



## ОТ ЧЕГО ВЫМЕРЛИ ДИНОЗАВРЫ?

Изображения с сайтов pixabay.com и freemg.ru

Если спросить об этом у неспециалиста, интересующегося вопросом, он с наибольшей вероятностью ответит, что динозавров погубил астероид, упавший 66 млн лет назад. Про астероид все слышали, но то, что практически в то же время произошла другая глобальная катастрофа – мощнейшая серия извержений вулканов (Деканские траппы), знает гораздо меньше народа. Если же провести голосование среди специалистов, указав разные варианты: «астероид», «вулканизм», «экологические причины», и попросить выбрать основной, то, как и среди широкой публики, в настоящий момент выиграет ответ «астероид». Астероидный и вулканический сценарии можно объединить в катастрофический. Но существует и альтернатива: экологический сценарий. То есть основная причина вымирания – перемены в биосфере, а астероид или вулканы – лишь триггер. Собственно, примерно такой вопрос (катастрофа или экология?) был задан в «Фейсбуке»<sup>1</sup>. Большинство ответивших заявили, что побеждают катастрофисты, причем именно сторонники импактной (астероидной) гипотезы. Особенно впечатляют статьи с подобными заголовками: «Asteroid impact, not volcanism, caused the end-Cretaceous dinosaur extinction»<sup>2</sup> («Падение астероида а не вулканизм вызвало поздне меловое вымирание динозавров»). Исходя из упомянутой выше дискуссии, мы подобрали экспертов: **Алексей Иванов**, член редсовета ТрВ-Наука, геолог, причем занимавшийся именно этой проблемой со стороны геохронологии; профессор МГУ **Андрей Журавлёв**, автор хорошо известной книги «Сотворение Земли»; профессиональный палеонтолог **Павел Скучас**; и наконец палеонтолог и писатель **Кирилл Еськов**, который, хоть и не является прямым экспертом по теме, но любезен народу благодаря своим многочисленным просветительским и литературным публикациям.

Интересно, что ни один из наших экспертов не присоединился безоговорочно к мировому мейнстриму, предлагая более сложную картину произошедшего. Полагаем, причина такого отклонения вовсе не в провинциальности российской палеонтологической и геологической школ, а именно в сложности мира: происходящее на поворотах Истории редко сводится к единственной простой причине, как бы нам этого ни хотелось. Мнения наших экспертов в некоторых аспектах противоречат друг другу, но не столь радикально, как мы надеялись. Противоречия делают картину объемной!

Борис Штерн

<sup>1</sup> facebook.com/boris.stern.7/posts/3775138405940023  
<sup>2</sup> pnas.org/content/pnas/117/29/17084.full.pdf

## Вулканическая гипотеза вымирания динозавров



Алексей Иванов. Фото И. Соловья

**Алексей Иванов, докт. геол.-мин. наук, зав. ЦКП «Геодинамика и геохронология» Института земной коры СО РАН (Иркутск)**

### Общий контекст

С момента появления на Земле животных с минеральным скелетом примерно 550 млн лет назад, т.е. с того времени, когда умершие животные стали сохраняться в осадочных породах в виде диагностируемых остатков, которые возможно уверенно классифицировать в виде таксонов, разнообразие таких таксонов увеличивается. Однако на фоне общего увеличения разнообразия животного мира постоянно происходит вымирание тех или иных организмов, не сумевших приспособиться к постоянно меняющимся условиям – меняющимся конфигурациям континентов и океанов, росту и разрушению гор, вулканическим извержениям, падениям метеоритов, изменению химического состава атмосферы

и ее температуры. В 1982 году **Дэвид Рауп** и **Джон (Джек) Сепкоски** опубликовали ставшую знаменитой статью<sup>1</sup>, в которой проанализировали наиболее полную на тот момент базу данных, включавшую около 3300 морских семейств животных, в том числе 2400 вымерших. В этой базе данных они зафиксировали пять событий резкого сокращения биоразнообразия во времени, получивших название «Великих массовых вымираний» (рис. 1). Самое молодое из них маркирует стратиграфическую границу между меловым периодом и палеогеном, которую как раз не пережили динозавры. Обсуждая причины вымирания динозавров, нельзя выходить из общего контекста вымирания других животных на границе мела и палеогена, равно как и из общего контекста массовых вымираний в другие периоды.

### Как установить событийность?



Эволюция живых организмов фиксируется по их остаткам в осадочных породах. Вещество, из которого образовались такие осадочные породы, должно обладать определенными свойствами, позволяющими сохранять органические остатки, их отпечатки и следы жизнедеятельности животных. В общем виде – в глине сохранность лучше, чем в песке (со временем они превратятся в твердые породы – аргиллит и песчаник соответственно). Однако мало найти остатки хорошей сохранности, нужно, чтобы еще запись была максимально непрерывной и имела заметную длительность в геологическом масштабе времени. Очевидно, что ве-

<sup>1</sup> Raup D.M., Sepkoski, J.J. Mass extinctions in the marine fossil records. Science, 1982, v. 215, p. 1501–1503.

Продолжение см. на стр. 2

## В номере

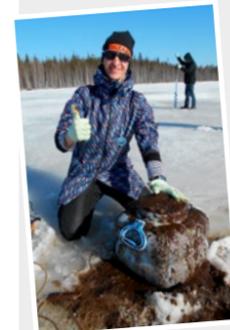


### В ожидании гигантских ускорителей

Публикуем два материала к 65-летию со дня основания Объединенного института ядерных исследований, которое отмечается 26 марта: статью **Анатолия Сидорина** про будущее масштабных ускорителей и беседу **Яна Махонина** с **Джилем Понтекерво**, старшим сыном академика АН СССР **Бруно Понтекерво**, – стр. 6, 10–11

### В космос по-новому

**Александр Хохлов** об испытаниях «Старшипов» на космодроме СрасеХ в Бока-Чика и о школьных спутниках Срасе-п – стр. 7



### Смертельная лимнология, или По ком стонет дно Карельской ламбы?

Черный юмор от суровых лимнологов Заполярья в изложении

**Захара Слукковского** – стр. 8–9

### Теплая красота ума

Воспоминания друзей и коллег к 70-летию **Елизаветы Бонч-Осмоловской** – стр. 12–13

### 90 лет Михаилу Горбачёву и упущенные возможности

О юбилее первого и единственного президента СССР размышляют **Алиса Ганиева** и **Андрей Калинин** – стр. 14

### Откуда у Марса две похожие луны?

Объясняет **Михаил Эфроимский** – стр. 15



### Птерозавры повышенной шикарности

Рецензия **Юрия Угольников** на книгу **Марка Уиттона** «Птерозавры» – стр. 16

Продолжение. Начало на стр. 1

роятность нахождения сохранный, непрерывной и длительной записи заметно выше для отложенных крупных водных бассейнов, чем для суши. В этом кроется одна из методологических проблем в установлении причин массовых вымираний. Возникает также проблема установления последовательности событий: например, предшествовало ли падение метеорита или вулканические извержения массовому вымиранию, т. е. могли ли они в принципе быть причиной?

Один из способов восстановления относительной последовательности заключается в нахождении в осадочном разрезе маркера катастрофического события. Скажем, аномалии повышенных концентраций элементов платиновой группы, которые редки в земной коре, но обогащены в метеоритах, или аномальных концентраций, например ртути или никеля, как маркера сильных вулканических извержений.

Еще сложнее обстоит дело с определением «абсолютного» возраста, т. е. с фиксацией, когда произошло событие массового вымирания, приведшего к нему катастрофического вулканического или импактного события на шкале времени в годах. Подавляющее большинство геохронологических методов не позволяет датировать события с точностью лучше 1% от возраста датируемого события. Например, на глубину времен в 100 млн лет неопределенность стандартного метода датирования составит в лучшем случае порядка одного миллиона лет, что является коротким промежутком в масштабах возраста Земли в ~4,5 млрд лет, но колоссальной длительностью с точки зрения событийности рассматриваемых катастрофических событий и эволюции живых организмов. Так, амбициозная задача международной инициативы EarthTime<sup>1</sup> заключается в калибровке основных стратиграфических границ фанерозоя с точностью 0,1% от их возраста. На сегодняшний день наиболее близко к такой точности приблизились только два с половиной метода:

- Метод астрономической хронологии, или циклостратиграфии (astrochronology, cyclostratigraphy, orbital tuning), который основан на обнаружении в осадочном разрезе циклических изменений того или иного параметра, например изменения изотопных отношений кислорода, и последующей привязке обнаруживаемых циклов к орбитальным параметрам земной орбиты. Для построения абсолютной возрастной шкалы необходимо наличие непрерывного осадочного разреза от современности вглубь времен. Возможно построение «плавающих» шкал, привязанных к какому-то датированному другим методом осадочному горизонту, например пепловому прослою (см. ниже).

- U-Pb метод датирования единичных зерен циркона (ZrSiO<sub>4</sub>) или бадделита (ZrO<sub>2</sub>) с изотопным разбавлением при помощи масс-спектрометрии с термической ионизацией (ID-TIMS). Аббревиатура важна, поскольку другие, распространенные способы U-Pb датирования с локальным анализом вещества в пределах датируемого кристалла, данные которых часто встречаются в современной литературе, не позволяют даже приблизиться к необходимой точности. Циркон и бадделит кристаллизуются, соответственно, в богатых и относительно бедных кремнием магмах, которые могут изливаться на поверхность Земли в виде лавы или образовывать выбросы пирокластического материала, в том числе разносимого на большие расстояния в виде пепла, иногда присутствующего в осадочных породах в виде прослоев. При падении крупного метеорита может произойти плавление земных пород с кристаллизацией нового циркона и бадделита или с перекристаллизацией уже имевшихся этих минералов, обычно с частичным или, в идеале, полным перезапуском изотопных часов.

- Следует упомянуть еще один метод, подходящий для датирования вулканических калийсодержащих минералов — <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar метод, использующий радиоактивное превращение <sup>40</sup>K в <sup>40</sup>Ar. В литературе, в том числе связанной с проблемой мел-палеогенового массового вымирания, можно найти датировки, полученные этим методом с точностью лучше 0,1% от возраста. Одна-

ко константы распада <sup>40</sup>K известны с точностью не лучше 1%. Для сравнения: константа распада <sup>238</sup>U, знание которой необходимо для расчета U-Pb датировки, известна с точностью на порядок лучше. Дополнительно, в <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar методе возраст рассчитывается относительно стандарта — минерала с известным возрастом, определенным каким-то другим методом (K-Ar или путем корреляций с данными U-Pb датирования или циклостратиграфии). Мой личный опыт показывает, что достигнуть ошибки лучше 1% при определении <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar возраста, можно только исключив какие-то систематические ошибки из расчетов.

## Массовое вымирание — метеоритный импакт или вулканизм?

Граница мелового периода и палеогена маркируется исчезновением из морских разрезов преимущественно крупных планктонных форм фораминифер — одноклеточных животных с известковым скелетом, тогда как мелкие космополитные формы и бентосные фораминиферы претерпели незначительные изменения и пережили событие массового вымирания<sup>2</sup>. В смысле детальной стратиграфии динозавры не столь информативны, сколь эти одноклеточные животные. На Земле существует глобальный глинистый прослой, залегающий между меловыми отложениями с крупными фораминиферами и палеогеновыми отложениями с мелкими. В этом прослое содержатся аномально высокие для земных пород концентрации иридия. Этот элемент, в свою очередь, имеет примерно на четыре порядка более высокие концентрации в метеоритах. Такое наблюдение позволило Луису Альваресу, нобелевскому лауреату по физике, его сыну-геологу Уолтеру Асаро и Хелен Мичел, выдвинуть гипотезу о крупном метеоритном импакте, приведшем к массовому вымиранию на границе мела и палеогена<sup>3</sup>. Позднее было обнаружено место падения этого метеорита в виде гигантского (180 км в диаметре) Чиксулубского кратера на полуострове Юка-

<sup>2</sup> Culver S.J. Benthic foraminifera across the Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary: a review. *Marine Micropaleontology*, 2003, v. 47, p. 177–226.

<sup>3</sup> Alvarez L.W., et al. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 1980, v. 208, p. 1095–1108.

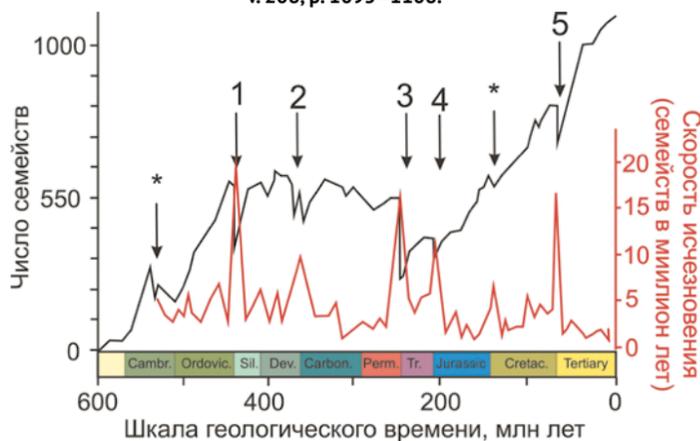


Рис. 1. Изменение количества семейств морских животных на Земле за последние 600 млн лет (воспроизведено из статьи<sup>1</sup>). Пять великих вымираний: (1) позднеордовикское; (2) позднедевонское; (3) позднепермское (самое катастрофическое); (4) раннетриасовое; (5) позднемеловое (динозавры). Достоверно установлено, что события массовых вымираний 3, 4 и 5 по времени совпадают с аномально объемным вулканизмом, тогда как только событие 5 также совпадает по времени с метеоритным импактом. Звездочками показаны еще два кандидата на великие вымирания, не приведенные в статье<sup>1</sup>

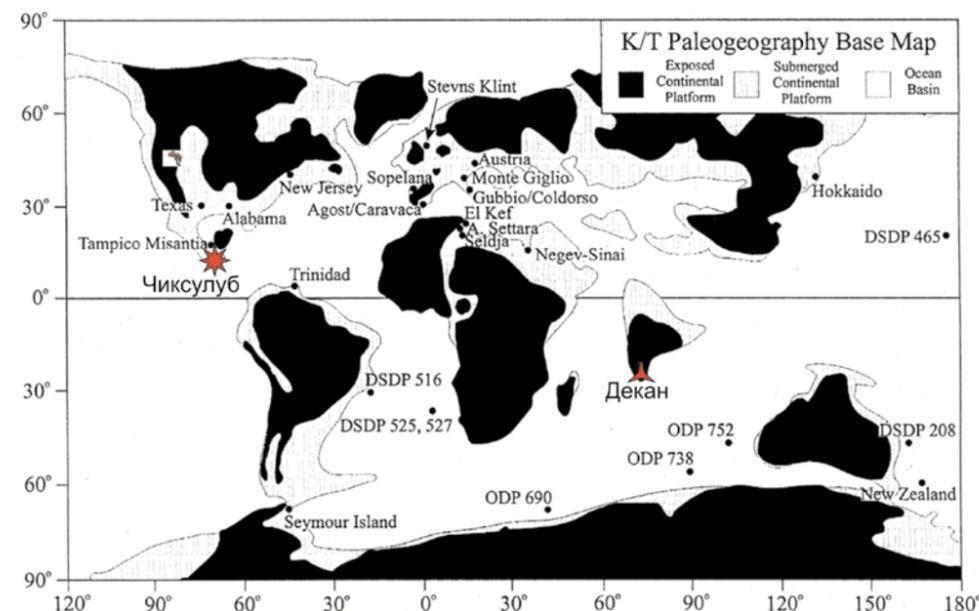
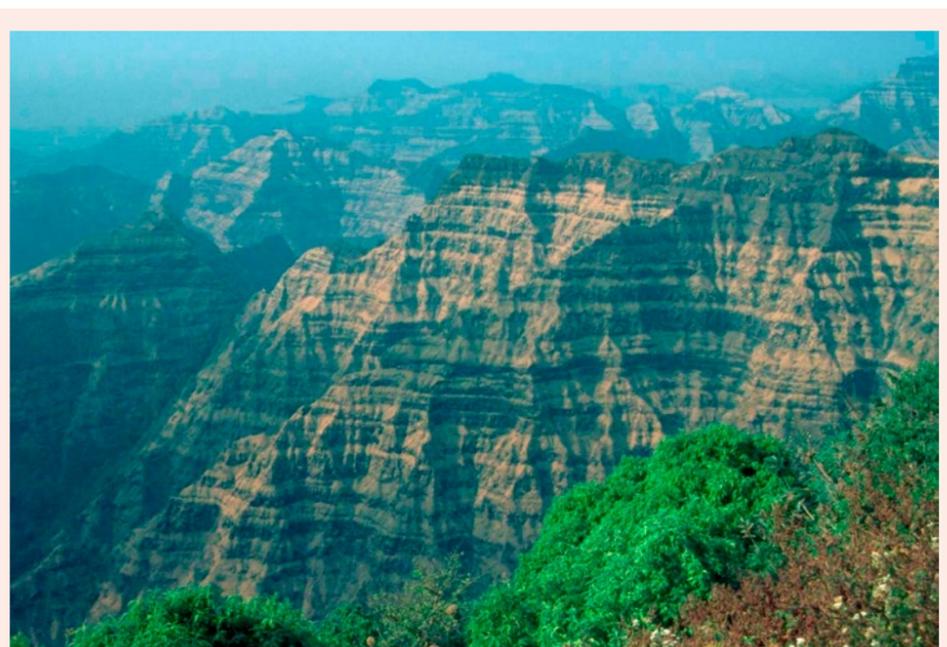


Рис. 2. Палеогеографическая реконструкция Земли на 66 млн лет назад (заимствована из статьи<sup>2</sup> с добавлением места падения Чиксулубского метеорита — восьмиугольная красная звезда — и вулканизма Деканских траппов — красный треугольник). Значок динозавра показывает положение разрезов Hell Creek, с находками предимпактных динозавров



Траппы (от слова «лестница», «трап») — рельеф, образованный огромными объемами базальтовой лавы, излившейся за геологически короткий промежуток времени. Из-за слоистой структуры при выветривании образует ступени, например на склонах каньонов, откуда и произошло название. Широко известны Сибирские траппы (Среднесибирское плоскогорье, плато Путорана, Западно-Сибирская низменность), которые ассоциируются с позднепермским великим вымиранием, и Деканские траппы (Индия), хронологически совпадающие с вымиранием динозавров. Связь интенсивного вулканизма с вымиранием может возникать из-за обильных выбросов серы, приводящих к похолоданию, CO<sub>2</sub>-потеплению или из-за выброса парниковых и токсичных газов при метаморфизме осадочных пород, контактирующих с горячей магмой.

Деканские траппы с сайта geosociety.org

тан в Мексике (рис. 2). Вопрос в том, является ли падение метеорита тем самым «дымящимся пистолетом» в детективе мел-палеогенового массового вымирания? Долгое время после нахождения Чиксулубского кратера на этот вопрос ответ был однозначным — да, пока в 2004 году не взорвалась «бомба». Герта Келлер, палеонтолог Принстонского университета и как раз специалист по фораминиферам, выступила с критикой этой гипотезы на сайте Лондонского геологического общества<sup>4</sup>. Она не оспаривала, что глинистый слой глобального распространения связан с падением метеорита, но поставила под сомнение, что именно это событие привело к массовому вымиранию, в том числе динозавров. Вместо метеоритной катастрофы Герта Келлер многие годы утверждает — и заметно преуспела в этом, — что причиной массового вымирания был аномально интенсивный вулканизм Деканских траппов (рис. 2). Этот вулканизм начался до падения Чиксулубского метеорита и продолжался после него. Между лавовыми потоками имеются осадочные прослои с иридиевой аномалией<sup>5</sup>, хотя число отложений с иридиевой аномалией в осадках позднего мела и раннего палеогена по миру, по-видимому, более одного, что может говорить о множестве импактных событий, сближенных по времени<sup>6</sup>. Следы Деканского вулканизма отчетливо видны в осадочных

<sup>4</sup> geolsoc.org.uk/chicxulub

<sup>5</sup> Courtillot V., et al. Cosmic markers, 40Ar/39Ar dating and paleomagnetism of the KT sections in the Anjar area of the Deccan large igneous province. *Earth and Planetary Science Letters*, 2000, v. 182, p. 137–156.

<sup>6</sup> Keller G., et al. Multiple impacts across the Cretaceous-Tertiary boundary. *Earth-Science Reviews*, 2003, v. 62, p. 327–363.

разрезах позднего мела и раннего палеогена по аномалиям ртути<sup>7</sup>. Важным моментом в пользу вулканической гипотезы является то, что до падения Чиксулубского метеорита на Земле было резкое потепление климата на ~2,5–10 °C. Сопоставление циклостратиграфических датировок осадочных пород, которые использовались для оценки температур, с U-Pb и <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датировками Деканских траппов показало, что этому потеплению предшествовала главная объемная фаза вулканизма. И это потепление было за несколько сотен тысяч лет до падения метеорита<sup>8</sup>.

## Импактная гипотеза — ответный удар

В научном, по крайней мере, геологическом сообществе начал формироваться консенсус, что вулканическая гипотеза мел-палеогенового вымирания, равно как и других массовых вымираний, о чем будет сказано позже, является наиболее перспективной. Или для массовых вымираний важно совпадение вулканического и импактного события<sup>9</sup>. Например, некогда сторонники импактной гипотезы, включая Уолтера Альвареса, признали, что вулканизм Деканских траппов мог играть важную роль, но предположили на основании <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датирования, что падение Чиксулубского метеорита произошло непосредственно до начала объемного вулканизма Деканских траппов<sup>10</sup>. То есть метеорит, упавший на противоположной стороне Земли, спровоцировал разрушение стенок глубоких магматических камер под территорией тогда еще Индийского полуострова, их объединение в крупный очаг, что в итоге привело к объемным извержениям на поверхности Земли и глобальной экологической катастрофе. Правда, на эту статью была написана de facto критика группой U-Pb геохронологов, показавших, что самый объемный вулканизм Деканских траппов предшествовал метеоритному импакту, а не следовал за ним<sup>11</sup>.

Недавно по СМИ разнеслась сенсация, что мел-палеогеновое вымирание произошло все-таки в результате метеоритного импакта. Она основана на статье, опубликованной в *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*<sup>12</sup>, в которой по ▶

<sup>7</sup> Keller G., et al. Mercury linked to Deccan Traps volcanism, climate change and the end-Cretaceous mass extinction. *Global and Planetary Change*, 2020, v. 194, 103312.

<sup>8</sup> Barnet J.S.K., et al. A new high-resolution chronology for the late Maastrichtian warming event: establishing robust temporal links with the onset of Deccan volcanism. *Geology*, 2018, v.46, p. 147–150.

<sup>9</sup> White R.V., Saunders A.D. Volcanism, impact and mass extinction: incredible or credible coincidences? *Lithos*, 2005, v. 79, p. 299–316.

<sup>10</sup> Richards M.A., et al. Triggering of the largest Deccan eruptions by the Chicxulub impact. *Geological Society of America Bulletin*, 2015, v.127, p.1507–1520.

<sup>11</sup> Schoene B., et al. U-Pb constraints on pulsed eruption of the Deccan Traps across the end-Cretaceous mass extinction. *Science*, 2019, v. 363, p. 862–866.

<sup>12</sup> Henehan M.J., et al. Rapid ocean acidification and protracted Earth system recovery followed the end-

► результатам моделирования показано, что вариации изотопов бора, измеренных в фораминиферах, лучше согласуются с повышением кислотности океана из-за падения метеорита, чем из-за вулканических извержений. Является ли это последним словом в истории изучения мел-палеогенового вымирания? Уверен, что нет. Например, за несколько лет до этого было показано, что в конце мела было два события потепления — первое, более сильное, по времени связано с объемными извержениями Деканских траппов, а второе, менее заметное, — с падением Чиксулубского метеорита<sup>13</sup>.

### Все ли массовые вымирания одинаковы?

Дэвид Рауп и Джон (Джек) Сепкоски выделили пять «Великих массовых вымираний» (рис. 1). Трех самых молодых из них — а именно мел-палеогеновому (66 млн лет назад), поздне-триасовому (201 млн лет назад) и пермо-триасовому (252 млн лет назад) — соответствует по возрасту, определенному при помощи U-Pb ID-TIMS датирования, свой аномально объемный, так называемый трапповый вулканизм. Соответственно — траппы Декан в Индии<sup>14</sup>, Центрально-Атлантическая магматическая провинция, разнесенная тектоникой плит на территорию Южной Америки, Северной Америки, Африки и Европы<sup>15</sup>, и Сибирские траппы<sup>16</sup>. Помимо этих трех «Великих массовых вымираний» фиксируется еще с десяток, и большинству из них так же соответствует по возрасту какая-нибудь трапповая провинция. Однако не каждая трапповая провинция соответствует свое массовое вымирание, равно как не каждое событие массового вымирания сопровождается одними и теми же маркирующими изотопными и химическими аномалиями, фиксируемыми в осадочных породах. Так, например, мел-палеогеновая граница имеет слой с аномально высокими концентрациями иридия (указывающими на импактное событие), тогда как подобной аномалии нет на пермо-триасовой границе. Это говорит о том, что импактного события или не было, или импактор представлял собой ледяную комету, в которой отсутствовал иридий. Пермо-триасовое событие массового вымирания сопровождалось резким увеличением в атмосфере легкого изотопа (органического) углерода. Обычно считается, что легкий углерод попал в атмосферу при горении углей, нефти, углистых сланцев из-за термального воздействия на них горячей магмы<sup>17</sup>. При этом горение дает большой вклад в нагрузку на атмосферу, чем сам вулканизм. Крайне оригинальное и стоящее внимательного рассмотрения объяснение резкого вброса на границе перми и триаса органического углерода в атмосферу в виде метана предложил профессор Массачусетского технологического института Дэн Ротман с коллегами<sup>18</sup>. Согласно их гипотезе, в результате мутации появилась метаногенная архея рода *Methanosarcina*. Не имея естественных врагов, она начала безудержно делиться, неконтролируемо увеличивая концентрацию парникового газа — метана. Причиной же появления метаносарцины явился резкий вброс в окружающую среду никеля из месторождений-гигантов, связанных с Сибирскими траппами и разрабатываемых сейчас в Норильске<sup>19</sup>. То есть и в этом случае первопричиной явился вулканизм.

### Закключение

Большинство из событий массовых вымираний совпало по времени с аномально объемными вулканическими извержениями;

**Cretaceous Chicxulub impact. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2019, v. 116, p. 22500–22504.**  
<sup>13</sup> Petersen S.V., Dutton A., Lohmann K.C. End-Cretaceous extinction in Antarctica linked to both Deccan volcanism and meteorite impact via climate change. *Nature Communications*, 2016, v. 7, 12079.  
<sup>14</sup> Schoene B., et al. U-Pb geochronology of the Deccan Traps and relation to the end-Cretaceous mass extinction. *Science*, 2015, v. 347, p. 182–184.  
<sup>15</sup> Blackburn T.J., et al. Zircon U-Pb geochronology links the end-Triassic extinction with the Central Atlantic Magmatic Province. *Science*, 2013, v. 340, p. 941–945.  
<sup>16</sup> Burgess S.D., Bowring S.A. High-precision geochronology confirms voluminous magmatism before, during, and after Earth's most severe extinctions. *Science Advances*, 2015, v. 1, e1500470.  
<sup>17</sup> Aarnes I., et al. How contact metamorphism can trigger global climate changes: modeling gas generation around igneous sills in sedimentary basins. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2010, v. 74, 7179–7195.  
<sup>18</sup> Rothman D.H., et al. Methanogenic burst in the end-Permian carbon cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, v. 111, p. 62–5467.  
<sup>19</sup> См. об этом в ТрВ-Наука [trv-science.ru/2014/04/mikrob-kotoryj-chut-ne-pogubil-zhizn-na-zemle](http://trv-science.ru/2014/04/mikrob-kotoryj-chut-ne-pogubil-zhizn-na-zemle)

мел-палеогеновое, во время которого исчезли динозавры, не является исключением. При этом задокументировано только одно явное совпадение по возрасту с падением метеорита, как раз мел-палеогеновое с динозаврами. В любом случае, в целом для причины массовых вымираний вулканическая гипотеза оказывается предпочтительнее метеоритной, она объясняет больше фактов, но нельзя исключать, что исчезновение динозавров было вызвано одновременно двумя причинами — вулканизмом и метеоритным импактом.



Андрей Журавлёв, докт. биол. наук, профессор кафедры биологической эволюции биофака МГУ

Вкратце напомним основные вехи развития импактной гипотезы массового вымирания на мел-палеогеновом рубеже (66 млн лет назад). В 1956 году канадский палеонтолог, изучавший губок, М. де Лобенфелс, опубликовал заметку «Вымирание динозавров: еще одна гипотеза», где связал гибель динозавров со взрывом метеорита. Поводом к появлению статьи послужило двойное (1937 и 1941 год) прохождение километровой астероида Гермес на расстоянии от орбиты Земли, лишь в 1,6 раза превышающем дистанцию до Луны. В 1980-м одновременно в журналах *Science* и *Nature* вышли две резонансные статьи. В первой из них американский геофизик У. Алварес, его отец, физик-атомщик и один из участников Манхэттенского проекта Л. Алварес, и др. обратили внимание на иридиевую аномалию в слое глин, разделяющем в Итальянских Альпах и ряде других разрезов меловую и палеогеновую толщи и совершенно лишённым ископаемых остатков. Они предположили, что повышенное содержание данного элемента космического происхождения объясняется взрывом при столкновении крупной кометы или астероида с Землей и что этот удар мог вызвать череду климатических изменений, погубивших значительную часть мезозойских организмов. Во второй статье нидерландские палеонтологи Я. Смит и Я. Гертоген описали похожий «немой» прослой под Караваккой-де-ла-Крус в Испании (рис. 3) и также подчеркнули отсутствие в нем окаменелостей, тогда как нижележащие слои буквально кишели раковинками меловых планктонных организмов, а перекрывающие — палеогеновых. Примерно в середине 1980-х опрос, проведенный среди геологов и палеонтологов, показал, что большинство из них относится к подобным идеям крайне скептически. После обнаружения Чиксулубского кратера на мексиканском полуострове Юкатан — одного из крупнейших ударных кратеров на поверхности нашей планеты — находок разнообразных геологических свидетельств столкновения крупного небесного тела с Землей в конце мезозойской эры (тектиты, шоковый кварц, цунамиты, прослой сажи и др.), а также подобного немого прослоя глин в континентальных и морских разрезах всего мира (рис. 4) отношение к импактной гипотезе резко изменилось. Скажем, один из ведущих специалистов по динозаврам, С. Брусатти из Эдинбургского университета, в книге «Время динозавров» после нескольких страниц, где живописно представляет страдания последних динозавров из ущелья Хелл-Крик на западе США, пусть и в шутку,



Рис. 3. Разрез Каравакка-де-ла-Крус в Испании: тонкий прослой глин, лишенный ископаемой фауны, теряется на фоне меловых и палеогеновых мергелей, практически нацело сложенных раковинами фитопланктона. Фото Х.А. Гамес Винтагед

но ставит импактных скептиков на одну доску со «сторонниками плоской Земли и отрицателями глобального потепления».

Действительно, С. Брусатти и его коллеги статистически обработали колоссальный материал по распространению родов и видов динозавров в меловом периоде и показали, что спад в их разнообразии к концу этого периода практически не наблюдается. Значит, никаких существенных изменений в меловых экосистемах не произошло, и они внезапно сгинули в самом расцвете. Если же присмотреться к этим данным внимательнее, то выясняется, что это не совсем так: спад испытывали загры и цератопсы — две ключевые в этих экосистемах группы крупных растительноядных форм. Причем именно у гребнистых и рогатых ящеров челюстная и зубная системы были к тому времени приспособлены для жевания. (В Китае, судя по фитолитам — кремневым микротельцам, накапливаемым травами, которые застряли в зубах, они жевали даже злаки.) Постепенное исчезновение таких «ключевых игроков» не могло не сказаться на стабильности наземных экосистем. Моделирование состояния этих экосистем на протяжении последних 15 млн лет их существования в Северной Америке, проведенное палеобиологом Дж. Митчеллом из Чикагского университета и его коллегами, показало, что снижение разнообразия гадрозавров и цератопсов и, что даже важнее, падение разнообразия сообществ (где доминировать стали одни и те же виды) могли вызвать каскад преобразований в трофических цепях. Эти преобразования в конечном счете снизили устойчивость экосистем к внешним воздействиям. Как следствие — удар небесного тела (или мощные извержения платовулканов, или всё это в совокупности — кому что нравится) случился в пору серьезной экосистемной перестройки, что и усилило его эффект.

Необходимо также отметить, что эта «все-ленская катастрофа» не идет ни в какое срав-

нение с пермско-триасовым вымиранием и даже с чередой позднеэдиакарско-раннекембрийских вымираний, когда морские биоты изменялись практически полностью. В последнем случае на место эдикарского, до сих пор плохо понимаемого нами мира пришли сначала разнообразные переходные между современными типами и классами животных формы, а затем уже представители этих типов. На пермско-триасовом рубеже полностью обновился состав фитопланктона, что привело к постепенной стабилизации углеродного цикла и, как следствие, к преобразованию базовых геобиологических процессов, от которых зависит климат, состав атмосферы, накопление важных для нашей экономики горючих ископаемых и т.п. Не случайно восстановление биоты после этой катастрофы заняло несколько миллионов лет. Восстановление морских и наземных сообществ в начале палеогенового периода, как показывают скрупулезные исследования последних лет по фитопланктону, фауне млекопитающих и лесам, уложилось менее чем в 100 тыс. лет. И что с того, что одни группы головоногих моллюсков сменились другими, а «нептичьи» группы динозавров — птичьими? К развалу биосферы всё это не привело.

**Гадрозавры** (утконосые динозавры) и **цератопсы** (рогатые динозавры) — семейство и подотряд из отряда птицетазовых динозавров. И те, и другие — растительноядные динозавры среднего размера (от одного до 8–10 м).

Рисунок гадрозавра Чарльза Найта



Павел Скучас, докт. биол. наук, доцент кафедры зоологии позвоночных биофака СПбГУ



С ускорением темпа жизни и увеличением объемов получаемой информации мы стараемся найти как можно более простое (и зачастую единственное) объяснение сложным явлениям. Поэтому на вопрос «От чего в конце мелового периода вымерли динозавры?» нам хочется получить быстрый и однозначный ответ.

66 млн лет назад, на границе мелового и палеогенового периодов, в район современного Мексиканского залива упало крупное (диаметр 10 км) космическое тело (предположительно астероид), оставив гигантский (180–200 км) кратер. Повлияло ли это падение на биосферу? Несомненно. Было ли это единственной причиной вымирания нептичьих динозавров и многих других организмов? Большинство ученых считает, что «да». Но если мы чуть шире взглянем на происходящее в конце мелового периода, то предстаёт весьма сложная картина: кроме падения астероида (= импактное событие) на это время приходится и повышенная вулканическая деятельность на территории современной Индии (с формированием Деканских траппов), и отступление (регрессия) моря. Каж-



Рис. 4. Образец из разреза Чамбери-Коули в Саскачеване (Канада): в середине хорошо виден слой глин, содержащих кристаллы шокового кварца, прямо над которым залегают пласт палеогенового угля, что свидетельствует о быстром восстановлении лесов. Фото National Geographic

Окончание см. на стр. 4

Окончание. Начало см. на стр. 1

дое из этих глобальных событий могло внести свой вклад в массовое вымирание.

Следует также отметить, что непрерывная, проходящая через мел-палеогеновую границу последовательность пород с остатками фауны наземных позвоночных известна только для Северной Америки, а значит, мы просто не знаем характер изменений в составе фаун в других местах на Земле. В Северной Америке нептичи динозавры исчезают на границе мел-палеоген из летописи одновременно, без предшествующего заметного сокращения разнообразия (что соответствует катастрофическому событию, например падению астероида). Исчезали ли динозавры за пределами Северной Америки по этому сценарию и по той же причине? Мы не знаем ответа на этот вопрос.

На взгляд некоторых палеонтологов (и на мой в том числе) массовое вымирание в конце мелового периода могло иметь сразу нескольких причин. Я называю эту идею «неудачным пасьянсом» — вымирание было обусловлено сразу несколькими событиями («динозаврам выпало несколько неудачных карт»), где в качестве основных (но не единственных) триггеров вымирания можно рассматривать падение астероида, вулканизм и отступление моря. Не было бы астероида — динозавры бы выжили. Основная задача — оценить вклад в массовое вымирание каждого из этих событий и посмотреть, не упустили ли мы чего-то еще.

На сегодняшний день однозначного ответа на вопрос «От чего вымерли динозавры?» просто нет. Каждая научная гипотеза будет проверяться в будущем. Ключевым моментом для оценки гипотез будет обнаружение за пределами Северной Америки палеонтологических свидетельств смены фауны на границе мелового и палеогенового периодов.

## Динозавры и задача на «бассейн с двумя трубами»

Кирилл Еськов, ст. науч. сотр. Палеонтологического института РАН



Замечательный популяризатор науки, биолог по образованию, **Борис Жуков** в своей недавней книге «Дарвинизм в XXI веке» начинает главу «Современный катастрофизм. Падения и совпадения» так:

«Какой наглядный образ первым приходит в голову при слове „эволюция“? Если не большинство, то очень многие ответят: динозавры. Жили себе, жили... а потом прилетел астероид — и бабах! Стоп. А где тут, собственно, эволюция?»

Да, динозавры дожили до самого конца мелового периода, но не пережили Великого Вымирания на границе мела и кайнозоя (66 млн лет), которое сейчас принято связывать с падением гигантского астероида или с катастрофическим вулканизмом. Заметим, что вымирание то коснулось почти исключительно морских организмов (от планктона и аммонитов с белемитами до плезиозавров и мозазавров) или хотя бы трофически связанных с морем (птерозавры). Динозавры же — едва ли не единственная наземная группа (отрядного ранга), пополнившая собою тот мартиролог.

На суше же не менее драматическая (хотя и не столь одномоментная) смена биоты произошла на 40 млн лет раньше, в середине мела (апт-альб). С точки зрения палеоботаники или палеонтомолога поздний мел — это уже фактически кайнозой, с мезозойскими реликтами (а на мел-кайнозойской границе не происходит ничего особо примечательного). Причиной той смены принято считать стремительную экспансию цветковых, которые безо всяких внешних катастроф конкурентно вытеснили мезозойских голосеменных, полностью изменив структуру растительного покрова планеты (ну, например, возникла трава — жизненная форма, которую голосеменные «не умеют» образовывать в принципе, — а это понятно как влияет на регуляцию водной эрозии, характер стока во внутренние водоемы и сопутствующие геохимические циклы).

Тем не менее динозавры успешно (хотя и не без потерь) пережили ту средне-меловую «регрессию» наземных сообществ, а вымер-

ли точно на мел-кайнозойской границе. И неудивительно, что мысль «Совпадение? — Не думаю!» © посещает исследователей постоянно.

Самый напрашивающийся тут путь — вписать динозавров в некий общий контекст: сравнить динамику их разнообразия с тем, как ведут себя в моменты массовых вымираний другие крупные наземные группы. Весьма интересные в этом плане данные накопились за последнее время по Великому пермотриасовому вымиранию (252 млн лет) на границе палеозоя и мезозоя (даже более масштабному, чем мел-кайнозойское).

Некоторое время назад один из ведущих неокатастрофистов **Майкл Бентон** из Бристольского университета опубликовал монографию о пермотриасовом вымирании под не вполне академическим заголовком «Когда жизнь почти умерла: величайшее массовое вымирание всех времен»<sup>1</sup>.

**Александр Павлович Расницын** же из московского Палеонтологического института откликнулся на нее полемической статьей под еще более зазорным названием «Когда жизнь и не думала умирать»<sup>2</sup>.

В ней он обобщил многолетние результаты изучения ископаемых насекомых в окрестностях пермотриасовой границы (а видов насекомых, напомним, в разы больше, чем всех животных вместе взятых, так что экстраполировать их динамику на поведение наземной биоты в целом — куда логичнее).

Так вот, оказалось, что падение разнообразия насекомых на рубеже перми и триаса имеет место, но оно и близко не тянет на «массовое вымирание» (визуально на торт: как раз в эпицентре того катастрофического вулканизма, на Среднесибирском плоскогорье, с ископаемыми энтомофаунами на той границе — не происходит вообще ничего!). При этом речь идет об очень растянутом во времени (т.е. не-катастрофическом) процессе, начавшемся за несколько десятков миллионов лет до стремительного и обвального вымирания в морях (в точности как и в мелу!). Самое же интересное — это механизм уменьшения биоразнообразия.

«Интенсивность исчезновения насекомых в средней-верхней перми, в разгар Великого вымирания, застывает на одном уровне. Но при этом резко снижается появление новых семейств. Получается, что снижение разнообразия происходит не за счет роста вымирания, а за счет снижения скорости возникновения новых семейств (выделено мною. — К.Е.), и именно этот параметр определяет всю динамику разнообразия у насекомых. То есть вымирание, зависящее главным образом от внешних факторов — вулканизма, траппов, астероидов — на больших и самых интересных интервалах времени оказывается величиной постоянной, а варьируется динамика появления, которая в очень большой степени определяется внутренними свойствами организмов и процессами, идущими в биосфере. Это совершенно иная идеология!» — заключает Расницын.

Помните школьные арифметические задачи про бассейн с двумя трубами? Когда бассейн начинает мелеть, человек (первым делом, по умолчанию) склонен предположить, что «из него стало интенсивнее вытекать» — а это может быть и вовсе не так. Общее биоразнообразие («наполненность бассейна») определяется балансом между темпами видообразования («труба, по которой вытекает») и вымирания («труба, по которой вытекает»). И оказывается, что наш пермский бассейн стал пустеть не потому, что из него небыло мощно вытекало (астероид пробил дыру в стенке...), а потому что некие экологические процессы задолго до того прикрутили вентиль на входной трубе. А темпы именно вымирания насекомых на пике кризиса были, оказывается, почти обычными для всей поздней перми...

Так вот, возвращаясь от пермских насекомых к меловым динозаврам. В 2016 году их изучили по сходной методике (рассчитывая для каждого временного интервала отдельно темпы вымирания и темпы видообразования) и заключили: «Упадок динозавров длился десятки миллионов лет до их окончательного вымирания»<sup>3</sup>.

Обратите внимание: независимо полученные выводы московских палеонтологов и бристольских палеогерпетологов (что дело не в вы-

мирании как таковом, а в неоявлении новых форм на замену естественным выбывающим) совпадают едва ли не дословно: «We find overwhelming support for a long-term decline across all dinosaurs and within all three dinosaurian subclades, Ornithischia, Sauropodomorpha and Theropoda, where speciation rate slowed down through time and was ultimately exceeded by extinction rate tens of millions of years before the K-Pg boundary». И еще любопытная деталь: один из членов этой бристольской команды — Майкл Бентон, тот самый; т.е. на уровне глобальных обобщений он — неокатастрофист, а вот когда дело касается его собственной группы (специалист-то он как раз по динозаврам) — он за вполне себе эволюционные сценарии (тут — ехидный смайлик)...

Собственно говоря, эта работа 2016 года просто повторяет, на новом уровне, выводы, например, **Роберта Кэрролла** (по чьей книге все мы и изучали палеонтологию позвоночных)<sup>4</sup>: Да, динозавры вымирали на протяжении всего позднего мела с более или менее постоянной скоростью, разнообразие их падало, и в терминальном мелу (маастрихтский век), когда вымерли последние семь родов, темпы именно вымирания ничем не выделялись...

Но не так всё просто. Эту красивую картинку «постепенного угасания» динозавров изрядно портит возникший — ни с того, ни с сего — в конце мела, перед самым вымиранием группы (кампан-маастрихт) резкий подъем ее разнообразия в Северной Америке, в Скалистых горах. Правда, многие исследователи с той или иной степенью уверенности расценивают «кампан-маастрихтский пик» как артефакт. Тут смешивается как «человеческий фактор» (множество описанных отсюда «видов» динозавров, как выясняется при внимательном рассмотрении, на самом деле представляют собою лишь детенышей различного возраста и половые морфы давно известных видов<sup>5</sup>), так и объективно уникальное разнообразие тамошних условий захоронения. Как тут быть?

Палеонтологи тоже сталкиваются с проблемой таких «аномальных фаун». Сравнивая кривые разнообразия насекомых и морских организмов, Расницын замечает: «Бросается в глаза отличие — резкий скачок разнообразия [насекомых] в эоцене — тем более не должно учитываться. Этот скачок обусловлен ростом не исходного разнообразия, а изученности ископаемых насекомых, поскольку поздним эоценом датирована хорошо изученная и потому озерная фауна балтийского янтаря. Если бы ее не было, предшествующая часть кривой шла бы круче, т.е. сближалась бы с кривой для морских животных постепенно, а не скачком». Вероятно, такого рода «нормирование» следует вводить и для фаун, подобных динозаврам терминального мела Америки.

Итак, общее резюме: эволюционные процессы на суше и в море идут, похоже, существенно по-разному, и наземная биота вообще не слишком склонна к массовым одномоментным вымираниям.

А как же астероид и вулканизм? Каково их место в этой картине?

Тут, как кажется, уместна вот какая аналогия. Представьте себе, что большая международная группа авторитетнейших историков выпустила фундаментальную и абсолютно объективную монографию, посвященную Сараевскому выстрелу, и теперь мы знаем об этом эпизоде абсолютно всё (был ли Гаврила Принцип фанатиком-одиночкой или участником заговора, подставляли ли эрцгерцога Фердинанда свои, какую роль в этом сыграли разведслужбы великих держав и т.п.).

Важно ли это для картины начального этапа Первой мировой войны? Очень.

Приближает ли это нас к пониманию причин той войны? Ни на шаг.

## Вопросы

**I. Основной аргумент «катастрофистов»: динозавры не собирались вымирать до Чиксулубского импакта / Деканских извержений. Павел Скучас упомянул выше, что это пока проследивается только по североамериканским данным. Если можно, чуть подробнее: почему на сей день не удается проследить непрерывную эволюцию фауны за пределами Северной Америки?**

**Павел Скучас:** По североамериканским данным проследивается непрерывная последовательность фаун, проходящая через границу мела и палеогена, поскольку сохранились породы соответствующих возрастов и они (что уникально!) содержат остатки позвоночных. По

<sup>4</sup> Carroll R. L. (1988) Vertebrate paleontology and evolution. New York: W.H. Freeman and Company.

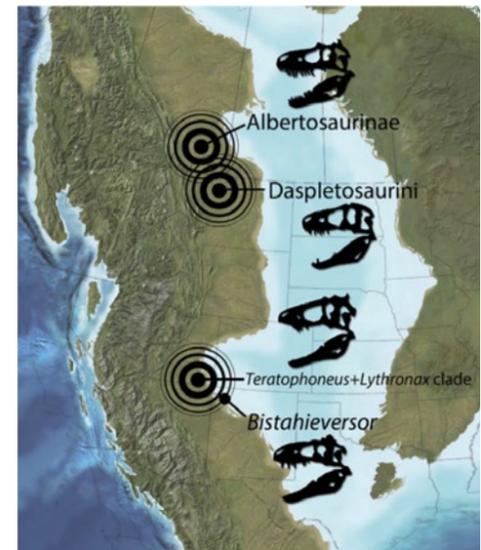
<sup>5</sup> Hanp. Scannella, J. B. & Horner, J. R. (2010) *Torosaurus* Marsh, 1891, is *Triceratops* Marsh, 1889 (Ceratopsidae: Chasmosaurinae): synonymy through ontogeny. — J. Vert. Paleontol. 30, 1157–1168.

этой последовательности мы можем достоверно понять, кто из позвоночных исчез (= вымер), а кто пережил вымирание.

Других таких последовательностей пока не обнаружено, хотя динозавровые фауны самого конца мела (маастрихтские) известны в разных местах, включая Россию (местонахождения на Дальнем Востоке и Чукотке). Не североамериканские позднемеловые фауны динозавров разнообразны (или, по крайней мере, не уступают по разнообразию североамериканским). Таким образом, то, что мы ориентируемся на североамериканские данные, — это результат неполноты палеонтологической летописи. Как только будут обнаружены непрерывные последовательности фаун в других местах, наше понимание процессов/причин мел-палеогенового вымирания должно кардинально улучшиться. А пока что имеем — с тем и работаем...

**Андрей Журавлёв:** Анализ массовых вымираний прежде всего ведется по морским фаунам, поскольку морские последовательности отложений (разрезы) — наиболее полные. Континентальные отложения, к сожалению, слишком дефектны (в них очень много явных и скрытых перерывов), что сильно осложняет любые статистические расчеты.

Самые лучшие континентальные разрезы мел-палеогенового интервала действительно находятся в Северной Америке. Если точнее, то на западе этого континента (от Соноры в Мексике до Аляски). В указанное время данная территория представляла по сути отдельный обширный блок суши, изолированный от всех прочих земель. Примерно так (карта из работы Voris et al. 2020):



Важно, что практически все расчеты по разнообразию динозавров накануне вымирания и по экологии экосистем основываются на данных по этой территории. Есть еще некоторые данные по Европе (Испания), но тамшние разрезы не изучены с такой детальностью и, учитывая сложную тектонику Пиренейского полуострова, вряд ли когда-нибудь будут сопоставимы по точности.

**II. Алексей Иванов упоминает два близких по времени потепления, ассоциируя одно из них с вулканами, другое — с импактом. В массовом сознании катастрофические события ассоциируются с похолоданием из-за выбросов пыли и аэрозолей (ядерная зима и т.п.). Значит ли это, что вулканическая или астероидная катастрофа приводит сначала к сильному кратковременному похолоданию, потом к длительному потеплению из-за выбросов CO<sub>2</sub>?**

**Алексей Иванов:** Да, за кратковременным эпизодом похолодания из-за запыленности атмосферы (в случае с метеоритом) и выбросами SO<sub>2</sub> (в случае с вулканизмом) следует более длительное потепление из-за CO<sub>2</sub>.

**Андрей Журавлёв:** Алексей ответил исчерпывающе.

**III. Насколько убедителен и глобален спад в группах гадрозавров и цератопсов? Есть ли другие свидетельства перестройки биосферы, которая могла бы затронуть динозавров?**

**Андрей Журавлёв:** Главная перестройка, конечно, касается растительных сообществ. Если в первой половине мелового периода доминировали голосеменные и папоротники, то к концу мелового периода в сообществах преобладали цветковые. Кроме того, анализ разнообразия следов показывает, что к этому времени большую долю разнообразия среди наземных позвоночных составляли млекопитающие, а отнюдь не динозавры. (Костный материал такую полноты картины получить не позволяет.) Так что экосистемная перестройка во второй половине мелового периода шла полным ходом.

**IV. Выводы о динамике разнообразия меловых динозавров Сакамото с соавторами (цити-**

<sup>1</sup> Benton M.J. (2005) *When life nearly died: the greatest mass extinction of all time*. Thames & Hudson.

<sup>2</sup> Расницын А.П. (2012) Когда жизнь и не думала умирать. — *Природа* № 9. С. 39–48. (Более детально эти результаты изложены:

Aristov D.S., et al. (2013) *Fossil Insects of the Middle and Upper Permian of European Russia* — *Paleontological Journal*, Vol. 47, No. 7, pp. 641–832. [paleoentology.ru/publ/books/Pal\\_J\\_2013\\_full.pdf](http://paleoentology.ru/publ/books/Pal_J_2013_full.pdf)

<sup>3</sup> Sakamoto M., et al. (2016) *Dinosaurs in decline tens of millions of years before their final extinction*. — *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 113, 5036–5040.

руемые К. Еськовым) и Брусатти с соавторами (упоминаемые А. Журавлёвым) резко противоречат друг другу. Как это противоречие оценивают в сообществе палеонтологов? Каковы аргументы сторон в этой полемике?

**Павел Скучас:** Более новых статей, посвященных динамике разнообразия динозавров в позднем мезозое, я не встречал. Таким образом, мы имеем противоречивые, на первый взгляд, выводы. Надо учитывать, что Брюсатти с соавторами концентрировались на динамике разнообразия динозавров только в непосредственно предшествующий вымиранию интервал времени (самый конец мела) и только по североамериканским данным, а Сакомото с соавторами попытались оценить динамику разнообразия на протяжении нескольких десятков миллионов лет.

Насколько эти данные сопоставимы, сказать сложно. Исследование Брюсатти более скрупулезное и явно заслуживает доверия. Результаты Сакомото достаточно общие, выдвинутая гипотеза нуждается в серьезной проверке и тестировании. Например, в качестве апробации метода можно было бы оценить с его помощью динамику разнообразия в мезозое/кайнозое для других групп позвоночных, которые не вымерли и живут сейчас (хвостатые амфибии, чешуйчатые рептилии, млекопитающие). Думаю, что если попытаться оценить динамику разнообразия плацентарных млекопитающих на высоком таксономическом уровне за последние 40–30 млн лет, то окажется, что разнообразие падает (новые отряды не появлялись, а многие отряды раннекайнозойского происхождения вымерли). Значит ли это, что млекопитающие на грани вымирания? Надеюсь, что нет...

**Андрей Журавлёв:** Полемика была. Стив Брусатти даже специальный симпозиум созывал по этой проблеме лет десять назад. Но пока что мнений, как всегда, больше, чем специалистов. Спектр работ очень широкий и рассматривает как всех динозавров в целом, так и даже видовой состав отдельных родов (например, одного из последних гребенчатых ящеров – эдмонтозавра). Но еще раз подчеркиваю, что, независимо от ранга рассматриваемых групп, почти все исследования касаются всё той же западной части Северной Америки.

**Кирилл Еськов:** На наблюдателя, далекого от палеонтологии, эта ситуация должна производить странное впечатление: «Ну ладно, расхождение в выводах – нормальное дело в науке. Но факты-то, факты! Вы там что, не способны подсчитать в столбик, сколько у вас видов динозавров в каждом подразделении мелового периода?» Так вот – всё не так просто...

Брусатти с соавторами совершенно верно определяют суть проблемы: «Несмотря на 30 лет интенсивных исследований, остается фундаментальный вопрос: были ли динозавры подвержены долговременному упадку до интенсивного вулканизма и Чиксулубского импакта в конце мела или эти форс-мажорные обстоятельства земной истории поубили динозавров во время их расцвета (когда их глобальное биоразнообразие было стабильным или даже возрастало)?»<sup>6</sup>

Далее они перечисляют возникающие тут трудности, как объективные (подсчеты разнообразия базируются на сильно различающихся выборках, а геологическая ситуация на западе Америки действительно уникальна), так и субъективные, завязанные на «человеческий фактор» (например, все многочисленные рода и виды тираннозаврид, что азартно понаписывали из знаменитой формации Хелл-Крик, оказались на поверку одним и тем же старым-добрым Ти-Рексом)<sup>7</sup>, и констатируют: «Попытки

корректировать на этой основе подсчеты разнообразия [динозавров] в терминальном мелу дают противоречащие друг другу результаты».

Тем не менее Брусатти с соавторами находят, что трудности эти можно обойти (например, изучив динамику не таксономического, а морфологического разнообразия, т.е. «жизненных форм»), а данные из других частей света (сами по себе гораздо более скудные и фрагментарные) в общем не противоречат Североамериканской картине.

Оппоненты им возражают: «Хотя в середине мела очевиден бурный рост разнообразия динозавров, совпадающий с появлением новых групп (таких как нецератопсы, анкилозавриды, гадротарзиды и пахицелозавры), результаты первого количественного изучения диверсификации, примененные к новому супердереву [объединенная дендрограмма] динозавров, показали, что взрыв разнообразия динозавров в последние 18 млн лет мелового периода является артефактом выборки [sampling artefact]»<sup>8</sup>.

По сути дела, именно к этому всё и сводится: реален ли (и глобален ли) пик разнообразия динозавров, отмеченный в терминальном мелу Северной Америки (и который пытаются экстраполировать на весь остальной мир) или это локальный артефакт?

Для иллюстрации обратимся опять к ископаемым насекомым. Вот, есть эоценовый балтийский янтарь с содержащимися в нем инклюзами. Их коллекционируют и изучают больше двух веков, описали оттуда уже около 3,5 тыс. видов (пожалуй, ни одна современная тропическая энтомофауна не может похвастаться такой степенью изученности...), но сюрпризы всё равно продолжаются (например, открытие в 2001 году нового отряда насекомых Mantophasmatodea – с находкой через год его современных представителей в Южной Африке). Плюс 1200 видов, описанных из миоценового доминиканского янтара, плюс 1800 видов из среднемилового бирманского (причем регулярное изучение бирманского началось лишь в последние пару десятков лет, число описанных оттуда видов прирастает по нескольку сотен в год, и никаким даже «выходом на плато» там пока и не пахнет).

Так вот, общее число видов ископаемых насекомых, описанных за полтора столетия из сотен местонахождений по всему миру, с карбона по четвертичный период, – около 10 тысяч (NB: разумеется, описана лишь часть собранного там материала – остальное просто определено до уровня более крупных таксонов). Итого: больше половины из этого выявленного биоразнообразия приходится на 3 (прописью: три) янтарных фауны. Обычные же, «каменные» местонахождения насекомых (отпечатки в осадочных породах) – это, как правило, десятки видов (описанных!), а даже богатейшие и интенсивно изучаемые (такие, как бразильская Сантана, китайское Даохугоу, наши Каратау и Байса) – первые сотни.

И если на итоговую кривую биоразнообразия (построенную, разумеется, по тем самым сотням «каменных» местонахождений) наложить эти «янтарные» фауны (т.е. просто механически приплюсовать соответствующие тысячи видов к соответствующим современным интервалам), мы получим совершенно искаженную картину истории насекомых – артефакт, «как и было сказано». Картина, кстати, весьма забавную – если дать волю воображению.

Перед нами будут три пика разнообразия: самый высокий – в середине мела (бирмит, без сомнения, обгонит по числу видов балтийский янтарь уже в ближайшие лет 10–15), пониже – в эоцене, и следующий – в миоцене. Из этой картины совершенно ясно, что эволюция насекомых полностью определяет температурный

Theropoda) from western North America. – Zool. J. Linn. Soc. 142, 479–523.  
<sup>8</sup> Lloyd G.T., et al. (2008). Dinosaurs and the Cretaceous Terrestrial Revolution. – Proc. Roy Soc., B, 275, 2483–2490.

фактор: расцвет группы приходится на середину мела (на всякий случай: в реальности-то как раз на тот апт-альб приходится максимум некомпенсированного вымирания насекомых по ходу среднемилового кризиса...), т.е. на пик мезозойской термоэры; затем следует упадок в конце мела – начале палеогена (связанный с маастрихтским похолоданием, перешедшим в «астероидную зиму»); затем начинается потепление, и группа переживает второй расцвет, во время эоценового климатического оптимума; затем следует новый упадок (результат олигоценового похолодания), новый подъем (последний, миоценовый, климатический оптимум), а затем окончательный, длящийся по четвертичный период упадок (криозэра и венчающее ее оледенение)... Нынешнее состояние класса насекомых эту реконструкцию, правда, опровергает напрочь, «но зато как красиво!».

А теперь представьте себе, что богатую янтарную фауну из тогдашнего тропического пояса открыли не в апт-альбе (как бирмит), а в маастрихте. Вот вам и «грандиозное вымирание насекомых на мел-кайнозойской границе!» «Артефакт, как и было сказано»...

Так вот, возвращаясь к динозаврам. Похоже на то, что Хелл-Крик и связанный с ним комплекс местонахождений терминального мела Северной Америки – это как раз такой вот динозавровый «балтийский янтарь». Там действительно имеется огромный объем вскрытых костеносных осадочных толщ с различными условиями формирования, которые интенсивно изучаются более века. Неудивительно, что места эти стали настоящей Меккой палеонтологов, привлекаемых туда успехами предшественников; в итоге собранный там материал постоянно прирастает, а в руки исследователей попадают и весьма редкие формы, обычно ускользающие от внимания коллекторов, – известный эффект, «система с положительной обратной связью».

Ясно, что встраивая эти данные в общую картину глобальной динамики разнообразия динозавров, их следует неким образом нормировать – но уж тут подавать конкретные советы с нашей, палеоэтомологической колокольни было бы несколько самонадеянно...

**V. Давайте пофантазируем. Какие данные смогли бы четко определить относительную роль импакта и вулканизма, а также их последовательность? А если вдруг мейнстрим не прав (что изредка случалось), и импакт в истории динозавров – не более чем выстрел в Сараево в истории Первой мировой, какие данные могли бы убедить в этом научную общественность?**

**Алексей Иванов.** Про последовательность я, кажется, более чем подробно для научпоп-статьи описал, как восстанавливается последовательность событий. Важный критерий: причина должна предшествовать следствию, а не наоборот. Что касается выстрела в Сараево. Эту аналогию Кирилл приводит не первый раз, и у меня была возможность подумать над ней чуть больше, чем сегодня утром. В этой аналогии есть ряд неточностей. Главное: нашей группе криминалистов поставлена задача не разбираться в причинах начала Первой мировой войны, а установить причину смерти эрцгерцога Франца Фердинанда (динозавров). И таки да, его убил Гаврила Принцип из пистолета (вулканизм + метеорит). Эрцгерцог скончался именно от пули, а не от взрыва гранаты (метеорит + вулканизм) и не от давно его мучившего панкритита (биосферные перестройки мелового периода). Хотя и граната, и панкритит имели место быть.

Ситуация с массовыми вымираниями, однако, не сводится к аналогии с началом Первой мировой. Мы знаем, что многие

вымирания (или другие, не дошедшие до такого уровня изменения в биосфере) по времени точно совпадают с событиями траппового вулканизма:

1. Гваделупское вымирание 259 млн лет назад – траппы Эмейшань.
2. Позднепермское вымирание 252 млн лет назад (или пермо-триасовое, как привычнее) – Сибирские траппы.
3. Позднетриасовое вымирание 201 млн лет назад – Центрально-Атлантическая магматическая провинция.
4. Тоарское событие аноксигенного океана 182–183 млн лет назад – траппы Кару-Феррар.
5. Мел-палеогеновое вымирание – траппы Декан.
6. Среднемиоценовый климатический оптимум 16 млн лет назад – траппы провинции реки Колумбия.

**Павел Скучас.** Ключевыми моментами для этого являются (1) знания об эволюции фауны позвоночных (включая динозавров) до границы мел/палеоген и сразу после нее в разных частях земного шара; и (2) точная временная привязка всех проявлений планетарных событий (например, когда точно были основные этапы Деканского вулканизма, когда точно были импактные события и сколько их было, масштабы и время колебаний уровня моря и климатических скачков) и их соотношение с данными по динамике биоразнообразия (причем желательно не только динозавров, но и других живых организмов). Пока же наши знания обрывисты и мозаичны, и мы не можем точно сказать, был ли импакт выстрелом в Сараево или «контрольным выстрелом в голову».

**Андрей Журавлёв:** Недавно Дж. Пейн и его группа<sup>9</sup> рассчитали по данным о примерно 20 тыс. родах вымерших морских животных общую динамику разнообразия за последние 540 млн лет и темпы вымирания. Выводы: пермско-триасовый и еще три мезозойских кризиса отличались повышенными темпами, а вот для более ранних времен ускоренный уровень вымирания был скорее нормой, т.е. не жизнь, а – сплошной катаклизм. Кайнозой, наоборот, оказался «эрой милосердия».

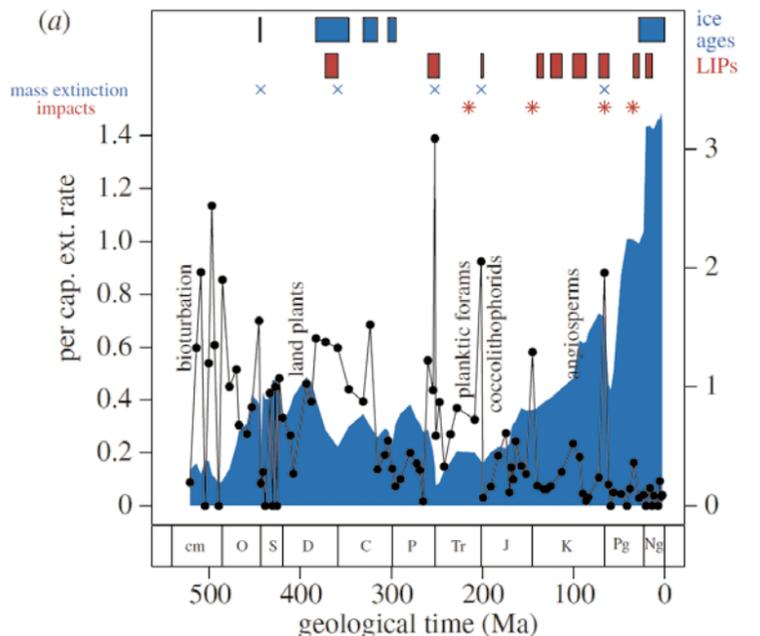
Причем какие-то из кризисов совпадают по времени с крупными извержениями или импактными событиями, какие-то – нет. Скажем, в кембрийском периоде основная волна вымираний пришла на интервал 513–510 млн лет назад<sup>10</sup>, а мощнейшее извержение платовулканов Калкаринджи в Западной Австралии, которое по масштабам сопоставляют с пермско-триасовым сибирским, началось 508 млн лет назад<sup>11</sup>. Поэтому подчеркну еще раз: никакой закономерности, обусловленной внешними факторами, и тем более периодичности в массовых вымираниях нет.

<sup>9</sup> Payne J. L. et al. (2020) The evolution of complex life and the stabilization of the Earth system. – Interface Focus, 10, 20190106. DOI: 10.1098/rsfs.2019.0106

<sup>10</sup> Zhuravlev A. Yu. & Wood R. (2020) Dynamic and synchronous changes in metazoan body size during the Cambrian Explosion. – Scientific Reports, 10, 6784. DOI: 10.1038/s41598-020-63774-2

<sup>11</sup> Marshall P. E. et al. (2020) Was the Kalkarindji continental flood basalt province a driver of environmental change at the dawn of the Phanerozoic? – Geophysical Monograph, 255, 435–447.

Рисунок из статьи Payne et al. (2020). Динамика разнообразия родов морских животных (синяя заливка – число родов в тысячах, правая шкала) и темпы их вымирания (ломаная линия, левая шкала). Сверху указаны ледниковые эры (синие полоски), массовые излияния платобазальтов (коричневые полоски), наиболее крупные метеоритные кратеры (звездочки) и время массовых вымираний (синие крестики). Нижняя шкала – миллионы лет с обозначением геологических периодов

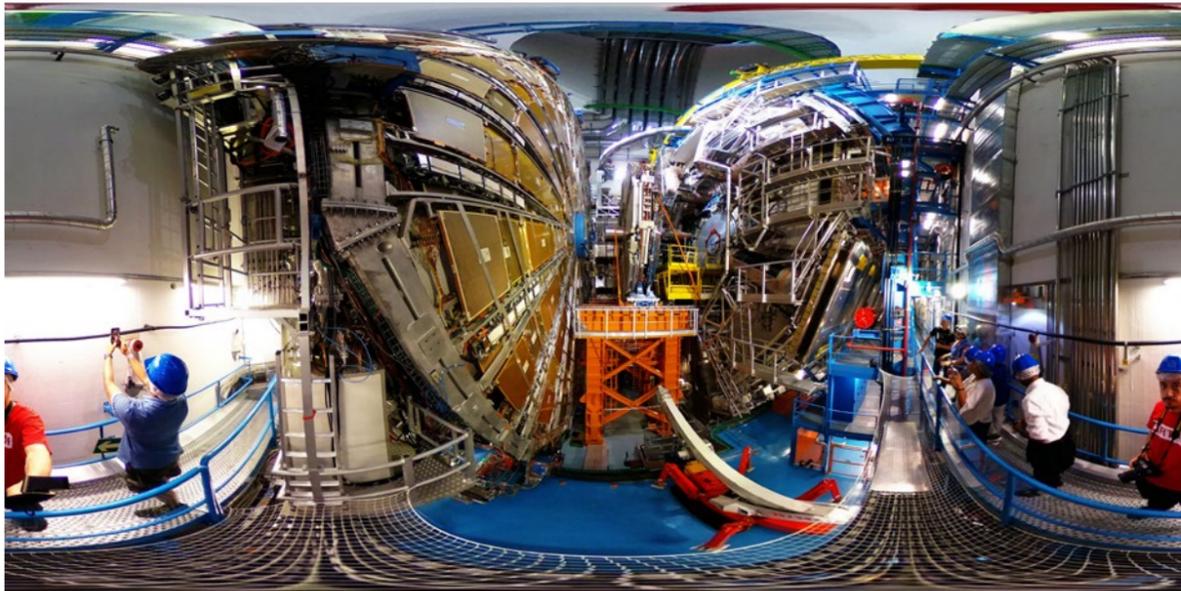


## В заключение дискуссии

Впечатление со стороны дискуссии крайне полезна, поскольку раскрывает в живой полемической форме массу интересной информации, малоизвестной широкому читателю. История вымирания динозавров в этой дискуссии выглядит сложной, не сводящейся к одному главному фактору. Похоже, что для восстановления полной картины явно не хватает фактов. Алексей Иванов выделяет вулканизм как основную причину, но в этом отношении как раз возникло противоречие между участниками: Алексей настаивает на том, что есть сильная корреляция между великими вымираниями и эпизодами бурного вулканизма и излияниями огромных объемов лавы; Андрей Журавлёв согласен признать только одно четкое совпадение – позднепермское вымирание. К сожалению, мы были вынуждены оборвать дискуссии, поскольку превысили лимит по объему. Этот пункт важен и обязательно должен быть «доптерен» – мы продолжим дискуссию в следующем номере.

И еще один «висячий конец»: есть версия о решающей роли астероидного импакта, претендующая на роль мейнстримной и побеждающая по части пиара. Аргументы сторонников этой версии не были изложены в полном объеме – только косвенно в статье Алексея Иванова. Тем не менее их надо бы изложить, даже если никто из участников дискуссии версии решающей и определяющей роли импакта не придерживается. Это будет наш заказ к следующему номеру газеты.

Итак, мы намерены продолжить дискуссию в следующем номере, хотя уже и в меньшем объеме: не треть номера, а примерно один разворот. ♦



Детектор ATLAS (LHC, CERN). Фото: Simon Walther (Фликедрия)



Анатолий Сидорин

## В ожидании гигантских ускорителей

Анатолий Сидорин,  
канд. физ.-мат. наук, зам. начальника ускорительного  
отделения Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ



Если бы нынешняя Европейская стратегия по развитию физики высоких энергий была принята лет сорок назад, она бы не вызвала никаких вопросов. Главный приоритет на будущее — работа над созданием электрон-позитронного коллайдера периметром 100 км. Это значит, что ЦЕРН по-прежнему претендует на лидерство в мире в области строительства гигантских ускорителей, предназначенных для исследований физики частиц<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> См. также интервью с Анатолием Сидориным в ТрВ-Наука ([trv-science.ru/2020/11/sidorin-mahonin/](http://trv-science.ru/2020/11/sidorin-mahonin/) и [trv-science.ru/2020/11/sidorin-mahonin-2/](http://trv-science.ru/2020/11/sidorin-mahonin-2/)) и иной взгляд на ту же проблему Игоря Иванова ([nplus1.ru/material/2020/06/23/cern-gonna-fcc](http://nplus1.ru/material/2020/06/23/cern-gonna-fcc))

В течение почти всей второй половины XX века словосочетание «большой ускоритель» воспринималось как синоним к «хороший ускоритель». Создание всё больших и больших ускорителей рассматривалось даже как один из элементов геополитического соперничества. Выбор максимальной энергии частиц определялся в основном экономическими соображениями, а в целом чем больше, тем лучше. Было принято прогресс ускорителей иллюстрировать диаграммой, показывавшей по годам экспоненциальный рост энергии взаимодействующих частиц. Ситуация радикально изменилась в 1993 году, когда Конгресс США прекратил финансирование самого грандиозного ускорительного проекта за историю человечества — сверхпроводящего суперколлайдера (SSC). Это был огромный ускорительный комплекс, основная установка которого — коллайдер с периметром орбиты 87 км и энергией протонов 20 ТэВ. К 1993 году на строительство уже было потрачено 2 млрд долл. (на современные цены сумма еще более грандиозная), шла прокладка туннеля и монтаж оборудования. Конгресс мотивировал свое решение двумя основными причинами. Первая из них — распад СССР, в результате которого у США исчезла необходимость доказывать свое превосходство в области физики высоких энергий (в 1980-е годы в СССР были начаты работы по созданию коллайдера с периметром 20 км и энергией 3 ТэВ, советский проект был окончательно закрыт в 1998 году). А вторая, и куда более важная из них, заключалась в том, что американские физики пессимистично относились к исследовательскому потенциалу такой установки и считали, что на эти средства можно осуществить большое количество куда более интересных проектов. Скепсис со стороны теоретиков по отношению к гигантским ускорителям возник еще в начале 1980-х, когда начался массовая «утечка мозгов» из физики высоких энергий в астрофизику. Например, академик РАН А.Н. Сисакян, на стыке веков возглавлявший Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне и сфор-

мировавший нынешнее лицо института, в лекциях по физике частиц так иллюстрировал возможности новых фундаментальных открытий с использованием ускорителей на сверхвысокие энергии: «Напомню, что ускорение частиц до энергии  $10^{15}$  ГэВ, отвечающей «великому объединению» сильного и электрослабого взаимодействия, потребовало бы сооружения ускорителя размером с Солнечную систему. А если бы мы хотели продвинуться до «планковской» энергии  $10^{19}$  ГэВ (на этом рубеже становятся существенными квантово-гравитационные эффекты), то пришлось бы строить ускоритель, кольцо которого имело бы протяженность порядка 10 световых лет».

На этом фоне создание Большого адронного коллайдера (LHC, БАК) в ЦЕРНе стало возможным благодаря уникальному стечению многих обстоятельств. Во-первых, в ЦЕРНе был готовый туннель длиной 27 км (в котором размещался Большой электрон-позитронный коллайдер (LEP)), и максимальная энергия протонов 7 ТэВ в LHC была продиктована именно периметром туннеля, а не программой исследований. И, что еще более важно, проект начинался на фоне активного формирования Европейского Союза в его современном виде. Тогда настолько преобладали центристремительные тенденции, что любые общеевропейские проекты воспринимались с энтузиазмом. Не случайно внимание средств массовой информации было активно направлено и на LHC — вплоть до обсуждения домохозяйками его будущей научной программы. Строительство LHC потребовало концентрации ресурсов и привело к закрытию нескольких небольших лабораторий в разных странах, но тогда на эту жертву пошли именно в духе задачи ЦЕРНа — объединение усилий всей Европы, позволяющее реализовать программы, достойно выглядящие на фоне сверхдержав.

Оправдал ли LHC связанные с ним ожидания? И да и нет. Его основной

задачей было открыть бозон Хиггса или однозначно доказать, что такой частицы в природе не существует (а были и варианты теории, которые без нее обходились). С этой задачей он справился. Но кроме задач были еще и мечты. Мечты, в которые по настоящему никто не верил. И одна из них — это открытие суперсимметричной частицы SUSY, кандидата на объяснение загадки темной материи. А другая мечта — из области «а вдруг?». Увы, LHC разбил все мечты. Никаких «а вдруг?», и так до ускорителя размером в Солнечную систему.

Будет ли после этого человечество строить новые гигантские коллайдеры? После вышесказанного ответ может прозвучать странно, но да. В ближайшей перспективе как минимум один. Это будет электрон-позитронный коллайдер на энергию пучков 250 ГэВ (максимальная энергия протонов в LHC равна 7 ТэВ). Именно столько нужно, чтобы исследовать свойства бозона Хиггса. Здесь уместно пояснить разницу между протонным и электрон-позитронным коллай-

тона не может быть точно определена, а именно они и рождаются при столкновениях новые частицы. Электрон, как и позитрон, является частицей элементарной, поэтому вся энергия расходуется в столкновениях, а энергия электронов и позитронов может быть установлена с высочайшей точностью. Поэтому иногда говорят, что протонный коллайдер — установка для открытий, а электрон-позитронный — для изучения уже открытого. Открытие бозона Хиггса сформулировало задачу для электрон-позитронного коллайдера: набор большого количества данных и прецизионные измерения свойств новой частицы. В важности этой задачи никто из физиков не сомневается, и рано или поздно такая установка состоится (ее называют фабрикой хиггсов). В начале века, когда стартовала разработка технического проекта Международного линейного коллайдера (ILC), было ясно, что это может быть только линейный коллайдер: он обеспечивает большую светимость (т.е. темп набора данных) по сравнению с циклическим. С тех пор в физике циклических коллайдеров произошла революция, позволившая за счет новых идей по организации места столкновения пучков обеспечить увеличение светимости примерно в сто раз. Сейчас и линейный, и циклический коллайдер в качестве фабрики хиггсов практически эквивалентны по всем параметрам: и по светимости, и по капитальным и по эксплуатационным затратам. Какой из них строить — дело вкуса. Но понятно, что этой ниши хватит только на одну установку в мире. И как только кто-нибудь начнет ее строить, все остальные проекты с большой вероятностью сразу умрут. ЦЕРН ставит на циклический коллайдер, и если они начнут прокладывать туннель раньше других, то конкурентов уже не будет. Или, если бы японское правительство подтвердило в прошлом году свое решение о размещении ILC в Японии (а по условиям соглашения страна размещения покрывает не менее половины стоимости), то стратегия развития ЦЕРНа, наверное, была бы иной. Проект циклической фабрики хиггсов сейчас активно разрабатывается также и в Китае; периметр установки там, как и в ЦЕРНе, оценивается примерно в 100 км. Если правительство КНР начнет финансировать прокладку туннеля, то не исключено, что у европейской программы возникнут серьезные проблемы.

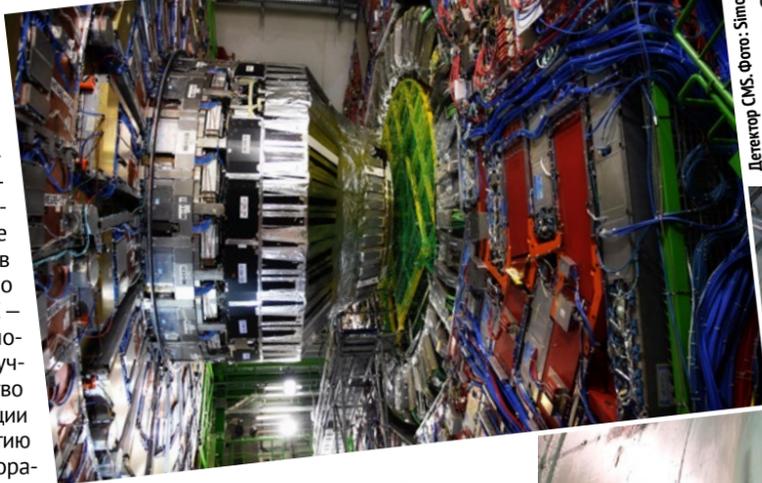
И всё же если руководство ЦЕРНа правильно оценило ситуацию, то фабрика хиггсов будет построена именно в Швейцарии. Что это означает для будущего этой организации? В текущий момент львиная доля бюджета тратится на эксплуатацию и развитие LHC. Будущий циклический коллайдер «съест» весь бюджет на многие годы вперед, и на другие программы останутся крохи. ЦЕРН окончательно превратится в лабораторию одной установки. Для персонала, как и для научных кол-

лабораций, такой сценарий вполне приемлем — это хорошая работа на десятилетия. Главный риск — потеря интереса к ЦЕРНу со стороны стран-участниц. Главная проблема — полная неопределенность в судьбе через пятьдесят лет. В протон-протонный коллайдер в туннеле фабрики хиггсов по гамбургскому счету никто не верит (может, это слишком субъективная оценка).

Руководство ЦЕРНа сделало трудный выбор. Но прежде чем его осуждать или приветствовать, нужно рассмотреть другие возможные варианты.

Один из них — это превращение лаборатории в центр коллективного пользования, когда любой группе ученых, которая предложила интересную программу исследований, предоставляется время работы на одной из установок. Таким путем пошли несколько крупных лабораторий. Например, DESY в Гамбурге, многие годы являвшаяся одним из лидеров исследований по физике частиц. Сейчас установка PETRA, бывший электрон-позитронный коллайдер (в свое время лидер по энергии, на котором был открыт глюон), переоборудован в источник синхротронного излучения, а в 2018 году в DESY был запущен Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах (XFEL). XFEL — сверхпроводящий линейный ускоритель длиной 3,4 км. Конечно, это не линейный коллайдер, но масштаб впечатляет. Сейчас лаборатория обладает уникальным набором оборудования, позволяющего проводить исследования по биологии, химии, материаловедению, и работает на условиях открытого доступа. Для ЦЕРНа такой путь, скорее всего, всерьез даже не рассматривался. Во-первых, это полный отказ от уникальной роли в мировой науке, а во-вторых, набор экспериментальных установок очень далек от требований прикладных исследований.

Еще один путь — осуществление исследований «широким фронтом» на менее масштабных установках. Этот путь реализуется в ОИЯИ и этим же путем пошли разработчики международной установки FAIR, которая сооружается в Германии, также при участии России. В ОИЯИ в настоящее время обсуждается стратегический план развития этой организации. В его проект включены все традиционные для ОИЯИ направления: синтез сверхтяжелых элементов, физика нейтрино, прикладные исследования с помощью источника нейтронов, эксперименты по релятивистской ядерной физике на коллайдере NICA, исследования по радиобиологии, развитие информационных технологий. Проект FAIR начинался с формирования четырех больших коллабораций, с научными интересами от медицины до астрофизики. Структура и параметры установок выбирались так, чтобы максимально удовлетворить их запросам. Такой путь, наверное, возможен и для ЦЕРНа. Во всяком случае, была создана группа, работающая над диверсификацией программы исследований, и она подготовила материалы как минимум по десяти интересным направлениям, помимо физики на LHC. В стратегии развития присутствуют слова о продолжении работы в этом направлении, но на фоне затрат на новый коллайдер это скорее жест вежливости. ♦



Детектор CMS. Фото: Simon Walther

дером. Протон частица составная: его образуют три кварка и примерно столько же глюонов, поэтому на каждую элементарную частицу (или конституэнт) при столкновениях приходится примерно 1/6 часть полной энергии протона. Но, что самое важное, энергия составных частей про-



27-километровый туннель LHC, CERN, 2005. Фото: Maximilien Brice (flickr.com)

# Созвездие школьных спутников Space-π

Александр Хохлов,  
популяризатор космонавтики,  
член Северо-Западной организации Федерации космонавтики РФ



До 11 апреля 2021 года на сайте Российского движения школьников принимаются заявки на конкурс «Научное ориентирование: открытый космос» [1]. Школьники возрастом от 12 до 16 лет могут предложить свою исследовательскую или практическую идею для применения на небольшом орбитальном наноспутнике Земли или Луны формата «3U-кубсата» (10×10×30 см). Этот конкурс проходит в рамках программы «Дежурный по планете», организаторами которой выступают Фонд содействия инновациям, Роскосмос, Фонд «Талант и успех» и университет Сколтех.

Основателю Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере Ивану Михайловичу Бортнику пришла идея создать на околоземной орбите группировку школьных кубсатов Space-π [2], чтобы воспитать поколение специалистов, которые будут знать, как создавать и использовать низкоорбитальные спутниковые группировки и, главное, понимать, зачем это нужно. Это может помочь в ближайшем будущем изменить сложную ситуацию с использованием космонавтики в России для решения научных и народно-хозяйственных задач.

Стандарт CubeSat был разработан в 1999 году Калифорнийским политехническим и Стэнфордским университетами. На сегодняшний день действует уже 14-я версия стандарта [3]. Он был создан для упрощения проектирования малых образовательных спутников и для снижения стоимости запуска на орбиту. Студенты и школьники могут использовать готовые подсистемы наноспутников, созданные в университетах или в коммерческих компаниях. Габаритные размеры кубсатов соответствуют внутренним отсекам транспортно-пусковых контейнеров, которые используются для вывода спутников на рабочие орбиты.

Размеры самого простого базового 1U-кубсата — 10×10×10 см, а дальше идут аппараты «сложенные» из базового кубика до 24U (20×30×40 см), в зависимости от размеров бортовых систем и полезной нагрузки (научного или прикладного оборудования).

Есть два основных способа запуска кубсатов: попутное выведение микро-спутников (от 10 до 100 кг) и наноспутников (от 1 до 10 кг) на ракетах с помощью установки пусковых контейнеров на разгонный блок с основным спутником и запуск с борта Международной космической станции. На американском сегменте МКС наноспутники

запускают с помощью манипулятора японского модуля «Кибо», на российском сегменте обычно во время выхода космонавтов в открытый космос. Для проекта Space-π планируется вывести на орбиту около 100 кубсатов в течение нескольких лет попутной нагрузкой при пусках ракет-носителей «Союз-2», осуществляемых компанией «Главкосмос пусковые услуги».

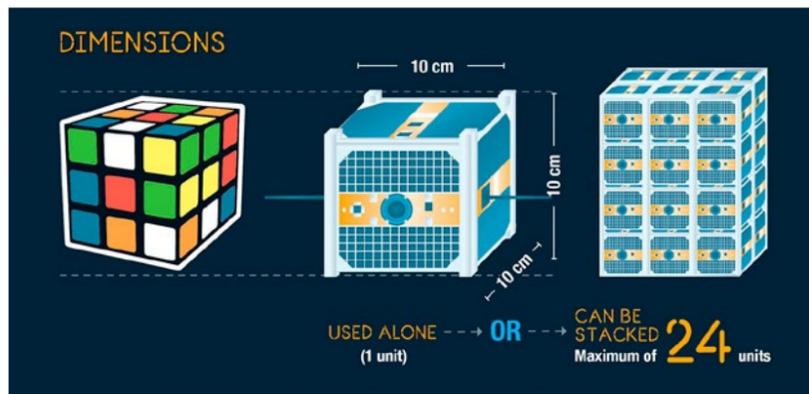
В технической кооперации по созданию школьных кубсатов — Петербургский Политехнический университет, «Геоскан» и «Спутникс». В создании научных приборов будут участвовать ИКИ РАН, МГУ и другие научные организации. На онлайн-ресурсах Российского движения школьников проходят лекции специалистов по конструированию и испытанию кубсатов, по полезным нагрузкам, по обработке и использованию информации со спутников [4].

Учитывая размах проводимой работы, можно предположить, что школьники, которые дополняются в системе технического дополнительного образования, примут участие в работе над кубсатами с точки зрения космических

содержится вся информация о его целевых возможностях, а также телеметрии.

Идеально сделать каждый спутник при приближении не просто точкой, а моделью реального объекта, ориентированного в пространстве так, как это есть в реальности. Сейчас результаты, полученные с помощью образовательных спутников, доступны ограниченному кругу лиц; напротив, интернет-портал за счет дружественной визуализации позволит расширить аудиторию проекта Space-π. Желательно не только дать доступ к данным по дистанционному зондированию Земли, измерению магнитного поля нашей планеты, мониторингу космической радиации и т.д., но и привести сравнение с результатами работы «больших спутников», комментарии ученых и специалистов к полученной с кубсатов телеметрии и фотоснимкам.

На сайте необходимо выложить переведенные и дополненные материалы по стандарту кубсат и по приборам, которые можно установить на наноспутниках. Сейчас на русском языке доступ-



Габаритные размеры кубсатов (Канадское космическое агентство)

технологий, но вопрос о привлечении интереса к Space-π широких слоев учеников во всей России стоит открытым.

Вариантом решения этой проблемы могло бы быть создание открытого интернет-портала Space-π для всех желающих. Для простого примера можно взять сайты, посвященные разворачиванию глобальной спутниковой группировки Starlink компании SpaceX [5]. Зайдя на сайт Space-π, школьник увидит Землю с орбитами всех наноспутников, входящих в проект. Для любого спутника будет указана справочная информация о нем, о параметрах орбиты, и будет возможность перейти на страницу, где

но минимальное количество удобных текстовых и иллюстративных материалов на русском языке, обычно это описание коммерческих продуктов — конструкторов кубсатов. На сайте Роскосмоса и партнеров проекта Space-π нет обобщенных, адаптированных для школьников материалов по всем этапам создания и эксплуатации наноспутников. Для сравнения: на сайтах других космических агентств такие материалы есть [6], а на сайте NASA доступен удобный путеводитель по созданию кубсата [7]. Подобные структурированные материалы намного более удобны для школьников, чем просто видеолекции.

При выполнении всех изложенных рекомендаций к созданию единого открытого интернет-портала Space-π можно ожидать участия школьников не только в техническом конструировании кубсатов, но и в использовании получаемых данных и существующих возможностей в изучении климата, географии, информатики, физики, технического дизайна, радиосвязи.

1. [pdx.pf/competition/307](http://pdx.pf/competition/307)
2. [openinnovations.ru/live/track/117](http://openinnovations.ru/live/track/117)
3. [cubesat.org/cds-announcement](http://cubesat.org/cds-announcement)
4. [vk.com/video-122623791\\_456243604](http://vk.com/video-122623791_456243604)
5. [satellitemap.space](http://satellitemap.space)
6. [asc-csa.gc.ca/eng/satellites/cubesat/](http://asc-csa.gc.ca/eng/satellites/cubesat/)
7. [nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa\\_csl\\_cubesat\\_101\\_508.pdf](http://nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_csl_cubesat_101_508.pdf)



## Испытания «Старшип» на космодроме SpaceX в Бока-Чика

Американская компания SpaceX, «вернувшая Соединенные Штаты в космос» [1], работает над созданием сверхтяжелой космической транспортной системы Starship [2].

Новая ракета-носитель состоит из двух частей: первой многоразовой ступени Super Heavy и второй многоразовой ступени и одновременно космического корабля Starship (так называется также вся ракета в сборе), которые смогут доставлять на орбиту 150 т и возвращать на Землю 50 т грузов. Общая длина конструкции — 120 м, диаметр — 9 м [3]. После выведения на орбиту второй ступени Starship первая ступень будет возвращаться на стартовую площадку и мягко приземляться на шесть опор. Топливная пара, используемая для двигателей ракеты Raptor, — жидкий метан (горючее) и жидкий кислород (окислитель).

После выполнения своей цели в космосе для возвращения на Землю Starship будет использовать аэродинамическое торможение в атмосфере при помощи подвижных крыльев и садиться вертикально на реактивных двигателях. Каждый корабль будет оборудован тремя атмосферными двигателями Raptor с контролем вектора тяги и тремя неподвижными двигателями в вакуумном исполнении (с увеличенными соплами).

В небольшой тexasской деревне Бока-Чика на западном побережье Мексиканского залива рядом с границей Мексики компания SpaceX построила испытательный космодром, где под открытым небом рабочие собирают прототипы вторых ступеней Starship, а сейчас и первый демонстратор первой ступени Super Heavy.

Почти сразу после сборки прототипы там же рядом устанавливаются на стартовый стол для испытаний. Летные демонстраторы получают обозначение SN с порядковым номером. Несколько первых прототипов пострадала при испытании на предельную прочность баков и технологической отработки подготовки к пускам. Заметными стали полеты демонстраторов SN8 (9 декабря 2020 года) и SN9 (2 февраля 2021 года) — оба выполнили большую часть циклограммы испытаний — первый поднялся на высоту 12,5 км, второй — на 10 км, оба выполнили маневры в воздухе и торможение корпусом и крыльями. При посадке прототипы взорвались при ударе о землю, вызвав большой ажиотаж в СМИ.

Полученная с датчиков информация и все замечания были учтены при подготовке следующего демонстратора Starship SN10, который стартовал 3 марта (ночью 4 марта по московскому времени), причем со второго раза. При первой попытке предстартовый отсчет остановился за 0,1 с до взлета, выключив уже заработавшие двигатели.

SN10 выполнил успешно все этапы полета, впервые осуществив мягкую посадку после подъема на 10 км. На этой высоте он отключил двигатели Raptor, развернулся и при помощи аэродинамических крыльев вернулся к месту старта. Вновь включив три двигателя, прототип принял вертикальное положение и, отключив при снижении два двигателя, мягко приземлился на выдвинутые опоры [4].

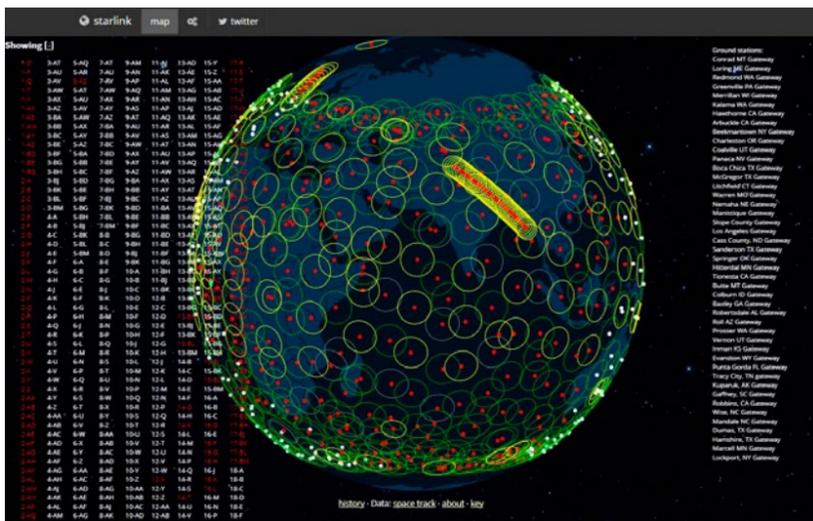
Но на видео видно, что SN10 после посадки стоял с наклоном, возможно, повредив опоры. Примерно через 8 минут после приземления Starship SN10 взорвался [5]. Официального заключения еще нет, но по первым версиям экспертов произошла утечка метана, которая привела к взрыву. На кадрах посадки видно, что на стартовой площадке была включена система пожаротушения, но, вероятно, она не смогла справиться с пожаром в двигательном отсеке.

Несмотря на происшествие, компания SpaceX заявила об успешном испытании и отметила, что следующий прототип, Starship SN11, будет готов к испытаниям в ближайшее время.

Интересно, что буквально за сутки до полета SN10 японский миллиардер Юсаку Маэзэва, у которого есть контракт со SpaceX на облет на корабле Starship Луны в районе 2023 года, объявил о конкурсном отборе восьми участников этого полета. По словам Маэзэвы, потенциальные кандидаты должны соответствовать двум критериям: заниматься деятельностью, которая «каким-либо образом помогает другим людям и обществу в целом», и быть готовыми поддерживать других членов экипажа. Они полетят к Луне за его счет. Заявки принимаются до 14 марта [6].

Александр Хохлов

1. [trv-science.ru/2020/06/crew-dragon-s-ekipazhem-pribyl-na-mks/](http://trv-science.ru/2020/06/crew-dragon-s-ekipazhem-pribyl-na-mks/)
2. [meduza.io/feature/2019/11/03/ilon-mask-pohozhe-deystvitelno-postroil-korabl-dlya-mezhplanetnyh-puteshestviy-kogda-nachnuty-ispytaniya-starship-i-kogda-on-poletit-na-mars](http://meduza.io/feature/2019/11/03/ilon-mask-pohozhe-deystvitelno-postroil-korabl-dlya-mezhplanetnyh-puteshestviy-kogda-nachnuty-ispytaniya-starship-i-kogda-on-poletit-na-mars)
3. [spacex.com/vehicles/starship/](http://spacex.com/vehicles/starship/)
4. [youtu.be/ODY6JWzS8WU](http://youtu.be/ODY6JWzS8WU)
5. [youtu.be/gIzOcsu8tWk](http://youtu.be/gIzOcsu8tWk)
6. [dearmoon.earth](http://dearmoon.earth)



Визуализация спутниковой группировки Starlink (satellitemap.space)

## С расширенным доступом

Если бы меня попросили описать одним словом мою текущую научную деятельность, то это было бы слово «смерть». Конечно, я прекрасно понимаю, что эта тема сильно табуирована, чему виной различные суеверия, страхи и тому подобные вещи. Однако, несмотря на это, мне всё же хочется поговорить об этом в контексте моей профессиональной научной деятельности. Отчасти потому, что это, как я сказал, запретно, а значит притягательно, а отчасти потому, что я давно ищу разные формы представления исследований, проводимых со своими коллегами-лимнологами, в научно-популярной форме. В конце концов, подумал я, а почему бы и нет? Тем более, что в таком ключе про исследования озер, коих видимо-невидимо на нашей стране, уверен, еще никто до меня не писал. В общем, задел готов. Поехали.

Тем, кто мало представляет, чем мы с коллегами занимаемся, поясню. Мы лимнологи, изучаем озера, главным образом на севере России (в Карелии, Мурманской области). Лично я специализируюсь на геохимии донных отложений озер и чаще всего изучаю поведение тяжелых металлов в водной среде и их накопление в озерном иле. Каждое лето и зиму мы выбираемся в экспедиции и отбираем образцы проб — воды и тех самых отложений или ила, далее везем их в лабораторию, анализируем, обдумываем полученные данные и пишем научные статьи. В общем, как вы поняли, я и мои коллеги часто бываем на озерах — и на больших (например, на Ладожском или на Имандре), и на совсем маленьких, почти лужах, которые в Карелии называют «ламбами», или «ламбушками», что по-фински означает «лесное озеро». В Мурманской области малые озера никаким отдельным словом не обозначаются, так что будут они просто «малыми озерами». В любом случае хоть в Карелии, хоть в Мурманской области, хоть в какой-нибудь Тмутаракани озера (как их ни назови) — это природные объекты повышенной опасности. Настолько повышенной, что на кону ни много ни мало жизнь человека. В нашем случае не просто человека, а ученого, в иных ситуациях даже светил науки. Это значит, что любой водоем, хоть маленький, хоть большой, при определенных обстоятельствах (неблагоприятных погодных условиях, технических неисправностях или просто людской дурости) может отправить на тот свет транзитом через дно озера любого, кто сядет в лодку или встанет на лед.



Полевые лимнологические работы в июле 2020 года на севере Мурманской области (слева — А.В. Гузева, справа — З.И. Слукковский). Фото М.Б. Малышевой

По статистике Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) вследствие утоплений умирают от 320 тыс. человек в год (Утопления, 2020)<sup>1</sup>. Это, ни много ни мало, примерно население Саранска, Смоленска или Якутска. Если говорить только о России, то по данным Министерства чрезвычайных ситуаций в нашей стране тонут от 3 до 4,5 тыс. людей ежегодно (МЧС..., 2020). Интересно, что наибольшему риску утопления подвергаются дети, мужчины и люди с расширенным доступом к воде. А кто такие лимнологи, если не люди с этим самым «расширенным доступом к воде»? По моей собственной статистике, у меня ежегодно бывает до 30 связанных с водой выходов на водоем летом и осенью и до 10 — в весенне-зимнее время. И это без учета выходов на озеро или реки, связанных с отдыхом. Вот тебе и ежегодный, можно сказать, нескончаемый риск. Даже правильно надетый жилет не спасет в случае попадания в воду, потому что и летом наши северные озера могут оставаться холодными. Так что умереть можно еще до того, как тело погрузится на дно, — от переохлаждения. Попасть же в воду, увы, достаточно легко. Нужно всего лишь сесть в неисправный плавательный аппарат, продырявить его (случайно или нет — не важно) во время путешествия, нарваться на скалу или другое судно, выйти на неокрепший лед или нырнуть (вероятно, за пробой?) в полынью даже в том случае, если лед достаточно толстый. Вариантов много — выбирай любой. Итог один: смерть. И это был первый вариант доказательства моего первоначального постулата. Двигаемся дальше.

## Умри, но стратификацию сохрани!

Если продолжать тему утопленников, то почти каждую мою экспедицию они так или иначе возникают то на одном озере, то на другом. Благо этими несчастными не становятся мои коллеги, потому что мы свято чтим технику безопасности. Я говорю об утопленниках прошлого, о трагичных историях, которые хранят многие водоемы нашей страны. Обычно о таких случаях мы узнаем от местных жителей, так как большую часть своих исследований проводим на водоемах, которые расположены в городах или сельской местности. Например, в 2018 году

# Смертельная лимнология, или По ком стонет дно Карельской ламбы? Черный юмор от суровых лимнологов Заполярья

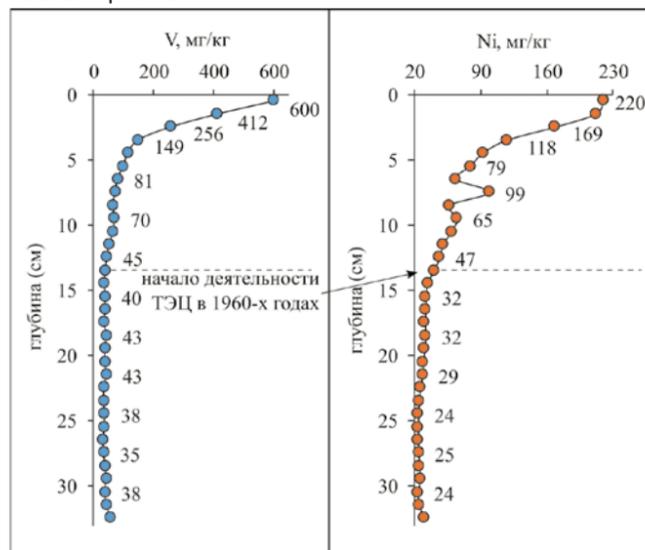
Захар Слукковский, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН и Института геологии Карельского научного центра РАН

на берегу озера Хухтерву Лахденпохского района Республики Карелии местная жительница поведала, что несколько лет назад в этом водоеме утонул мужчина, и на его поиски даже водолазов вызывали, которые, перевернув всё дно, так никого и не нашли. Утопленник через несколько дней после их отъезда всплыл сам. Водолазы при этом, по ее словам, обнаружили в этом озере «двойное дно» — правда, что это такое, мы так понять и не смогли: эхолот (прибор для измерения глубин) никаких аномалий в этом озере не обнаружил, бурение донных отложений пробоотборником Limnos также прошло довольно успешно. Причем колонка отложений оказалась вполне представительной, о чем можно было судить по характерному распределению Pb, Cd и Sb, по которым можно судить о влиянии дальнего переноса загрязняющих веществ на Севере России.



Работы на озере Хухтерву Лахденпохского района Республики Карелии в июле 2018 года (в лодке — Е.В. Сыроежко и М.А. Медведев). Фото З.И. Слукковского

На другом водоеме, озере Окунёвом, расположенном в центре города Мурманска, в том же 2018 году утопленник «всплыл» прямо в СМИ. В частности, о случае гибели 46-летнего местного жителя сообщалось на сайте «Мурманского вестника» (Водолазы..., 2018). Примечательно в этом случае то, что я с коллегами буквально за неделю до печального случая работал и отбирал пробы воды и донных отложений с этого озера (Слукковский, 2018а). Как и в случае с озером Хухтерву, к делу были подключены водолазы, и именно с их помощью тело утонувшего мурманчанина было вытаскано из водоема. Дальнейшие исследования колонок донных отложений продемонстрировали, что утопленник также никак не нарушил стратификацию осадков в озере Окунёвом (Slukovskii et al., 2020a). Больше всего нас интересовали распределения V и Ni (см. график), ведь именно эти два металла в большом количестве содержатся в выбросах ТЭЦ Мурманска, которая работает на мазуте (Попов, 2019). Графики, полученные в ходе работ, иллюстрируют непрекращающийся характер загрязнения городского водоема с середины прошлого века по сей день. Как это связано с утопленником? Да особенно никак. Но ведь мне нужно как-то оправдать научность этой публикации. Получается, под соусом запретной смертельной темы подаются вполне себе открытые эколого-геохимические данные. И городские озера в этом отношении — просто клад, ведь с ними всегда и повышенные концентрации элементов-загрязнителей вследствие антропогенной нагрузки, и несчастные утопленники вследствие рекреационной привлекательности и доступности озер для местного населения. Уверен, что другие Мурманские озера также имеют не одну подобную историю, большинство из которых, вероятно, задокументированы только в архивах правоохранительных органов.



Вертикальное распределение концентраций ванадия и никеля в колонке донных отложений озера Окунёвого (город Мурманск)

Продолжая тему правоохранительных органов, необходимо сказать, что утопленники, которые постоянно «встречают» нас на городских озерах, могут быть связаны с громкими криминальными историями. Совсем свежая история возникла в моей записной книжке, когда я приехал в славный город Архангельск в сентябре 2020 года для исследований местных водных объектов. Первым озером в нашем списке значилось озеро Бутыгино, на котором нужно было измерить глубины и провести отбор воды и донных отложений. Почти сразу выяснилось, что всего год назад леденящая душу новость, связанная с Бутыгиным, ошеломила жителей Архангельска. Ошеломила эта история и меня, ведь про кого-кого, а про маньяка-каннибала я точно не был готов узнать от коллег в первый же день нашей экспедиции. Жертвами маньяка стали три человека, останки их тел были найдены как раз на дне озера Бутыгино (В Архангельске..., 2019). Следствием было установлено, что убийца и жертвы были знакомы, и они даже выпивали вместе. Именно после пьянки маньяк совершил свои злодеяния, убив, расчленив и частично поев (поэтому и каннибал) своих собутыльничков. Примечательно, что обвиняемый в тройном убийстве был признан психически вменяемым. Это при том, что данный товарищ употреблял в пищу не только людей, но и кошек, собак и других мелких животных и птиц, чьи останки были обнаружены в пакетах вместе с человеческими. Жуть, да и только. Однако, если задуматься, то водоемы довольно часто используются криминальными элементами в качестве мест, где можно скрыть орудия преступления (ножи, пистолеты) или самих жертв. Подобные случаи описаны в книгах, регулярно демонстрируются в фильмах, а также становятся топовыми новостями в СМИ. Чего только стоит недавняя история расчленителя Соколова из Санкт-Петербурга, который пытался утопить останки своей жертвы в реке Мойке, но был остановлен, так как сам упал в реку, а в его рюкзаке нашли части тела убитой девушки (Доцент-расчленитель..., 2019). В настоящий момент и архангельский маньяк, и питерский расчленитель находятся под стражей.

Заканчивая тему озер и убийц, не могу не отметить один факт. В 2018 году мы с коллегами начали свои исследования на озере Большом Вудъявре, расположенном рядом с городом Кировском (Слукковский, 2018б). Конечно, исследования этого водного объекта велись много лет и до нас. Но вот почему-то именно в это время, а именно 14 марта 2019 года, на экраны вышел восьмисерийный детективный сериал «Мертвое озеро» с Евгением Цыгановым в главной роли. «А что здесь такого?» — спросите вы. А то, что снимали фильм в Кировске, и в качестве ключевого («мертвого») водоема использовали упомянутый уже Большой Вудъявр. Совпадение? Думаю, да. В психологии это называется феноменом Баадера — Майнхофа, или иллюзией частности. То есть я не псих, а просто замечая лишь то, что хочу замечать, и мне кажется, что это попадает мне всюду. Если интересно, почитайте. И сериал посмотрите. В любом случае будем считать, что вторая часть доказательства тезиса о смертности лимнологических исследований закончена.



Афиша сериала «Мертвое озеро», снимавшегося в Кировске

## О, «счастливики»...

Пытаясь плавно перейти к следующим эпизодам, отмечу, что идея назвать сериал «Мертвым озером» совсем не уникальна. Дело в том, что простой поиск по картам «Яндекса» выдал мне пару десятков озер с названием «Мертвое». Такие объекты можно встретить в Хабаровском крае, на Чукотке, в Тюменской области, в Подмосковье и в Республике Беларусь. На самом севере Мурманской области есть озеро Могильное. Уверен, существует множество версий, почему эти озера были названы столь жуткими словами. Может, где-то было совершенно убийство или ритуальное жертвоприношение, а где-то просто не водится рыба, и местные жители решили, что вода в озере плохая и, следовательно, мертвая. В общем, насчет воды какого-либо из этих озер сказать без предметного анализа что-то очень сложно, но то, что на дне всех этих водоемов лежат тонны мертвых остатков растений и животных, — неоспоримый факт. Именно эти остатки слагают донные отложения озер. Иногда эти отложения называют словом «сапропель», что в переводе с латинского означает ▶

<sup>1</sup> Полный список литературы см. на нашем сайте.

► «гнилой ил». Озера с большим содержанием этого самого ила, подверженные эвтрофированию и заболачиванию, вполне могут быть непригодны для обитания рыбы. Вот вам и вероятная причинно-следственная связь между названием какого-либо из Мертвых озер России-матушки и тем, почему эти озера могут быть лишены пользы для местного населения.



Автор статьи с бидоном сапропеля озера Грязного (Республика Карелия). Фото Е.М. Макаровой

Кстати, в неглубоком и богатом сапропелем небольшом озере довольно легко утонуть, так как желеобразный водянистый ил может запросто засосать, если попытаться на него встать. Получится тот же эффект, что и с тонущим в болоте: чем больше барахтаешься, тем больше тебя засасывает. Так что и в этом отношении любое из найденных Мертвых озер может легко оправдать свое название. Причем же тут лимнологическая деятельность, моя и моих коллег? А вот притом, что именно донные отложения (ил или сапропель) чаще всего являются основными объектами наших исследований уже много лет. Им посвящены наши публикации в российских и иностранных журналах и почти все проекты различных научных фондов, дающих мне и моим коллегам деньги на всё новые и новые (смертельно интересные!) исследования омертвевших остатков некогда живых организмов. Кстати, надеюсь, вы понимаете, что частью донных отложений или сапропеля может стать не только листик березы, кусок сосновой коры, маленький окунь, гигантская непойманная кем-то щука, бентос или планктон, но и любой из упомянутых выше несчастных утопленников. Как бы это ни звучало ужасно, но утонувшего и разложившегося на частицы на дне какой-нибудь Карельской ламбы или малого озера Мурманской области человека вновь можно поднять в виде осадка в ходе наших лимнологических работ. Отдельные «счастливики» могут даже «попасть» (опять-таки в виде донных отложений) на страницы какого-нибудь модного международного научного журнала. Не уверен, что кто-либо когда-либо задумывался о таком «воскрешении» после смерти, и тем более не уверен, что кто-либо мечтал о чем-то таком при жизни, но факт остается фактом: частью научной работы лимнолога может стать каждый. Ну, а если говорить совсем глобально, то, в принципе, в озера и в их донные отложения попадает всё, что умерло в пределах водосборной площади. Так что, по-хорошему, каждый из нас после смерти станет илом на дне. В общем, отложения, которые мы изучаем, также имеют прямое отношение к теме смерти. Это был третий вариант доказательства моего постулата из начала статьи.

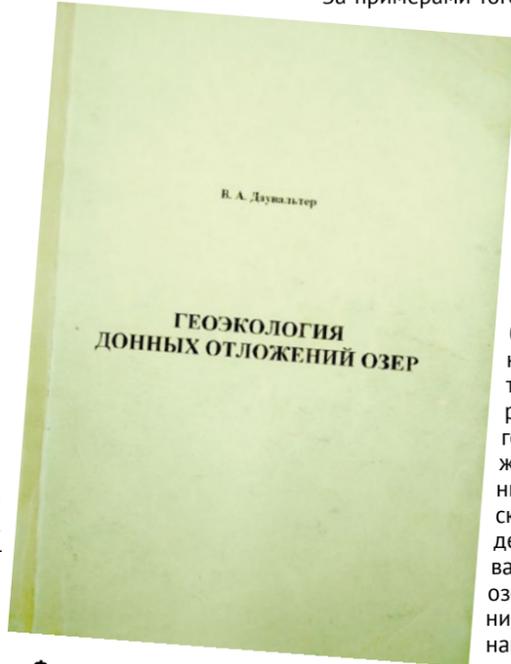
### Что ни озеро — то с металлами

И вот вы прекрасно поняли, что донные отложения в Карелии, Мурманской области и вообще на Севере во многом состоят из органического вещества (детрита). Самые нажористые сапропели могут иметь до 80% органики. Но бывает и меньше.

Например, отложения озера Большого Вудъявря, где снимали упомянутый выше сериал, — это вообще не сапропель; органики в отложениях этого водоема не больше 15–17%. В общем, это я к тому, что вторую, иногда очень значительную, часть всех отложений озер составляют частицы горных пород или осадков водосборной территории. По уровню накопления тех или иных химических элементов иногда можно установить, что это за породы, есть ли в них рудная минерализация, классифицировать тип осадка и т.д. (Страховенко, 2011). А еще по уровню накопления отдельных элементов можно говорить о влиянии антропогенного фактора на жизнь водоема и его донные отложения (Даувальтер, 2012). Чуть выше в тексте статьи я уже упоминал некоторые из таких элементов (Pb, Cd, Sb, V, Ni), которые в экологической литературе объединяются в группу «тяжелых металлов». «Тяжелыми» их называют в основном из-за негативного (токсичного) влияния на живые организмы, включая человека. Именно поэтому оценка содержания этих элементов в разных средах, в том числе в отложе-

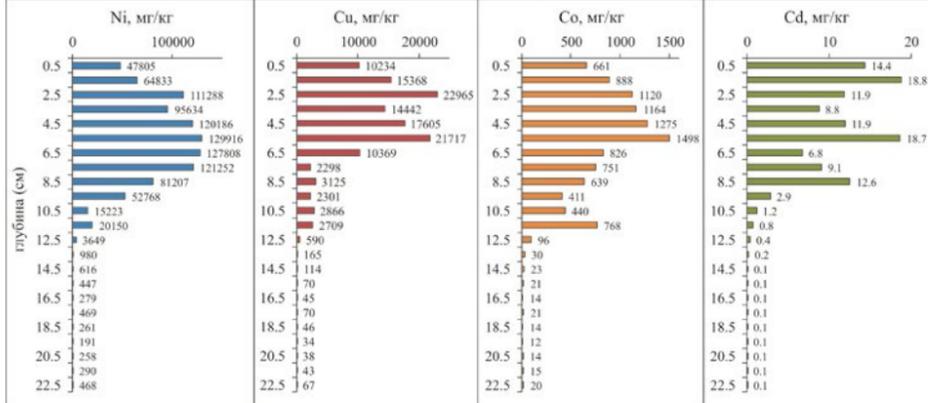
ниях озер, — очень важная составляющая научных исследований лимнологов. Если разобраться: во волосах детей, в нектаре растений, в шерсти кабана. Да-да, это всё реальные работы! При лимнологических исследованиях уровень накопления тяжелых металлов оценивается в воде, в донных отложениях и в живых организмах. В сапропелях, которые я часто изучаю, уровень накопления тяжелых металлов регулируется ГОСТом «Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия». Однако этот нормативный документ нужен только если вы собираетесь добывать озерные осадки и использовать их в сельском хозяйстве. В остальных случаях почти все донники (те, кто изучает донные отложения) используют фоновые концентрации тяжелых металлов на исследуемой территории или ПДК для почв.

За примерами того, насколько сильно концентрации тяжелых металлов в осадках озер могут превышать фон или ПДК, мне, как вы, думаю, понимаете, далеко ходить не надо. Городские озера и озера вблизи промышленных зон Севера России — прекрасная иллюстрация негативного влияния человеческой деятельности на водные экосистемы. В городе Петрозаводске сильному загрязнению подвержено озеро Ламба, которое, хоть и расположено на окраине, но много лет испытывало влияние местной ТЭЦ, работавшей с 1970-х по 2000-е годы на мазуте. Как итог в отложениях Ламбы отмечены ураганные концентрации V и Ni (Слуковский, 2020). Благо на сегодняшний день ТЭЦ перешла на использование газа, и уровень загрязнения озера и его сапропеля за последние 20 лет сильно сократился. Однако этот сапропель по-прежнему не стоит добывать ввиду высоких концентраций загрязнителей, хотя какое-то время назад существовала идея использования отложений озера Ламба для нужд местного ягодно-плодового питомника.



Фундаментальная работа главного специалиста по тяжелым металлам в донных отложениях в Кольском научном центре РАН, докт. геогр. наук, профессора В.А. Даувальтера

К счастью, никто эту идею так и не осуществил. Не стоит использовать ни для чего хорошего и отложения из озера города Мурманска, которые тоже загрязнены уже упомянутыми V и Ni, ведь в столице Заполярья также работает мазутная ТЭЦ, причем используя с 1960-х годов это не самое экологичное топливо до сих пор (Slukovskii et al., 2020b). Самая печальная ситуация сложилась с озерами Ледовым и Семёновским. Кроме повышенных концентраций V и Ni, в обоих водоемах отмечены аномалии по Pb, Sb и нефтяным углеводородам, характерный запах которых выдавал что-то неладно с этими озерами еще при отборе проб (Guzeva et al., 2020). Так что нефтянка вкупе с тяжелыми металлами делает Мурманские озера одними из самых загрязненных водоемов на Северо-Западе России. Пospорить с ними в этом отношении могут только озера близ медно-никелевых комбинатов в Никеле и Мончегорске. Например, в отложениях озера Нюдъявр (см. рисунок), куда поступают стоки от металлургического производства, отмечены сумасшедшие концентрации Ni, Cu, Co и Cd (Даувальтер, Кашулин, 2011; Слуковский, Даувальтер, 2019). Похожая ситуация наблюдается и в городском озере Комсомольском, которое принимает лишь атмосферные выбросы от предприятия. Конечно, абсолютные значения тяжелых металлов в этом озере значительно ниже, чем в Нюдъявре, но набор загрязнителей, естественно, тот же (Slukovskii et al., 2020c). Исследователи атмосферных аэрозолей отмечают влияние металлургического производства в Мончегорске по маркерным элементам (Ni и Cu) даже на расстоянии около 400 км (Виноградова, Иванова, 2013). Я в свою очередь могу добавить, что повышенные (но не такие, как близ Мончегорска, конечно) концентрации этих двух металлов в самых верхних слоях донных отложений мы отметили в озерах севера Карелии. Значит, и правда долетают. Не врут исследователи атмосферных аэрозолей.



Вертикальное распределение концентраций никеля, меди, кобальта и кадмия в донных отложениях озера Нюдъявр (Мурманская область)

### Привет от самураев

Безусловно, повышенные концентрации тяжелых металлов влияют на жизнь в озере или любом другом водоеме. Самый худший сценарий — это гибель того или иного вида или группы живых ор-

ганизмов. И хотя есть организмы, которые вполне себе приспосабливаются даже к самым ужасным условиям обитания, отдельные организмы антропогенного стресса в виде тяжелых металлов выдержать не могут. Чувствуете, чем снова запахло? Да, я снова о смерти. Именно для этого промежуточного вывода и были написаны два абзаца про тяжелые металлы, которые можно назвать самыми главными убийцами среди всех элементов Периодической системы Менделеева. На их счету не одно преступление против человечества, как в глобальном смысле, когда мы говорим о загрязнении больших территорий нашей планеты, так и в локальном, можно сказать, личном, когда речь идет о конкретных жертвах среди людей. Хорошим примером может стать известный нам еще с древних времен Pb. Им травились еще во времена Римской империи, когда строили водопровод со свинцовыми трубами (Delile et al., 2017). Естественно, Pb попадал таким образом в воду, которую пили жители великого государства. Свинцом травились большие любители вина вплоть до конца XIX века, ведь ацетат Pb добавляли в этот алкогольный напиток для подслащивания и консервации. Известны случаи, когда люди гибли от отравления свинцом, который попал в их пищу из припоев консервных банок. Чаще всего такие жертвы встречались среди путешественников, которым и без того приходилось несладко, потому что путешествие — это само по себе стресс, а тут еще и свинцовый «подарок» (Слуковский, 2019б). В медицине отравление Pb называют «сатурнизмом» (от лат. saturnus (по имени планеты)). На сегодняшний момент сатурнизм — это самый распространенный вид отравлений тяжелыми металлами.

Свои персональные названия отравлений имеет не только Pb, но также ртуть (Hg) и кадмий (Cd) — не менее опасные тяжелые металлы (Зилов, 2006). Болезнь, вызванную отравлением Hg, именуют болезнью Минаматы, потому что впервые ее обнаружили и описали у жителей японского города Минамата в 1956 году. Причиной отравления людей стала деятельность химического завода компании Chisso, сбрасывавшего ядовитые отходы в море, где металл поглощали морские животные, которых употребляли в пищу местные жители (Harada, 1995). В ходе исследования было установлено, что кроме Hg завод сбрасывал и отравлял море также соединениями Pb, As, Mn, Se и Tl. Недуг, связанный с отравлением Cd, называется «итай-итай», и он тоже родом из Японии. Добыча кадмиевых руд в префектуре Тояма привела к загрязнению этим металлом вод реки Дзиндзу, которая использовалась для орошения рисовых полей и хозяйственных нужд. Через рис и рыбу Cd стал попадать в организм местных жителей, что заметно сказалось на их здоровье. Основные проявления болезни — сильные боли в суставах и позвоночнике, отчего и произошло название болезни, так как в переводе с японского «итай-итай» означает «ой-ой, больно». Кроме того, у больных часто обнаруживались остеомаляция (низкая минерализацией костной ткани) и почечная недостаточность, которая часто заканчивалась смертью несчастных страдальцев. Таким образом, и тут, в случае с тяжелыми металлами, которые мы изучаем в ходе наших эколого-геохимических исследований озер, — они убивают, они несут смерть, а значит наша, с коллегами лимнология во всех отношениях пропитана этим словом, не самым любимым многими из нас.



Фотоэкспозиция в мемориале в память о жертвах отравления ртутью в городе Мейсей (Япония)

### Что в итоге?

Подводя небольшой итог написанному, хочу еще раз тезисно пройти по всем пунктам. Во-первых, работа лимнолога, человека, часто пребывающего на воде, опасна по определению. С водой шутки плохи. Об этом еще в шуточной советской песне про пилу пелось: губит людей она. Во-вторых, даже если соблюдать все меры безопасности (что мы всегда с коллегами и делаем), о смерти нам всегда напоминают те или иные печальные истории, связанные с изучаемыми озерами. О некоторых из этих историй мы узнаем от местных жителей, о некоторых — из новостей. Кроме того, тема озер или других водных объектов близка криминалу, особенно когда нужно замести следы, будь то фильм или реальная ситуация. В-третьих, отложения озер, которые стали моими главными объектами исследования, — это ни что иное как отмершие остатки растений и животных. В отдельных случаях частью озерного дна — и впоследствии сапропелем — может стать любой из нас, а кто-то, само собой, уже стал. «Ибо прах ты и в прах возвратишься», — говорится в Библии. Так что не переживайте, все там будем. И, в-четвертых, смертью пронизана сама идея происхождения термина «тяжелых металлов», без исследования которых сейчас не обойтись ни в какой науке. Свинец, кадмий, ртуть, сурьма, никель, ванадий — грозное оружие в руках человечества против природы и самого же человечества как части природы. Можно сказать, своеобразные всадники Апокалипсиса, имена которым Сатурнизм, Минамата, Итай-Итай и другие, которые еще только предстоит придумать науке. ♦



Понтекорво, Д. Б. - мл. н. сотрудник

# «Везение приходит, только если что-то делаешь»

## Интервью с физиком и переводчиком Джилем Понтекорво

О том, как семья будущего академика АН СССР Бруно Понтекорво появилась в Советском Союзе, об особенностях жизни в стране победившего социализма и собственной научной карьере старшего сына великого физика беседует **Ян Махонин**.



— Летом 1950 года вы всей семьей приехали в Советский Союз. Вы помните этот момент?

— Очень хорошо помню! Это было в конце лета 1950 года. Мы с отцом, матерью и братьями выехали из Хельсинки на машинах. Как утверждается в книге Фрэнка Клоуза «Бруно Понтекорво и его переход на „другую сторону“», отец был в багажнике. Но этого я не помню. Я помню, как мы вылетели из Рима, летели в Стокгольм и в дороге мне запрещали разговаривать с соседями, с чужими людьми — хотя до этого такого никогда не было, я всегда разговаривал с кем хотел — я вообще не понимал, что такое чужие люди. Когда мы приехали в Стокгольм, я говорю: «Поехали к бабушке». Потому что я знал, как ехать, я там был год до этого. «Нет, никаких бабушек». Это было для меня загадочно, но раз сказали — я особенно не страдал. Дальше мы полетели в Хельсинки. Вид сверху был удивительно красивым: видна была береговая линия с фиордами... Там мы были два-три дня, я там впервые выпил красного вина, это я отчетливо помню. Ну и потом мы где-то сели в машину, едем, едем по красивому лесу, куда-то доехали, переехали границу. Там нас встретил какой-то военный, подарил маме шоколадный набор, потом мы пересели в ЗИС-110 и поехали на маленькую местную станцию, какие бывают на Севере, довольно долго ждали поезд и уехали в Ленинград.

— Как вы объясняли себе все эти непонятные передвижения?

— На той северной станции я читал книгу Джека Лондона «Морской лев». Я сидел и думал: что это родители еще придумали? Я не одобрял. Обычно, когда семья куда-то собиралась, я всегда делал всё, чтобы остаться дома. А тут так. Потом мы приехали в Ленинград, это я уже помню хорошо. Это было под осень, в конце августа, и Ленинград мне очень понравился. Красивый город! К тому же погода была изумительная — начало золотой осени... Но опять — родители начинают мне говорить что-то непонятное: «Посмотри, какие симпатичные люди вокруг». А я говорю: «Такие же, как в Англии, что это вы несете». Только позже я понял, что они имели в виду, попросту они были так настроены, идеями. Но я-то нет!

— То, что в этом была политика, до вас доходило?

— Я уже бывал в разных странах, знал, что такое границы, паспорта, я кое-что понимал. Но понятия Запад — Восток я тогда, конечно, не воспринимал. И, надо сказать, в тот момент, когда я приехал, центр Москвы не очень отличался от сегодняшней Москвы. Было чисто, красиво, ездили троллейбусы, метро, были магазины, чего еще надо? У меня на тот момент полное было отсутствие такого «здесь ничего нет, там всё есть». Здесь есть это, а там — другое, ну и что?

— Советский разведчик Павел Судоплатов в своей книге «Советская разведка и атомная проблема» утверждает, что ваш отец работал на советскую разведку. Правда ли это? И могло ли это послужить причиной скоропалительного отъезда вашей семьи в СССР?

— Совершенно очевидно, что я не мог знать ничего об этом... Да и сейчас я могу только рассуждать на эту тему, но мне кажется, что всё указывает на то, что, хотя политические

взгляды моих родителей были, очевидно, левыми (как у большей части западной интеллигенции), интересы отца точно лежали в плоскости «чистой науки» и не были связаны с военными применениями. Он, кстати, очень гордился своим изобретением нейтронного каротажа — метода разведки нефти, потому что поиск нефти с помощью нейтронов оказался первым применением замедления нейтронов, открытого группой Энрико Ферми, и именно в мирных целях.

— В 1950 году, когда вы приехали в Москву, вам было 12 лет. Вы можете вспомнить ваши тогдашние ощущения?

— В Москве мы оставались два месяца. Для меня это были самые ужасные два месяца в моей жизни. Но это не оттого, что мы были в России, — я даже не знал, где нахожусь. Дело было в том, что я привык постоянно общаться со школьными друзьями — дома я мало бывал. Я был дисциплинированный, но у меня особой привязанности к дому не было. А в Москве я находился в квартире, непрерывно ел, выходил мало, потому что я не знал языка. Это был кошмар. Я помню один эпизод — это было на улице Горького. Я шел быстро, ну, мальчик, и столкнулся с женщиной, и она уронила сумки. Я не убежал, остановился, извинился, на английском, конечно, а она ругалась. Собирается толпа, и все сильно меня ругают. Я ни слова не понимаю, стою, не испугался, но думаю, чего они ругаются, что за странное поведение. Потом пришел милиционер и их всех разогнал. А когда я узнал, что не поеду обратно в Англию в свою школу, я устроил грандиозную истерику. Через много лет мы с родителями вспоминали этот момент, и выяснилось, что они об этом даже не помнили!

— Когда вы с семьей перебрались в Дубну? Как вы там адаптировались?

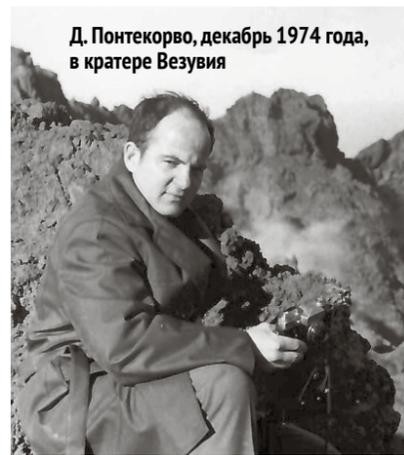
— В Дубну мы приехали 9 ноября 1950 года. Когда мы ехали, я глядя в окно машины радовался — везде вокруг был лес, и это было мое. Я привык к этому, потому что до 10 лет я рос в Канаде. Дети очень не любят менять место жительства. Я в свои 12 лет уже не был маленьким, я был совершенно самостоятельным, а проблем общения с окружающими у меня никогда не было. Но тем не менее — в 10 лет я переехал из Канады в Англию, и в 12 — из Англии в Россию. Два больших переезда, это давалось нелегко. В Англии мне потребовался год, чтобы почувствовать себя «своим», чтобы всё было хорошо с друзьями, чтобы я одинаково одевался. Но когда я приехал в Дубну и 10 ноября пошел в школу, у меня в течение одного дня все проблемы были решены. Были друзья, причем они знали максимум два-три английских слова, а я русских ни одного не знал. Тем не менее сразу образовался круг общения. Моих родителей угваривали отдать меня в Москву, в английскую школу, где учились дети дипломатов. Но, слава богу, они отказались, и я им за это очень благодарен. Они сказали четко: пусть идет в нормальную школу, учит язык и занимается. Если я бы пошел в этот дипломатический питомник, я бы гораздо хуже знал русский язык.

— В Москву вы ездили?

— Моим первым школьным закадычным другом был Саша Михушкин, он электронщик в ЛЯРе. Мы с ним еще школьниками ездили вдвоем в Москву,

добирались на автобусах. Кто сейчас отпустит тринадцатилетних мальчиков одних в Москву? Тогда этих проблем не было. В Дубне Саша жил у дяди, а отец жил в Москве, где-то на окраине, был довольно бедный. Я помню мои тогдашние политические мысли: как бедно живут и какие при этом симпатии!

А регулярно мы начали ездить уже когда учились в вузах в Москве. Домой мы добирались от Савеловского вокзала на электричке до Дмитрова, а дальше на маленьком автобусе. А когда я был уже на четвертом курсе, наконец-то пустили поезд, причем дальнего следования, плацкарты. Мы ездили нашей дубненской компанией, обычно ложились и спали до Москвы.



Д. Понтекорво, декабрь 1974 года, в кратере Везувия

### Солнце, снег, лед...

#### и меняется вся жизнь

— В годы, когда вы приехали, шло дело врачей-вредителей, гонения на «космополитов»... Вы об этом знали?

— В школе нам кое-что объясняли. Чуть позже я что-то (не помню, что) сказал по этому поводу, и, видимо, неправильное. И я помню, что учительница себя повела угрожающе.

— У вашей семьи еврейские корни. В СССР в это время поднялась волна антисемитизма. С родителями вы это обсуждали?

— Никогда не обсуждали. О том, что у меня еврейские корни, я узнал в двадцать с чем то лет, до этого я вообще об этом ничего не знал. А с самой проблемой встречался, был один случай. В 1952 году мы были с братьями в пионерском лагере, причем под фамилией Иванов — мы находились, так сказать, на нелегальном положении, потому что вплоть до 1955 года отец был «засекречен», он не мог пользоваться своим именем. Мои братья были в младшем отряде, я в старшем.

В нашем старшем отряде было два еврея. Один — сын еврейки, врача пионерского лагеря. Его русский отец погиб на фронте. В свободное время ребята только это и обсуждали. Причем под углом зрения — прощать или не прощать. Ужасно! Для меня это было очень странно, это было впервые, когда я наткнулся на такое. В итоге парня простили, потому что отец погиб на фронте. А у второго мальчика не было «смягчающих обстоятельств», отец во время войны работал на военном производстве, а его сын-пионер работал двадцать четыре часа в сутки над тем, чтобы ребята в отряде его просто считали своим. И я это понимал, чувствовал, потому что когда я приехал, сначала в Англию (мы жили недалеко от Оксфорда), а потом в Дубну, мне при-

ходилось учиться себя вести в новом окружении, и я хорошо помню эти ощущения. Я довольно долго был не местным, хотя у меня лично никогда не было проблем. Мальчик в пионерском отряде рисовал все стенгазеты, участвовал во всех спортивных соревнованиях, учил того, кто хочет играть шахматы вслепую, — талантливый и умный парень. Мы тогда не стали приятелями — я еще не говорил свободно по-русски и мог только слушать и наблюдать. Позже мы случайно как-то встретились в Дубне. Он закончил МИФИ и стал ускорителем. К тому же он был альпинистом и горнолыжником, походником, теннисистом — как и я. И с тех пор мы друзья.

— А вас в школе кем считали?

— Сначала иностранцем. Звали меня «итальянец», а я всегда утверждал, что я не итальянец, а швед, потому что мама шведка, или француз, потому что я родился в Париже. Я всегда превращал это в шутку, и проблем у меня никогда не было. А в итоге я чувствую, что стал просто «русским парнем».



Дубненские школьники школы № 3, 1952–1954(?), не одноклассники, а класс, следующий за нашим.

уже было указание, хотя XX съезд еще не состоялся и, по-видимому, особой «оттепели» еще не было.

— Как вы поступили на учебу в Москву?

— Сначала я решил поступать в МИФИ по совету отца. Когда я туда поехал выдавать документы, пришлось заполнить бланк, и там был пункт: родственники за границей; где живут, кто чем занимается... там у меня не хватило места даже чтобы всех перечислить. Тем более я их не знал. И я подумал: так не пойдет. И поехал в университет, где всё было проще, и поступил на физфак. У меня была золотая медаль, и мне повезло. Там был конкурс, пять человек на место. Два человека золотых, три серебряных, на общих основаниях сначала не было никого.

— Как ваша мама, Марианна Норд-Блок, восприняла переезд в СССР? Как она приняла к новой жизни?

— Сначала нормально. Она была еще очень молодая, на момент нашего приезда ей было тридцать три года, отцу — тридцать восемь. В Дубне мама много занималась огородом. Лет через пять она заболела. Она довольно долго болела, но, слава богу, последние годы была в очень хорошей форме и жила с моим братом и его женой, и мы (три брата и мама) часто общались.

— Какие у вас были отношения с родителями?

— Я не могу сказать, что мы были очень близки, что мы постоянно что-то об-

суждали. С отцом мы были как друзья, с мамой меньше. Но и с отцом у нас были разные жизни. Он ходил в походы со своими, я — со своими. Я только один раз присутствовал, когда собирались его друзья. Компания эта, конечно, была очень интересная: из физиков там были академик Аркадий Мигдал, Сергей Петрович Капица, Виктор Суетин из Курчатовского института, но все остальные — это были киношники, писатели... Но, в общем, я в эту компанию не входил. Бывает, родители таскают с собой детей — у нас это было абсолютно не так. И по работе тоже. Я с отцом никогда не работал и на физфак пошел, можно сказать, вопреки его уговорам, а не наоборот. Из нашего класса четверо поступили на физфак...

— Можете сказать пару слов о вашем брате Тито?

— Он всегда любил лошадей. Сначала он ходил ухаживать за ними в колхоз и потом купил свою первую лошадь у цыган, в Кимрах. Она стояла у нас на дворе, прямо напротив ДК «Мир». Спустя некоторое время он договорился в Москве, и ему дали брата Анилина, очень породистого жеребца, и было очень интересно смотреть, как ласково они с «цыганской лошадей» друг на друга смотрят, как они друг другу нравятся. Но при этом явная крестьянка и аристократ. Было смешно. Тито — хороший организатор, и та конюшня, которую он возвел на Левом берегу, это была фантастика. Но и та, которая в Ратмино, красивая, на фоне рат-



В кабинете В. П. Дзелепова, день рождения Б. Понтекорво (80 лет, 1993 год)

► минских новостроек она до сих пор хорошо смотрится. Один раз я был на конюшне на Левом берегу с Еленой Петушковой — олимпийской чемпионкой по езде верхом, — и она очень хвалила конюшню. Оказалось, что манеж сделан по канонам конюшен графа Орлова. Вокруг была построена гостиница, и прямо из окон номеров можно было смотреть, как работают с лошадьми. При любом морозе там не было ниже 7°. Тито уже был известным конезаводчиком лошадей ахалтекинской породы. Эту породу в России спас какой-то советский француз, который сумел вывезти из Туркменистана табун ахалтекинцев, когда Никита Сергеевич Хрущёв уничтожал лошадей — у него была такая идея: есть трактора, лошадей нужно всех уничтожить. Тот француз собрал большой табун и повел его через Среднюю Азию, обошел Каспий и увел их на Кавказ, где лошади и сохранились. И Тито с ним был знаком.

— С 1962 года вы начали работать в ЛЯП ОИЯИ. Какая была атмосфера в институте в это время, т.е. в период правления Д.И. Блохинцева?

— Если бы вышло так, как я хотел в начале, я бы занимался термоядерными реакциями, плазмой и т.д. Когда я учился, я был на кафедре электронных явлений и физики термоядерных реакций, у Льва Арцимовича. Я договорился делать по этой теме диплом в Курчатовском институте. Но меня не взяли, наверное, по бюрократии, не пропустил первый отдел. Я довольно быстро понял, как мне повезло, что не попал туда. В Дубне было приятнее — сначала после Москвы казалось тихо и скучно, но я быстро понял, как тут здорово.

— С иностранцами вы тогда могли свободно общаться?

— В Дубне — да. Ну и к тому же я был выделенный человек — у меня ведь все родственники были иностранцами. Незадолго до чехословацких событий 1968 года я познакомился с одним очень симпатичным чехом — тогдашним заместителем начальника международного отдела. Я даже жил у него три дня в Праге, когда в 1967 году поехали на летнюю школу. Мы все были в восторге от Чехословакии. Прага меня просто поразила, для меня это была фантастика. Больше всего меня интересовали люди. И пражане мне очень понравились. Я нигде и никогда не видел такого теплого отношения к русским, как тогда в Праге. Где бы мы ни были, к нам относились с большой симпатией. Заходим в столовую, где битком набито, и уже собираемся идти в другое место... но кто-то услышал, что мы говорим по-русски — и тут же нам освобождают место, начинаются разговоры. Потом я начал задаваться вопросом, почему это так. И большинство людей мне объясняли, что причиной тому, в частности, освобождение «золотой Праги» советской армией. Но после чехословацких событий 1968 года это всё очень быстро кончилось, потому что главное — это же быт, и тут мне очень ясно, что происходило, когда военнослужащих начали заселять в чехословацкую Академию наук.

— Как на чехословацкие происшествия среагировали в институте?

— Насколько я знаю, в отношениях советских сотрудников института к чехам и словакам ничего не изменилось.

## На стыке науки и искусства

— В 1976-м вы в Лаборатории ядерных исследований ОИЯИ защитили диссертацию. Вам тогда было 38 лет?

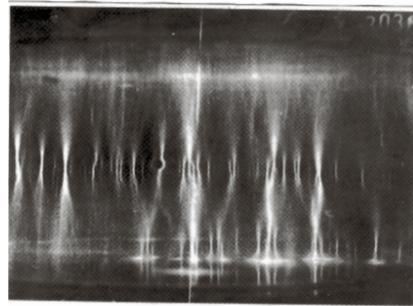
— В 1976 году, меня очень интересовал электрический разряд в газе. Мы — Ю.А. Щербakov, начальник сектора; М.М. Кулюкин; И.В. Фаломкин; и я — сумели сделать прибор — самошунтирующуюся стримерную камеру, с помощью которой можно получать фотографии, где очень четко видны и локализованы следы заряженных частиц. Не мне судить, большой ли это был успех, но с моей точки зрения это было очень интересно. И когда мы сделали этот прибор и всё заработало, уже на ускорителе, мы начали получать очень

красивые фотографии ядерных реакций. Ну и тогда я защитился.

— Ваше исследование касалось пион-нуклонного и пион-ядерного взаимодействия при низких и промежуточных энергиях. Какие были ваши цели?

— У нас была камера, которая наполнялась газом. Самый хороший, простой газ для наполнения, который светится, — это гелий. И мы как раз изучали взаимодействия, сначала пионов, а потом антипротонов, на гелии. Так, например, мы получили фотографии событий взаимодействия пионов с гелием, на которых «наблюдается» рождение так называемого  $\Delta$ -резонанса с зарядом минус. И это было очень интересно. Я стал смотреть всякие источники, чтобы узнать, кто первым видел такие события. Как оказалось, только одно прямое указание (на малой статистике) на рождение  $\Delta$ -резонанса было получено в далекие 1960-е годы группой из ЛЯП; один из авторов той работы — Т.Д. Блохинцева — продолжает исследование взаимодействия пионов с гелием в нашем секторе.

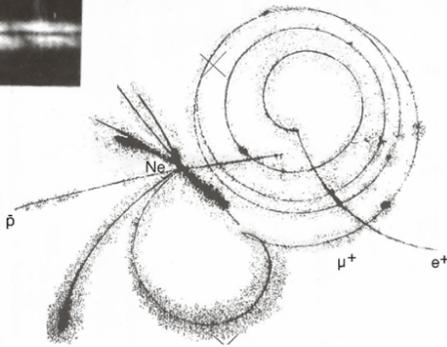
— Можете рассказать чуть больше про упомянутую гелиевую самошунтирующуюся стримерную камеру? Какую роль она сыграла в вашем исследовании?



а — В начале 1980-х годов вы работали в ЦЕРНе. Вы туда отправились, потому что там были лучшие технологические возможности?

На верхнем снимке — след электрона в чистом гелии, на нижнем — след электрона в гелии с добавкой паров альфа-пинена (скипидара) на уровне сотых долей процента.

б — Захват антипротона ядром неона с последующим рождением нескольких тяжелых вторичных частиц и пиона с энергией около 2 МэВ, который распался на мюон (след около 20 м длиной) и нейтрино; далее мюон распадается на позитрон, нейтрино и антинейтрино. Это событие позволило получить прямую оценку верхнего предела ( $\leq 2,2$  МэВ) массы мюонного нейтрино на уровне существовавших.



— Придумали стримерную камеру две группы. Одна в Москве, в МИФИ (Долгошеин — Лучков), и вторая в Грузии (Чиковани — Ройнишвили — Михайлов). Потом они шли параллельно. Физика там простая: если подавать высокое напряжение на два электрода, то между ними может проскакивать искра. Если в газовом объеме уже есть готовые заряды — свободные электроны, тогда искра развивается от них. Если же вдоль траектории заряженной частицы находится электрон-ионные пары, то образуется цепочка светящихся разрядных каналов, которые и обозначают след частицы. С самого начала стримерные камеры, наполненные неонам, использовались как трюковые приборы. Нам же нужна была гелиевая мишень. У нас следы частиц были в сто раз ярче, чем в «обычных» неоновых камерах; и этого мы достигли с помощью тяжелых добавок к гелию на уровне  $10^{-4}$ .

— А как вы поняли, какие нужны добавки?

Как оказалось, лучше всех в качестве добавки к газу, наполняющему стримерную камеру, подходили пары альфа-пинена. Альфа-пинен — это просто скипидар. Когда нас спрашивали, как мы это делаем, мы смеялись и говорили: просто натираем камеру скипидарной мазью! Наш доклад был представлен на заседании Академии наук, и реакция Артёма Алиханяна была: «Ну, товарищи, это на стыке науки и искусства».

— Какая вообще роль везения в науке по сравнению с расчетом?

— Большая, но если ты ничего не будешь делать, везения тоже не будет. Столько интересного открывается, только если что-то делаешь. Мы очень много делали, изучали столько новых удивительных статей, и оказа-

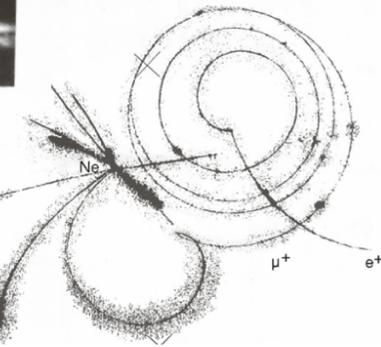


лось, нашли такой несложный способ. В результате мы, не потратив деньги на сложную высоковольтную систему, получили очень симпатичную камеру. Конечно, там невозможно изучать такое огромное количество частиц, как делают в камере Рорбаха в ЦЕРНе. Но нам, собственно, больше десяти частиц не нужно было, мы же изучали реакции, где не было столько частиц.

а — В начале 1980-х годов вы работали в ЦЕРНе. Вы туда отправились, потому что там были лучшие технологические возможности?

На верхнем снимке — след электрона в чистом гелии, на нижнем — след электрона в гелии с добавкой паров альфа-пинена (скипидара) на уровне сотых долей процента.

б — Захват антипротона ядром неона с последующим рождением нескольких тяжелых вторичных частиц и пиона с энергией около 2 МэВ, который распался на мюон (след около 20 м длиной) и нейтрино; далее мюон распадается на позитрон, нейтрино и антинейтрино. Это событие позволило получить прямую оценку верхнего предела ( $\leq 2,2$  МэВ) массы мюонного нейтрино на уровне существовавших.



— В начале 1970-х профессор Гвидо Пираджини из Турина, который был наполовину русский, и душа у него была русская — он, к сожалению, недавно умер — очень хотел сотрудничать с ОИЯИ, а он занимался как раз взаимодействием пионов с легкими ядрами. И они с Щербakovым, руководителем нашего сектора, договорились о сотрудничестве. Потом уже в 1980–1983 годах Пираджини сумел пробыть в ЦЕРН, и так как ЦЕРН всегда поддерживал ОИЯИ, мы смогли там поработать. Моя роль там была техническая и объединяющая.

— Можете описать тогдашнюю атмосферу сотрудничества между физиками из ОИЯИ и ЦЕРНа? Вы смогли вместе устранить «железный занавес»?

— Никакого железного занавеса там никогда не чувствовалось. Я и до этого много раз бывал на международных конференциях, я был переводчиком на конференциях по физике высоких энергий в Киеве в 1959-м. Мы туда ездили с тогдашними друзьями-однокурсниками, известными теоретиками А. Славновым и А. Шабадом. Мы много могли наблюдать, и не было никаких признаков идеологического противостояния.

И в ЦЕРНе было то же самое — никаких признаков антагонизма.

— Лирическое отступление... Можете рассказать про известнейшую фотографию, названную «события в неоне» в ЦЕРНе в 1985 году, или Riciollo?

— По-итальянски *riciollo* — это завиточки, кудряшки. Меня тогда в ЦЕРНе итальянцы принимали как эксперта по стримерной камере. Во время сеансов на LEAR у нас были большие бобины фотопленки, а концы мы проявляли. Я однажды проявил один такой конец и увидел эту картинку. Я, конечно, сразу обрадовался. Причем с точки зрения физики там ничего особого нет.

На фотографии, полученной при совместной работе в ЦЕРНе с группой итальянских физиков из Турина, руководимой проф. Г. Пираджини, видно событие поглощения антипротона ядром неона. Меня в этой картинке заинтересовал эстетический момент. Утром я уговорил своего коллегу, профессора Ф. Балестра, пойти в издательский отдел ЦЕРНа и просто им показать и оставить. И так и сделали. А потом действительно картинку стали много показывать, она была очень красивая. Много лет эта фотография использовалась в качестве логотипа итальянской физики на конференциях, они очень любили ее показывать.

— Это из ряда вон выходящее исключение или эстетика для научного мира играет какую-то роль?

— Конечно, играет роль! Важную! В данном конкретном случае эстетика была очень важна; на самом деле необычность этого снимка в самом факте, что он есть.

— В 2010-м, уже в возрасте 72 лет, вы соискали ученную степень доктора физико-математических наук. Чего конкретно касались ваши дальнейшие исследования?

— Во-первых, надо сказать, что после 1976–1979 годов мы уже камерой как таковой не занимались, но создали камеру для работы на пучке ускорителя ЛЯП, при этом основную работу фактически выполнил выдающийся человек — Виктор Ляшенко. Конкретно я тогда занимался восстановлением в пространстве тех событий, фотографии которых мы получали. Мы еще работали по-старому, т.е. надо было использовать два объектива как два глаза для того, чтобы видеть глубину, — старинный принцип стереоскопии. Так делалось в конце XIX века, но и в конце XX. При этом суть оставалась одна и та же: мы имели две картинки, и по ним, зная расстояние между объективами, расстояние до камеры и т.д., можно было восстанавливать события в пространстве. Ну и результаты этой работы я как раз использовал в диссертации.

## Гастрономический сон

— Давайте вернемся к другим вопросам. С 1960-х годов вы с друзьями регулярно ходили в походы — пешком и на байдарках. Можете вспомнить самые яркие моменты ваших походов по северным областям России, Сибири, горам Кавказа, сплавы по рекам Забайкалья?

— Могу рассказать один эпизод. На международной конференции в 1970 году в Киеве мы были всё с теми же друзьями-походниками, и А. Славнов рассказывал каким-то западным физикам про наши походы. И они никак не могли понять, что мы там делаем, пока наконец не сказали: «О, мы вас поняли, вы создаете *commandos*!» Мы ездили почти каждое лето. Маршруты подбирал Андрей, он с самого начала, еще студентом, был активным туристом и организовывал походы для своих друзей. Маршруты наших походов были «элементарные» —

из пункта А в пункт Б. Почти все наши походы — водные, по рекам с порогами. Бывали мы на Байкале, Кольском полуострове, на Северном и Полярном Урале, в Карелии, Архангельской области, на Кавказе... Альпинизмом я никогда не увлекался, но зато организовывал другое — поездки в Приэльбрусье, где мы катались на лыжах. Вообще-то всяких приключенческих событий хватало. В последний раз, увя, мы ходили девять лет назад. До этого в 2011 году мы были на Полярном Урале.

— Какие самые интересные из мест, которые вы посетили?

— Пожалуй, Байкал! Я был два раза в Забайкалье. Один раз мы ходили по Баргузинскому хребту и потом строили плоты, на которых спускались вниз. Там я отпраздновал свой юбилей — 25 лет. Второй раз я там был просто в походе, с рюкзаком, и отпраздновал 70 лет. И походная компания была та же.

— С 1970-х годов вашему отцу позволили посещать Италию. Вы тоже пользовались этой возможностью?

— Впервые в командировку я поехал в Италию, в Турин и Рим, в декабре 1970 года. Это был фактически научный туризм, я повез туда большие ящики перфокарт. За день до моего отъезда, 2 января, мы встретились все — весь клан Понтекорво. И дальше прошло четыре часа на итальянском языке... в конце я был абсолютно мокрый. Все постоянно требовали ответов. К тому же все мои родственники были очень левые: от середины до левого края компартии и дальше, так что не прекращались вопросы: «Как ты объясняешь...» Но я отбивался, хоть и с трудом.

Весь месяц я каждый день был у кого-нибудь в гостях. И никогда не повторялось меню — в Италии еда — это часть культуры. И уже в конце месяца мне приснился гастрономический сон — мне никогда до этого такие сны не снились, и я вообще к еде спокойно относился. Мне приснился сон, что я ем борщ и пью водку! На следующий день мы улетели в Москву, где меня встретила моя московская знакомая с коллегой из Дубны и мы поехали к ней в гости. Они жили в громадной коммунальной квартире на десять семей. Входим в ее комнату, там на столе стояли кастрюля с борщом и бутылка водки...

— Как вы стали профессиональным переводчиком с русского на английский?

— Во-первых, я всю жизнь устно переводил, сопровождая тех, кто приезжал в ЛЯП. А также я переводил синхронно на конференциях. Ну и потом Славнов и Фадеев написали знаменитую книгу, и Андрей меня заставил ее перевести на английский. Это было в 1980 году, мне уже было за 40. Я три месяца отказывался, говорил Андрею, что ничего не понимаю, это была чистая теория. А он в ответ: у тебя физфак, и этого хватит. Следующей была книга Боголюбова и Ширкова, уже дубненцев. Потом была книга С. Биленького. И тогда я уже стал известным переводчиком. Меня стали просить переводить книги, и я переводил.

— До какой степени перевод научной книги — интерпретация?

— Это касается скорее перевода художественной литературы. А в научно-переводе важно, чтобы смысл был точно сохранен.

— Переводить текст — это заодно очень глубоко в него вникать...

— Вначале я думал, что я из текстов чему-то научусь по физике. И понял, что это невозможно, несомненно. Когда переводил, я думал про английский синтаксис, слова... Мне было не до глубокого смысла текста. На этот профессиональный уровень я вышел через десять лет. Но только сейчас, когда я перевел больше 25 книг и десятки научных статей, я перевожу и заодно вникаю в суть текста, люблюсь им.

Полную версию интервью см. на сайте *ТрВ-Наука*

## Теплая красота

К 70-летию Елизаветы Бонч-Осмоловской

В начале года исполнилось 70 лет замечательному биологу и человеку, члену-корреспонденту РАН Елизавете Бонч-Осмоловской. Публикуем юбилейные слова о ней, написанные друзьями и коллегами.



## Фонари со львами

Денис Драгунский

Давным-давно, когда улица Воздвиженка еще называлась улицей Фрунзе, на том месте, где сейчас огромное новое здание Министерства обороны, было много домов и проулков между ними. Там был один большой старый дом, и в нем была большая старая квартира — коммунальная, что особенно интересно. Что тут интересного? А то, что в этой квартире в большой комнате — метров 30, наверное, — жила немолодая дама по имени Мария Моисеевна. И у этой Марии Моисеевны был маленький вполне законный для советского времени бизнес: своего рода частный детский сад. В одной комнате в коммунальной квартире! Называлось это «прогулочная группа». В эту «группу» родители приводили своих детей с утра пораньше, а забирала вечером. Мы жили совсем близко — на улице Грановского (ныне Романов переулок). Мария Моисеевна водила нас гулять, потом кормила обедом (то есть едой, которую мы приносим с собой из дома), потом укладывала спать, после сна была вторая прогулка, а потом нас забирала родители. Гуляли мы на Гоголевском бульваре. Вокруг памятника стояли красивые фонари с толстыми смешными львами внизу.

В «группе» нас было человек пять, кажется. Лучше всего я запомнил одну девочку. Звали ее Лиза, фамилия Формозова. Папа ее был ученый-зоолог. Я об этом узнал случайно. Лиза ела какую-то птицу темного цвета и вдруг ойкнула, чуть не сломав зуб. Положила на край тарелки черный шарик. «Камешек?» — спросил я. «Дробь!» — сказала Лиза. И объяснила, что это не курица, а утка, и не домашняя, а дикая, и эту утку подстрелил ее папа. «Охотник?» — спросил я с восторгом. «Зоолог!» — объяснила Лиза. — То есть ученый по зверям!»



Денис Драгунский.  
Фото Василия Якушева

Мы с Лизой довольно скоро влюбились друг в друга. У шестилетних людей это случается очень быстро. Мы ходили, взявшись за руки, всем рассказывали о своей любви — и никто над нами не смеялся. Рисовали на стенках сердечки со стрелками и писали «Лиза+Денис». Увы, наше счастье окончилось быстро. Семья Лизы переехала на новую квартиру, и Лиза перестала ходить в «группу». Это было в 1957 году, кажется. Но нет разлуки, которая длилась бы вечно! Прошло всего каких-то полвека с небольшим. Появилась социальная сеть «Одноклассники». Я подумал: ведь у Лизы очень редкая фамилия! А вдруг... Я набрал «Елизавета Формозова», кликнул мышкой — и увидел на экране ее лицо. Я сразу ее узнал — она была точь-в-точь такая же, как раньше! Я тут же написал ей: «Здравствуй, Лиза, я — Денис Драгунский, мы с тобой вместе ходили в «прогулочную группу», ты совсем не изменилась. А ты меня помнишь?» Ответ пришел буквально через час: «Здравствуй! Ну как я могла тебя забыть?»

Мы назначили встречу в начале Гоголевского бульвара, у фонарей со львами. Я узнал, что Лиза уже давно не Формозова, а Бонч-Осмоловская, но какое счастье, что она оставила в «Одноклассниках» свою девичью фамилию! Она рассказала о своей работе, я — о своей, тогда я еще не был писателем, а был журналистом-публицистом-политологом. «Самое смешное, — сказала Лиза, — что я уже много лет читаю твои статьи, но я даже не подозревала, что ты — это и есть тот мальчик. Я же не знала твоей фамилии!»

Да, мы с Лизой как будто бы кругами ходили друг вокруг друга. Я давно был знаком с ее зятем, замечательным политическим аналитиком Кириллом Роговым. Больше того — отец Кирилла, профессор Юрий Борко, был сначала начальником, а потом сотрудником моей жены, экономиста Ольги Буториной, теперь тоже, как и Лиза, членкора РАН.

Мы сдружились семьями, часто ходим друг к другу в гости, перезваниваемся и переписываемся. В силу своего филологического образования я не могу во всех подробностях оценить научные достижения Лизы, хотя знаю, что она выдающийся ученый. Но для меня и моей жены Лиза — это прежде всего замечательный человек, редчайший образец доброты, мудрости, заботливости, самоотверженной любви ко всей своей большой семье и вообще ко всем, кто рядом с нею. Всем своим родным и знакомым Лиза дарит тепло, радость, поддержку, понимание, энергичную бодрость и задумчивое сопереживание. Встреча с Лизой — после детской дружбы, через полвека разлуки — это один из самых чудесных подарков судьбы.

Дорогая Лиза! Живи долго и счастливо! Мы тебя очень любим! ◆

## Портрет ученого

Елизавета Александровна Бонч-Осмоловская окончила кафедру микробиологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и в 1973 году пришла в аспирантуру Института микробиологии РАН в лабораторию Георгия Александровича Заварзина. Ее кандидатская диссертация была посвящена синтрофным взаимодействиям в метаногенных культурах, но уже в начале 1980-х годов, после экспедиций на Камчатку в кальдере Узон, Г.А. Заварзин предложил Елизавете Александровне новую тему, связанную с термофильными сероредукторами — микроорганизмами, получающими энергию за счет восстановления элементарной серы.

В те годы в связи с сенсационным открытием «черных курильщиков» — глубоководных гидротермальных источников, локализованных у разломов океанической коры, — и связанных с ними уникальных экосистем, целиком зависящих от микроорганизмов, начался бум исследований термофильных микроорганизмов, растущих (а не выживающих) в разнообразных термальных экосистемах по всему миру при температурах выше 60 °С (рекордсмен на сегодняшний день — архея *Methanopyrus kandleri*, растущая при 122 °С).

За время своего научного становления Е.А. приняла участие во многих экспедициях к «горячим точкам» нашей планеты, в их числе Камчатка, Йеллоустон, разнообразные глубоководные гидротермы Тихого и Атлантического океанов. Позднее героиня нашего рассказа вспоминала, что постоянные звуки и запахи булькающих термальных источников Камчатки давали ощущение близкого соседства с мощным неорганическим миром, находящимся в постоянном движении, и вдохновляли на исследования места и роли микроорганизмов в этом мире. Исследования разнообразных термальных мест обитания привели к выделению и описанию большого числа новых микроорганизмов, относящихся к новым таксонам различного ранга и живущих за счет огромного многообразия химических реакций. Это принесло Елизавете Александровне широкую международную известность.

тематикам. Нельзя не сказать о том, что и в выборе научных направлений Е.А. также проявила большую дальновидность.

В конце 1990-х — начале 2000-х ею были инициированы исследования микроорганизмов с помощью молекулярно-биологических методов, а вслед за этим совместно с центром «Биоинженерия» РАН начались геномные исследования выделенных в ее лаборатории микроорганизмов. В результате научные работы сотрудников лаборатории Бонч-Осмоловской выполнялись и выполняются на мировом уровне и во многих направлениях оказываются прорывными.

Под руководством Е.А. было выделено, описано и опубликовано более сотни новых таксонов бактерий и архей, в том числе два филума — таксона самого глубокого после домена уровня. Была создана уникальная коллекция термофилов, насчитывающая более трехсот штаммов. Помимо изучения разнообразия и экологии термофильных микроорганизмов, научные направления лаборатории всегда включали исследование метаболического разнообразия прокариот, поиск новых путей метаболизма (в первую очередь катаболизма) и возможностей их биотехнологического применения. Так, был открыт процесс гидрогеногенного окисления формиата, обеспечивающий рост микроорганизмов за счет критически низкого энергетического выхода реакции, обнаружены новые механизмы анаэробного дыхания, новые пути автотрофной ассимиляции CO<sub>2</sub>.

В 2004 году за выдающиеся успехи в исследованиях термофильных микроорганизмов Е.А. была присуждена премия им. Моррисона Рогозы Американского микробиологического общества. В 2012 году она была удостоена премии Президиума РАН им. С.Н. Виноградского, присуждаемой за выдающиеся работы в области общей микробиологии. В 2013 году Е.А. была избрана членом Американской академии микробиологии, а позже и членом Европейской академии микробиологии.

В 2016 году Е.А. была удостоена престижной премии Берги (Bergey Award 2016) за выдающийся вклад в развитие систематики и геномики термофильных прокариот. В этом же году Е.А. возглави-



The 8th International Congress on Extremophile, Azores, 2010.  
Сотрудники и ближайшие коллеги.

В 1994 году Е.А. Бонч-Осмоловская защитила докторскую диссертацию, и через несколько лет была организована лаборатория гипертермофильных микробных сообществ под ее руководством. С этого времени начался новый этап в жизни Елизаветы Александровны, в котором проявились ее блестящие способности научного руководителя. Это был непростой период для отечественной науки, когда государство четко давало понять, что «спасение утопающих — дело рук самих утопающих», и все руководители научных подразделений были озабочены вопросами жизнеобеспечения вверенных им лабораторий и сотрудников. Очень многие заведующие не решались брать студентов и аспирантов, понимая, что возможностей обеспечить им приемлемые условия существования они не в состоянии. Напротив, Е.А. пошла трудным путем привлечения в науку молодых специалистов, понимая, что только так можно обеспечить устойчивое развитие исследований в каком-либо научном направлении.

Она активно налаживала связи с иностранными коллегами, что позволило выигрывать международные гранты, участвовать в международных экспедициях и конференциях, проводить совместные исследования. Так, многие ее студенты и аспиранты в 1990–2000-х прошли стажировки в лабораториях США и разных стран Европы. Всё это позволило лаборатории не только выжить, но и стать одним из главных мировых центров исследования термофилов.

В результате этой политики, направленной в будущее, лаборатория Е.А. Бонч-Осмоловской всё время пополнялась молодыми учеными и расширялась как по количеству сотрудников, так и по

ла Межрегиональную общественную организацию «Микробиологическое общество», включающую в настоящее время 17 региональных отделений и более 600 микробиологов со всей России.

В 2016 году под руководством Елизаветы Александровны был создан отдел биологии экстремофильных микроорганизмов, который она возглавляет в настоящее время. В состав этого отдела входят две лаборатории, возглавляемые докт. биол. наук А.И. Слободкиным и канд. биол. наук И.В. Кублановым. Практически одновременно Елизавета Александровна стала еще и заведующей кафедрой микробиологии МГУ им. М.В. Ломоносова. Круг замкнулся, и Е.А. Бонч-Осмоловская все свои выдающиеся способности, колоссальный опыт и, кажется, неисчерпаемую энергию бросила на активизацию научной работы на кафедре. Можно не сомневаться, что в скором времени мы услышим о крупных научных достижениях кафедры микробиологии МГУ.

Елизавета Александровна являет собой редкое сочетание в науке тип ученого. Ее жизнерадостность, энергичность, открытость миру, любознательность сочетаются со способностью правильно расставлять приоритеты и выстраивать взаимосвязи в большом научном коллективе, а также с выдающимися административными качествами и талантом добиваться успеха, в том числе в самых, казалось бы, безнадежных ситуациях.

Далее слова сотрудников ее лаборатории дополнят наш рассказ об этом выдающемся ученом и прекрасном человеке.

**Сотрудники лаборатории гипертермофильных микробных сообществ ИНМИ (теперь отдел биологии экстремофильных микроорганизмов) ►**

## Слова коллег

Мargarita Мирошниченко,  
докт. биол. наук, микробиолог

Мне посчастливилось знать Е.А. уже почти четыре десятка лет, и это настоящий подарок судьбы. Я всю жизнь прожила в Троицке (может, кто-то из читателей ТрВ-Наука помнит его первоначальное название, которым я очень гордилась, — Академгородок ИЗМИРАН) и после окончания биофака МГУ распределилась в группу В.А. Алексева, сотрудника филиала Института атомной энергии им. Курчатова. Таким необычным поворотом своей жизни я обязана широким научным интересам тогдашнего руководства Института (и, конечно, самого В.А. Алексева) — в частности, интересу к недавно открытым «черным курильщикам» — гидротермальным источникам на разломах океанической коры и связанным с ними уникальным экосистемам беспозвоночных животных и микроорганизмов. Вот и было решено создать небольшую группу по этой тематике.

Ясно, что поначалу делать в так называемой Магнитке мне было нечего, а вот лаборатория проф. Г.А. Заварзина Института микробиологии РАН, с которым В.А. Алексеев был хорошо знаком, была куда более подходящим местом. Георгий Александрович принял меня очень тепло и с первого же дня поручил меня Е.А. Надо сказать, что микробиология не была моим профилем в МГУ, на дипломе и в аспирантуре. Во время своего первого визита в ИНМИ в 1983 году я чувствовала себя очень смущенной, прямо скажем, полным дилетантом среди микроскопов и занятых ученых. Е.А. поделилась со мной всем — своими знаниями, умениями, даже собственным небольшим столом, который мы с ней делили несколько лет, прежде чем у меня появился свой собственный.

Но не только это важно. В моей жизни появился совершенно необыкновенный человек, открывший мне другие горизонты в моем мировосприятии. Ее рассказы о своей семье, замечательных родителей, широчайший культурный кругозор и интересы — всё это вплеталось в мою жизнь какими-то яркими блестками, легко и непринужденно открывая мне другой мир. Эта дружба меняла меня, помогала поверить в себя, в свои силы и возможности.

В 1985 году, ранней весной, мы с Е.А. поехали в экспедицию, организованную В.Д. Варфоломеевым и Г.А. Карповым, на Камчатку, в кальдере вулкана Узон для отбора проб из горячих источников и радиоизотопных исследований. Для Е.А. это была третья экспедиция, для меня — первая. Поездка показалась мне прекрасной и суровой. Прекрасное, конечно, сильно переживало суровое, но то, как мы временами замерзали или, наоборот, задыхались от печного дыма в домике и пилили дрова (Е.А. и я были ответственными за это дело) тоже осталось в памяти.

Е.А., дочь зоологов, наверное, унаследовала их гены выносливости, стойкости, умения многое замечать вокруг. Потом у нас было еще немало совместных поездок, непростых ситуаций, и эти достоинства, а также смелость и отвага Е.А. меня неизменно впечатляли. Такие качества «в поле» проявляются очень прямо и непосредственно, но и в Москве, в лаборатории, при принятии решений, научных или административных, они тоже многое определяют.

«Удача любит сильных», — это слова Е.А., сказанные ею на защите диссертации нашей молодой сотрудницы, относящиеся и к ней самой. Удача и успех всегда сопутствовали нашей группе, а потом и лаборатории под руководством Е.А. А вот еще одно ее любимое высказывание (это цитата из детской книги «Чудесное путешествие Нильса с дикими гусьями»): «Летать высоко гораздо легче, чем летать низко, а летать быстро гораздо проще, чем летать медленно». Эти две прекрасные фразы — просто-таки жизненное кредо Е.А., по-моему, многое о ней говорят.

да я сама в себя не верила. Сейчас я очень благодарна за тот кредит доверия, что она выдала мне когда-то. Научная работа — это большое удовольствие, постоянная работа над собой и разгадка тайн природы, что никогда не надоедает. Но что не менее важно для меня, так то, что Е.А. — очень смелый человек, не боящийся говорить правду и бороться за нее, отстаивающий интересы других. Это придает и мне смелости не бояться, особенно в наши дни.

Как небольшая часть нашей благодарности Е.А.: в прошлом году группа ее учеников (с моим участием) назвала в ее честь выделенную из чукотского горячего источника бактерию, представителя нового класса живых организмов, — *Tepidiforma bonchsmolovskayae*, родовое название ко-

## О юбилее Е.А. Бонч-Осмоловской

Алексей Семенов, докт. биол. наук,  
профессор (учился на кафедре молекулярной  
биологии биологического факультета МГУ)  
Александр Апт,  
докт. биол. наук, профессор (учился на кафедре  
генетики биологического факультета МГУ)

27 января научные круги России вместе со всей прогрессивной мировой общественностью отметили юбилей замечательного ученого-микробиолога Елизаветы Бонч-Осмоловской. Мы имели удовольствие учиться на одном курсе с Лизой (в то время Формозовой) на биологическом факультете МГУ. И в те далекие (увы!) времена, и сейчас Лиза была и остается одной из самых ярких, привлекательных и талантливых наших однокурсниц.

Лиза — потомственный биолог. Ее родители, А. Н. Формозов и



The 8th International Congress on Extremophile, Azores, 2010



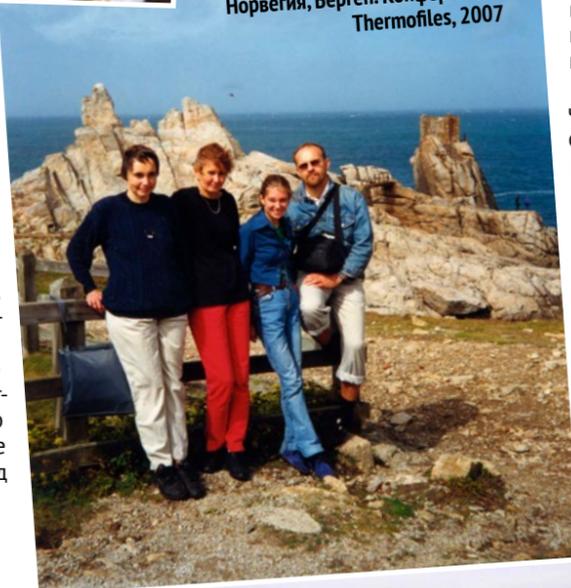
The 8th International Congress on Extremophile, Azores, 2010



1998 год. Все сотрудники лаборатории



Норвегия, Берген. Конференция Thermofiles, 2007



Кальдера Узон, Камчатка, 2005



После первых Узонских экспедиций Георгий Александрович предложил Е.А. заняться гипертермофильными микроорганизмами, оптимальные температуры жизни для которых превышают 80 °С. Эта замечательная во всех отношениях тематика стала для лаборатории настоящим локомотивом движения к успеху и мировой славе. Г.А. имел дар научного предвидения, прекрасно понимал людей и чувствовал огромный потенциал Е.А. с самого начала ее научной карьеры. Я помню его слова, сказанные в моем присутствии: «Кому многое дано — с того много и спросится». Лучше о Е.А. и не скажешь, можно только добавить в год ее 70-летия: «отдается щедро».

Татьяна Кочеткова,  
канд. биол. наук

Елизавета Александровна для меня, без высокопарных слов, является маяком, на который я постоянно ориентируюсь. Я появилась в лаборатории Е.А., будучи еще студенткой биофака, мечтающей уехать на Камчатку. Сейчас, проработав в лаборатории около двадцати лет, я не только смогла побывать на Камчатке много раз, но и участвовать во многих экспедициях к гидротермам нашей планеты, от Чукотки до Срединно-Атлантического хребта. В таких местах удается побывать немногим. Мне посчастливилось. Благодаря Е.А., которая всегда старалась отправлять в экспедиции молодых аспирантов и сотрудников для приобретения бесценного опыта.

В определенный момент моей жизни именно Е.А. не дала мне свернуть с дороги и бросить науку. Она поверила в меня, ког-

торой состоит из двух слов: «тепло» и «красота», которые, пусть и не в полной мере, представляют Елизавету Александровну как ученого и как человека.

вание у позвоночных», и это выступление стало одной из немногих открытых попыток в те годы поставить под сомнение теории Лысенко.

Елизавета была любимой ученицей крупнейшего отечественного микробиолога — академика Г.А. Заварзина, одного из пионеров в изучении экстремофильных бактерий — литотрофов, термофилов, психрофилов, алкалофилов, галофилов и других.

Сейчас Елизавета заведует кафедрой микробиологии на биофаке МГУ и отделом биологии экстремофильных микроорганизмов в бывшем Институте микробиологии (ныне ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН). Она стала лидером микробиологов в России и получила заслуженное международное признание. Экстремофильными эти микроорганизмы назвали не потому, что они любят экстремальные ситуации, а потому, что им удалось приспособиться к экстремальным условиям окружающей среды и при этом сохранить свою аутентичность. Думаем, что именно поэтому экстремофилы являются любимыми объектами Елизаветы, подавая эволюционный пример стойкости *Homo sapiens* в современном мире.

Нам представляется очень важным то, что Елизавета, будучи крупнейшим ученым-микробиологом и педагогом, сохраняет два ценнейших качества. Она по-прежнему очаровательная женщина и яркий борец с научной бюрократией и нарушениями прав человека в нашей стране.

Мы уверены, что к нашим поздравлениям присоединятся многочисленные друзья, коллеги и ученики Лизы. Наверное (если бы это можно было проверить), к нашим поздравлениям от всей души (если она у них есть) присоединятся и столь любимые ею экстремофильные микроорганизмы. Многая Лета!

Подготовила Наталья Демина  
Полностью — на сайте ТрВ-Наука

## Когда кони будут смеяться

Не плюй в колодец  
Самиздат

Есть замечательные в России журналисты. Знают всё и обо всем. Недавно<sup>1</sup> один сообщил городу и миру, что великий математик XX века И.М. Гельфанд — эмигрант и диссидент. Тем он читателям и интересен. Это всё, что публика должна о нем знать. Ученый с широчайшим научным видением, интенсивнейшим образом работавший две трети века, автор многих сотен статей и десятков книг. Про которого А.Н. Колмогоров как-то сказал: «Когда я говорю с ним, я ощущаю присутствие высшего разума». Вырастивший такое количество выдающихся учеников, что никаких пальцев не хватит сосчитать. Покойный академик Д.П. Костомаров рассказывал мне, как студенты его группы (послевоенного физфака МГУ) узнали, что Гельфанд на мехмате читает курс линейной алгебры и быстренько пошли слушать. Кроме Костомарова, из группы еще двое стали академиками...

Диссидентство Гельфанда состояло в том, что ему случалось заблудиться о других? Когда-то он привел учиться будущего академика Н.Н. Моисеева, которому поступить на мехмат мешало дворянское происхождение (да еще и отец репрессирован и погиб в Бутырской тюрьме).

Когда пошла славная борьба с космополитизмом (не без участия тогдашних журналистов), Гельфанд своему русскому аспиранту посоветовал сменить научного руководителя — как бы дурных последствий для него не вышло, — на что аспирант отвечал: «Нет, лучше я уж как-нибудь под вашим руководством останусь». Про эту короткую беседу мне этот тогдашний аспирант — профессор А.А. Абрамов — как-то после семинара Гельфанда рассказал. После защиты он 70 (!) лет проработал в ВЦ Академии наук, столь ненавистной некоторым журналистам. И почти столько же преподавал на Физтехе.

Понятно, что для нашего журналиста-«государственника» Т.Д. Лысенко социально ближе, чем какие-то «продажные генетики» Н.В. Тимофеев-Ресовский или И.А. Рапопорт. А вот академики — физики и примкнувшие к ним профессора и доценты — в 1955 году написали «письмо трехсот» — требовали убрать Лысенко. Конечно, диссиденты. Один Ландау чего стоит...

Гельфанд заступился за А. С. Есенина-Вольпина, когда благодетельные власти определили того в психушку. Оккупацию Чехословакии в 1968 году не одобрил. Есть за что журналисту ненавидеть математика.

Академик Гельфанд за свою жизнь расплатился со страной и человечеством стократно и своими работами, и своим преподаванием. Боюсь, что у журналиста этот баланс отрицательный. Это очень понятный повод для зависти и ненависти.

Прошелся журналист и по академику В.А. Васильеву. Дескать, единственный академик, который был под судом. Тут журналист несколько ошибся в счете. Не учтены им академики Н.И. Вавилов, Н.И. Конрад, А.И. Берг (Берг потом вспоминал, как его, когда военная нужда пришла, привезли из лагеря к Сталину) и «произвели из контрреволюционеров в контр-адмиралы»), Королёв, Глушко, Лангемак, Клейменов, Туполев, Ландау, Бронштейн, математик Егоров, посол и академик Майский, астроном Нумеров, первый руководитель советской гидрометеослужбы Вангенгейм... Это я так, имена по памяти пишу.

Борцы с нынешней эпидемией, в кратчайшие сроки создавшие вакцину и в самом буквальном смысле сегодня спасающие граждан РФ, — ученики учеников Л.А. Зильбера и М.П. Чумакова. К сведению: Зильбер сидел подолгу трижды и имел шанс сесть в четвертый раз. Чумаков (участник экспедиции Зильбера, которая выяснила то, что теперь знают дети, а тогда не знал никто: переносчиком энцефалита является клещ — Чумаков вернулся из этой экспедиции инвалидом) отделался снятием с должности за отказ потрафить начальству: учесть веление времени и уволить из своего института евреев.

Еще до истории с энцефалитом Зильбер с другим отрядом остановил эпидемию чумы. Сразу после этого получил вместо награды донос и первый лагерь. Пустяки, не правда ли? Оказавшись в ГУЛАГе в третий раз Зильбер придумал, как можно из ягеля делать препараты, лечащие пеллагру. Спас тысячи зеков. Сумел, как и на воле, организовать курсы повышения квалификации для лагерных врачей. Но разве это важно для «государственника»?

На суде многожды битый на допросах Зильбер заявил: «Когда-нибудь кони будут смеяться над вашим приговором». Та же участь ожидает и приговор академику Васильеву. Я тогда не поленился потратить полдня на это трагикомическое действие. Он — президент Московского математического общества. Я — член этого старого общества. Как было не пойти? И когда кони смогут начать ржать, я тоже выскажусь.

Напоследок — история с совсем простой моралью. Вскоре после возвращения домой из третьей ходки Зильберу позвонили. Полковник — начальник той шарашки, в которой Зильбер оказался после лагеря, уже не топал ногами и не угрожал сгноить врага народа. Прислал машину. Просил профессора посмотреть его жену по поводу онкологии. Ну что же — клятва Гиппократова — поехал.

Так что, господа хорошие, когда очередной раз будете хаять настоящих ученых, живых и мертвых, подумайте, кто вас кормить да спасать будет, когда припрет.

**В.А. Гордин, докт. физ.-мат. наук,  
почетный сотрудник Гидрометеослужбы России**

<sup>1</sup> svpressa.ru/society/article/290549/

## 90 лет Михаилу Горбачёву и упущенные возможности

Алиса Ганиева,  
писательница



Алиса Ганиева

Михаил Горбачёв — один из самых недооцененных нами героев современности. Человек, подаривший нам свободу, распахнувший границы, выпустивший политзаключенных, развязавший замкнутые 70 лет рты, уши, руки и ноги, чтобы мы могли говорить и печатать что думаем, ездить куда хотим и работать так, как умеем.

Он подарил нам щелочку волшебных возможностей, которые страна упустила, откатившись назад, во мрак соглядательства, подленького страха, фабрикаций политических дел, силовых репрессий, оккупационного захватничества, изоляционизма и кататонического ступора гражданского самосознания.

Мы почти угробили подарок и в большинстве своем не осознали щедрости дарителя, и Горбачёв для многих в стране не герой, каким он является, а фигура проклятая. Сам Михаил Сергеевич относится к народной глухоте философски, с благодарностью понимая, что есть в России и немало тех, кто его уважает неимоверно.



Андрей Калинин

**Андрей Калинин,  
профессор,  
руководитель  
группы  
Высшей  
школы  
горных наук  
(Нант, Франция),  
гл. науч. сотр. НИУ ВШЭ**

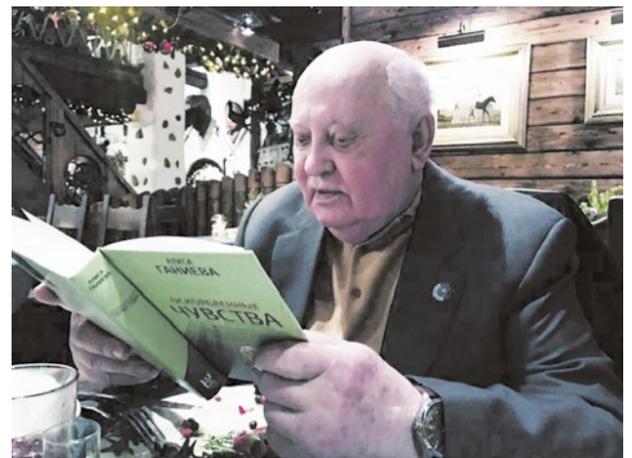
Если посмотреть назад, то сейчас кажется совершенно невероятным, как много всего произошло в стране и в мире за те неполные семь лет, что М.С. Горбачёв был во главе СССР. Для очень многих, в том числе и для меня, провозглашенные им «перестройка, гласность и новое мышление» в первую очередь означали раскрытие новых огромных возможностей свободы — творческой, экономической, политической. Не все смогли или захотели этими свободами тогда воспользоваться по самым разным объективным и субъективным причинам. Мне очень повезло, что время перестройки как раз пришлось на момент, когда я только-только начал свою научную карьеру, и я совершенно точно знаю, что она сложилась так, как сложилась, в значительной степени благодаря общественным процессам, инициированным тогда М.С. Горбачёвым, и тем новым свободам в профессиональной, политической и даже личной жизни, которые при этом открылись. Глядя из сегодняшнего дня, кажется уже совершенно неважным, делал ли он это всё сознательно по трезвому расчету или просто инстинктивно, а оно потом само так сложилось. В некотором смысле, если инстинктивно, то это даже более ценно. Потому что свидетельствует, что в основе лежали здоровые человеческие инстинкты, которых совершенно невозможно было ожидать, зная его долгую и успешную номенклатурную биографию.

Над ним часто смеются или упрекают, что так неуклюже пытался построить в разваливавшемся СССР «социализм с человеческим лицом» и совсем в этом не преуспел. Мне кажется, что он зато очень даже преуспел в другом, возможно, — гораздо более важном, в особенности для нашей страны. Он продемонстрировал своим собствен-

Мне повезло, что я иногда говорю с ним, слушаю его песни на украинском, стихи русских и советских поэтов, а иногда и целые куски прозы в его исполнении (наизусть!). Несмотря на многие хвори, он молод душой, живо интересуется происходящим в мире (внимательно читает по 7–8 бумажных изданий в день), знает и ценит искусство и обожает вспоминать детство, юность и молодость.

События времен «генсечества» — гораздо реже. Обстоятельно о Форосе — эпизоде тотального предательства, оставившего в его душе тяжелый след, — мы говорили, пожалуй, всего один раз.

А когда Россия вышла из Договора о ликвидации ракет средней и малой дальности, М.С. позвонил мне и часа полтора вспоминал, как подписывал его с Рейганом, какой сложный и длинный это был процесс, а заодно — о женевской встрече, о саммите в Рейкьявике и о том, как Тэтчер настаивала, чтобы перед дол-



ним примером, что в этой стране может быть власть с человеческим лицом, и это на самом деле — единственный способ задать любой государственной деятельности в стране ее единственно правильный масштаб — соизмеримый с человеком. Не с державой, не с народом, не со страной в 1/6 суши, не с государством, а с каждым отдельным человеком и его человеческим достоинством. Поэтому он, один из очень немногих правителей нашей страны за всю ее нелегкую историю, сумел сохранить человеческое в себе и в качестве главы государства, и долгие годы в качестве просто частного гражд-

тем больше ценю этот ответ. Он кажется простым и незамысловатым, а на самом деле очень глубокий, мудрый.

Три года назад, оказавшись в Москве, я случайно узнал, что М.С. Горбачёв будет вечером в книжном магазине подписывать книги своих мемуаров. Я простоял там три часа в душной очереди, конечно, совсем не за автографом. Просто я не мог себе позволить не воспользоваться таким неожиданно подвернувшимся поводом, чтобы самому пожать ему руку и лично при жизни сказать свое «спасибо». Не будь его — моя жизнь и жизнь моей семьи сложилась бы сильно по-другому, и я этого никогда не забываю.

Когда подошла очередь подписывать мой экземпляр, я попросил Михаила Сергеевича подписать не на титульном листе, а вот на этой фотографии в книге. Мне кажется, она очень точно выражает именно тот достойный человеческий масштаб, который я в нем ценю выше всего. По случаю его замечательного юбилея могу только еще раз повторить слова своей самой глубокой благодарности и пожелать Михаилу Сергеевичу крепкого здоровья! ♦



РМ. и М.С. Горбачевы. 1990-е гг.

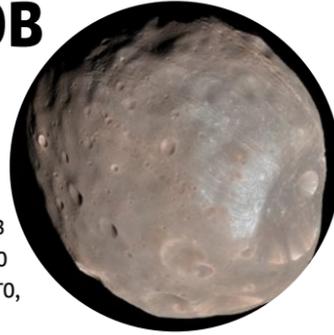
данина на пенсии. Он, очевидно, никогда не сводил себя ни к какой — даже самой важной — государственной функции, а поэтому не рассматривал и всех других людей вокруг в качестве просто винтиков подчиняющейся ему государственной машины. Говорят, его однажды спросили, будь выбор между властью и любовью, что бы он выбрал? И он сразу ответил: «Ну, конечно, любовь, ну что вы?!» Чем старше я становлюсь,



# Загадка марсианских спутников



Изучение орбит спутников Марса и моделирование их изменений в далеком прошлом, по всей видимости, позволяет раскрыть загадку их происхождения. Соответствующая публикация появилась в *Nature Astronomy* от 22 февраля [1]. Чтобы разобраться в этом исследовании, мы побеседовали с одним из авторов статьи, **Михаилом Эфроимским** из Морской обсерватории США (US Naval Observatory), который считает, что на сегодняшний день у нас попросту нет другого сценария, объясняющего, откуда взялись две похожие луны.



**М**арсианские спутники Фобос (греч. φόβος «страх») и Деймос (греч. δαίμον «ужас») были открыты соответственно 11 и 17 августа 1877 года (в год великого противостояния Марса) Асафом Холлом (Asaph Hall) из Морской обсерватории США. Их детальное изучение началось, конечно, гораздо позже. Первые фотографии Фобоса прислал «Маринер-7» в 1969 году (в год высадки американцев на Луну), а Деймоса — соответственно «Маринер-9» в 1971 году. Фобос (27×22×19 км) несколько больше Деймоса (16×12×10 км) и обращается вокруг Марса за 7,66 часа на высоте 6 тыс. км (большая полуось — 9377 км), что намного ближе, чем в случае с любым другим спутником планеты в Солнечной системе (Деймос обращается за 30,35 часа, большая полуось его орбиты составляет 23460 км). Оба спутника всегда повернуты к планете одной и той же стороной, как и наша Луна, т.е. приливно «заперты», но при этом расположены по разные стороны от так называемого *синхронного радиуса* — и это обстоятельство является ключевым в описании динамики этих спутников и в попытках смоделировать их происхождение.

Синхронный радиус — дистанция, при которой средняя угловая скорость движения расположенного там спутника равна угловой скорости вращения планеты (спутник, находящийся на такой орбите в плоскости экватора, как бы зависает над одной точкой; частный случай — круговая геостационарная орбита). Разумеется, для каждой планеты будет свой синхронный радиус (для Марса это 17 тыс. км), но Деймос ведет себя подобно нашей Луне — он находится на большом удалении и отстает при вращении Марса. Возникает приливный горб, увлекаемый быстро вращающейся планетой вперед по отношению к направлению на порождающий этот горб спутник. Взаимодействие опережающего горба с порождающим его спутником вынуждает последний постепенно отходить от планеты. В результате этого Деймос, подобно нашей Луне, движется по медленно раскручивающейся спирали (удаляется на 2 мм в год, а Луна — на 3,8 см).

Ближайший к Марсу Фобос, наоборот, движется по орбите быстрее, чем вращается марсианская поверхность под ним. Вызываемый Фобосом двойной приливный горб отстает от Фобоса, и взаимодействие Фобоса с этим горбом приводит к его дальнейшему сближению с Марсом. Через 30–35 млн лет Фобос должен упасть на планету, но, скорее всего, он еще до этого будет разорван мощными приливными силами, проходя предел Роша (радиус орбиты, на котором приливные силы центрального тела равны гравитационным силам, связывающим спутник воедино, в данном случае это 5,5 тыс. км).

Таким образом, разница между поведением Деймоса и Луны с одной стороны и Фобоса с другой определяется соотношением скорости вращения планеты и средней угловой орбитальной скоростью спутника (средним движением, как говорят астрономы).

Однако приливы, порождаемые планетой в самом спутнике, находящемся на эллиптической орбите, работают совершенно иначе. Если спутник, подобно Фобосу, Деймосу и нашей Луне, приливно «заперт», всё время обращен к планете одной стороной, то приливы в нем *притягивают* его к поверхности планеты. Таким образом, в случае спутника, находящегося выше синхронного радиуса (Деймос и Луна), возникает конкуренция: приливные горбы на планете их расталкивают, а приливы в спутнике сближают. Что победит?

Ответ определяются двумя факторами: эксцентриситетом орбиты и вытянутостью формы спутника. Почему эксцентриситетом? Да потому, что, оказавшись его орбита круговой — и двойной приливный горб на спутнике не менялся бы во времени. Не было бы в спутнике ни меняющейся во времени деформации, ни приливной диссипации. И этот статический прилив ни на что бы не влиял. А при ненулевом эксцентриситете горб периодически меняет свою форму и этим отнимает у системы энергию, влияя на ее орбитальное движение. При чем же здесь вытянутость формы спутника? При том, что синхронизованный спутник смотрит на планету одной стороной лишь в первом приближении. При наличии вытянутости он совершает небольшие «покачивания» в плоскости орбиты, называемые либрациями по долготу. Эти либрации усиливают приливную диссипацию — в нынешнем Фобосе более чем в два раза [2]. Прежде, когда эксцентриситет был куда выше, либрация могла усилить приливную диссипацию в Фобосе даже на два порядка и больше.

Спутники Марса могут оказаться как пришельцами-астероидами, так и сугубо «местными», родившимися вместе с планетой. Спектральный анализ их поверхностей дает сходство со спектрами, присущими некоторым классам астероидов. Это свидетельствует в пользу гипотезы об астероидном происхождении обоих объектов. Подобную версию подтверждает также низкая средняя плотность этих двух тел (когда-то спроводировавшая Иосифа Шкловского на экстравагантную версию об искусственном происхождении спутников).

Против астероидной гипотезы говорит «аккуратность» орбит обоих спутников с низкой эллиптичностью и низким наклонением орбиты. Вообще, прилетевший по гиперболической траектории астероид либо просто промчится мимо планеты (слегка изменив параметры своей гиперболы), либо совершит какое-то количество сложных движений вблизи планетарной орбиты, но в итоге все-таки удалится (опять же по слегка измененной гиперболе).

Для постоянного захвата планетой (т.е. для перехода с гиперболы на эллипс с планетой в одном из центров) пришелец должен избавиться от излишней энергии. Приливное взаимодействие со звездой и планетой здесь не поможет, поскольку приливная диссипация — эффект слишком слабый по сравнению с масштабом задействованных энергий. Торможение в остатках околопланетного диска возможно, но этот диск присутствовал лишь на самой заре существования Солнечной системы и был короткоживущим. И, что особенно важно, попади в него Фобос и Деймос, их орбиты вскоре потеряли бы свою эллиптичность в результате сильной диссипации. По этой же причине их орбиты быстро утратили бы и наклонение по отношению к экватору. Между тем оба спутника сохранили некий остаточный эксцентриситет и некое остаточное наклонение. Добавим также, что без существенного эксцентриситета Фобос не сумел бы опуститься ниже синхронного радиуса. А если бы Фобос изначально был захвачен ниже этого радиуса, то он бы уже давно упал, влекомый приливными силами.

Существует еще один сценарий захвата, когда на планете приближается двойной астероид, и один из его компонентов захватывается, а второй «отстреливается», унося избыток энергии. Это не очень вероятный сценарий, и представляется еще менее вероятным, что у одной планеты он реализовался дважды.

Более правдоподобной версией является формирование Фобоса и Деймоса in

situ, т.е. в окрестностях Марса. Как и в ситуации с захватом, здесь возникает проблема недолгой жизни спутника, оказавшегося ниже синхронного радиуса. Но в данном случае эта проблема решается, если предположить, что Фобос и Деймос — фрагменты общего предка, большой луны, находившейся выше синхронного радиуса и развалившейся от столкновения с телом, прилетевшим извне. В рамках такого сценария оказывается возможным появление какого-то количества мелких и двух крупных осколков, один из которых мог обладать достаточно большим эксцентриситетом. А наличие такого, как выясняется, позволяет спутнику «пробить» синхронный радиус. И этому сильно способствует вытянутая форма осколка (каковой формой как раз и обладает Фобос).

Еще одно очевидное обстоятельство, определяющее эффективность приливной диссипации в системе (а стало быть и утечки кинетической энергии), — это диссипативные свойства Марса и его лун. Грубо (очень грубо!) говоря, из чем более вязкое материала сформировано небесное тело, тем большей диссипацией сопровождается его деформация. И если у нас имеются некоторые представления о внутренней структуре и параметрах Марса, то в случае его спутников, как пояснил Михаил Эфроимский, авторам работы [1] пришлось рассматривать широкие диапазоны значений параметров, отвечающих за диссипацию. В этом смысле пугливой звездой стал огромный кратер Стиктни, расположенный на Фобосе и по размеру (9 км) сопоставимый с размерами самого спутника. Масштаб кратера свидетельствует о сильнейшем столкновении, пережитом этой луной. Такое столкновение разрушило бы Фобос, будь он кучей камней, стягиваемой лишь собственной гравитацией. Но если материал Фобоса обладает небольшим сцеплением и ведет себя как более или менее вязкая среда, он мог бы устоять при таком ударе, деформировавшись, но не разлетевшись. Это наблюдение помогло с оценкой степени диссипации в Фобосе (и в Деймосе — в силу их относительного внешнего сходства).

Интегрирование их орбит вспять во времени показало, что Фобос действительно прошел сквозь синхронный радиус, и что в прошлом (от 1 до 2,7 млрд лет назад — в зависимости от закладываемых в модель приливных параметров) орбиты Фобоса и Деймоса пересекались. Или почти пересекались с учетом крохотного различия в наклонениях. Это обстоятельство служит весомым аргументом в пользу предположения о том, что они являются осколками общего предка.

Но кто был их предком? Есть две возможности. Это тело могло сформироваться возле Марса из первоначального диска, а могло появиться несколько позже в результате мегаудара, выбросившего на околомарсианскую орбиту часть марсианской породы (примерно так же, как и с гипотетической Тейей, послужившей причиной появления Луны у Земли). Но это уже совсем другая история.

**На фото слева Деймос (MRO, 21.02.2009), справа Фобос (MRO, 23.03.2008)**

1. Bagheri A., Khan A., Efroimsky M., et al. (2021) *Dynamical evidence for Phobos and Deimos as remnants of a disrupted common progenitor.* — *Nature Astronomy*, 22 February 2021, doi.org/10.1038/s41550-021-01306-2

2. Efroimsky M. (2018) *Dissipation in a tidally perturbed body librating in longitude.* — *Icarus* 306: 328–354

# РФФИ жив!

Уважаемая редакция!



Во-первых, я хочу поздравить всех милых дам с замечательным весенним праздником 8 марта! Прекрасные женщины вдохновляют нас на труды и подвиги, что я особенно остро почувствовал, начав работать в режиме дистанционной занятости, и потому жить без них, то есть без вас, дорогие коллеги-женщины, нельзя!

К сожалению, от тем прекрасных и возвышенных нас отвлекают различные события. Точнее, даже не сами события, а скорее истерическая реакция на них со стороны отдельных экзальтированных субъектов, которых в нашем научном сообществе, увы, довольно много. Обострения у них, естественно, случаются весной, что мы и видим в этом году.

1 марта РФФИ объявил об отмене конкурса «а». И началось! Первыми, как водится, отметились заолошные академики из Клуба «1 июля». Они, впрочем, и не скрывают причины, честно указав ее в первом же предложении: «*Пришла весна, а с ней и весеннее обострение*». За это уважаю, но не за всё остальное: начав с себя, они тут же переходят к поливу грязью властей. Сделан, мол, очередной шаг в направлении уничтожения российской науки. Прочитав это, я чуть со стула не упал: что они, интересно, считают шагами в направлении уничтожения российской науки?! Объявление национального проекта по науке, строительство установок мегасайенс и исследовательских судов, принятие программы стратегического академического лидерства или, как там ее, Приоритет-2030, объявление Года науки — это что, господа хорошие, шаги по уничтожению российской науки, что ли?

Дальше больше: «*Непрекращающееся наступление бюрократии в значительной степени отражает именно стремление уничтожить в стране последние оплоты чести, самостоятельности и независимого мышления*», «*отношение к ученым как к врагам народа*» и пр. Свободы, гения и славы палачи, в общем. Ну, впрочем, что с этих представителей пятой колонны звать: они ведь сами признались, чем обусловлены их эмоции.

Менее понятно, почему рутинное решение об отмене одного из конкурсов вызвало такой ажиотаж среди несколько более вменяемых людей и организаций. Недавно прибежал ко мне коллега, махал руками, кричал, что РФФИ был, да весь вышел, поскольку отменили важнейший конкурс, без которого тысячи групп останутся без денег; что у него самого проект в прошлом году закончился, и теперь всё. РФФИ, конечно, объявит новый конкурс, но это просто смешно: это будет конкурс для групп численностью до четырех человек на 1–2 года на создание заделов по новым для коллективов тематикам и формирование новых коллективов. Ну что за бред, кричал он, какие заделы по новой тематике можно за год создать?! И еще статью опубликовать, как РФФИ требует?

Я слушал, смотрел и недоумевал: мы же взрослые и разумные люди, правила игры знаем. Провел какую-то работу, подготовил статью — и послал заявку на этот конкурс. Получил грант — тиснул статью со ссылкой на грант, не получил — тиснул статью со ссылкой на что-нибудь другое. Никаких проблем!

И совсем уж смешно слышать заявления про то, что РФФИ накрылся медным тазом. Судите сами, коллеги, на сайте висело объявление о пяти конкурсах, один отменили, но осталось еще четыре активных конкурса. Где тут печальный конец фонда?

Причем стоит посмотреть, что это за конкурсы. Конкурсы — новаторские, необычные, интересные, свидетельствующие о соответствии фонда современным трендам. Наставник опп! Это я не ругаюсь, это я код конкурса называю, а полное его название — «Конкурс на лучшие научные проекты фундаментальных исследований в сфере общественно-политических наук, выполняемых талантливыми молодежью под руководством ведущего ученого — наставника, проводимый совместно РФФИ и ИСИ».

Деньги даются на год, можно получить до 2,5 млн руб. Помимо наставника, в составе научной группы должны быть от 2 до 4 человек в возрасте до 25 лет включительно, имеющих аттестат о среднем общем образовании (молодые ученые), а также от 2 до 5 человек в возрасте от 15 до 18 лет, обучающихся в образовательных учреждениях РФ (школьники). Это же реализация идеи непрерывного образования! Верю, что скоро ниточки от маститых ученых дотянутся до детских садов, выполняемых талантливыми молодежью под руководством ведущего ученого — наставника, проводимый совместно РФФИ и ИСИ».

Ваш Иван Экономов

Скажу сразу: если вы не знаете, что такое «дорсальный», «вентральный», «латеральный», «диссальтный» и «проксимальный», если вам ничего не говорят слова «посткраниальный», «гастралии» или, прости господи, «кпрелубис», в общем, если вы не слишком обременены научно-биологической латынью, спасайтесь, бегите, закройте эту книгу и не приближайтесь к ней никогда. Я, конечно, шучу, но подробного терминологического словаря, несмотря на обширнейший справочный аппарат и солидную библиографию, «Птерозаврам» явно не хватает, а тот краткий раздел, в котором сам Марк Уиттон бегло объясняет биологическую терминологию... нет, он, конечно, неплох, и вообще хорошо, что автор задумался о том, что в книгу может заглянуть кто-то, не имеющий высшего образования, но если вы не специалист, вас этот раздел, скорее всего, не спасет... Хотите читать — запаситесь небольшим справочником.

По счастью, однако, книгу писал все-таки не кто-нибудь, а Уиттон; и пусть она трижды переполнена скрупулезнейшими описаниями фаланг, лопаток и всевозможных прочих скелетиков, стиль Уиттона, однако, окупает мучения читателя. Некоторые фрагменты книги читаются как хорошая художественная литература. Обороты вроде «они выглядят так, будто сам дьявол перепил энергетиков и выпил тапехарид<sup>1</sup> из кусочков казуара» или «к моменту мезозойского конца света мировые запасы птерозавров уже сильно истощились» попадают не на каждой странице, но довольно часто.

Перевод сделан, насколько могу судить, вполне корректно, все термины переданы верно и аккуратно. Последнее и не удивительно — перевел книгу Константин Рыбаков — пожалуй, один из главных, если вообще не самый главный переводчик популярной палеонтологической литературы на русский язык.

<sup>1</sup> Название этой группы также часто передается как «тапейриды».

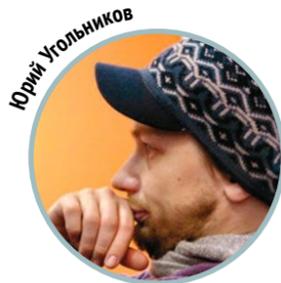
Отдельно впечатляют иллюстрации. Они великолепны. Помимо схематических изображений скелетов, описывающих строение различных птерозавров, в книге масса действительно высокохудожественных живописных работ. Лично мне особенно понравилось изображение питающихся на фоне розового неба птеродаустро, внезапно оказывающихся едва ли не самым бледным из того, что мы видим на картине. Но и, например, трагически замерзающий в конце мелового периода аждархид тоже весьма колоритен. Если бы в честь выхода книги где-нибудь, скажем, в Дарвиновском музее открылась выставка этих иллюстраций, я бы обязательно ее посетил.

Что касается собственно научной составляющей, то она также на высоте, благо научным редактором книги был не кто-нибудь, а А. О. Аверьянов, человек более чем заслуженный, известный не только научными работами, но и редактированием популярных переводов научно-популярной палеонтологической литературы. Даже если порой информация Уиттона не соответствует последним имеющимся данным или его сведения ошибочны, в сносках кратко приводится актуальная информация. При этом информация и автором, и редактором подана корректно: нам известно то, что известно, дальше ищите сами. Пожалуй, в выдвижении собственных гипотез Уиттон даже слишком робок, хотя и предлагает, например, читателям ознакомиться с ГИПТтами — гипотетическими предками птерозавров, его собственноручного, вернее, собственноручного изготвления (но это вынужденно: слишком расплывчатой выглядит пока предистория птерозавров).

Сдержанность Уиттона и наличествующие белые пятна, конечно, провоцируют читателя искать и пытаться понять жизнь и устройство удивительных крылатых существ. Тем более, что многое, несмотря на осторожность Уиттона, для самостоятельных размышлений в книге дано. Скажем, Уиттон

# Птерозавры повышенной шикарности

Юрий Угольников

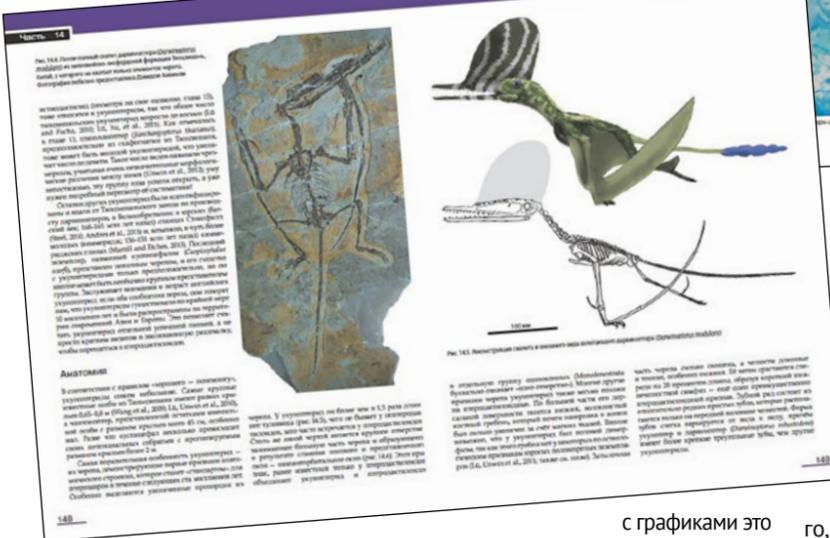
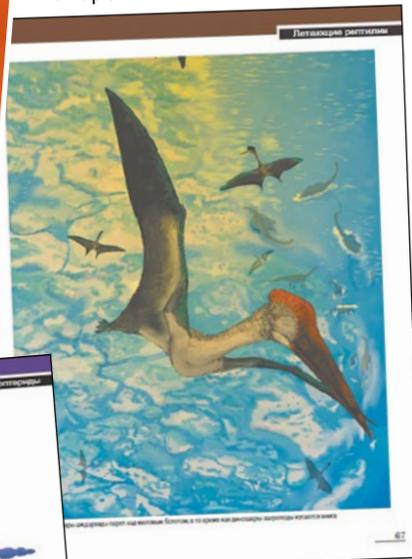


не считает, что птицы могли как-то конкурировать с птерозаврами и повлиять на их исчезновение. Однако график разнообразия птиц и птерозавров показывает, что после некоего кризиса разнообразия птиц и птерозавров, случившегося между 105 и 85 млн лет, птицы восстановились пусть и не быстрее птерозавров, но зато значительно превзошли тех в разнообразии. В дальнейшем разнообразие птиц, хотя и не было стабильным, всегда оставалось выше, чем у птерозавров, в последние же считанные миллионы лет, отделяющие мел от палеогена, разнообразие птиц уверенно растет (хотя этот рост и далеко не столь интенсивен,



Уиттон М.П. Птерозавры. — М.: Фитон XXI, 2020—308 с. (phyton-knigi.ru/product/pterozavru/)

них покровов птерозаврах теперь скорее является маргинальным. Вторых, действительно, в коже могут образовываться структуры, отпечатки которых напоминают перья или волосы (комические реконструкции пушистых морских ящеров появились именно поэтому, хотя именно им, морским ящерам, несмотря на способность поддерживать температуру тела заметно выше температуры окружающей среды, никакие внешние покровы точно не были нужны). Но в отношении птерозавров гипотеза о кожных структурах выглядит всё же несколько странно: тело мы считаем оперенным, знаем, что у некоторых опере-



ны и кромки крыльев, но продолжаем считать, что мембраны крыльев не оперены, почему такое исключение? Мне кажется, здесь действует ложная аналогия с рукокрылыми. Действительно, рукокрылые — единственные существа, которые сегодня имеют кожистые крылья, но они активны ночью, птерозавры же в большинстве своем (как в массе своей и архозавры вообще), скорее все-

## Помощь газете ТрВ-Наука

Дорогие читатели!

Мы просим вас при возможности поддержать «Троицкий вариант» необременительным пожертвованием. Почти весь тираж газеты распространяется бесплатно, электронная версия газеты находится в свободном доступе, поэтому мы считаем себя вправе обратиться к вам с такой просьбой. Для вашего удобства сделан новый интерфейс, позволяющий перечислять деньги с банковской карты, мобильного телефона и т.п. (trv-science.ru/vmeste).

«Троицкий вариант — Наука» — газета, созданная без малейшего участия государства или крупного бизнеса. Она создавалась энтузиастами практически без начального капитала и впоследствии получила поддержку фонда «Династия». Аудитория «Троицкого варианта», может быть, и невелика — десятки тысяч читателей, — но это, пожалуй, наилучшая аудитория, какую можно вообразить. Газету в ее электронном виде читают на всех континентах (нет данных только по Антарктиде) — везде, где есть образованные люди, говорящие на русском языке. Газета имеет обширный список резонансных публикаций и заметный «иконостас» наград.

Несмотря на поддержку Дмитрия Борисовича Зимина и других более-менее регулярных спонсоров, денег газете систематически не хватает, и она в значительной степени выживает на энтузиазме коллектива. Каждый, кто поддержит газету, даст ей дополнительную опору, а тем, кто непосредственно делает газету, — дополнительное моральное и материальное поощрение.

Редакция

Почтовое отделение 108840,  
г. Троицк, Москва, Сиреневый бульвар, 15 —  
партнер газеты «Троицкий вариант — Наука»

как 125 млн лет назад). В общем, книга, конечно, будоражит фантазию и научное воображение. Сегодняшним днем птерозаврологи Уиттон не ограничивается. Истории, посвященные прежним реконструкциям птерозавров, — пожалуй, самое удивительное, что есть в книге. Палеонтологи и реконструкторы всегда любили поиздеваться над несчастными созданиями древности: скажем, посмертные приключения спинозавра, которого то ставят на четвереньки, то приделывают ему новый хвост, стали притчей во языцех. Но над птерозаврами все-таки палеонтологам глумились с особым цинизмом. Как их только не представляли: и двуногими существами, передвигающимися по земле на задних конечностях, и какими-то огромными подобиями летучих мышей, висящими вниз головой на скалах...

Да, то, что информация в книге тщательно подобрана и проверена, все-таки не значит, что со всем в ней надо соглашаться (собственно, пример

с графиками это уже показывает).

Так, Уиттон исходит из того, что крылья птерозавров (мембраны крыльев) не были покрыты перьями (пикнофибрами), хотя признаёт, что туловища птерозавров действительно были оперены, а у анурогнатов оперена была и кромка крыла. Он также признаёт, что относительно сордесов пилосусов существовали предположения о том, что их крылья оперены, но считает эту информацию мало достоверной, а перьепоподобные структуры — видимо, нитями, образовавшимися в толще кожи, а не на поверхности... На самом деле я не знаю, как Уиттон их интерпретирует, может быть, и как-то иначе — он слишком бегло упоминает эти гипотезы и сразу же признаёт их сомнительными, не приводя каких-то собственных объяснений. Во-первых, надо оговориться, что до сих пор не все птерозаврологи в принципе согласны с оперенностью птерозавров, хотя представление о покрытых чешуей или вообще лишенных внеш-

го, были активны преимущественно днем. Летать с огромной, не защищенной ничем кожистой мембраной при ярком освещении, особенно существам, приспособленным к долгому полету и редким взмахам крыльев, — значит обречь свое тело на огромный перегрев (это в лучшем случае). Это не единственный аргумент, который можно привести в защиту оперенных крыльев у птерозавров (хотя, пожалуй, и самый наглядный). Впрочем, лучше об этом поговорить отдельно.

Подводя итоги разбору: книга Уиттона написана интересно и богато иллюстрирована, хотя и не лишена недостатков (к которым, кстати, стоит отнести и цену — столь шикарно иллюстрированное издание не может себе позволить быть дешевым). Книга едва ли хороша для первого знакомства с птерозаврами, но для читателя «продвинутого», безусловно, «Птерозавры» будут бесценным подарком. Даже человек, неплохо разбирающийся в биологии, наверняка найдет в ней что-нибудь новое и интересное. ♦

Адрес редакции и издательства: 142191, г. Москва, г. Троицк., м-н «В», д. 52;

телефон: +7 910 432 3200 (с 10 до 18), e-mail: info@trv-science.ru, интернет-сайт: trv-science.ru.

Использование материалов газеты «Троицкий вариант» возможно только при указании ссылки на источник публикации.

Газета зарегистрирована 19.09.2008 в Московском территориальном управлении Министерства РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций ПИ № ФС77-33719.

Тираж 2000 экз. Подписано в печать 08.03.2021, по графику 16:00, фактически — 16:00.

Отпечатано в типографии ООО «ВМГ-Принт». 127247, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 100.

Заказ №

© «Троицкий вариант»



«Троицкий вариант»

Учредитель — ООО «Трoвaнт»

Главный редактор — Б. Е. Штерн

Зам. главного редактора — Илья Мирмов, Михаил Гельфанд

Выпускающие редакторы — Борис Штерн, Максим Борисов

Редакторы: Юрий Баевский, Максим Борисов, Наталия Демина,

Алексей Иванов, Андрей Калинин, Алексей Огнёв, Андрей Цатурян

Верстка и корректура — Максим Борисов