерстей, в сравнении с сими тремя, немного. На суках весьма редко здесь ездят, и все собаки, употребляемые в езде, бывают всегда кладеные. Холощение над ними производят, когда они еще щенятами. И с того времени привязывают их к длинным гибким шестам, воткнутым в землю, так что когда щенок рвется, то и шест нагибается, потом опять по упругости своей принимает прежнее положение. И такой щенок, будучи на привязи, приучается уже возить тяжести; когда же достигает он совершенного возраста, тогда запрягают его в санки вместе со старыми, приученными к езде собаками и ездят недалеко. Тогда-то мальчишки возят на них воду, дрова и пр., а потом уже и в дальнюю дорогу начинают употреблять; прежде же нельзя на них далеко ездить, потому что они, будучи горячи, тянут изо всей силы и скоро надрываются [8, с.277].*

Интересные сведения о камчатской ездовой собаке сообщил старший ветврач Г.Садовский, участник Анадырской комплексной экспедиции Министерства сельского хозяйства РСФСР, в статье «Боль-

ше внимания ездовому собаководству», опубликованной в газете «Камчатская правда» в 1955 г. [9]. Так, говоря о наиболее существенных качествах камчатской ездовой собаки, он указывает, что для этой породы собак характерна вытянутая форма тела, ибо собаки, у которых длина тела равна высоте, хотя и отличаются большей резвостью, однако слабосильны и менее выносливы. Другим характерным признаком камчатской ездовой, по его мнению, считается массивность груди и холки, а также передних лап, спины и поясницы за счет мощного скелета и хорошо развитой мускулатуры. Морда у камчатской ездовой собаки также массивна, волчьего типа, хотя и несколько короче, чем у волка. Глаза небольшие, косо поставленные (внешние углы глаз выше внутренних), коричневого цвета. Зубы крепкие и плотно прилегающие к челюстям.

Еще одна особенность камчатской ездовой собаки, подкрепляющая, по мнению Садовского, ее родство с волком, — наличие под челюстью или на щеках кожных бугорков (бородавок), а также пятого пальца на задних лапах.

В целом же, продолжает ветврач, камчатскую ездовую характеризует развитость передних лап, их ширина, мускулистость и, наконец, наличие у мякишей пальцев умеренно короткого, густого и жесткого волосяного покрова. В классическом варианте образуются своеобразные «щетки», обес-



печивающие устойчивость при беге по скользкой поверхности (на льду), а также предохраняет подошвы лап от стирания.

Хорошо развитый шерстяной покров типичной камчатской ездовой собаки отличается густотой, в том числе и за счет длинного подшерстка, равномерно покрывающего все тело. Масть собак самая разнообразная и для создания породного ядра особого значения не имеет. Однако опытные каюры в свое время предпочитали подбирать в упряжку собак разнообразной окраски, так как при длительных поездках глаза каюров при управлении собаками одной и той же или схожей масти очень уставали.

Ну и наконец, при воссоздании камчатской ездовой собаки, как указывает Садовский, одно из решающих условий — отбор животных со спокойным и уравновешенным характером, поскольку именно характер предопределяет быстрое и устойчивое закрепление у животных полезных навыков, которые в свою очередь слагаются под воздействием внутренних и внешних факторов.

Что же касается давности появления собаки в жизни аборигенов Камчатки, то судить об этом позволяют результаты раскопок верхнепалеолитического протоителменского поселения Ушки, располагавшегося на берегу одноименного озера (приуроченного к правому берегу р. Камчатка), где среди остатков жилища IV культурного слоя, возрастом 10–11 тыс. лет, было обнаружено захоронение собаки. Иными словами, собака на Камчатке была одомашнена не позднее, чем, по крайней мере, в Передней Азии, где остатки домашних собак так называемой натуфийской культуры относятся IX–VIII вв. до н.э. [10, с.57]. Таким образом, Камчатка с полным на то правом может считаться одним самых первых центров одомашнивания животных на нашей планете.

Ну и напоследок немного о современном состоянии дел. Считается, что камчатская собака для езды была приспособлена 2–3 тыс. лет назад. Со-

лидная биография. Однако, увы, сегодня камчатской ездовой собаки как таковой практически не стало; причем, уточню, деградация породы началась почти сразу же после появления русских на полуострове. Во всяком случае, еще в самом начале XIX в. Лангсдорф отметил: *С сожалением камчадалы вспоминают времена своих предков, когда те могли проявлять особую заботу о разведении собак; щенков держали [до шести месяцев. — В.Б.] в ямах под землей, их ежедневно кормил один и тот же человек* [7, с.315]. То есть, эвон еще когда началось изменение (вслед за переменой обычаев самих аборигенов) камчатской ездовой. Ну а в наши дни антропологи и кинологи утверждают, что прежние знаменитые породы камчатских ездовых собак, описанные Г.Лангсдорфом и Л.Стейнегером, утеряны [11, с.226].

Правда, в последние два десятка лет на Камчатке были предприняты некоторые меры по восстановлению этой породы собак. *В настоящее время не просто остается все меньше и меньше собачьих упряжек в селениях Севера, но и исчезают типичные собаки. В связи с этим специалисты и теоретики разработали несколько проектов для сохранения породы, как и самих каюров. Одним из таких проектов являются соревнования собачьих упряжек на Камчатке — «Берингия», которые снова возвращают внимание камчатской публики к собачьим упряжкам* [11, с.231].

Однако, добавлю от себя, вряд ли получится восстановить исконную породу камчатской ездовой собаки без возвращения к корням: к вливанью волчьей крови и к воспитанию щенков в тех же условиях, в которых воспитываются волчата (т.е. в норах). Или в ямах, как это делали коренные жители Камчатки 300 лет назад. Тем не менее, в силу относительной сохранности естественной ландшафтно-экологической структуры региона, такое воссоздание заново классической породы пока еще возможно. Другое дело, что медлить с этим не следует. ■

## Литература

1. Пири Р. Северный полюс // XX век. Путешествия. Открытия. Исследования. Т.3. М., 1972. С.5–247.
2. Амундсен Р. Южный полюс // XX век. Путешествия. Открытия. Исследования. Т.3. М., 1972. С.248–547.
3. Нордстрем Э.Б. Деревня в тени вулкана. Петропавловск-Камчатский, 2000.
4. Бергман С. По дикой Камчатке. Петропавловск-Камчатский, 2000.
5. Крашенинников С.П. Описание земли Камчатки. Т.1. СПб.; Петропавловск-Камчатский, 1994.
6. Стеллер Г.В. Описание земли Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1999.
7. Садовникова Л.В. Вопросы упряжного собаководства камчадалов начала XIX в. (перевод с немецкого «Наблюдений во время путешествия вокруг света в 1803–1807 годах» Г.И.Лангсдорфа) // На перекрестке континентов: материалы XXXI Крашенинниковских чтений. Петропавловск-Камчатский, 2014. С.313–321.
8. Головнин В.М. Путешествие на шхуне «Диана» из Кронштадта в Камчатку, совершенное под начальством флота лейтенанта Головнина, в 1807–1811 годах. М., 1961.
9. Зайковская Т.С., Матвеева В.О. Камчатские ездовые собаки: история и современность // На перекрестке континентов: материалы XXXI Крашенинниковских чтений. Петропавловск-Камчатский, 2014. С.145–150.
10. Диков Н.Н. Древние культуры Северо-Восточной Азии. Азия на стыке с Америкой в древности. М., 1979.
11. Штреккер Л., Сванберг И. Собаководство на Камчатке в начале 1920-х гг. // Материалы Пятых международных исторических и Свято-Инноцентьевских чтений. Петропавловск-Камчатский, 2012. С.225–232.



## Конкурс научно-популярных статей

### Номинации

- Свободная тема по биологии
- Своя работа
- Бионанотехнология
- Наглядно о ненаглядном: нарисуй науку!
- «Места»: где работать в биологии?

Прием работ до 1 октября 2016 года!

[www.biomolecula.ru/content/1947](http://www.biomolecula.ru/content/1947)



### Партнеры конкурса



# ПРИРОДА

Ответственный секретарь  
**Е.А.КУДРЯШОВА**

Литературный редактор  
**Е.Е.ЖУКОВА**

Научные редакторы  
**М.Б.БУРЗИН**

**Т.С.КЛЮВИТКИНА**

**К.Л.СОРОКИНА**

**Н.В.УЛЬЯНОВА**

**М.Е.ХАЛИЗЕВА**

**О.И.ШУТОВА**

**А.О.ЯКИМЕНКО**

Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Перевод  
**А.О.ЯКИМЕНКО**

Графика, верстка  
**С.В.УСКОВ**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

Учредитель:  
Президиум Российской академии наук

Издатель: ФГУП «Академиздатцентр «Наука»  
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

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

Подписано в печать 18.06.2016  
Формат 60×88 1/8  
Бумага офсетная. Офсетная печать  
Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2  
Тираж 549 экз.  
Заказ 347  
Цена свободная

Отпечатано ФГУП «Академиздатцентр «Наука»,  
(типография «Наука»)  
121099, Москва, Шубинский пер., 6

в следующем номере



В 2016 г. Институт океанологии имени П.П.Ширшова РАН отмечает свое 70-летие. Его история началась 31 января 1946 г., когда Президиум Академии наук СССР постановил организовать на базе существовавшей с 1941 г. Лаборатории океанологии институт. Лаборатория занималась камеральными обобщающими работами по северным морям и анализом материалов, собранных в 1937–1938 гг. участниками первой в мире советской полярной научно-исследовательской дрейфующей станцией «Северный полюс-1».

Первоочередными задачами нового института стали разработка теоретических проблем океанологии, проведение исследований океанов и морей с использованием представлений о единстве происходящих в морях и океанах физических, биологических и геологических процессов.

И уже в том же году вновь созданный институт получил в свое распоряжение первое исследовательское судно, которое назвали «Витязь». С его именем связаны многочисленные открытия в морях и океанах. Исследования, проведенные на «Витязе», заложили основы современной отечественной и мировой океанологии. На его борту создавалась будущая школа советских океанологов, работы которых признаны сейчас во всем мире.

СЕМЬДЕСЯТ ЛЕТ В ОКЕАНЕ

К юбилею Института океанологии имени П.П.Ширшова РАН

