

ПРИРОДА

11 15



Главный редактор академик **А.Ф.АНДРЕЕВ**

Первый заместитель главного редактора
доктор физико-математических наук **А.В.БЯЛКО**

Заместители главного редактора:
член-корреспондент РАН **В.В.МАЛАХОВ** (биология),
доктор геолого-минералогических наук **А.А.ЯРОШЕВСКИЙ** (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О.О.Астахова (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук
Л.П.Белянова (редактор отдела экологии и химии), доктор физико-математических наук
А.Н.Васильев (физика), доктор географических наук **А.А.Величко** (география), академик РАН **А.И.Воробьев** (медицина), академик **С.С.Герштейн** (физика), академик **Г.С.Голицын** (физика атмосферы), доктор химических наук **И.С.Дмитриев** (химия), академик **Л.М.Зеленый** (космические исследования), академик **В.Т.Иванов** (биоорганическая химия), доктор биологических наук **С.Л.Киселев** (генетика), член-корреспондент РАН **М.В.Ковальчук** (физика), **Г.В.Короткевич** (редактор отдела научной информации), **Е.А.Кудряшова** (ответственный секретарь), академик **Н.П.Лаверов** (геология), доктор геолого-минералогических наук **А.Ю.Леин** (геохимия), доктор биологических наук **А.М.Носов** (физиология растений), академик **Л.В.Розенштраух** (физиология животных), академик **А.Ю.Румянцев** (ядерная физика), академик **В.П.Скулачев** (биохимия), кандидат физико-математических наук **К.Л.Сорокина** (редактор отдела физики и математики), кандидат исторических наук **М.Ю.Сорокина** (история науки), кандидат физико-математических наук **В.Г.Сурдин** (астрономия), **Н.В.Ульянова** (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), **Н.В.Успенская** (редактор отдела истории естествознания и публицистики), академик **О.Н.Фаворский** (энергетика), академик **Л.Д.Фаддеев** (математика), академик **М.А.Федонкин** (палеонтология), академик **А.Р.Хохлов** (физическая химия), академик **А.М.Черепашук** (астрономия, астрофизика), академик **Ф.Л.Черноусько** (механика), член-корреспондент РАН **В.П.Шибает** (химия), **О.И.Шутова** (редактор отдела охраны природы)

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Серебристые облака, сфотографированные в 2006 г. в сибирской тайге на месте падения Тунгусского метеорита.

См. в номере: **Далин П.А., Ромейко В.А., Перцев Н.Н., Перминов В.И.**
Серебристым облакам уже 130 лет

Фото В.А.Ромейко

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Скала Собор на о.Мейбел (Земля Франца-Иосифа). См. в номере: **Гаврило М.В.** «Русская Арктика»: *первозданная природа и научный полигон.*

Фото автора



В НОМЕРЕ:

3 **Кондратова М.С.** **Одураченные макрофаги: как раковые клетки обманывают иммунитет**

Злокачественные опухоли способны не только избежать атак иммунной системы, но и «перепрограммировать» ее. Научившись управлять иммунным ответом столь же эффективно, как это делают опухоли, ученые надеются «переиграть» эту болезнь, которая остается одной из главных причин смертности в мире.

9 **Киселев А.А., Кароль И.Л.** **Еще раз про метан**

Интерес к проблеме атмосферного метана продолжает расти: ведь считается, что именно он — один из «виновников» глобального потепления климата. Попробуем проследить, что происходило с метаном в последние десятилетия и из каких источников он поступает в атмосферу.

18 **Далин П.А., Ромейко В.А., Перцев Н.Н., Перминов В.И.** **Серебристым облакам уже 130 лет**

Неудивительно, что исследования серебристых облаков продолжают: это тонкий атмосферный феномен и прекрасный естественный индикатор климатических изменений, происходящих, возможно, в атмосфере нашей планеты. Изменилась ли активность таких облаков в последнее время?

27 **Колокольцев В.Г.** **Загадочная текстура конус-в-конусе**

Текстура конус-в-конусе встречается практически во всех регионах планеты. Будучи характерной для определенных стратиграфических уровней фанерозоя, она может использоваться для корреляции осадочных толщ.

37 **Амтиславский С.Я., Кожевникова В.В., Казак Е.А., Рожкова И.Н.**

Перспективы репродуктивной медицины

Тенденция к отсрочке материнства, а также негативное влияние окружающей среды на репродуктивное здоровье людей в индустриально развитых странах все больше увеличивают роль вспомогательных репродуктивных технологий.

46 **Гаврило М.В.**

«Русская Арктика»: первозданная природа и научный полигон

Всего несколько лет назад на Земле Франца-Иосифа и северной оконечности Новой Земли был создан национальный парк. Благодаря удаленности островов их ландшафты сохранились практически в нетронутом виде. Здесь ученых ждут еще неописанные виды флоры и фауны, загадочные объекты неживой природы, следы пропавших экспедиций и свидетельства героической эпохи покорения Арктики.

Научные сообщения

60 **Татараидзе А.Б., Анищенко Л.Н., Коростовцева Л.С., Алехин М.Д.**

Радиолокация анализирует сон

Расцветаева Р.К., Аксенов С.М.

Почему оксалаты «мокрые», а антипинит «сухой»? (65)

Наука и общество

70 **Александров Е.Б.**

Австралийские битвы за счет казны

Времена и люди

78 **Громова Л.И.**

Павловы и Вальдгауеры — переплетение судеб

91 **Новости науки**

В ЦЕРНе измерили энергию связи в антиядрах (91). Российский прибор ДАН обнаружил «оазис» на Марсе (91). Гармония в Москве. **Захаров И.А.** (92). Заверено печатью великого князя. **Хохлов А.Н.** (93).

Рецензии

94 **Михайлов К.Г.**

Труженики Победы

(на кн.: Дорогами победы! Биологи МГУ имени М.В.Ломоносова — фронтовики и труженики тыла Великой Отечественной войны 1941—1945 гг.)

CONTENTS:**3 Kondratova M.S.****Foiled Macrophages:
How Cancer Cells
Deceive Immune System**

Malignant tumors are capable not only avoid attacks of immune system but also «reprogram» it. By learning to control the immune response as effectively as tumors do, scientists hope to «beat» the disease, which remains one of the main causes of death in the world.

9 Kiselev A.A., Karol I.L.**Once Again About Methane**

Interest in the problem of atmospheric methane continues to grow, and this is not surprising, because it is believed that this gas was one of the «perpetrators» of global warming. Let's try to trace what happened to the methane in recent decades, and the sources from which it enters the atmosphere.

**18 Dalin P.A., Romejko V.A., Pertsev N.N.,
Perminov V.I.****Noctilucent Clouds Are Already
130 Years Old**

It is not surprising that studies of noctilucent clouds continue: since the clouds are a tiny atmospheric phenomenon and wonderful natural indicator of climate change possibly happening in the atmosphere of our planet. Has the activity of these clouds changed over recent decades?

27 Kolokoltsev V.G.**Puzzling Texture Cone-in-Cone**

Texture cone-in-cone is encountered almost in all regions of the Earth. Being especially typical to certain stratigraphic horizons of Phanerozoic, it can be used for correlation of sedimentary strata.

**37 Amstislavsky S.Ya., Kozhevnikova V.V.,
Kazak E.A., Rozhkova I.N.****Perspectives
of Reproductive Medicine**

The tendency to postpone maternity combined with the negative impact of environment on reproductive health of people in developed countries increasingly enhance the role of assisted reproductive technologies.

46 Gavrilo M.V.**«Russian Arctic»: Pristine Nature
and Research Testing Ground**

Only several years ago at Franz Joseph Land and northern extremity of Novaya Zemlya a national park was established. Due to remoteness of the islands their landscapes preserved in almost pristine form. Here scientists can encounter not yet described species of flora and fauna, surprising objects of inanimate nature, traces of the missing expeditions and evidence of the heroic epoch of Arctic exploration.

Scientific Communications**60 Tataraidze A.B., Anishchenko L.N.,
Korostovtseva L.S., Alekhin M.D.****Radiolocation Analyzing Sleep****Raszvetaeva R.K., Aksenov S.M.****Why Oxalates Are «Wet»,
but Antipinite Is «Dry»? (65)****Science and Society****70 Aleksandrov E.B.****Astral Battles at Government Expense****Times and People****78 Gromova L.I.****Pavlovs and Valdgauers –
Intertwining Destinies****91****Scientific News**

At CERN the Binding Energy in Antinuclei Was Measured (91). Russian Instrument DAN Discovered an «Oasis» on Mars (91). Harmonia in Moscow. **Zakharov I.A.** (92). Stamped by the Grand Duke. **Khokhlov A.N.** (93).

Book Reviews**94 Mikhailov K.G.****Workers of Victory**

(on book: In Roads of Victory! Biologists of Lomonosov MSU – Soldiers and Rear Workers of Great Patriotic War 1941–1945)

Одураченные макрофаги: как раковые клетки обманывают иммунитет

М.С.Кондратова

Иммунная система — это мощная многослойная защита нашего организма, которая весьма эффективна против вирусов, бактерий, грибов и других патогенов. Кроме того, иммунитет способен эффективно распознавать и уничтожать трансформированные собственные клетки, которые могут переродиться в злокачественные опухоли. Однако сбои в работе иммунной системы (по генетическим либо другим причинам) приводят к тому, что однажды злокачественные клетки берут верх. Разросшаяся опухоль становится нечувствительной к атакам организма и не только успешно избегает уничтожения, но и активно «перепрограммирует» защитные клетки для обеспечения собственных нужд. Поняв механизмы, которые опухоль использует для подавления иммунного ответа, мы сможем разработать контрмеры и попытаться сдвинуть баланс в сторону активации собственных защитных сил организма для борьбы с болезнью.

Опухоль и иммунитет — драматический диалог в трех частях с прологом

Долгое время считалось, что причина низкой эффективности иммунного ответа при раке кроется в схожести злокачественных клеток с нормальными, здоровыми, поэтому иммунная система, настроенная на поиск «чужаков», не может как следует распознать новообразование. Этим как раз и объясняется тот факт, что она успешнее всего противостоит опухолям вирусной природы (их частота резко возрастает у людей, страдающих



Мария Сергеевна Кондратова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории вычислительной системной биологии рака Института Кюри (Institut Curie, Париж, Франция). Специалист в области структурной и системной биологии. Занимается изучением иммунного ответа при раке. Победитель конкурса научно-популярных статей «Био/мол/текст» 2014 г.

иммунодефицитом). Однако позднее стало ясно, что это объяснение, хотя и важное, но не единственное и не исчерпывающее.

Оказалось, что взаимодействие раковых клеток с иммунной системой носит гораздо более активный характер, чем предполагалось раньше. Опухоль не просто «прячется» от атак, она умеет активно подавлять местный иммунный ответ, выделяя специальные вещества — иммуносупрессоры, и «перепрограммировать» иммунные клетки, заставляя их обслуживать собственные злокачественные нужды.

«Диалог» между переродившейся, вышедшей из под контроля клеткой с ее потомством (т.е. опухолью) и организмом развивается в несколько стадий. И если сначала инициатива почти всецело находится на стороне защитных сил организма, то в конце (в случае развития болезни) — переходит на сторону опухоли. Несколько лет назад учеными онкоиммунологами была сформулирована концепция «иммуноредактирования», описывающая основные этапы этого процесса (рис.1) [1].

Первая стадия иммуноредактирования — ликвидация. Под действием внешних канцерогенных факторов или в результате спонтанной мутации нормальная клетка «трансформируется» — приоб-

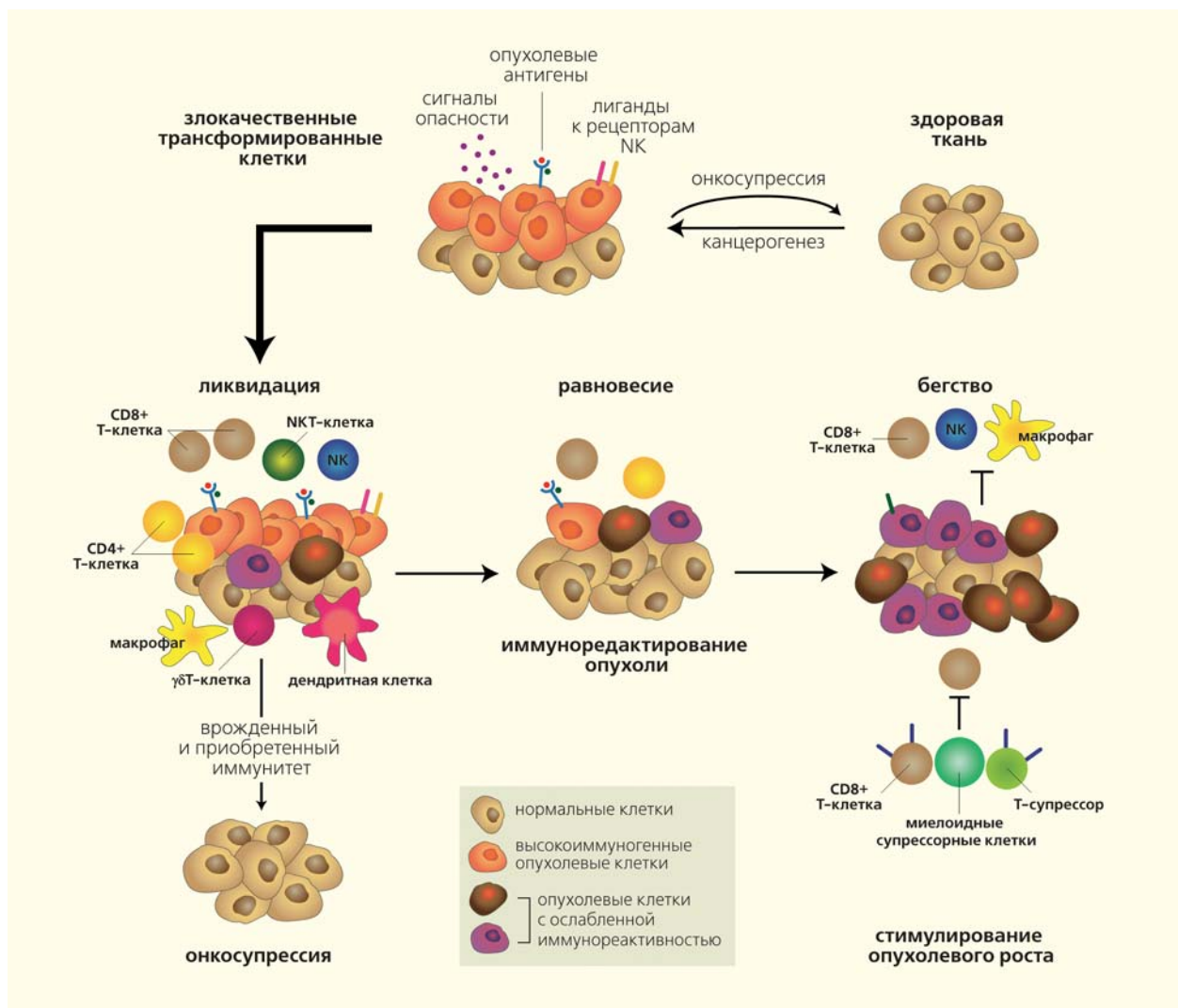


Рис.1. Основные стадии взаимодействия злокачественной опухоли с иммунной системой организма: ликвидация, равновесие и бегство из-под иммунного надзора [1]. Пояснения в тексте.

ретает способность неограниченно делиться. Но при этом она, как правило, начинает синтезировать на своей поверхности особые белки: опухолевые антигены (которые могут распознаваться клетками иммунной системы) и другие белки — сигналы опасности. Эти сигналы привлекают клетки иммунной системы, прежде всего макрофагов и так называемых естественных киллеров (natural killers, NK), а также T-клетки. В большинстве случаев они успешно уничтожают все «испортившиеся» клетки, прерывая развитие опухоли. Однако иногда среди подобных «предраковых» клеток оказывается несколько таких, у которых иммунореактивность (способность вызывать иммунный ответ) по каким-то, не вполне понятным пока причинам оказывается ослабленной, они синтезируют меньше опухолевых антигенов, хуже распознаются иммунной системой и, пережив первую волну иммунного ответа, продолжают делиться.

В этом случае взаимодействие опухоли с организмом выходит на вторую стадию — равновесия. Здесь иммунная система уже не может полностью уничтожить опухоль, но еще в состоянии эффективно ограничивать ее рост. В таком «равновесном» (и не обнаруживаемом обычными методами диагностики) состоянии микроопухоль может существовать в организме годами. Но свойства составляющих ее клеток постепенно изменяются под действием естественного отбора: преимущество среди делящихся опухолевых клеток получают такие, которые способны лучше противостоять иммунной системе, и в конце концов в опухоли появляются иммуносупрессоры. Эти клетки в состоянии не только пассивно избегать уничтожения, но и активно подавлять иммунный ответ.

Этот драматический момент знаменует собой переход опухоли к третьей стадии — избегания, когда опухоль уже малочувствительна к активнос-

ти клеток иммунной системы, более того, обращает их активность себе на пользу. Она принимается расти и метастазировать. Именно такая опухоль обычно диагностируется медиками и исследуется учеными — две предыдущие стадии протекают скрытно, и наши представления о них основаны главным образом на интерпретации целого ряда косвенных данных.

Дуализм иммунного ответа и его значение в канцерогенезе

Существует множество научных статей, описывающих, как иммунная система борется с опухолевыми клетками, но в не меньшем количестве публикаций говорится о том, что присутствие клеток иммунной системы в ближайшем опухолевом окружении — негативный фактор, коррелирующий с ускоренным ростом и метастазированием рака [1, 2]. В рамках концепции иммуноредактирования, описывающей, как изменяется характер иммунного ответа по мере развития опухоли, подобное двойственное поведение наших защитников получило наконец свое объяснение.

Переориентирование иммунитета от борьбы с опухолью на ее защиту возможно благодаря пластичности клеток этой системы. Говоря об иммунном ответе, мы, как правило, используем воинственные метафоры — «борьба», «уничтожение», «подавление». Но мало уничтожить врага, будь то вирус, бактерия или другой паразит. Организм должен еще и исправить причиненный ему ущерб. Регенерация поврежденных тканей, заживление ран тоже находятся под контролем клеток иммунной системы. Она не только воин, но еще и лекарь. Коварство рака заключается в том, что, будучи по сути чужеродным агентом в организме, он выделяет специальные вещества, которые подавляют активный иммунный ответ и побуждают лейкоциты воспринимать опухоль не как врага, требующего уничтожения, а как рану, требующую помощи, защиты и исцеления.

Мы рассмотрим некоторые механизмы того, как это происходит, на примере макрофагов и клеток «естественных киллеров». Похожие приемы опухоль использует и для того, чтобы обманывать другие клетки врожденного и приобретенного иммунитета.

Макрофаги — воины и целители

Макрофаги, пожалуй, самые знаменитые клетки врожденного иммунитета — именно с изучения их способностей к фагоцитозу Мечниковым и началась классическая клеточная иммунология. В организме млекопитающих макрофаги — боевой авангард: первыми обнаруживая врага, они не только пытаются уничтожить его собственными силами,

но также привлекают к месту сражения другие клетки иммунной системы, активируют их. А после уничтожения чужеродных агентов активно участвуют в ликвидации причиненных повреждений, вырабатывая факторы, способствующие заживлению ран. Эту двойственную природу макрофагов опухоли используют себе на пользу.

В зависимости от преобладающей активности различают две группы макрофагов. Одни из них (M1, их еще называют классически активированными макрофагами) — «воины» — отвечают за уничтожение чужеродных агентов (в том числе и опухолевых клеток), как напрямую (рис.2), так и за счет привлечения и активации других клеток иммунной системы (например, Т-киллеров). Другие макрофаги (M2) — «целители» — ускоряют регенерацию тканей и обеспечивают заживление ран [3, 4].

Присутствие в опухоли большого количества макрофагов 1 тормозит ее рост [5], а в некоторых случаях может вызвать даже практически полную ремиссию (уничтожение). Макрофаги 2 выделяют молекулы (факторы роста), которые дополнительно стимулируют деление опухолевых клеток, т.е. благоприятствуют развитию злокачественного образования. Экспериментально было показано, что в опухолевом окружении обычно преобладают именно M2, т.е. макрофаги-целители. Хуже того, под действием веществ, выделяемых опухолевыми клетками, активные M1 «перепрограммируются» в M2-тип [6], перестают синтезировать антиопухо-



Рис.2. Электронная микрофотография макрофага, атакующего раковую клетку (выделена желтым цветом).

Britannica.com

левые цитокины, такие как интерлейкин 12 (IL12) или фактор некроза опухолей (TNF), и начинают выделять в окружающую среду молекулы, ускоряющие рост опухоли и прорастание кровеносных сосудов, которые будут обеспечивать ее питание, например фактор роста опухолей (TGFβ) и фактор роста сосудов (VGF). Они перестают привлекать и инициировать другие клетки иммунной системы и начинают блокировать местный (противоопухолевый) иммунный ответ (рис.3).

Ключевую роль в этом перепрограммировании играют, по-видимому, белки семейства NF-kB [7] — транскрипционные факторы, контролируемые активностью множества генов, необходимых для активации макрофагов 1. Наиболее важные представители этого семейства белков — p65 и p50. Они могут образовывать гетеродимер p65/p50, который в макрофагах активирует множество генов, связанных с острым воспалительным ответом: например, гены TNF, антиопухолевого белка IL12 и многих других. В то же время гомодимер p50/p50 обладает способностью связываться с теми же самими генами, но не для того, чтобы их активировать, а как

раз наоборот — он блокирует их экспрессию, что характерно именно для макрофагов 2.

Оказалось, что опухоли целенаправленно выделяют вещества, которые нарушают синтез p65 в макрофагах и, напротив, стимулируют накопление в их клетках блокирующего p50/p50-димера [7]. С другой стороны, вещества, выделяемые разрушающимися опухолевыми клетками (например, HMGB1), активируют NF-kB-факторы и макрофаг 1.

Естественные киллеры — первая линия противораковой защиты

Естественные киллеры не так известны широкой публике, как макрофаги, но не менее важны для первичного противоопухолевого ответа. Клетки-киллеры, с одной стороны, сами способны распознавать и убивать трансформированные опухолевые клетки, а с другой — синтезируют в больших количествах интерферон гамма (IFNγ), который направляет поляризацию макрофагов по M1-пути [4]. Таким образом, действуя совместно,

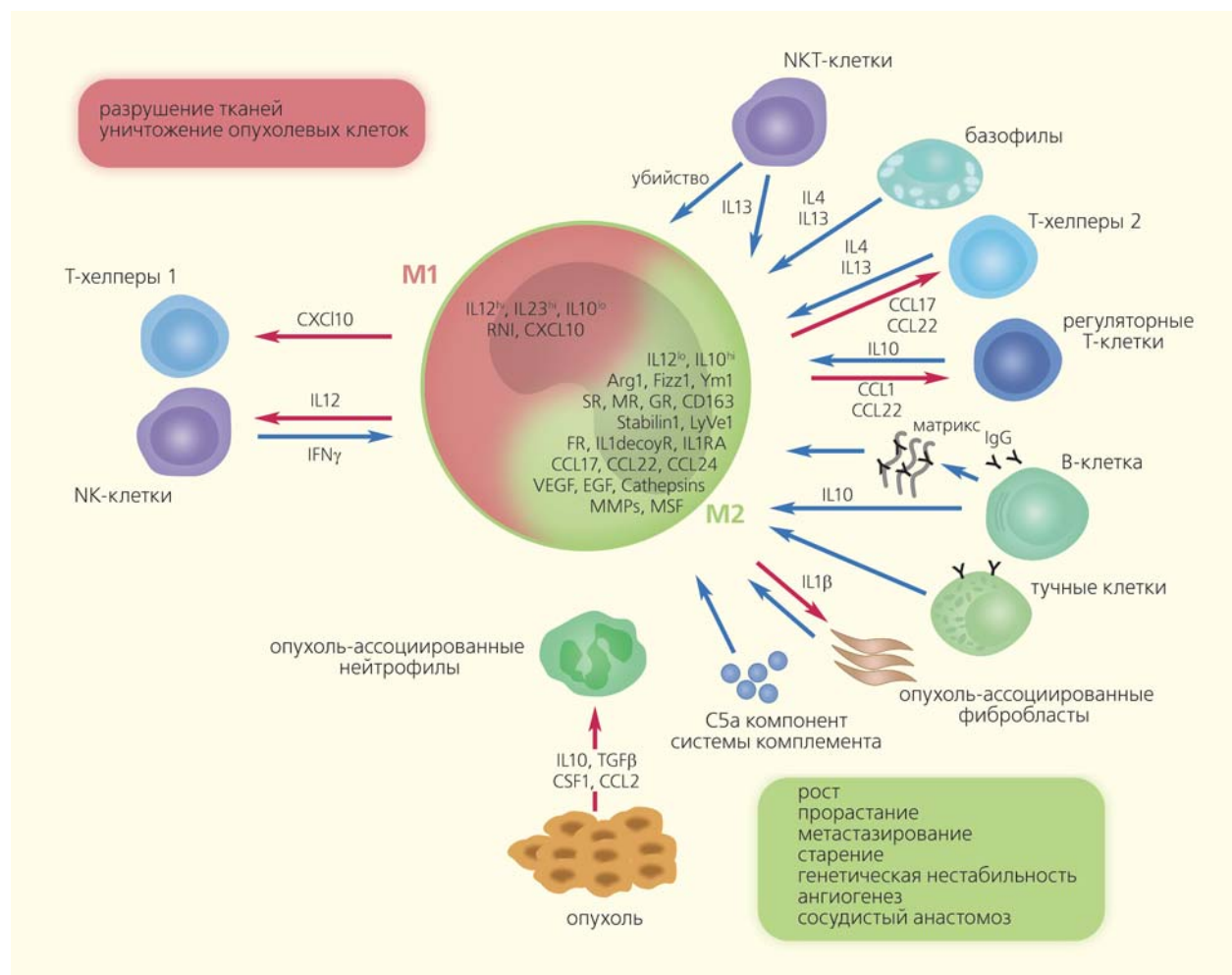


Рис.3. Макрофаги двух типов (M1 и M2) и их взаимодействие с опухолью и компонентами ее окружения [8].

эти две группы клеток, по-видимому, составляют самую первую линию врожденной противораковой обороны, которая способна обеспечивать довольно эффективную защиту от злокачественных опухолей даже в отсутствие клеток адаптивного иммунитета.

Система активации NK-клеток значительно отличается от схемы активации макрофагов. В норме они находятся в нерабочем состоянии. Специальные (ингибирующие) рецепторы на поверхности этой иммунной клетки распознают молекулы главного комплекса гистосовместимости (МНС I) на поверхности остальных клеток организма и интерпретируют этот сигнал как «свой». Если же на поверхности клетки таких молекул нет, то она опознается киллером как «чужой». Иммунная клетка активируется, клетка-«чужак» уничтожается. Утрата белков МНС I на поверхности характерна для многих опухолей, так что, по идее, они должны легко уничтожаться NK-клетками. Но все не так просто. Одного лишь отсутствия ингибирующего сигнала (МНС I) недостаточно для полноценной активации NK-ответа, необходимо еще наличие специфического активирующего сигнала со стороны раковых клеток [9]. Судя по косвенным данным, абсолютное большинство спонтанно трансформирующихся клеток в организме удовлетворяют обоим этим условиям и поэтому достаточно эффективно уничтожаются на самой первой стадии развития опухоли. Однако некоторым злокачественным клеткам удается избежать уничтожения. Если в ходе естественного отбора на выживание раковая клетка одновременно утрачивает и белки МНС I на поверхности, и способность экспрессировать лиганды, активирующие NK-ответ, она становится «невидимой» для клеток-киллеров (рис.4) и «сбегает» из-под иммунного надзора. Кроме того, иммуносупрессоры, синтезируемые опухолью, такие как интерлейкин 10 (IL10) и фактор роста опухолей бета (TGFβ), так же негативно влияют на активность NK-клеток. В результате на более поздних стадиях развития опухоли естественные киллеры оказываются бессильны предотвратить рост злокачественного образования и его метастазирование [10].

Реактивация иммунного ответа — актуальное направление антираковой терапии

Из приведенных примеров ясно, что в ближайшем окружении опухолей присутствует сложная смесь молекул, как активирующих, так и ингибирующих иммунный ответ. Перспективы развития опухоли (а значит, перспективы выживания организма) зависят от состава и баланса ингредиентов этого «коктейля». Преобладают иммуноактиваторы — по крайней мере опухоль будет уничтожена или во всяком случае ее рост сильно затор-

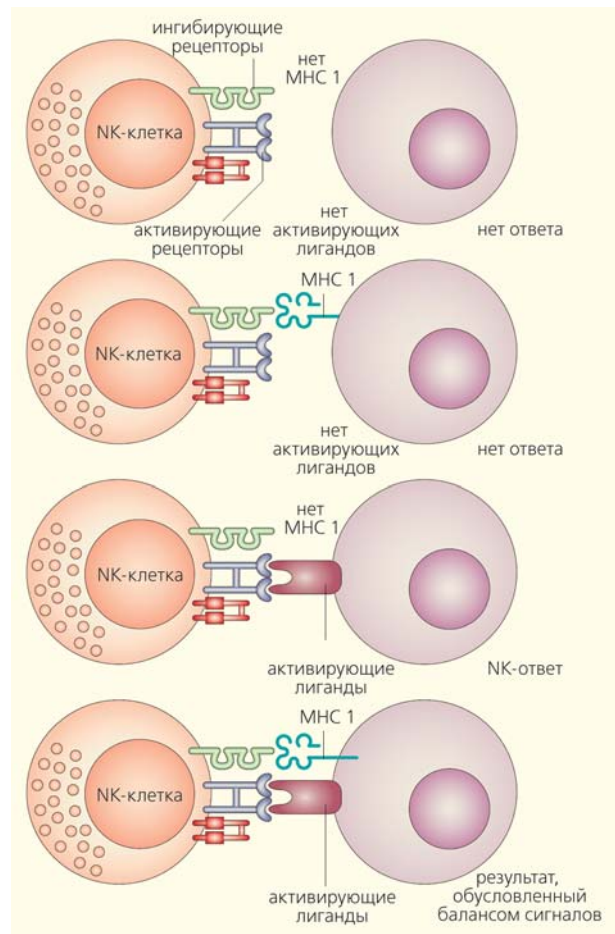


Рис.4. Значение баланса активирующего и ингибирующего сигналов для эффективной активации NK-ответа [11].

мозится. Преобладают иммуносупрессоры — опухоль станет быстро прогрессировать. Трансформированные клетки, естественно, работают именно в этом (иммуносупрессорном) направлении, но, понимая механизмы, которые они используют для подавления нашего иммунного ответа, мы можем попробовать принять контрмеры и сдвинуть баланс в сторону активации защитных сил организма [8].

Как показывают эксперименты, «перепрограммирование» макрофагов (и других клеток иммунной системы) носит обратимый характер, поэтому одно из перспективных направлений онкоиммунологии на сегодняшний день связано с реактивацией собственных клеток иммунной системы пациента с целью усиления эффективности других методов лечения. Для некоторых разновидностей опухолей (например, меланом) это позволяет добиться впечатляющих результатов.

Развитие методов антираковой терапии в настоящее время идет по нескольким направлениям сразу, и все они важны. Однако есть основания полагать, что, лишь научившись управлять иммунным ответом так же эффективно, как это делают

злокачественные опухоли, мы сумеем окончательно «переиграть» эту болезнь, которая остается одной из главных причин смертности в мире.

Понимать, чтобы лечить

Состояние местного опухолевого иммунитета (активированное или угнетенное) — важный прогностический фактор в течении болезни. Оно может подсказать врачам возможные пути лечения рака, связанные с активацией иммунитета. Но получение этой информации требует применения сложных цитологических методов и едва ли может быть в ближайшее время внедрено в клиническую практику. В то же время анализ транскриптомных (полного набора транскриптов — молекул РНК) данных опухолевых образцов постепенно становится рутинной процедурой в мировых онкологических центрах, а в ближайшее время, в связи со стремительным удешевлением методов секвенирования, вероятно, станет таковой и в России. Поскольку любой опухолевый образец содержит не только переродившиеся клетки, но и клетки ближайшего окружения (значительную его часть составляют иммунные клетки), информация о статусе опухолевого иммунитета (в той степени, в которой она отражается на уровне экспрессии генов) также присутствует в результатах секвенирования. Научиться извлекать и правильно интерпретировать

ее — важная прикладная задача современной онкоиммунологии.

Один из возможных подходов к ее решению — создание карт молекулярных взаимодействий, вовлеченных в иммунный ответ (на основе данных из научных статей). Проецирование экспрессионных данных на такие карты позволяет судить об активации или, напротив, ингибировании основных групп сигнальных путей, вовлеченных в регуляцию местного опухолевого иммунитета, и о состоянии иммунной системы.

В нашей лаборатории уже много лет ведется построение глобальной сети молекулярных взаимодействий, вовлеченных в злокачественную трансформацию* [12]. В ближайшее время в этом атласе сигнальных путей должна появиться новая страница (глобальная карта врожденного иммунитета к опухоли), использование которой должно помочь и ученым, и клиницистам более эффективно анализировать данные из опухолевых образцов. Вообще же в планах лаборатории — построение глобальной сети молекулярных взаимодействий опухолевого окружения в целом. Исследователи убеждены, что такая молекулярная карта поможет лучшему пониманию процесса развития опухолей и поиску новых подходов к лечению рака. ■

* Подробнее см.: Кондратова М.С., Зиновьев А.Ю., Куперштейн И.Н. ACSN — глобальный атлас сигнальных путей // Природа. 2015. №3. С.15—24. — *Примеч. ред.*

Литература

1. Schreiber R.D., Old L.J., Smyth M.J. Cancer immunoediting: integrating immunity's roles in cancer suppression and promotion // *Science*. 2011. V.331. №6024. P.1565—1570. doi:10.1126/science.1203486
2. Hanahan D., Weinberg R.A. Hallmarks of cancer: the next generation // *Cell*. 2011. V.144. №5. P.646—674. doi:10.1016/j.cell.2011.02.013
3. Martinez F.O., Gordon S. The M1 and M2 paradigm of macrophage activation: time for reassessment // *F1000Prime Rep*. 2014. V.6. №13. doi:10.12703/P6-13
4. O'Sullivan T., Saddawi-Konefka R., Vermi W. et al. Cancer immunoediting by the innate immune system in the absence of adaptive immunity // *J. Exp. Med*. 2012. V.209. №10. P.1869—1882. doi:10.1084/jem.20112738
5. Ma J., Liu L., Che G. et al. The M1 form of tumor-associated macrophages in non-small cell lung cancer is positively associated with survival time // *BMC Cancer*. 2010. V.10. №112. doi:10.1186/1471-2407-10-112
6. Hagemann T., Wilson J., Burke F. et al. Ovarian cancer cells polarize macrophages toward a tumor-associated phenotype // *J. Immunol*. 2006. V.176. №8. P.5023—5032. doi:10.4049/jimmunol.176.8.5023
7. Mantovani A., Sica A. Macrophages, innate immunity and cancer: balance, tolerance, and diversity // *Curr. Opin. Immunol*. 2010. V.22. №2. P.231—237. doi:10.1016/j.coi.2010.01.009
8. Biswas S.K., Mantovani A. Macrophage plasticity and interaction with lymphocyte subsets: cancer as a paradigm // *Nat. Immunol*. 2010. V.10. P.889—896. doi:10.1038/ni.1937
9. Costello R.T., Fauriat C., Olive D. Natural killer cells and immunity against cancer // *Discov. Med*. 2004. V.4. №23. P.333—337.
10. Wang B., Wang Q., Wang Z. et al. Metastatic consequences of immune escape from NK cell cytotoxicity by human breast cancer stem cells // *Cancer Res*. 2014. V.74. №20. P.5746—5757. doi:10.1158/0008-5472.CAN-13-2563
11. Lodoen M.B., Lanier L.L. Viral modulation of NK cell immunity // *Nature Rev. Microbiol*. 2005. V.3. P.59—68. doi:10.1038/nrmicro1066
12. Kuperstein I., Bonnet E., Nguyen H.A. et al. Atlas of Cancer Signalling Network: a systems biology resource for integrative analysis of cancer data with Google Maps // *Oncogenesis*. 2015. V.4. e160. doi:10.1038/oncsis.2015.19

Еще раз про метан

А.А.Киселев, И.Л.Кароль

Около 10 лет назад вышла наша статья, посвященная проблеме атмосферного метана [1]. В ней, в частности, высказывалось убеждение о сохранении повышенного интереса к этой теме в будущем. Такой вывод был очевиден и не требовал особой прозорливости, поэтому неудивительно, что он подтвердился. Действительно, все это время метан продолжал оставаться как предметом всесторонних интенсивных исследований, так и объектом для ряда политических решений. Словом, накопилось много новой и, на наш взгляд, интересной информации, которую мы хотели бы представить вниманию читателей «Природы». Однако обо всем по порядку.

Метан (CH_4) — один из основных парниковых газов, «ответственных» за широко обсуждаемое в последние годы глобальное потепление. Вклад атмосферного метана в него — второй после вклада CO_2 [2, 3]. В то же время молекула CH_4 «работает» на глобальное потепление значительно, в десятки раз, эффективнее молекулы углекислого газа. Измерения показывают, что начиная с доиндустриального периода концентрация метана выросла примерно на 150%, в то время как концентрация CO_2 — лишь на 40%. Поэтому роль CH_4 как парникового газа постоянно возрастает. Нелишне добавить, что увеличение содержания метана способствует росту концентрации другого парникового и жизне-



Андрей Александрович Киселев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела динамической метеорологии Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова (г.Санкт-Петербург). Область научных интересов — фотохимические процессы в атмосфере.



Игорь Леонидович Кароль, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией той же обсерватории. Специалист в области моделирования климата, фотохимических и радиационных процессов в атмосфере. Многие годы занимается проблемами атмосферного озона.

обеспечивающего газа — озона — как в тропосфере [4], так и в стратосфере [5]. Большая часть атмосферного метана имеет биогенное бактериальное происхождение. Химическим путем он не образуется. Поэтому поступление природного метана в атмосферу полностью контролируется его потоками с земной поверхности. Основные естественные источники CH_4 — заболоченные территории, пресноводные водоемы, поверхность океана, а также колонии термитов и сжигание биомассы в результате пожаров. С антропогенной деятельностью связаны потоки метана в атмосферу при добыче ископаемого топлива, с полигонов захоронения бытовых отходов и мусора на свалках, при очистке сточных вод, расширении сельскохозяйственных угодий (рисовых плантаций), разведении крупного рогатого скота и др. Разнородность источников метана — основная причина большой погрешности в оценках их интенсивности. Разрушение молекул метана происходит в результате его атмосферных химических реакций с гидроксидом (~90%, [6]) и атомарным хлором (выше 35 км).

Метан «глобальный, международный»

Как известно, мониторинг концентрации атмосферного метана проводится уже в течение нескольких десятков лет в различных уголках земного шара. В последние годы предприняты успешные шаги по улучшению его качества. С этой целью увеличено число станций наблюдения, внедрены системы непрерывного слежения, повышена точность измерений. В результате погрешность (стандартное отклонение) при оценке роста содержания метана в атмосфере сократилась с ± 3.3 млрд⁻¹/год в 1980-х годах до ± 1.3 млрд⁻¹/год в 2000-х [7]*. Расширение базы данных измерений и улучшение их качества позволили по-новому взглянуть на особенности природных процессов, ответственных за формирование поля метана, — его поступления в атмосферу и последующего разрушения, а также тщательнее оценить вклад метана в глобальное потепление.

Так что же происходило с атмосферным метаном в последние десятилетия? Посмотрим, как изменялась концентрация CH₄ за четверть века (рис.1). В целом его содержание в атмосфере, в соответствии с прогнозами, росло. Однако, вопреки ожиданиям, рост этот не был монотонным: с 1999 по 2007 г. концентрация метана словно «набиралась сил» перед последующим «восхожде-

* 1 млрд⁻¹ соответствует одной молекуле CH₄ на миллиард молекул воздуха.

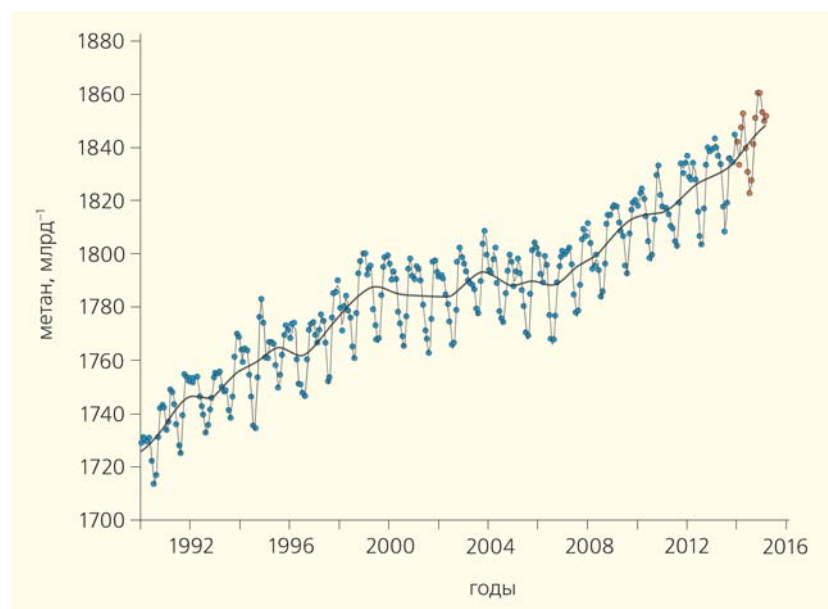


Рис.1. Эволюция содержания метана в приземном воздухе с 1990 г. по настоящее время на обсерватории «Мауна Лоа» (19°29'с.ш., 155°36'з.д., Гавайи, США). Ее данные, благодаря выгодному географическому положению, часто используются в качестве эталонных. Точками показаны среднемесячные значения, сплошной кривой — среднегодовые.

нием». Причины такого ее поведения до конца не ясны, но, скорее всего, дело в недостатке наших знаний об интенсивности источников и стоков CH₄, которые по-прежнему нуждаются в дополнительных уточнениях и анализе. И это при том, что инвентаризация источников метана проводилась весьма интенсивно. Так, в 1990-х годах ежегодно в атмосферу поступало приблизительно 560 Мт CH₄ (с разбросом 360—892 Мт CH₄) [8]. В начале XXI в. (с 2000 по 2009 г.) ежегодный поток метана в атмосферу составил 678 Мт (при разбросе 542—852 Мт) [7]. Отметим значительное сокращение разброса оценок во втором случае.

Итак, эмиссия метана возрастала. Но вот что интересно: доли естественных и антропогенных источников оказались пересмотрены. Если по существовавшим в 1990-х представлениям примерно 2/3 выбросов CH₄ приходилось на его антропогенную эмиссию [3], то в первой декаде текущего столетия возник приблизительный паритет между естественными и антропогенными источниками (рис.2). Разумеется, речь идет не о констатации столь заметного изменения интенсивности различных источников в природе, а лишь о разнице их определения при инвентаризации. Нетрудно видеть, что изменение соотношения между источниками обусловлено недооценкой натуральной эмиссии метана в прошлом (при этом антропогенные потоки остались почти неизменными). Обратите внимание: сказанное относится к глобальным оценкам; в густонаселенных райо-

нах антропогенные источники, конечно, преобладают.

Бюджет метана в первом десятилетии XXI в. складывался из множества источников. Наибольшей коррекции, по сравнению с ранними оценками, подверглась эмиссия с естественных переувлажненных территорий, величина которой возросла почти в два раза, с 110 [8] до 217 Мт/год (рис.3). Это и предопределило увеличение удельного веса естественных источников. Расчеты, выполненные с помощью моделей, учитывающих химические преобразования в атмосферном воздухе, показывают рост с течением времени содержания в атмосфере гидроксильного радикала OH, разрушающего метан, и, как следствие, интенсификацию стока CH₄ [6, 9]. Последним обстоятельством обусловлено уменьшение времени пребывания метана в атмосфере (его «времени жизни»): сегодня считается, что оно составляет 9.1 ± 0.9 года [10], тог-

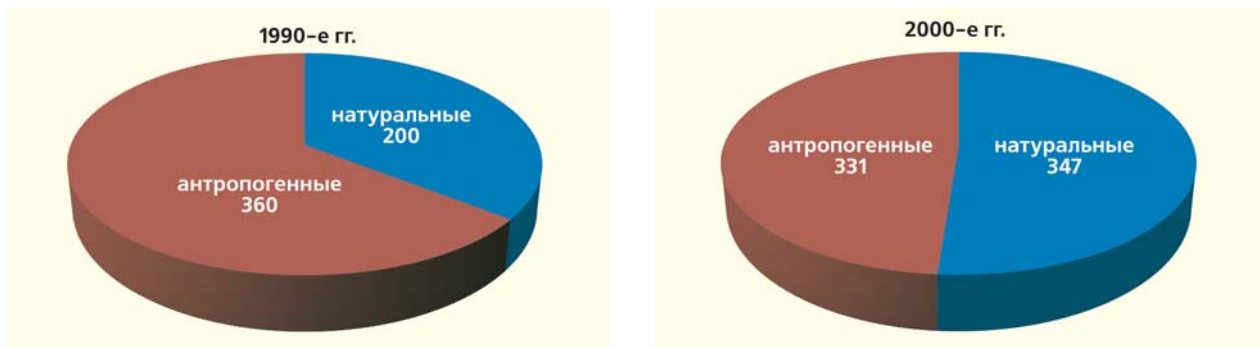


Рис.2. Глобальные источники метана (Мт/год) в 1990-х [8] и 2000-х годах [7].

да как ранее обычно использовали значение, равное 10 годам [2].

Фотохимические взаимодействия в условиях роста эмиссии метана влекут изменения содержания, особенно в стратосфере, других важнейших парниковых газов — водяного пара, углекислого газа и озона, а следовательно, и радиационного баланса. Это обстоятельство отражается на росте совокупного вклада CH_4 в изменения современного климата [11].

Таким образом, несмотря на остающиеся неясности и неопределенности, можно констатировать продолжающееся увеличение содержания метана в атмосфере и усиление его (как парникового газа) вклада в глобальное потепление. В условиях отсутствия эффективного механизма сдерживания потепления в рамках международных договоренностей возникла идея сокращения

выбросов газов и аэрозолей, чье воздействие на радиационный режим и климат значительно, но время пребывания в атмосфере (недели, месяцы или годы) существенно короче, чем у CO_2 (~100 лет), из чего следует, что отклик климатической системы должен проявиться достаточно быстро [12]. С целью реализации этой идеи в начале 2012 г. была создана коалиция в составе Бангладеш, Ганы, Канады, Мексики, США и Швеции, к которой вскоре присоединились все страны «Большой восьмерки», в том числе и Россия. Предполагается, что благодаря заявленным коалицией мерам рост приземной температуры воздуха к 2050 г. не превысит 0.5°C . Главное место в перечне таких короткоживущих климатических загрязнителей (short-lived climate pollutants) занимают черный углерод (black carbon) и наш герой — метан.

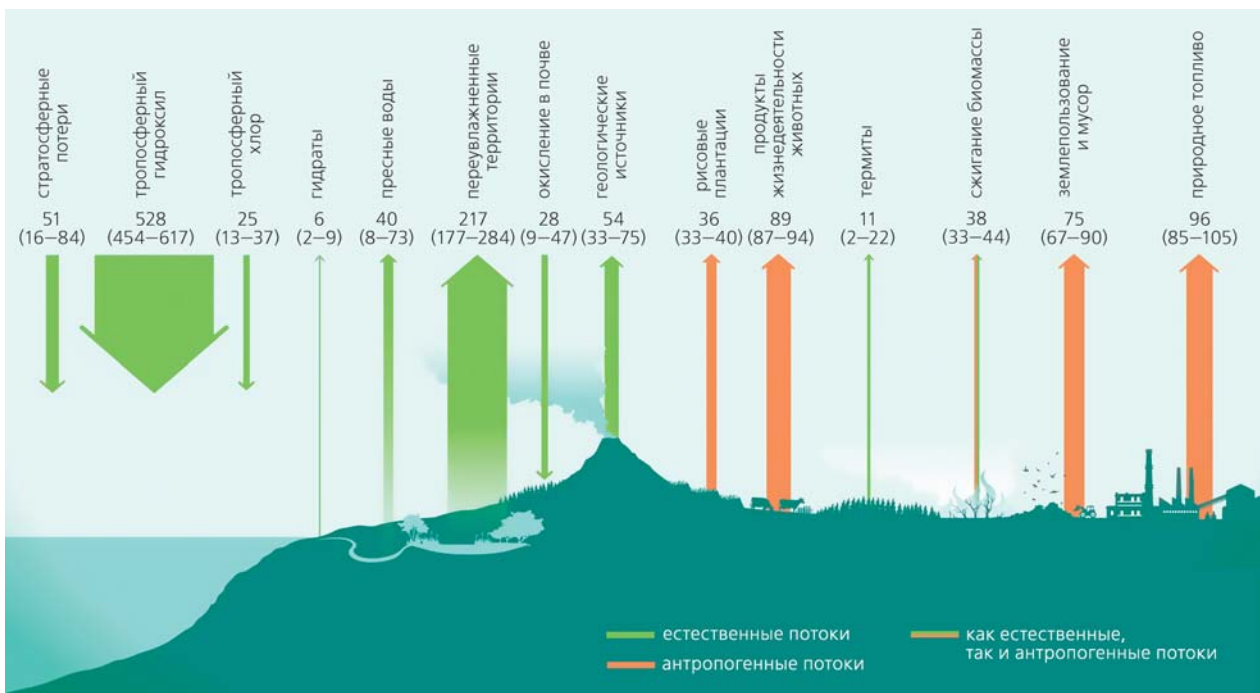


Рис.3. Глобальный бюджет метана (Мт/год) в 2000—2009 гг. [7]. В скобках дан разброс оценок.

Метан «всероссийский»

Результаты контроля за состоянием окружающей среды Российской Федерации и ее загрязнением в течение последних лет регулярно публиковались. Усилиями ряда институтов Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды начиная с 2005 г. подготавливаются и публикуются ежегодные обзоры [13]. До недавнего времени, в соответствии с обязательствами нашей страны в рамках Киотского протокола, периодически поступали официальные сообщения с подробным описанием и анализом антропогенной эмиссии парниковых газов с российской территории [14].

Данные об антропогенных выбросах метана в атмосферу из российских источников в последние десятилетия (табл.) рассчитаны согласно стандартным методикам Межправительственной группы экспертов по изменению климата [13, 14]. «Энергетическая» доля составляет около 75% в общей антропогенной эмиссии российского метана, «сельскохозяйственный» вклад оценивается в 8–12%, «обработка отходов» приносит еще 12–15%, а за 2% «ответственны» лесные пожары, возникшие как по антропогенным, так и по естественным причинам. В «энергетическом» секторе на непосредственное сжигание топлива приходится лишь 0.9% (!), остальное — следствие технологических выбросов и утечек. Продукты жизнедеятельности крупного рогатого скота «обеспечивают» львиную долю выбросов метана в «сельскохозяйственном» секторе. Таким образом, антропогенная эмиссия CH_4 в России, как и ранее, «покоится на трех китах»: энергетике, сельском хозяйстве и обработке промышленных и бытовых отходов.

О естественных источниках метана сведений значительно меньше. Если для оценки его антропогенной эмиссии разработаны и внедрены общепринятые методики, то для инвентаризации естественных выбросов таких процедур нет. Это неудивительно: долгие годы первоочередной интерес представляли как раз антропогенные источники, так как контролировать их и управлять ими все же заметно проще, чем их естественными «собратями». На первый взгляд парадоксально, но погрешности оценок эмиссии метана с переувлажненных территорий — основного натурального источника CH_4 — в 2000-х годах увеличились по сравнению с 1990-ми. Произошло это вследствие...

роста числа исследований, посвященных определению размера выбросов метана с поверхностей, покрытых различными и многообразными типами растительности. Учет такого многообразия, ранее недоступный, требует четкого деления участков земной поверхности по принципу преобладания на каждом из них того или иного растительного типа, однако в природе такое деление можно провести только с большой долей условности. Увы, нам неизвестны недавние публикации, содержащие оценку потока метана с российских переувлажненных территорий, поэтому приходится ссылаться на работы, в которых деление на регионы проходит не по национальным границам. Так, существуют оценки эмиссии CH_4 с переувлажненных территорий «северной Евразии» (полностью российских) — 9 Мт CH_4 /год (с разбросом 4–13 Мт CH_4 /год) и «Евразии умеренных широт» (охватывающей наряду с российскими и часть земель наших южных соседей) — 2 Мт CH_4 /год [7]. По другим расчетам, поток метана из тундры, как евразийской, так и североамериканской, составлял в 1990-х и 2000-х годах 13.7 и 14.7 Мт CH_4 /год (с практически двукратной неопределенностью) соответственно [15]. Исходя из приведенных оценок, можно заключить, что российская естествен-

Таблица

Выбросы метана (в Мт CH_4 /год) в различных секторах хозяйства России [14].

Категории источников	Годы					
	1990	2000	2005	2007	2009	2011
Энергетика						
Сжигание топлива	0.54	0.15	0.16	0.16	0.15	0.17
Технологические выбросы и утечки	19.51	15.42	17.09	17.70	16.25	18.20
Промышленность						
Химическая промышленность	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Металлургия	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Сельское хозяйство						
Внутренняя ферментация сельскохозяйственных животных	4.73	2.17	1.95	1.90	1.91	1.80
Системы сбора, хранения и использования навоза и помета	0.66	0.26	0.21	0.22	0.22	0.22
Выращивание риса	0.08	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05
Лесные пожары	0.48	0.47	0.46	0.46	0.55	0.50
Отходы производства и потребления						
Захоронение твердых отходов в земле	1.34	1.66	1.93	2.09	2.34	2.44
Очистка промышленных сточных вод	0.82	0.51	0.69	0.75	0.73	0.76
Очистка коммунально-бытовых сточных вод	0.54	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45
Сумма	28.74	21.18	23.02	23.82	22.67	24.62

ная эмиссия метана достигает величины порядка 10 Мт CH_4 /год или немного большей, однако она нуждается в уточнении из-за сохраняющихся значительных погрешностей в расчетах. Таким образом, если принять это предположение, современный общий выброс метана с территории России составляет около 35 Мт CH_4 /год. Такая величина совпадает с нижней границей ранней оценки [1].

Метан «российский, арктический»

Сегодня Арктика — зона всеобщего повышенного внимания. Во многом это вызвано темпами ее потепления: за последние 100 лет потепление здесь происходило примерно вдвое интенсивнее, чем в среднем по земному шару. Одновременно с увеличением температуры приземного слоя воздуха в Арктическом регионе отмечены изменение количества осадков, влагосодержания почвы и речного стока; уменьшение площади морских льдов; увеличение глубины протаивания в зоне вечной мерзлоты. Столь значительные перемены климатической обстановки открывают заманчивые перспективы развития региона (организация регулярных перевозок по Северному морскому пути, добыча полезных ископаемых и т.д.), но вместе с тем выявляют серьезные дополнительные риски (например, ускорение деградации мерзлоты и по-

вреждение расположенной на ней инфраструктуры). Очевидно, указанные изменения обусловлены как региональными особенностями (рельефом, альбедо поверхности, системой господствующих здесь ветров и течений, эмиссией в атмосферу парниковых газов и аэрозолей и т.д.), так и переносом тепла ветрами и течениями из южных широт к полюсам. Поэтому правомерен вопрос: определяется ли эволюция современного арктического климата главным образом тем, что происходит непосредственно в Арктике, или она в значительной степени формируется извне, т.е. под действием внешних факторов большего масштаба? Для ответа на него необходим целый комплекс исследований, включающий в первую очередь обеспечение качественного и бесперебойного мониторинга метеорологических параметров и содержания парниковых газов (CO_2 , CH_4) в регионе, а также их оперативные обработку и анализ.

В предыдущей статье мы сетовали на отсутствие разветвленной сети станций наблюдения в нашей стране [1], сегодня констатируем: положение дел улучшается, но медленно. Сейчас в Арктике насчитывается более двух десятков постоянно действующих станций (рис.4), четыре из них российские: «Териберка» (Кольский п-ов, побережье Баренцева моря), «Новый Порт» (п-ов Ямал, берег Обской губы), «Черский» (крайний северо-восток Якутии, нижнее течение р.Колымы) и «Тикси»

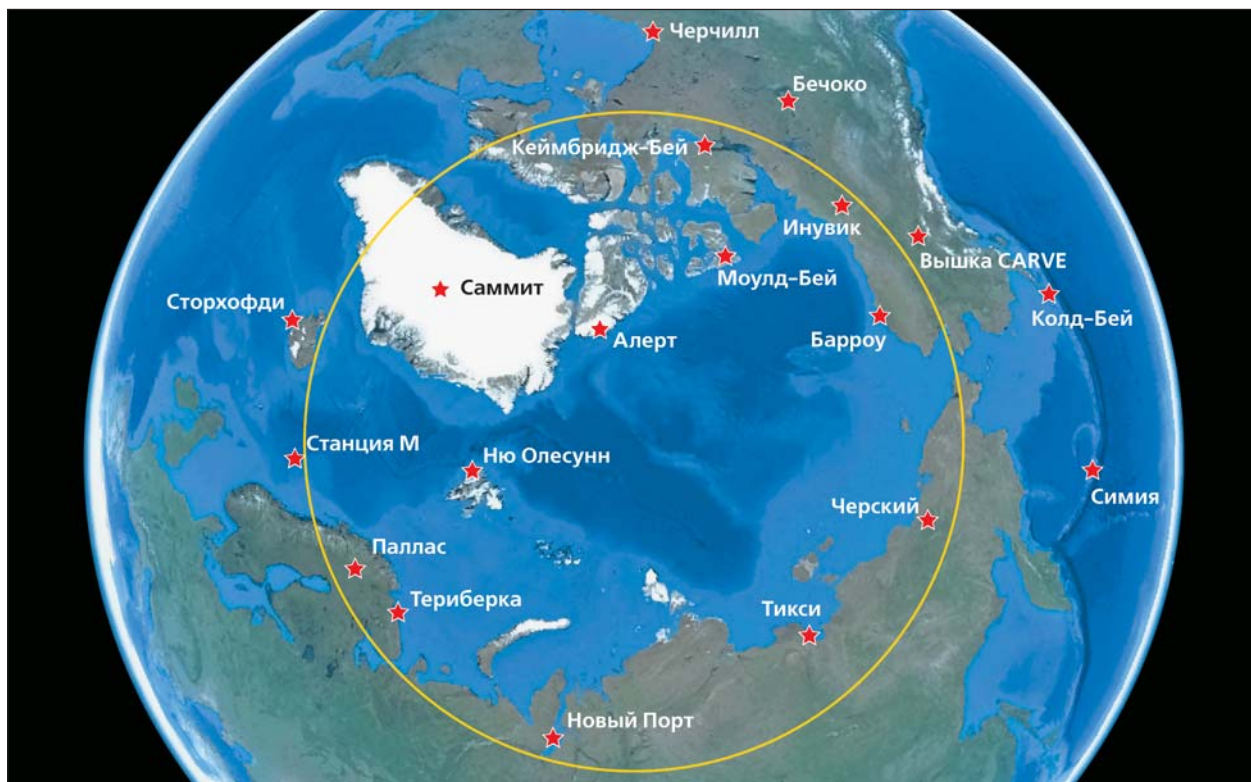


Рис.4. Местоположение станций, измеряющих концентрацию метана в атмосфере. Желтым цветом показана линия Северного полярного круга.

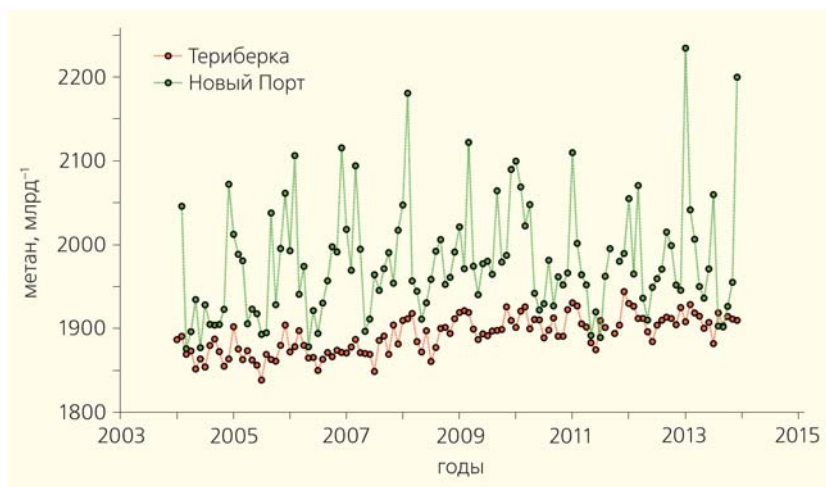


Рис.5. Среднемесячные данные регулярных фляжечных измерений концентрации CH_4 за период 2004—2014 гг. на станциях «Териберка» и «Новый Порт» [16]. При фляжечных измерениях производится отбор проб воздуха с последующей их обработкой, непрерывные измерения осуществляются автоматикой в режиме online.

(арктическое побережье, море Лаптевых, залив Сого). На последней из них работа ведется совместно Финским метеорологическим институтом, Главной геофизической обсерваторией (Санкт-Петербург) и NOAA/ESRL (США). «Териберка» — самая старая станция, наблюдения на ней стартовали в 1988 г. На остальных начало наблюдений пришлось на первое десятилетие XXI в.: 2002 («Новый Порт»), 2009 («Черский») и 2010 г. («Тикси») [13]. Местоположение вышеперечисленных российских станций позволяет выделить местные особенности поведения концентрации метана. Три из них («Териберка», «Черский» и «Тикси») можно рассматривать как фоновые, а станция «Новый Порт» находится на расстоянии 80—250 км от крупнейших в России газовых месторождений, поэтому данные измерений на ней позволяют контролировать техногенные выбросы.

Данные измерений концентрации CH_4 на «Териберке» близки к результатам мониторинга на других арктических фоновых станциях (рис.5). В то же время концентрации метана, зафиксированные на станции «Новый Порт», существенно выше: на результатах измерений сказалось влияние техногенных источников. Существенная разница имела место в амплитуде сезонных колебаний: 60 млрд⁻¹ на «Териберке» против 200 млрд⁻¹ и более в «Новом Порту». При этом максимальные значения концентрации наблюдались в зимние месяцы.

Важно также и то, что станции «Новый Порт» и «Тикси» находятся в зоне сплошной многолетней мерзлоты с множеством небольших термокарстовых озер, а это накладывает отпечаток на концентрацию метана. В последние годы широко дискутируется вопрос о возможном вкладе криолитозоны Восточной Сибири в формирование полей

концентрации метана в Арктическом регионе. При этом рассматриваются несколько возможных версий эмиссии метана, а именно: а) выделение газообразного метана из газогидратов, большие залежи которых обнаружены на шельфах морей Лаптевых, Чукотского и др.; б) выделение метана, захороненного в слое многолетней мерзлоты, при увеличении периода и глубины ее протаивания (сюда же примыкает и версия, связанная с ролью небольших и относительно неглубоких карстовых озер, которые образовались в местах интенсивного таяния многолетней мерзлоты); в) вклад крупнейших рек Восточной Сибири в перенос растворенного метана в моря Северного Ледовитого океана.

Гидраты метана представляют собой похожую на лед субстанцию — смесь воды и метана, существующую при температуре не выше 20°C и давлении не ниже 3—5 МПа в покрытых водой осадочных породах на глубине 300—500 м. Считается, что 99% гидратов в глобальном масштабе сконцентрировано на континентальном шельфе. Плотность CH_4 в гидратах более чем в 160 раз превосходит плотность чистого метана при стандартных давлении и температуре. До сих пор существует большая неопределенность в оценках общего объема газогидратов, а также неизвестно, насколько они чувствительны к потеплению климата, находясь в осадочных породах под слоем воды.

Больше половины ресурсов гидратного метана России приходится на арктические моря (рис.6).



Рис.6. Соотношение потенциальных ресурсов гидратного метана в морях Российской Федерации [17].

В настоящее время ведутся работы по изучению механизмов и условий высвобождения метана из газогидратов и последующего попадания его в атмосферу, но эти исследования далеки от завершения.

Согласно принятой сегодня градации, российская область вечной мерзлоты (охватывающая примерно 2/3 территории страны) делится на три зоны — сплошную, прерывистую и островную. Сплошная зона занимает большую часть Сибири от Енисея до Берингова пролива и распространяется на юг вплоть до 44° с.ш., здесь земля постоянно проморожена на глубину нескольких сотен метров. Южнее располагается зона прерывистого массивно-островного распространения мерзлоты, которая занимает от 40 до 70% территории. Периферийный островной пояс простирается от Кольского п-ова и Архангельской обл. на европейском арктическом побережье до Северного Китая и Монголии, а также включает в себя часть Камчатки. Острова мерзлоты занимают, как правило, не более 10% общей площади территории.

Как ни парадоксально, о «том, на чем стоим» (в буквальном смысле), мы знаем не так уж и много, а существующие оценки обладают большими погрешностями. По мнению известного шведского специалиста Т.Кристенсена, до сих пор не создано достоверной карты зоны вечной мерзлоты, отрывочны сведения о толщине многолетнемерзлых грунтов (рекордная глубина залегания многолетней мерзлоты — 1370 м — зафиксирована в феврале 1982 г. в верховьях р.Виллюй в Якутии). Но бесспорно, что при деградации из слоя мерзлоты высвобождается и попадает в атмосферу метан: этот факт подтверждается недавними измерениями (рис.7). Фоновые концентрации CH_4 в районе станции «Тикси» в период интенсивного таяния вечной мерзлоты (июль—сентябрь) превышены на 5—10%.

По современным оценкам, величина потока метана, вызванного таянием вечной мерзлоты, невелика и к тому же обладает большой погрешностью: 1 Мт/год при разбросе 0—1 Мт/год [7]. Однако прогнозируемое ускорение темпов таяния мерзлоты несомненно отразится и на объемах выбросов CH_4 в атмосферу.

Еще одним источником метана в морях восточной Арктики считаются крупные сибирские реки (Обь, Енисей, Лена и др.). Их водосборы находятся на территории с многолетней мерзлотой, хранящей огромные запасы органического углерода, в том числе в виде метана. «Питательным резервуаром» для Оби служат Васюганские болота, ставшие объектом всестороннего изучения в последнее время, а для Лены — озера Колымо-Инди-гирской и Приморской низменностей. Как следствие, наблюдается увеличение концентраций растворенного CH_4 в речных устьях. С другой стороны, поскольку транспорт метана речными водами происходит в аэробных условиях (т.е. при наличии кислорода), некоторая его часть окисляется. В итоге, по данным экспедиций 2003—2006 гг., более 80% придонных и более 50% поверхностных проб, полученных на мелком шельфе (глубина менее 50 м), были перенасыщены растворенным метаном [18].

Особый интерес исследователей вызывает гигантская дельта Лены, занимающая площадь около 29 тыс. км². По их мнению, здесь должны происходить непрерывные биологические процессы, так как температура донных осадков даже в зимнее время не опускается ниже 0°C. Осенью 2013 г. в дельте открылась многопрофильная станция «Остров Самойловский», в задачи которой входили и наблюдения за изменением климата (хотя исследования в этом регионе проводятся уже более 10 лет). Группа немецких ученых изучала эмиссию метана с различных типов поверхности дельты [19]. Они смогли показать, насколько по-

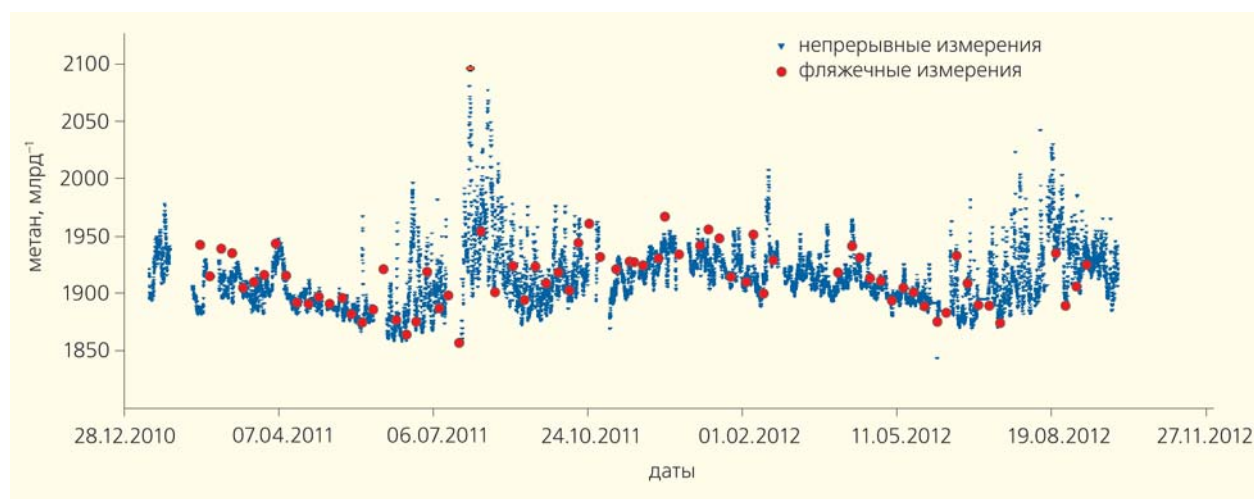


Рис.7. Результаты непрерывных и флажечных измерений CH_4 на станции «Тикси».

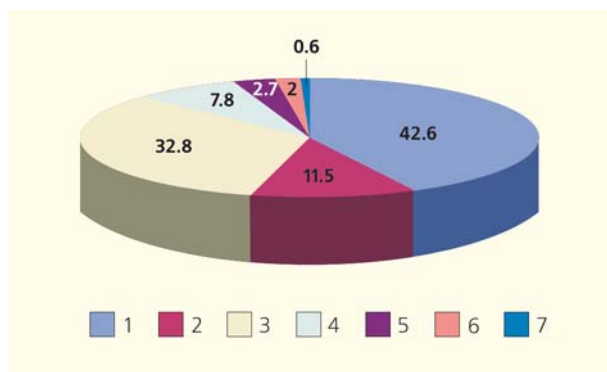


Рис.8. Доля (в процентах) эмиссии метана с различных типов поверхности в дельте Лены [19]. Условные обозначения: 1 — тундра сильно влажная с преобладанием осоки и мхов; 2 — тундра слегка увлажненная с преобладанием травы и мхов; 3 — тундра с преобладанием карликовых деревьев и кустарников и различной степенью увлажненности (от слабой до сухой); 4 — термокарстовые озера; 5 — все прочие озера; 6 — побережья покрытых растительностью озера; 7 — тундра с преобладанием сухой растительности, мхов, кошек.

ток метана в атмосферу зависит от типов рельефа и растительности, а также степени увлажненности поверхности в низовьях Лены (рис.8).

На основе анализа полученных результатов поток метана в дельте Лены оценен величиной 28.2 т CH_4 в год. В работах Н.Е.Шаховой и И.П.Семилетова (участников нескольких морских экспедиций на российском арктическом шельфе) фигурируют куда более внушительные величины. Однако объем информации пока явно недостаточен для окончательных выводов.

Метан «как зеркало борьбы с глобальным потеплением»

Сегодня в мире нет масштабных соглашений, направленных на коллективное сокращение эмиссии парниковых газов для смягчения последствий изменения климата. Недостаточная эффективность Киотского протокола повлекла отказ ряда стран (Канады, России, Японии) от продления его действия после 2012 г. С учетом того, что крупнейшие эмитенты (Китай и США) изначально не участвовали в нем, верность Киотскому договору сохранили лишь страны, чей суммарный выброс парниковых газов составляет около 15% общемирового [3]. В этих условиях появление уже упомянутой коалиции выглядит до некоторой степени альтернативой по сути «сошедшему на нет» Киотскому протоколу. И, исходя из объявленных ею приоритетов, закономерно, что среди всех парниковых газов именно метан оказался «слабым звеном».

Ряд недавних исследований говорит о том, что субстанции, время пребывания которых в атмо-

сфере не превосходит нескольких недель или месяцев, могут оказывать существенное влияние только на *локальный*, но не на *глобальный* климат. Это напрямую относится к большинству короткоживущих климатических загрязнителей, в том числе к черному углероду. Иное дело — метан: его «время жизни» в атмосфере значительно более продолжительно, но в то же время оно в несколько раз меньше, чем у углекислого газа. С учетом высокого, второго места метана в «рейтинге» антропогенных газов, влияющих на глобальное потепление, он наиболее удобен для «регулирования» (в той степени, в какой это возможно) климата в ближайшие десятилетия.

Кратко подведем итоги «за отчетный период». Результаты мониторинга говорят о том, что концентрация метана в атмосфере в XXI в. продолжала возрастать. По оценкам специалистов, росла и его эмиссия. Вклад CH_4 в глобальное потепление становится все более весомым, и это обеспечивает пристальное внимание к метану и в будущем.

По мере совершенствования измерительных средств детализируются и подходы к анализу региональных особенностей формирования поля атмосферного метана. Уточняется величина эмиссии CH_4 от отдельных как промышленных, так и натуральных источников, сокращается погрешность в ее оценках.

Особое место в исследованиях последних лет занимает Арктика, подвергшаяся чрезвычайно высокому, по сравнению с глобальным, потеплению. Среди причин такого положения дел специалисты с полным основанием называют и рост содержания метана в атмосфере. Последствия ускоренного арктического потепления открывают значительные экономические выгоды при освоении региона, но одновременно несут в себе дополнительные угрозы его экологии и климату. Поэтому при Арктическом совете* создана группа экспертов с целью обеспечить наиболее полное и компетентное освещение метановой проблемы.

Приведенные в этой статье результаты позволяют увидеть основные направления проводимых в арктической зоне исследований. В их числе измерения концентрации и потока метана с различных типов подстилающей поверхности (включая водную), изучение зависимости выбросов CH_4 от состояния вечной мерзлоты, оценки размера его эмиссии в регионе и влияния на динамику климата. Словом, работа идет, но очевидно, что она очень далека от завершения.

Пока не объяснено прекращение роста концентрации CH_4 в начале века (см. рис.1), по-прежнему остаются большие неопределенности в его

* Арктический совет — международная организация, созданная в 1996 г. для защиты уникальной природы северной полярной зоны. В нее вошли восемь арктических государств (Канада, Дания, Финляндия, Исландия, Норвегия, Россия, Швеция и США) и Европейский парламент.

балансе, ряды наблюдений (особенно в Арктике) слишком короткие и недостаточны для статистически обоснованных выводов, отсутствует детальное понимание многочисленных и разнообразных механизмов формирования метана и его поступления в атмосферу — вот далеко не исчерпы-

вающий перечень вопросов, ожидающих своего решения. Бернард Шоу как-то заметил: «Наука никогда не решает вопроса, не поставив при этом десятка новых». Что ж, как вы, уважаемый читатель, могли убедиться, это в полной мере справедливо и для метановой проблемы. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 14-05-00677.

Литература

1. Кароль И.Л., Киселев А.А. Атмосферный метан и глобальный климат // Природа. 2004. №7. С. 47—52.
2. Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. 2007 (http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_ru.pdf).
3. Кароль И.Л., Киселев А.А. Парадоксы климата. М., 2013.
4. Crutzen P.J., Zimmermann P.H. The changing photochemistry of the troposphere // Tellus. 1991. V.AB43. P.136—151.
5. Scientific assessment of ozone depletion: 2010. WMO Global ozone research and monitoring project. Report №52. Geneva, 2011.
6. Kiselev A.A., Karol I.L. Modeling of the long-term tropospheric trends of hydroxyl radical for the Northern Hemisphere // Atmospheric Environment. 2000. V.34. P.5271—5282.
7. Kirschke S., Bousquet S.P., Ciais P. et al. Three decades of global methane sources and sinks // Nature Geoscience. Published online 22 September 2013. 2013. P.813—823. doi:10.1038/ngeo1955
8. Scientific assessment of ozone depletion: 1994. WMO Global ozone research and monitoring project. Report №37. Geneva, 1995.
9. Naik V., Voulgarakis A., Fiore A.M. et al. Preindustrial to present-day changes in tropospheric hydroxyl radical and methane lifetime from the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP) // Atmospheric Chemistry and Physics. 2013. V.13. P.5277—5298. doi:10.5194/acp-13-5277-2013
10. Prather M.J., Holmes C.D., Hsu J. Reactive greenhouse gas scenarios: Systematic exploration of uncertainties and the role of atmospheric chemistry // Geophysical Research Letters. 2012. V.39. L09803. doi:10.1029/2012GL051440
11. Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. 2013 (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>).
12. Molina M., Zaelke D., Madhava Sarma K. et al. Reducing abrupt climate change risk using the Montreal Protocol and other regulatory actions to complement cuts in CO₂ emissions // Proceedings of National Academy of Sciences. 2009. V.106. №49. P.20616—20621.
13. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2013 год. М., 2014 (<http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2013.pdf>).
14. Шестое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной конвенции Организации объединенных наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. М., 2013 (http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/6nc_rus_final.pdf).
15. McGuire A.D., Christensen T.R., Hayes D. et al. An assessment of the carbon balance of Arctic tundra: comparisons among observations, process models, and atmospheric inversions // Biogeosciences. 2012. V.9. P.3185—3204. doi:10.5194/bg-9-3185-2012
16. Ивахов В.М., Кароль И.Л., Киселев А.А. и др. Результаты первых камерных измерений потоков метана на гидрометеорологической обсерватории «Тикси» // Труды ГГО. Вып.576. СПб., 2015. С.27—41.
17. Матвеева Т.Г., Черкашев Г.А. Газогидраты: проблемы изучения и освоения (<http://www.rosnedra.gov.ru/data/Files/File/2569.pdf>).
18. Shakhova N., Semiletov I. Methane release and coastal environment in the East Siberian Arctic shelf // Journal of Marine Systems. 2007. V.66. P.227—243. doi:10.1016/j.jmarsys.2006.06.006
19. Schneider J., Grosse G., Wagner D. Land cover classification of tundra environments in the Arctic Lena delta based on Landsat 7 ETM+ data and its application for upscaling of methane emissions // Remote Sensing of Environment. 2009. V.113. P.380—391. doi:10.1016/j.rse.2008.10.013

Серебристым облакам уже 130 лет



П.А.Далин, В.А.Ромейко, Н.Н.Перцев, В.И.Перминов

Человеку свойственно отмечать памятные даты и юбилеи. И сейчас, отпраздновав 50-летие Института космических исследований РАН, мы хотим еще раз поговорить о необычном атмосферном явлении, которое тоже встречает очередной «круглый» день рождения. Речь идет о серебристых облаках. Данный феномен, внезапно засиявший на ночном небе 130 лет назад, не был мимолетным, не исчез с небесного свода так же внезапно, как это присуще кометам, а продолжает приковывать внимание наблюдателей ночного неба и исследователей атмосферы каждый летний сезон и теперь. Каковы же современные научные достижения в изучении интересного атмосферного процесса?

Начало эпохи

Об истории открытия облаков необычного вида мы уже рассказывали читателям журнала*, здесь вспомним лишь двоих исследователей — нашего соотечественника и автора названия. Русский астроном, приват-доцент, а позже профессор Московского университета Витольд Карлович Цераский регулярно проводил фотометрические измерения блеска звезд в период с 1875 по 1916 г. Под утро 30 мая 1885 г. (12 июня по новому стилю) он возвращался в Московскую обсерваторию после загородной прогулки, и его внимание неожиданно привлекли удивительно яркие светящиеся облака, переливающиеся на фоне сумеречного сегмента [1]. Важно отметить, что странные облака были замечены одновременно и повсеместно в Европе и России в июне и июле 1885 г. Среди западных первооткрывателей и исследователей ночных облаков стоит выделить немецкого астронома Отто Йессе, посвятившего часть своей жизни изучению именно ночных облаков и пред-

ложившего поэтичное название «серебристые облака», которое в России закрепилось как научный термин. Эквивалентный международный термин — noctilucens clouds, NLC (ночные светящиеся облака).

Часто можно услышать такой вопрос: «Почему серебристые облака не были замечены до 1885 г.?». Исследуя исторический аспект изучения серебристых облаков (СО) [2], мы убедились, что первые надежные наблюдения СО были выполнены действительно в июне 1885 г. И Цераский, и Йессе специально отмечали, что не могли бы пропустить такие облака, появившись они в прежние годы [2, 3]. Вообще-то в литературе сохранились более ранние описания ночных облаков, но среди них нет ни одного свидетельства, которое бы однозначно приводило признаки, присущие серебристым облакам. Поэтому такие сообщения всегда будут оставаться неопределенными.

Предполагается, что причина грандиозных появлений СО летом 1885 г. заключается в двух вулканических извержениях, произошедших практически одновременно в 1883 г. Первое, длительное, закончилось катастрофой — вулкан Кракатуа в Индонезийском архипелаге в конце августа взорвался, выбросив в атмосферу огромное количество водяного пара (100–200 Мт) и вулканической пыли (20 км³). Второе мощное извержение состоялось 6 октября: проснулся вулкан Августин на юге Аляски, который также внес свой вклад в атмосферу в виде выброшенного водяного пара и аэрозольных частиц. Благодаря глобальному переносу воздушных масс и вертикальной диффузии водяной пар и вулканическая пыль через полтора года поднялись высоко в атмосферу до высот 80–90 км в субполярных и полярных широтах, где под воздействием низких температур послужили «строительным материалом» для образования колоссального числа ледяных частиц. Именно последние и образовали необычно яркие и протяженные поля серебристых облаков, зарегистрированные многочисленными наблюдателями в Европе и России летом 1885 г.

* Далин П.А., Перцев Н.Н., Ромейко В.А. Серебристым облакам 120 лет? // Природа. 2005. №6. С.12–21.

Необходимо отметить тот факт, что после 1885 г. ночные светящиеся облака появлялись практически каждый год уже без заметной корреляции с вулканическими извержениями XX—XXI в. Вероятной причиной этого эффекта стало постепенное увлажнение области высот 80—90 км, связанное с ростом концентрации метана, — предположительно из-за усиления антропогенной (индустриальной) активности в конце XIX — начале XX в. [4]. Об этом еще пойдет речь впереди.

Где и когда наблюдаются?

Серебристые облака — самые высокие облака в земной атмосфере. Они образуются в области очень холодного атмосферного слоя — мезопаузы на высотах 80—90 км в летнее время, когда температура мезопаузы понижается до своих минимальных значений, лежащих в пределах от -140° до -120°C . Это самые низкие температуры в земной атмосфере. СО наблюдаются в ночное время с середины мая по середину августа в Северном полушарии и с середины ноября по середину февраля — в Южном. Наиболее благоприятные условия для их наблюдений складываются на широтах $55-60^\circ$, хотя диапазон широт, на которых могут появляться ночные облака, достаточно широк и составляет $45-90^\circ$. Из-за того, что СО образуются высоко над земной поверхностью, ледяные частицы радиусом 30—100 нм рассеивают свет уже зашедшего за горизонт светила, и серебристые облака остаются видимыми в течение всей ночи или значительной ее части, тогда как все другие типы облаков в ночное время имеют темно-серый цвет (или совсем невидны), поскольку не освещаются Солнцем. Пример ночных светящихся облаков показан на рис.1. Более подробную информацию об условиях их наблюдений можно найти в работе [5].



Петр Александрович Далин, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник ИКИ РАН, в настоящее время работает в Шведском институте космической физики (г.Кируна). Занимается исследованием полярной мезосферы и волновых процессов в средней атмосфере. Участник многочисленных экспедиций по наблюдению серебристых облаков, один из авторов создания сети их автоматической фотосъемки.



Виталий Александрович Ромейко, заведующий Звенигородской астрономической обсерваторией отдела астрономии и космонавтики Московского городского дворца творчества на Воробьевых горах. Астроном и педагог, более 45 лет организует и проводит регулярные наблюдения серебристых облаков. Один из ведущих отечественных специалистов в этой области.



Николай Николаевич Перцев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики верхней атмосферы Института физики атмосферы им.А.М.Обухова РАН. Специалист по анализу данных дистанционных измерений характеристик области мезопаузы, участник экспедиционных кампаний по наблюдению серебристых облаков и программы их автоматической фотосъемки.



Владимир Иванович Перминов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Область научных интересов — динамика и энергетика верхних слоев атмосферы.

Как образуются?

Для формирования и существования ледяных частиц на высотах 80—90 км, где атмосферное давление на пять-шесть порядков меньше приземного, требуется выполнение трех условий. Во-первых, нужна очень низкая температура (те самые от -140° до -120°C). Во-вторых, необходимо достаточное количество водяного пара, в среднем четыре-пять молекул H_2O на 1 млн молекул окружающего



Рис. 1. Пример ярких серебристых облаков над Москвой в ночь 7–8 июля 2014 г.
Фото В.А.Ромейко

воздуха (4–5 ppmv). В-третьих, для роста ледяных кристаллов должны присутствовать ядра конденсации, которыми служат метеорная пыль, гидратированные ионные кластеры (скопления ионов с присоединенными молекулами воды) и пыль земного происхождения, включая вулканический аэрозоль.

Общая схема образования ледяных частиц состоит в следующем. На ядрах конденсации начинают намерзать молекулы водяного пара, когда первые оказываются в высотном интервале 82–87 км (т.е. в зоне, где температуры уже опускаются ниже точки замерзания льда). К ледяным частицам присоединяется все больше и больше молекул воды, кристаллы растут в размере и оседают вниз под действием силы тяжести. Когда размер ледяных частиц превысит 30 нм, они становятся способными рассеивать достаточное количество солнечного света, чтобы быть видимыми как облака с поверхности земли в ночное время. Более подробно с физикой образования серебристых облаков можно ознакомиться в уже упоминавшейся статье в «Природе» и в работах [5–7].

Необходимо отметить важную (а возможно, и решающую) роль метана (CH_4) в общем глобальном балансе водяного пара в средней атмосфере. Метан — парниковый газ, поступающий в атмосферу с земной поверхности, в том числе из-за жизнедеятельности человека, связанной с сельским хозяйством и промышленными выбросами. Молекулы метана легче молекул окружающего воздуха, поэтому они медленно диффундируют, поднимаясь вверх. Выше 30 км метан фотодиссоциирует и окисляется с образованием воды. В среднем одна молекула метана производит в мезосфере две молекулы воды [4]. Отсюда следует, что метан служит там мощным дополнительным

источником влажности. Если происходит существенное увеличение концентрации метана из-за антропогенной активности, это должно значительно повысить уровень влажности в мезопаузе. В свою очередь, должна возрасти активность серебристых облаков, так как размер ледяных частиц зависит от числа свободных молекул H_2O . Но как мы покажем ниже, активность ночных облаков практически не изменяется на протяжении последних пяти десятилетий.

Космические будни

Строго говоря, определение «ночные облака» применять в нашей космической эре не совсем корректно, поскольку

серебристые облака существуют и в дневное время и их можно наблюдать со спутников и орбитальных станций «с изнанки», сверху. Наблюдаемые из космоса облака в литературе принято называть полярными мезосферными (ПМО или, по-английски, PMS). Впервые их удалось заметить космонавту А.А.Леонову 18–19 марта 1965 г. с борта космического корабля «Восход-2». Первые же целенаправленные наблюдения ПМО были выполнены в мае и июле 1973 г. исследователем П.Вейцем с борта американской орбитальной станции «Skylab».

С 1978 г. регулярные исследования ПМО ведутся в основном американскими геофизическими спутниками НАСА. До недавнего времени наблюдения с них проводились в так называемой лимбовой геометрии (прибор сканировал участок атмосферы вблизи касательной к земному шару, при этом ПМО регистрировались как светлые точки). Для такого сканирования используются ультрафиолетовые (252–292 нм) фотометры, которые измеряют интенсивность солнечного света, рассеянного частицами ПМО под разными углами. При этом спутник, в отличие от земного наблюдателя, не ограничен погодными условиями и временем суток и может регистрировать ПМО круглосуточно.

Космонавты и астронавты часто наблюдают серебристые облака через иллюминаторы орбитальных станций. Значительное внимание серебристым облакам уделяли отечественные космонавты В.В.Коваленок, Г.М.Гречко, А.С.Иванченков, В.П.Савиных, В.Г.Титов, А.Ю.Калери, О.В.Котов, Ф.Н.Юрчихин. В течение 10–15 мин им удавалось увидеть яркие протяженные поля СО на фоне атмосферного лимба, тогда как наблюдателям с Земли для этого требовалась целая ночь. Замеча-

тельный фотоархив снимков светящихся облаков, сделанных Юрчихиным с борта Международной космической станции (МКС), можно посмотреть на его вэб-сайте*. Один из таких снимков представлен на рис.2. Недавно, в марте 2014 г., на внешней стороне МКС были установлены четыре обзорные видеокамеры, которые работают автоматически в реальном времени и при удачном стечении обстоятельств могут зарегистрировать СО, появившиеся на средних широтах**.

25 апреля 2007 г. с целью изучения СО был успешно запущен американский космический аппарат AIM (Aeronomy of Ice in the Mesosphere — Микрофизика льда в мезосфере), продолжающий работать и в настоящее время***. Огромное преимущество данного проекта — возможность регистрации СО при вертикальной геометрии, т.е. наблюдение светящихся облаков в надире на фоне поверхности Земли. Фотокамеры одного из его научных приборов CIPS (Cloud Imaging and Particle Size — пространственное регистрирование облаков и оценка размера частиц) направлены на земную поверхность и делают фотосъемку в жесткой ультрафиолетовой (УФ) части спектра на длине волны 265 нм. Вообще-то из-за полного поглощения жестких УФ-лучей озоновым слоем на высоте 20—40 км земная поверхность невидима для космических фотокамер на данной длине волны. Но если образуются серебристые облака (располагающиеся выше озонового слоя), они рассеивают УФ солнечный свет и становятся заметны на черном фоне снимков. Данная методика позволяет определять положение СО относительно земли с точностью до 1 км, а также определять «тонкую» структуру облаков, т.е. изучать мелкомасштабные волновые процессы с длиной волны до 5 км. Космические снимки показывают, что СО непрерывно существуют в летний период и наблюдаются круглосуточно в полярных регионах обоих полушарий выше широт 70°. Можно сказать, что над полярными регионами нашей планеты (но только в летнее время) образуется ледяной «континент» в атмосфере на высотах 80—85 км, иллюстрацией чему служит композиционный снимок на рис.3. От «континента» часто откалываются «айсберги», которые постепенно перемещаются в субполяр-

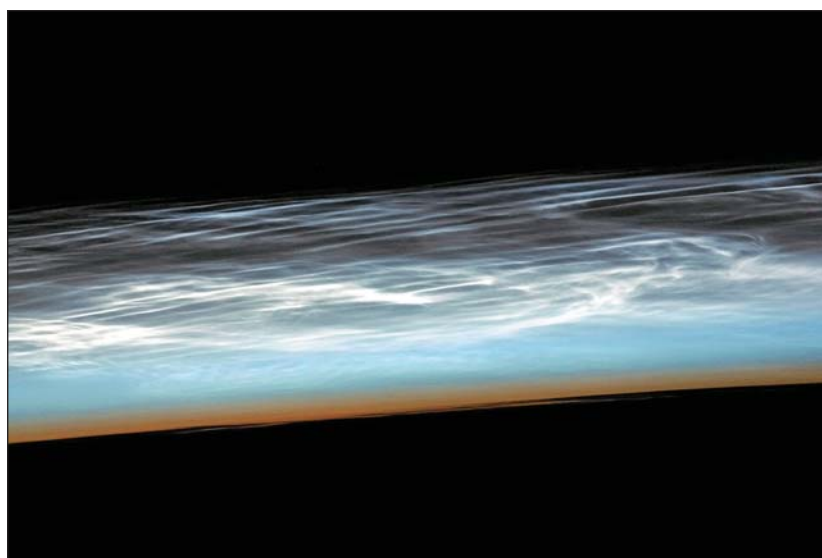


Рис.2. Серебристые облака с борта МКС. Длинные полосы СО отчетливо видны на атмосферном лимбе. Похожие полосы наблюдаются и с поверхности Земли.

Фото космонавта Ф.Н.Юрчихина

ные и средние широты благодаря ветру, имеющему летом компоненту в направлении с севера на юг, и эти айсберги становятся видимыми наблюдателю с поверхности земли в ночное время как поля серебристых облаков.

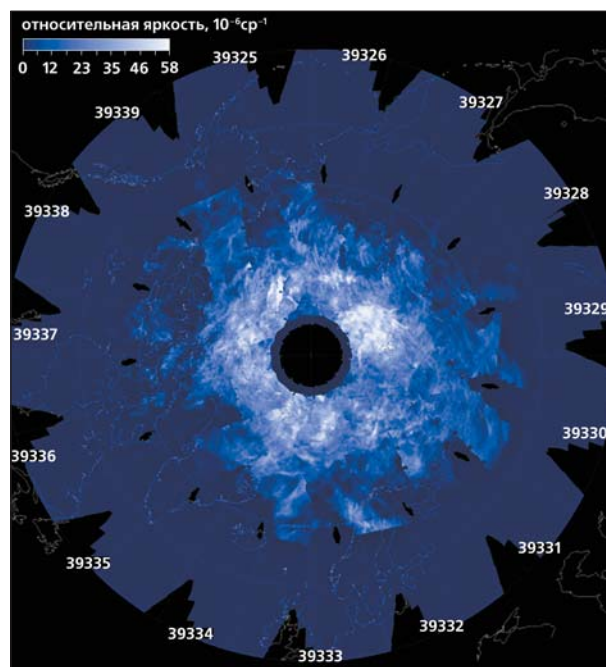


Рис.3. Полярные мезосферные облака над Северным полюсом 11 июля 2014 г. Снимок сделан в надир цифровыми камерами CIPS на длине волны 265 нм с борта аппарата AIM. Данный снимок — композиционный, т.е. состоит из 15 склеенных друг с другом индивидуальных снимков, полученных в течение суток.

* <http://yurchikhin.livejournal.com/2782.html#cutid1>

** http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/917.html#images

*** <http://science.nasa.gov/missions/aim/>

Взгляд с Земли

Несмотря на огромные преимущества аппарата АИМ, цифровые камеры прибора CIPS не могут регистрировать ПМО/СО, образующиеся на субполярных и средних широтах ниже 62°. Поэтому наблюдения из космоса не могут предоставить полноценную картину о пути «жизни» облаков от момента их образования до сублимации. Следовательно, наземные наблюдения не теряют своей актуальности, но значительно дополняют исследования СО из космоса. Не нужно забывать и о том, что временное и пространственное разрешение наземных наблюдений на порядок превышает аналогичные показатели, получаемые из космоса.

С 2004 г. в Северном полушарии начала функционировать сеть цифровых автоматических фотокамер для регистрации СО и изучения их пространственно-временной динамики. Данная сеть получила название САФСО — Сеть автоматической фотосъемки серебристых облаков. Идея и техническая реализация САФСО была разработана авторами данной статьи при поддержке любителей-энтузиастов наблюдений СО в нескольких странах мира: России, Швеции, Литве, Дании, Великобритании и Канаде. Летом 2015 г. сеть включала в себя семь стационарных наблюдательных пунктов, расположенных в Москве, Новосибирске, Петропавловске-Камчатском, Атабаске (Канада), Глазго (Шотландия), Силкебурге (Дания) и Вильнюсе (Литва), рис.4. В Московской обл. и Литве работают по три синхронных камеры, а в Дании и Канаде — по две. Достоинство данной сети — расположение фотокамер вдоль одного широтного круга (53–56° с.ш.), что позволяет проводить сравни-

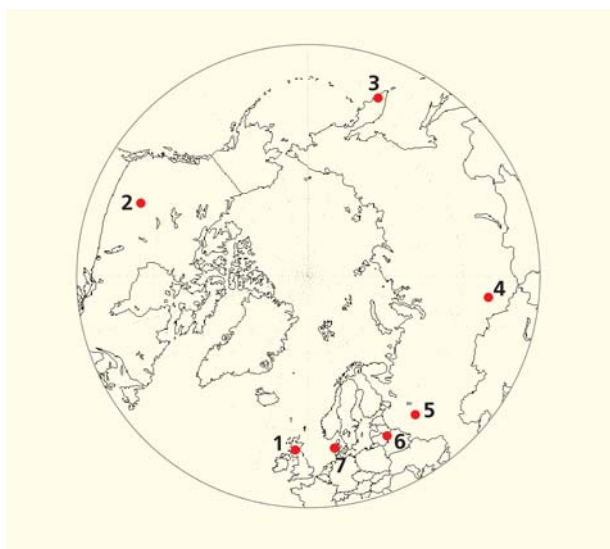


Рис.4. Расположение станций САФСО в 2015 г.: 1 — Глазго (Шотландия), 2 — Атабаска (Канада), 3 — Петропавловск-Камчатский, 4 — Новосибирск, 5 — Москва, 6 — Вильнюс (Литва), 7 — Силкебург (Дания).

мые наблюдения СО, когда создаются условия одинаковой освещенности сумеречного сегмента Солнцем и близкие физические условия в мезопазузе (температура и скорость ветра в ней зависят от географической широты). Наличие двух и трех камер (разнесенных на расстояние 20–100 км) в одном пункте дает возможность выполнять триангуляционные измерения с целью определения высот СО, а значит, исследовать динамические волновые процессы в трехмерном пространстве в области мезопазузы. САФСО работает по единой программе наблюдений с 20 мая по 15 августа каждого года с использованием режима покадровой съемки (time lapse) через одноминутный интервал. Первые научные результаты на основе измерений САФСО опубликованы в работе [8].

Стоит отметить следующие научные достижения, полученные на основе измерений САФСО. По ее данным можно проследить распространение атмосферных планетарных волн, из которых наиболее значимы волны с периодами в два и пять дней. Распространяясь через слой, где могут возникать серебристые облака, они изменяют соответствующим образом частоту появления и яркость СО. Так, в 2006 и 2007 гг. двухдневные планетарные волны повлияли на активность СО в большей степени, чем пятидневные волны. Напомним читателю, что яркость серебристых облаков оценивается визуально по пятибалльной шкале, от 0 (отсутствие облаков) до 5 (максимальная яркость).

Детальное сопоставление появлений и яркости СО с температурой в мезопазузе, измеренной спутниковыми методами, показывает, что светящиеся облака действительно очень чувствительны к изменению температуры и существуют при минимальных ее значениях в диапазоне от -138°C до -126°C . При температурах выше -126°C облака практически (за редкими исключениями) не наблюдаются.

Определенное внимание в наших исследованиях уделяется изменениям яркости СО. Было замечено, что влияние планетарных волн на изменение яркости СО небольшое, в среднем их вклад составляет 3–5%. Поэтому приходится искать другой механизм, ответственный за оставшуюся значительную часть вариаций яркости светящихся облаков. Вероятный кандидат на эту должность — атмосферные гравитационные волны (АГВ). Действительно, мы всегда наблюдаем АГВ различных масштабов в серебристых облаках — в виде полос, волнообразных изгибов, гребней и гребешков; случаи, когда облака представлены только однородным флером, встречаются редко. При прохождении АГВ через слой СО их яркость изменяется (в одной области пространства яркость уменьшается, в другой — увеличивается), а иногда светящиеся облака могут полностью исчезнуть. С помощью САФСО мы изучили ряд интересных случаев распространения АГВ, среди которых можно выделить так называемый мезосферный фронт (зарегистрированный двумя камерами в Канаде),

при котором четко видна резкая «серебристая» граница протяженностью более 300 км. Она разделяет мезопаузу на холодную область, заполненную серебристыми облаками, и теплую, в которой облака полностью отсутствуют. Мы выяснили, что причина такого феномена заключается в резком температурном перепаде в 20–25°, возникающем на границе фронта. При этом обнаружилось: граница «серебристого» фронта может сильно изменять свою высоту, достигая 96 км, что на 10–12 км превышает обычный уровень высот СО.

Другой уникальный случай в наблюдениях СО наглядно свидетельствует о связи верхних слоев атмосферы с метеорологическими явлениями в тропосфере. Речь идет об изолированной волне (т.е. АГВ), которая образовала в области мезопаузы компактный слой СО размером 65–70 км. Анализ распространения волны через атмосферу и метеорологической ситуации в нижележащих атмосферных слоях позволил определить источник генерации АГВ — им оказался атмосферный фронт в тропосфере на высоте 5 км. При этом волна смогла пройти сквозь всю толщу атмосферы до высот 83–85 км, где и образовала слой серебристых облаков.

От нормы к аномалии

За последние 50 лет благодаря всему массиву наблюдений, составляющему десятки тысяч появлений СО, удалось выявить их устойчивые сезонно-климатические особенности. Но на фоне типичных, более или менее стандартных случаев стали отмечаться и не укладывающиеся в привычные рамки, «аномальные» появления облаков.

Начиная с 60-х годов прошлого столетия поступают сообщения о возникновении серебристых облаков не только в ранние и поздние сроки, но и вне традиционной зоны их видимости. Накопленный статистический материал позволил различить целый ряд характерных видов аномалий.

Сезонные аномалии. К ним относят ранние и поздние появления СО, т.е. до мая и после августа. Например, 15, 16 и 23 сентября 1968 г. в вечернее время ночные светящиеся облака в виде размытого флера и полос возникли над южным Казахстаном в районе оз.Балхаш (46.9° с.ш.). 29 декабря 1978 г. СО были замечены с самолета на маршруте Москва—Алма-Ата. 10–11 апреля 1982 г. вблизи Ленинграда на горизонте были видны яркие (до пяти баллов) серебристые облака вместе с полярным сиянием. 28 декабря 1973 г. СО в виде ярких гребешков, гребней и волн наблюдали с самолета в районе Балтийского моря. А 12 февраля 1976 г. СО были замечены в районе Томска.

Широтные аномалии. Эти аномалии определяют видимость СО вне их «традиционной» зоны появления, чаще всего в южных районах Северного полушария. Так, 9 декабря 1972 г. с борта самолета наблюдались наклонные светящиеся полосы се-

ребристых облаков над Сирией и Ираком. До этого самая южная точка наблюдений находилась на 44.5° с.ш. в Крыму, в районе г.Бахчисарая, и на юге Франции в г.Барде (44° с.ш.). Тогда, в ночь с 1 на 2 июля 1908 г., их появление связывали с крупнейшей космической катастрофой — Тунгусским взрывом. 2 июля 2011 г. СО были сфотографированы с самолета над Денвером (штат Колорадо, 38° с.ш.), а 13 октября 2012 г. — над Ираном (в районе горы Салабан, 38° с.ш.). Космонавт-исследователь Савинных также отмечал во время полетов появление СО вне зоны их традиционной видимости.

Временные аномалии. В данном случае имеется в виду продолжительность видимости СО в каком-либо регионе. Отмечено, что средняя непрерывная длительность их видимости для одного пункта составляет 3.7 ночи. Вместе с тем бывали эпизоды, когда она составляла более 10 ночей. Например, в Московской обл. в 1977 г. СО наблюдались в течение 12 ночей, в 1981 г. — 13 ночей, в 1987 г. — 22 ночи подряд. В северных районах (в районе Тунгусской катастрофы, 60° с.ш.) ночные светящиеся облака наблюдались без перерыва 13 ночей в 1995 г.

Искусственные СО. Как показали расчеты и наблюдения, источником, который может обеспечить образование высотных облаков в наш космический век, стали жидкостные ракеты вторых ступеней мощных ракетносителей, обрабатывающих на высотах 50–160 км. При каждом запуске ракетноситель типа «Союз» выбрасывает около 11 т водяного пара, а американский носитель «Шаттл» — до 350 т на высотах 100–115 км. В связи с увеличением ракетных выбросов естественно ожидать увеличения интенсивности облакообразования в мезосфере за последние три-четыре десятилетия [9], однако окончательной ясности в этом вопросе нет. Стоит отметить запуск ракеты-носителя «Союз-2.1а» из Плесецка 22 мая 2009 г., при котором феерические искусственные серебристые облака были одновременно сфотографированы из Петрозаводска (наблюдателем А.Мезенцевым), из Вологды (наблюдателем А.Смирновым) и из Москвы (автоматической камерой САФСО). Формирование и динамика этих искусственных СО подробно рассмотрены в работе [10].

Тунгусская аномалия. Последствия вторжения в атмосферу Тунгусского космического тела были столь масштабными, что заслуживают отдельного пункта. Наблюдение СО над Западной Европой и Россией после Тунгусской космической катастрофы 30 июня 1908 г. представляло особый интерес. Через 15 ч после взрыва и на протяжении последующих трех дней отмечались мощные оптические аномалии в виде свечения неба и появления ярких СО. В этот период их наблюдали по меньшей мере в 42 пунктах в широтном и долготном интервале 44.8–59.0° с.ш., 2.4° з.д.—46.1° в.д. соответственно. Аномально яркие сумерки видели непрерывно в течение нескольких ночей. Многие наблюдатели

прямо указывали на то, что *«свет исходил из светящейся дымки облаков...»* При этом одной из особенностей данного появления было наличие развитых морфологических структур с волновыми образованиями длиной от 3 до 300 км, характеризующими наиболее активные периоды появления СО. Общая занимаемая ими площадь, по минимальным оценкам, составила 10—12 млн км².

Существует целая серия наблюдений, связывающая образование серебристых облаков с крупными взрывами, вулканическими извержениями. В 1985 г. при работе на орбитальной станции «Салют-7» Савиных удалось зафиксировать уникальный случай образования аэрозольных облаков, имеющих значительное сходство с серебристыми, при мощном извержении вулкана Руис в Колумбии.

Перспективы активности

В настоящее время самым дискуссионным остается вопрос о наличии долговременных трендов в характеристиках СО, и тому есть причины. Дело в том, что эти облака — очень тонкие по структуре атмосферные образования (как отмечалось выше, размер ледяных частиц составляет десятки нанометров, т.е. порядка одной тысячной толщины человеческого волоса). Небольшие вариации температуры или влажности в летней мезопаузе способны существенно изменить активность формирования и существования СО. Следовательно, ночные светящиеся облака могут служить прекрасным естественным индикатором возможных климатических изменений, происходящих в земной атмосфере. Данная тема сегодня очень актуальна как в научных, так и в политических сообществах, она широко обсуждается в интернете, в печати и докладах об изменениях климата на уровне глав государств. Единого мнения по вопросу, происходят ли действительно эти изменения, нет, и сомнения сохраняются, как мы покажем ниже на примере активности СО за последние десятилетия. Кроме того, так исторически сложилось, что существуют два различных атмосферных сообщества («наземное» и «космическое»), которые отстаивают две противоположные точки зрения о наличии трендов в активности СО. «Наземное» научное сообщество (к которому относится наша группа) опирается на долговре-

менные измерения активности СО, выполненные в Московской обл. за период с 1962 г. по настоящее время. «Космическое» сообщество изучает активность СО на основе спутниковых измерений начиная с 1978 г. В конце прошлого — начале нашего века было опубликовано достаточно много научных работ, которые показывали, что согласно наземным наблюдениям, значимые вековые тренды в активности СО отсутствуют, а согласно космическим — присутствуют. И здесь нужно отметить, что обработка космических измерений СО — дело нетривиальное, сопряженное с рядом объективных трудностей. В их число входят такие, как единая калибровка измерений, полученных различными спутниками, а также выбор порогового значения сигнала для идентификации присутствия или отсутствия слоя СО в анализируемых данных. Кроме того, активность СО сильно зависит от широты места наблюдения: например, частота появлений СО может увеличиваться в полярных широтах (65—90°), но оставаться неизменной в средних и приполярных широтах (50—65°).

Теперь рассмотрим долговременные наземные наблюдения СО в Московской области. Верхняя часть рис.5 показывает частоту появлений СО (число появлений СО, нормированное на число ясных и полужасных ночей за каждый летний сезон наблюдений). Хорошо заметно, что за период

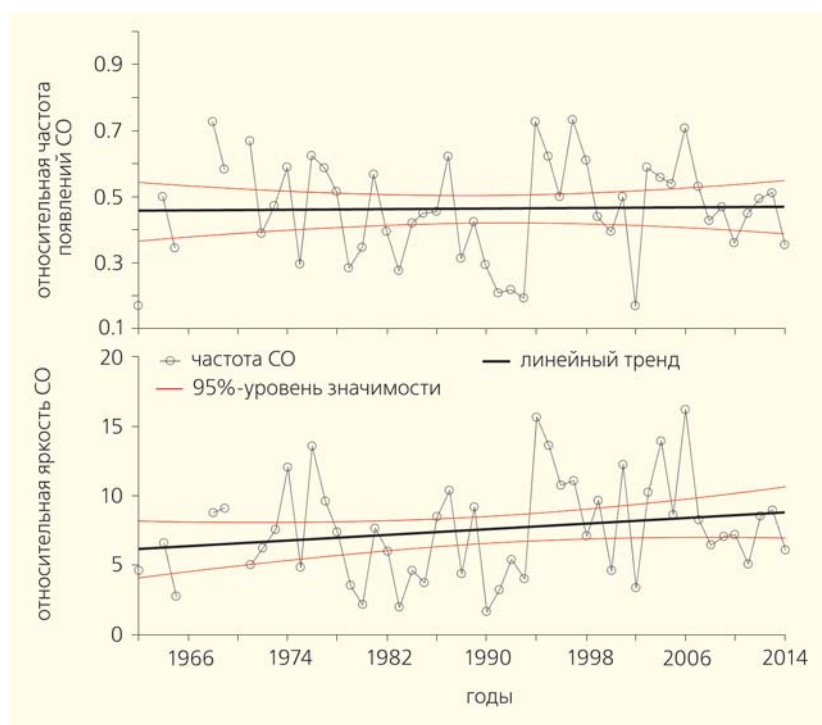


Рис.5. Характеристики серебристых облаков в Москве. Частота появлений облаков за период с 1962 по 2014 гг. (вверху, тонкая линия с кружочком) и их относительная суммарная яркость (внизу, тонкая линия с кружочком). Жирная черная линия — линейный тренд по времени, красные кривые — 95%-й доверительный интервал для трендов.

1962—2014 гг. долговременной тренд в частоте появлений CO близок к нулю (0.0002 ± 0.0029 число/год). Нижняя часть этого рисунка иллюстрирует относительную яркость CO в баллах (суммарную яркость CO, нормированную на число ясных и полужасных ночей за каждый летний сезон). Видно, что имеется слабый положительный долговременный тренд (0.051 ± 0.066 балл/год), но он статистически незначим. В наших предыдущих работах показано отсутствие статистически значимых трендов по другим независимым наблюдениям светящихся облаков в Дании, Литве, Канаде и Шотландии за последние два-три десятилетия, а обобщение этой важной темы представлено в недавней работе [11], где еще раз убедительно продемонстрировано, что значимого увеличения активности CO на 57—62° с.ш. нет.

В недавней публикации «космического» сообщения вырисовывается похожая картина [12]. Авторы тоже пришли к выводу, что за период 1979—2013 гг. статистически значимые вековые тренды отсутствуют как в частоте появлений, так и в яркости CO на средних и субполярных широтах в диапазоне 50—64° с.ш. Отметим, что в данной работе был использован новый критерий для порога регистрации сигнала CO, благодаря чему и были определены новые значения трендов, близкие к нулю и статистически незначимые (в противоположность результатам своих более ранних работ, показывающих статистически значимые положительные тренды в частоте и яркости CO в данном широтном диапазоне). Все эти новейшие достижения резюмированы в [11]. На самом деле противоречий между наземными наблюдениями и космическими измерениями CO не обнаруживается, если рассматривать один и тот же временной период их наблюдений на средних и субполярных широтах 50—64° Северного полушария.

И снова о глобальных климатических изменениях

Прежде всего мы должны сделать важное, на наш взгляд, замечание о сути климатических изменений, возможно, происходящих в земной атмосфере. Как известно, три главных парниковых газа (CO_2 , H_2O и CH_4) рассеивают обратно к поверхности Земли ее инфракрасное излучение, приводя таким образом к знакомому всем «парниковому эффекту» (рис.6). В том случае, если происходит увеличение концентрации парниковых газов, температура в нижней части атмосферы до высоты 10 км должна постепенно расти. Однако существует обратная сторона этого процесса: температура средней и верхней атмосферы должна постепенно уменьшаться одновременно с увеличением температуры в тропосфере. Данная схема показана в левой части рис.6: красная прямая линия схематично изображает увеличение температуры в тропосфе-

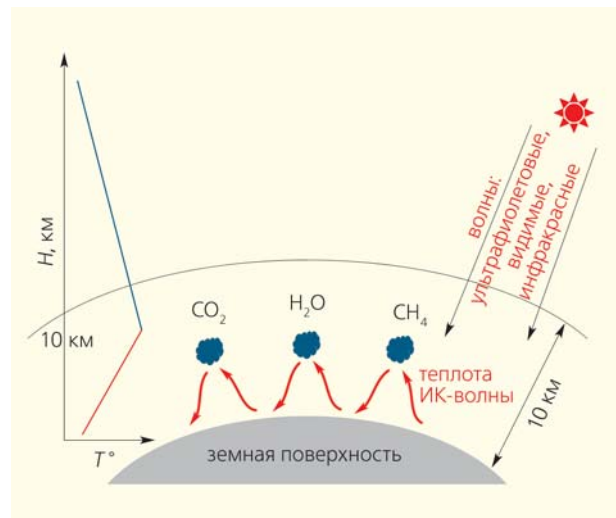


Рис.6. Структурная схема парникового эффекта и климатических изменений, возможно происходящих в земной атмосфере. Шкала слева показывает увеличение температуры (красная прямая) в нижней атмосфере (тропосфера до 10 км) и уменьшение температуры (синяя прямая) в средней и верхней атмосфере (выше 10 км).

ре, а синяя — уменьшение температуры в средней и верхней атмосфере. Этот очевидный эффект следует из закона сохранения энергии для теплового излучения, переизлучаемого поверхностью Земли в космическое пространство.

Выше мы обосновали, что статистически значимых трендов ни в яркости, ни в частоте появлений CO нет, что также верно и для спутниковых наблюдений CO в средних и субполярных широтах 50—64° с.ш. Яркость облаков — сильная степенная функция от концентрации молекул воды (значение показателя степени зависит от различных подходов к моделированию формирования ледяных частиц в мезопаузе и варьируется в пределах от двух до восьми). В работе [11] показано: если существуют долговременные тренды в температурном и влажностном режиме в летней мезопаузе, они должны быть одного знака: либо оба отрицательные, либо оба положительные. Но пока долговременный тренд в температуре в области летней мезопаузы инструментально однозначно не определен, на вопрос о его существовании уверенно ответить нельзя.

Недавние модельные исследования [13] для области верхней мезосферы и мезопаузы показали: наряду со статистически значимым отрицательным многолетним (1961—2009) температурным трендом имеется и положительный тренд в концентрации водяного пара, что можно было бы объяснить увеличением метана в мезосфере из-за антропогенной активности. Однако, как мы отмечали выше, в реальности должны наблюдаться тренды или одного знака, или нулевые. Только в последнем случае можно объяснить наблюдаемую многолет-

ную неизменность в яркости и частоте появлений серебристых облаков за последние полвека.

В настоящее время рассматриваемые вопросы о долговременных трендах в параметрах ночных облаков и в свойствах летней мезопаузы остаются открытыми и, несомненно, требуют дальнейших рядов наблюдений СО, а также нового моделирования физических и динамических процессов, происходящих в летней мезопаузе.

О пользе серебристых облаков

Часто приходится слышать прозаические вопросы: «Зачем наблюдать серебристые облака?» или «Какую пользу могут они принести народному хозяйству страны?». На них можно предложить следующие ответы. СО — тонкий атмосферный феномен и прекрасный естественный индикатор климатических изменений, возможно, происходящих в атмосфере нашей планеты. А это несомненно волнует значительное число людей. В настоящей статье мы показали, что за последние пять десятилетий активность СО практически не увеличилась, а если и увеличилась, то незначительно: небольшой положительный тренд в яркости СО определяется с большой статистической ошибкой. По-видимому, и сейчас существуют слабые изменения в температурно-влажностном режиме в области летней мезопаузы, но, чтобы заключить, насколько они значимы, нуж-

но проводить дальнейший мониторинг и изучение ночных светящихся облаков, с тем чтобы уменьшить статистическую ошибку характеристик вековых трендов. Вторым, а возможно, и первым по значению ответом служит тот факт, что тематика наблюдения серебристых облаков — это замечательная научно-прикладная дисциплина для подрастающего поколения. Мы знаем, что много школьников, студентов и просто молодых людей не спят летними ночами, а наблюдают эти завораживающие ночные облака. И совершенно правильно делают, поскольку индивидуальный наблюдатель с правильно организованной системой наблюдения СО за несколько лет способен внести ценный вклад в изучение статистических характеристик СО, предоставить важную для науки информацию о пространственно-временных свойствах ночных облаков. Ведь в наше время современные цифровые методы регистрации позволяют относительно просто и недорого наладить наблюдения СО с помощью простой цифровой камеры с технологией покадровой съемки. И конечно, не нужно забывать о культурно-образовательном аспекте в том плане, что организация небольших кружков юных наблюдателей СО позволит повысить уровень физико-астрономического образования школьников, развить аккуратность и дисциплину при проведении ночных наблюдений, а также привить замечательную привычку всматриваться в окружающий нас звездный купол в надежде разгадать тайны мироздания. ■

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-05-04975).

Литература

1. *Цераский В.К.* Астрономический фотометр и его приложения: Докторская диссертация // Математический сборник. 1887. Т.ХIII. П.21. С.626—631.
2. *Далин П.А., Перцев Н.Н., Ромейко В.А.* Открытие серебристых облаков: факты и домыслы // Пространство и время. 2013. Т.2. №.12. С.183—195.
3. *Ceraski W.* Sur les nuages lumineux // Annales de l'Observatoire de Moscou. 1890. Ser.2. V.2. P.177—180.
4. *Thomas G.E., Olivero J.J., Jensen E.J. et al.* Relation between increasing methane and the presence of ice clouds at the mesopause // Nature. 1989. V.338. P.490—492.
5. *Бронштэн В.А.* Серебристые облака и их наблюдение. М., 1984.
6. *Gadsden M., Schröder W.* Noctilucent clouds. N.Y., 1989.
7. *Rapp M., Thomas G.E.* Modeling the microphysics of mesospheric ice particles: assessment of current capabilities and basic sensitivities // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2006. V.68. P.715—744.
8. *Dalín P., Pertsev N., Zadorozhny A. et al.* Ground-based observations of noctilucent clouds with a northern hemisphere network of automatic digital cameras // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2008. V.70. P.1460—1472.
9. *Stevens M.H., Lossow S., Fiedler J. et al.* Bright polar mesospheric clouds formed by main engine exhaust from the space shuttle's final launch // Journal of Geophysical Research (D). 2012. V.117. P.D19206.
10. *Dalín P., Perminov V., Pertsev N. et al.* Optical studies of rocket exhaust trails and artificial noctilucent clouds produced by Soyuz rocket launches // Journal of Geophysical Research (D). 2013. V.118. P.7850—7863.
11. *Pertsev N., Dalín P., Perminov V. et al.* Noctilucent clouds observed from the ground: sensitivity to mesospheric parameters and long-term time series // Earth, Planets and Space. 2014. V.66. №.98.
12. *DeLand M.T., Thomas G.E.* Updated PMC trends derived from SBUV data // Journal of Geophysical Research (D). 2015. V.120. P.2140—2166.
13. *Lübken F.-J., Berger U.* Latitudinal and interhemispheric variation of stratospheric effects on mesospheric ice layer trends // Journal of Geophysical Research (D). 2011. V.116. P.D00P03.

Загадочная текстура конус-в-конусе

В.Г.Колокольцев

Если свернуть из бумаги несколько конических пакетиков (фунтиков) и вложить их один в другой, то получится фигура, которую в геологии называют фунтиковой текстурой, чаще именуют текстурой конус-в-конусе, или cone-in-cone, а то и просто кон-ин-кон. Впервые в литературе она упоминается в 1793 г. и вот уже более двух столетий привлекает внимание и возбуждает воображение геологов своей воспроизводимостью и очень высокой степенью упорядоченности. В начале XIX в. некоторые исследователи принимали кон-ин-кон за древнюю окаменелость (зоофит), которую называли *Corbinius dubius* [1]. Такая текстура встречается практически во всех регионах планеты в разнообразных по составу осадочных породах, от рифейских до меловых включительно. Приводятся сведения (хотя и не очень убедительные) о существовании кон-ин-кон и в современных нелитифицированных осадках [2].

Породы с кон-ин-кон образуют прослой и линзы толщиной от 1 см до 0.5 м. Высота конусов составляет от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров, но изредка достигает 20 см. Замечено, что максимальный размер конусов коррелирует с общей толщиной вмещающего прослоя. Угол при вершине варьирует от 15° до 120°. Обычно вершины конусов



Вячеслав Григорьевич Колокольцев, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского геологического института им.А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург). Область научных интересов — флюидно-метасоматические процессы в осадочных толщах. Отличник разведки недр (2001).

обращены к подошве слоя, а их оси ориентированы по нормали к слоистости, нередко отклоняясь на 5—15°. Известны кон-ин-кон-постройки по периферии карбонатных (и иных по составу) конкреций. В одних случаях вершины конусов направлены к центру конкреции, в других — к поверхности.

Характерен парагенезис конусов с так называемым биф-кальцитом (от английского beef — говядина). Биф-кальцит (или шестоватый известняк с параллельно-волокнутой текстурой, напоминающей мышечную ткань) представляет собой агрегат кристаллических столбиков с поперечным сечением от 0.05 до 2.0 мм.

Осадочные породы с кон-ин-кон нередко развиты на значительных площадях. К.К.Матвеев придавал им огромное значение как источникам уникальной геологической информации. Он отмечал, что в Западном Приуралье слои с подобной текстурой широко развиты в пермских отложениях и распространены на площади, охватывающей тысячи квадратных километров. Тела шестоватого кальцита, включающего конические постройки, имеют форму ковриг, караваев, булочек, лепешек, желваков. В них вертикально ориентированные конусы направлены основаниями навстречу друг другу [3].

Мы изучали текстуры кон-ин-кон из разнообразных отложений платформ и складчатых областей: рифейских сланцев западной части Русской плиты, кембрийских сланцев Южного Тянь-Шаня, силурийских углеродистых сланцев Восточной Сибири, каменноугольных мергелей Карагандинского бассейна, пермских алевролитов, юрских углеродистых сланцев и меловых алевролитов Западной Сибири, пермских песчаников Предуральяского прогиба, триасового флиша Крыма. Образцами любезно поделились коллеги из ВСЕГЕИ и Центрального научно-исследовательского геологоразве-

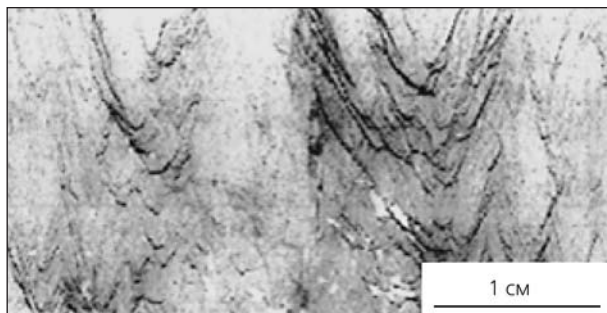


Рис.1. Продольный срез кон-ин-кон. Южный Тянь-Шань. Кембрий. Сканограмма шлифа. Простой проходящий свет.

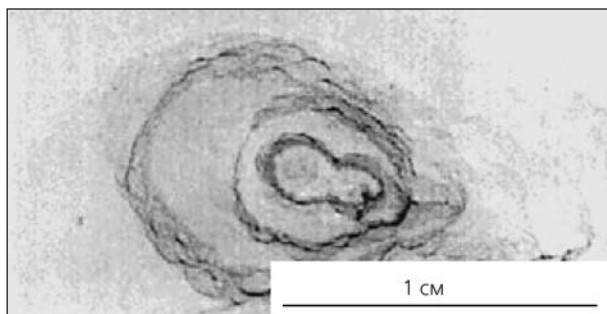


Рис.2. Ритмичный узор в поперечном срезе кон-ин-кон. Грубые и тонкие ритмы отражают разнопорядковый характер флуктуации. Запад Русской плиты. Рифей. Сканированный шлиф. Образец из коллекции К.Э.Якобсона. Простой проходящий свет.

дочного музея им.Ф.Н.Чернышева, за что я им чрезвычайно признателен.

О форме и строении конусов часто судят по морфологии поверхности их скола, но более наглядную информацию дают продольные и поперечные пришлифовки и прозрачные срезы. Они показывают, что укоренившееся мнение о вложенных друг в друга фунтиках не совсем верно. Строение конусов более сложное: довольно типично включение в один крупный нескольких мелких с малоупорядоченным расположением вершин (рис.1).

В поперечных сечениях обнажается еще одна примечательная особенность — концентрически зональный (ритмичный) рисунок, который характерен для флуктуирующих самоорганизующихся систем (рис.2). Это свойство обычно ускользает от внимания исследователей.

О генезисе кон-ин-кон

Предлагалось множество объяснений механизма образования таких текстур, и все эти версии (исключая почти никем сегодня не разделяемое представление о принадлежности к древним организмам) можно условно объединить в четыре

группы: литостатического давления и растворения, газовую, кристаллизационную и седиментационную.

Наиболее популярна гипотеза литостатического давления и растворения, детально изложенная У.Тарром [4]. Согласно ей, под давлением перекрывающих пластов и при действии углекислоты происходит неравномерное растворение кальцита, а радиально направленный градиент давления обуславливает круговой характер такого растворения. Глинистые пленки, ограничивающие детали конуса и выполняющие «чашечки», представляют собой нерастворимый остаток карбонатной породы. Тарр считал, что конусы не всегда имеют парагенетическую связь с кальцитом волокнистого строения и они всегда старше, чем волокнистые слои, их вмещающие [1, с.641]. В пользу разновозрастности конических построек и вмещающего волокнистого кальцита он приводит следующие аргументы: неправильное распределение конусов в слое и их приуроченность к внешней части волокнистого слоя с размещением оснований конусов на его поверхности.

Проведенные нами детальные макро- и микроскопические исследования во многом подтверждают наблюдения Тарра, но не позволяют согласиться с его выводами. В некоторых случаях волокнистый кальцит представляет собой самостоятельную, более раннюю генерацию. Но чаще в шлифах наблюдались косвенные свидетельства синхронного формирования шестоватого кальцита и конусов.

Л.Б.Рухин отмечал генетическую близость фунтиковой и шестоватой текстур, предполагая, что та и другая «вызываются быстрым одновременным ростом многих кристаллов кальцита» [5, с.219].

Оппоненты Тарра считали, что кон-ин-кон первоначально имели арагонитовый состав, а впоследствии этот карбонат преобразовывался в кальцит. Поскольку переход арагонита в кальцит сопровождается увеличением объема (более чем на 8%) новообразованного минерала, это и могло стать причиной роста давления и последующего растворения и, как следствие, появления кон-ин-кон. Н.Е.Канский [1956] на примере кон-ин-кон из верхней юры Донецкого бассейна показал, что изучаемый им объект представляет собой параморфозу кальцита по арагониту, а М.С.Швецов [1948] отмечал в конусах замещение кальцита кремнеземом и считал гипотезу Тарра очень правдоподобной.

А.В.Копелиович при изучении карбонатных образований с фунтиковой текстурой в рифейских аргиллитах Подолии установил, что плоские линзообразные тела (толщиной от 1 до 50 см) с текстурой конус-в-конусе залегают не только согласно по отношению к слоистости, но и секут ее и, следовательно, имеют позднее эпигенетическое происхождение. Характеризуя карбонатные тела с такой текстурой, он приводит два очень

важных наблюдения. Во-первых, фунтики в аргиллитах, так же как и цемент в песчаниках изучаемых им толщ, сложены практически одним и тем же марганцовистым кальцитом. Во-вторых, пластовые и субпластовые карбонатные тела с фунтиковой текстурой обнаруживают пространственную связь со сферическими фосфоритовыми конкрециями, нередко содержащими существенные концентрации сульфидов свинца и цинка (галенита и сфалерита). На этом основании Копелиович вполне логично заключает: «Фунтиковые карбонатные тела могут рассматриваться как образования, фиксирующие пути циркуляции растворов в аргиллитовой толще». Но в итоге и этот исследователь признает, что фунтиковое строение обусловлено «особенностями кристаллизации кальцита под давлением» [6, с.130–131].

Немного сторонников имеет газовая гипотеза, которую защищал Дж.Юнг. Он полагал, что поднимающийся газ приводит к образованию конусов в верхних слоях еще не отвердевшего обводненного донного осадка.

Автором кристаллизационной гипотезы признан Г.Сорби [1]. Он в 1859 г. указал на способность минералов при определенных условиях кристаллизоваться в осадке в виде волокнистых агрегатов вокруг неких осей. Позже Г.Кол уточнил эту схему, добавив, что пленки между конусами и их деталями сложены глиной, которая вытесняется при кристаллизации в осадке волокнистого кальцита.

Матвеев, в отличие от Сорби, считал «кон-ин-кон сложными кристаллами», образующимися в «полях нарушенной кристаллизации... так или иначе, под влиянием ископаемой жизни» [3, с.32]. Придавая большое значение в формировании конусов органическому веществу, препятствующему росту «нормальных кристаллов», он одним из первых обратил внимание на возможность использования таких текстур в качестве критерия поиска месторождений некоторых видов полезных ископаемых.

Б.Шауб обнаружил и описал конические воронки в современных рыхлых осадках, образовавшиеся после спада воды [2]. Форма воронок и скульптура их внутренней поверхности очень похожи на контуры некоторых кон-ин-кон. На основании такой морфологической аналогии исследователь предложил свою гипотезу, в соответствии с которой текстура конус-в-конусе есть результат постепенного понижения уровня воды в бассейне. При обезвоживании и проседании уменьшающегося в объеме осадка образуются чаши (рис.3), которые либо сразу (один тип конусов), либо при следующем паводке (второй тип) заполняются окружающим рыхлым осадком. Гипотеза Шауба не нашла широкой поддержки среди других естествоиспытателей.

По мнению большинства геологов, существующие сегодня генетические гипотезы, несмотря на их обилие, не могут ответить на многие вопросы,

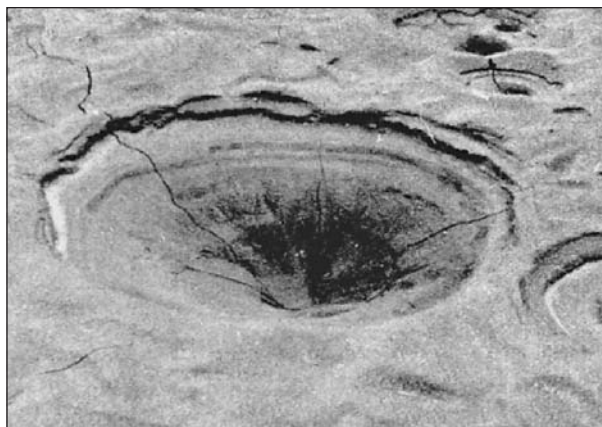


Рис.3. Конические чаши (диаметром 20 и глубиной 12 дюймов), образовавшиеся в результате проседания высыхающего современного ила. По мнению Б.Шауба, они служат моделью кон-ин-кон. Окрестности Хэдли в штате Массачусетс [2].

которые возникают при изучении кон-ин-кон и «ни одну из них нельзя считать вполне объясняющей явления возникновения этих интересных образований» [7, с.40].

Какие тайны может раскрыть текстура конус-в-конусе

Бесспорно, задача науки — поиск истины. Но, как мудро утверждал замечательный философ ушедшего столетия Карл Поппер, «истина не является единственной целью науки. Мы хотим большего, чем просто истины: мы ищем *интересную истину* — истину, которую нелегко получить. <...> Нам нужна истина, обладающая большой объяснительной силой» [8]. В нашем случае помеха в приближении к такой истине, т.е. к убедительному объяснению механизма образования кон-ин-кон, — недостаточно полная изученность их морфологии и структуры.

Обратим пристальное внимание на устойчивый тесный парагенез конусов и шестоватого кальцита, позволяющий предполагать общий механизм образования. Вероятная причина их возникновения — динамика минералообразующей среды. Известно, что одна из ведущих форм массопереноса в геологических средах — конвекция. В любой жидкости разность температур рождает разность плотностей, а гравитационное поле создает силы, которые приводят эту жидкость в движение, т.е. происходит тепловая конвекция, возникающая при критическом значении вертикального градиента температуры, когда архимедова сила преодолевает силу вязкости жидкости. Ее движение перестает быть беспорядочным: образуются «конвективные структуры», обусловленные согласованным перемещением множества молекулярных частиц, которые формируют многочисленные конфигура-

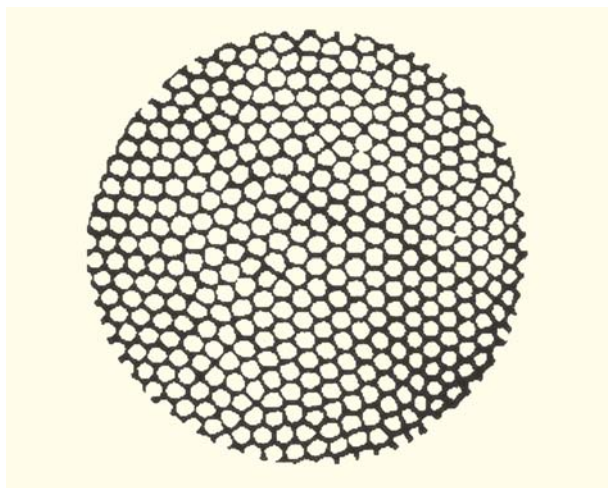


Рис.4. Ячейки Бенара. Диаметр рисунка, по-видимому, соответствует диаметру чашки Петри (около 50 мм).

ции. Отчетливую конвективную структуру в виде шестиугольных призм с вертикальными осями впервые наблюдал Г.Бенар в 1900 г., и теперь она известна как ячейки Бенара (вихри Бенара, неустойчивость Бенара) (рис.4).

Мерой критической разности температур, выше которой жидкость теряет устойчивость и начинается конвекция, служит число Рэлея. Оно зависит от динамической вязкости, коэффициента теплового расширения, средней плотности жидкости и ускорения силы тяжести. При дальнейшем росте градиента температур конвективная структура становится более сложной, а затем она полностью разрушается и движение жидкости становится турбулентным.

В зависимости от вязкости и теплопроводности жидкости вторичные неустойчивости, разви-

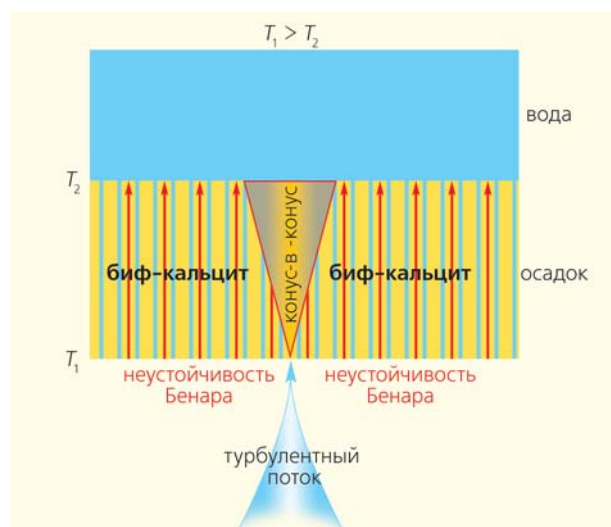


Рис.5. Конвективная модель формирования биф-кальцита и конусов.

вающиеся в ней на этапе стационарной конвекции, имеют преимущественно гидродинамическое или тепловое происхождение.

Анализ имеющихся экспериментальных данных по моделированию конвективных структур в разнообразных жидкостях показывает: наблюдаемые в них конвективные ячейки по параметрам близки шестам кальцита в конусах и в оперяющих зонах. А это, в свою очередь, наводит на мысль, что, скорее всего, шестоватая текстура кальцитового агрегата отражает симметрию формирующей среды, которая обусловлена динамикой минералообразующего флюида. Другими словами, шестоватая текстура кальцита отражает явление спонтанной самоорганизации, классический пример которой — вихри Бенара.

Можно предположить следующую последовательность реализации флюидно-конвективного механизма при образовании кон-ин-кон. Когда восходящий тепломассопоток углекисло-кальциевого состава создает в донном осадке бассейна вертикальный градиент температуры, который приводит к появлению конвективных структур (аналогичных вихрям Бенара), происходит кристаллизация шестоватого кальцита. Часто наблюдаемые двойники в кальцитовых шестах при этом могут быть следствием сильной пересыщенности минералообразующего раствора кальцием. Строго говоря, двойникование кальцита обусловлено не только высокой концентрацией соответствующих ионов в растворе, но и механическими напряжениями в эпигенезе, поэтому такие механизмы еще нуждаются в аргументированном подтверждении.

Если благодаря стабильности термоградиента не происходит нарушения стационарной конвекции, то образуется линза или пласт шестоватого кальцита. Если же в каких-то участках донного осадка на фоне установившейся стационарной конвекции возникает более контрастный вертикальный градиент температуры, то там конвективный поток еще больше удаляется от равновесия, его структура становится более неустойчивой и начинается флуктуация.

Чем дальше структура уходит от равновесия, тем больше возрастает частота ее колебаний. Затем упорядоченная структура разрушается, и поток переходит в турбулентный режим (рис.5). Турбулентные микропотоки (микроструи) служат причиной появления резко выраженной температурной анизотропии в горизонтальной плоскости донного осадка. Направленный по радиусу от оси струи горизонтальный температурный градиент (рис.6) приводит к тому, что жидкость стремится подниматься вдоль теплой границы и опускаться вдоль холодной. Не уравновешивающие друг друга силы создают крутящий момент, который обуславливает появление симметрии конуса. Она, в свою очередь, подчеркивается отложением перемещенных легких глинистых частиц. Так появ-

ляются осесимметричные структуры. В геологической летописи они отражаются как текстуры конус-в-конусе. Групповые конусы (в отличие от одиночных) свидетельствуют о систематическом нарушении стационарной конвекции. Они образуются при более высоких температурных показателях, часто приводящих к локальному уничтожению стационарной конвективной структуры и тем самым к массовому возникновению турбулентных микропотоков, а значит, и конусов.

Следствием предложенной гипотезы является то, что основания конусов всегда направлены в сторону более низких температур, указывая на перемещение формирующего их флюида в ту же сторону. Казалось бы, такому выводу противоречат реально существующие конкреции, со всех сторон окруженные текстурами кон-ин-кон. В геологии образование конкреций обычно связывают с центростремительным движением компонентов, но подобные объекты могут возникать и в условиях центробежной динамики.

На рис.7 раковина головоногого моллюска покрыта множеством небольших кальцитовых конусов, апикали которых обращены во внешнюю зону. По ориентировке конусов можно заключить, что они возникли под воздействием углекисло-кальциевых растворов. Температура их при этом была выше температуры захороненной раковины. Путь движения минералообразующего раствора трассируют оси конусов, а по высоте последних можно определить толщину зоны с оптимальным для конусообразования температурным градиентом.

Имеются и другие любопытные материалы о кон-ин-кон в ископаемых фаунистических остатках. В монографии Б.Вудлэнда фотографии подобной текстуры в трилобите (рис.8) отчетливо демонстрируют приуроченность конусов к зонам сочленения скелетных элементов древнего организма, т. е. указывают на их пространственную связь с наиболее проницаемыми для флюида участками [9].

Карбонатные конусы в некоторых случаях отличаются от исходной алюмосиликатной породы пониженными содержаниями элементов-примесей, но нередко им свойственны «ураганные» концентрации стронция, бария, марганца и некоторых других элементов. Такие геохимические особенности можно объяснить физико-химическими свойствами воздействующих флюидов.

Предложенный флюидно-конвективный механизм метасоматического образования кон-ин-кон [10] в какой-то степени перекликается с газовой гипотезой Юнга, хотя и существенно от нее отличается. Малопопулярная в первоначальном варианте гипотеза находит подтверждение на другом уровне изучения и приобретает более убедительное звучание в свете синергетического мировосприятия. Г.Л.Поспелов показал, что важнейшие вещественные геологические системы, по существу, термодинамически неравновесны [11]. Их эволю-

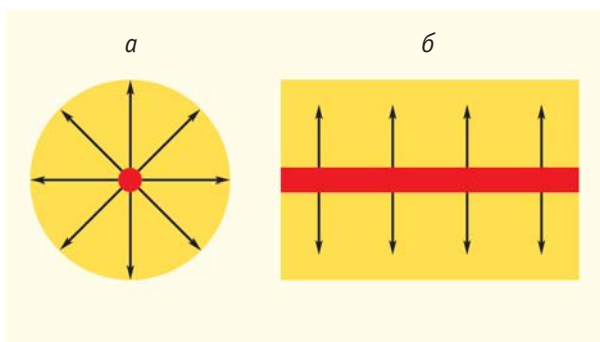


Рис.6. Векторы термоградиента в поперечном срезе осесимметричного (а) и плоского (б) конвективных факелов.

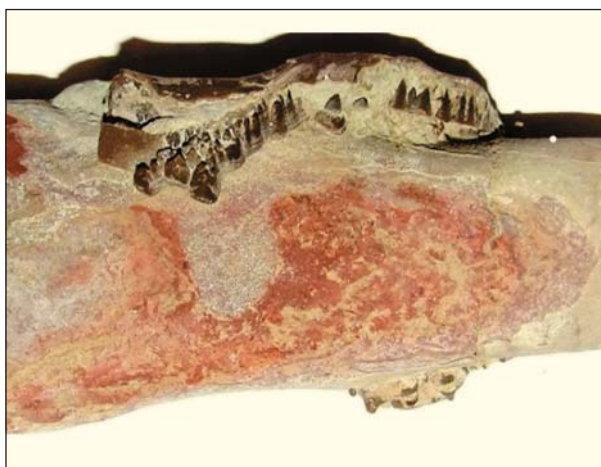


Рис.7. Кальцитовые конусы на раковине головоногого моллюска. Ордовикские известняки, р.Волхов (www.am-topit.ru). Обращенные во внешнюю зону вершины свидетельствуют о формировании конусов под воздействием на раковину термальных минерализованных вод.

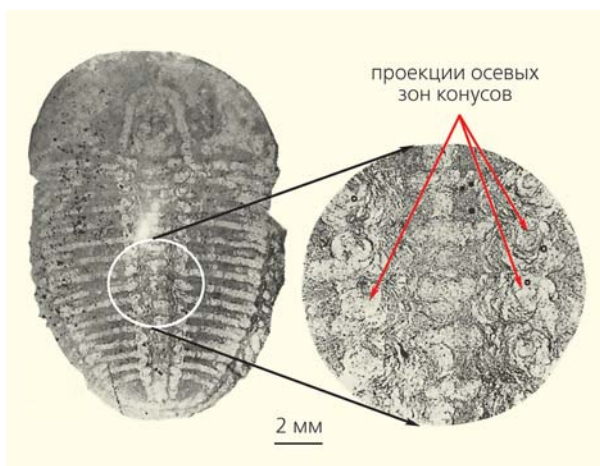


Рис.8. Кальцитовый слепок трилобита с текстурой кон-ин-кон [9]. Оси конусов приурочены к (наиболее проницаемым?) зонам сочленения скелетных элементов ордовикского организма.

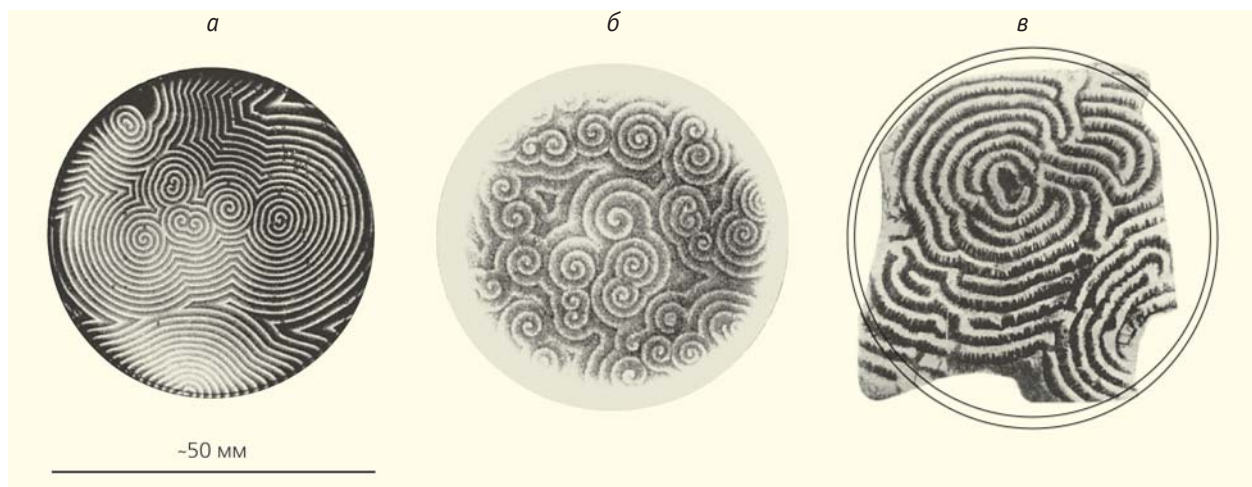


Рис.9. Автоволновой узор осциллирующих химической, биологической и геологической диссипативных структур. Удивительное сходство рисунков отражает общий принцип организации этих ритмически активных сред: *а* — ритмичный узор бегущих волн в химической реакции Белоусова—Жаботинского [12]; *б* — узор фронтов волн феромона цАМФ, выделенного клетками слизевика *Dictyostelium discoideum* [12]; *в* — узор в поперечном сечении углистых кон-ин-кон из Южного Уэльса [1].

ция сопровождается производством минимума энтропии, и потому при их изучении оказываются малополезными законы равновесной термодинамики. И.Пригожин назвал нелинейные системы такого типа диссипативными структурами.

Общий принцип организации геологических объектов, называемых кон-ин-кон, и подобных им, ныне наблюдаемых химических и биологических диссипативных структур демонстрируется поразительным внешним сходством их пространственно-временной организации (рис.9). В широко известной автоволновой химической реакции Белоусова—Жаботинского (рис.9, *а*) волна завершает цикл примерно за 1 мин. Аналогичный узор имеют фронты волн цАМФ (циклической аденозинмонофосфорной кислоты), выделяемой колонией коллективных амёб *Dictyostelium discoideum* (рис.9, *б*). Периодичность пульсаций этой биологической самоорганизующейся структуры составляет около 5 мин [12]. Буквально поражает, что от волновых узоров этих двух диссипативных структур практически неотличим «законсервированный» узор поперечного среза кон-ин-кон из углей Южного Уэльса (рис.9, *в*). Эти конусы имеют высоту около 4 см и угол при вершине около 36° [1]. Уместно добавить, что все три (сфотографированные «при жизни» химическая и биологическая и переставшая функционировать в далеком прошлом геологическая) флуктуирующие структуры изображены на рис.9 примерно в одном масштабе.

Предложенная нами флюидно-конвективная метасоматическая гипотеза [10] образования кон-ин-кон не отвергает все еще популярную гипотезу давления и растворения Тарра, но отводит ей роль лишь дополнительного механизма, действующего в эпигенезе. Тарр абсолютно прав в том, что в современном залегании кон-ин-кон несут

многочисленные следы давления и частичного растворения кальцита. В шлифах видны разнообразные формы проявления этих процессов: микробудинаж, микрокливаж и микроструктуры давления, обусловленные совершенной спайностью кальцита. Такие специфические микроструктуры из-за характерного рисунка в плоских срезах называются пилами. Перечисленные формы, а самое главное, хорошо сохранившиеся реликты практически нетронутых первичных контуров конусов можно одновременно наблюдать в образцах из рифейских сланцев Подолии (рис.10). Возмож-

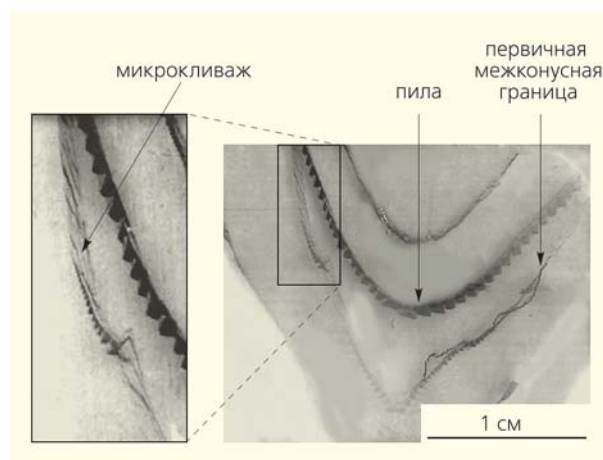


Рис.10. Продольный срез одиночного конуса с реликтами первичных межконусных границ. Видны реликты первичной морфологии древней пространственно-временной структуры и результаты ее переработки в эпигенезе, обусловленные динамическими напряжениями и кристаллофизическими свойствами кальцита. Сканограмма шлифа из образца, что на рис.2.

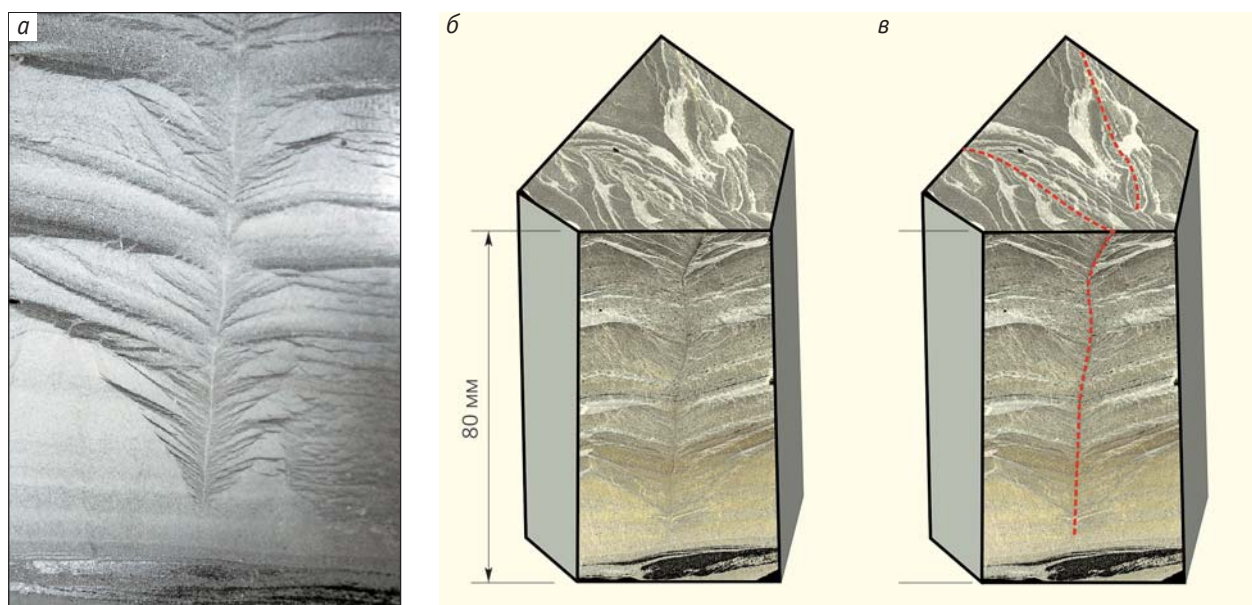


Рис.11. Текстура клин-в-клин. Западная Сибирь, меловые отложения, образец из скважины с глубины 2508.3 м: *а* — сканограмма продольного среза, *б* — блок-диаграмма из сканограмм двух перпендикулярных срезов, *в* — то же с дешифрованными трещинными флюидопроводниками (показаны пунктирными линиями).

ность видеть в одном шлифе первичные контуры кон-ин-кон и многочисленные разнообразные следы последующих их деформаций позволила выстроить единый ряд переходных микроструктур, которые отражают разные стадии механических преобразований в эпигенетической эволюции кон-ин-кон. Пила — крайнее звено такого ряда. Пространство между ее «зубцами» заполнено глинистым веществом, которое обуславливает появление резко ослабленных поверхностей (по ним и раскалываются кон-ин-кон при ударе).

Специфические структуры давления и частичного растворения есть следствие преобразования уже прекративших свое существование древних («мертвых») диссипативных структур. В этой связи обратим внимание на то, насколько были близки к истине те естествоиспытатели, которые принимали кон-ин-кон за живые организмы. Флуктуирующие абиогенные системы конус-в-конусе, как и живая материя, чутко реагируют на изменение питающего их потока вещества и энергии и «умирают», как только этот поток иссякает.

Большое морфологическое разнообразие карбонатных кон-ин-кон отчасти объясняется различиями в изначальных (термических) и последующих эпигенетических (динамических) условиях их эволюции. Чем выше температура турбулентного микропотока и проницаемость флюидопроводящей среды, тем острее угол при вершине образующегося конуса. Тупой угол свидетельствует о меньших скоростях восходящего тепломассопотока.

Тщательное изучение морфологии конических построек позволило увидеть более глубокие их различия, обусловленные разными условиями

формирования. Изображенная на рис.11 кальцитовая конструкция с четко выраженной осевой линией лишь в вертикальном срезе напоминает текстуру конус-в-конусе. Но в горизонтальной плоскости обнаруживается конфигурация, имеющая плоскость симметрии (рис.11). Если кон-ин-кон — осесимметричная природная конструкция, идеализированная модель которой имеет ось симметрии L_{∞} (рис.12), то структурно-веществен-

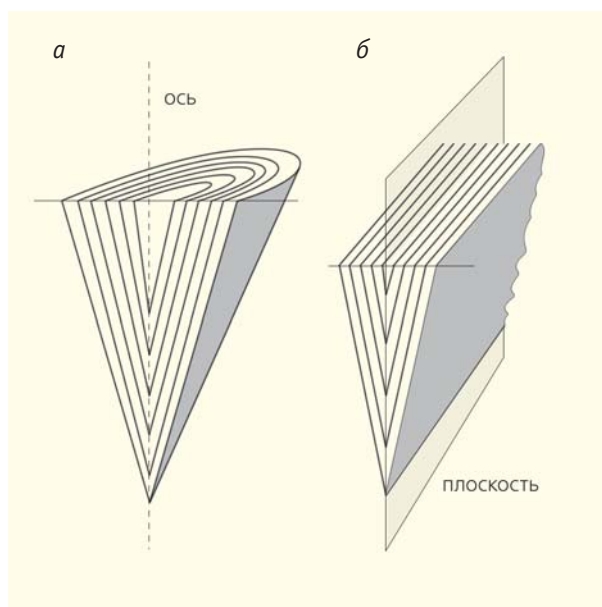


Рис.12. Идеализированные модели: *а* — конус-в-конусе, *б* — клин-в-клин.

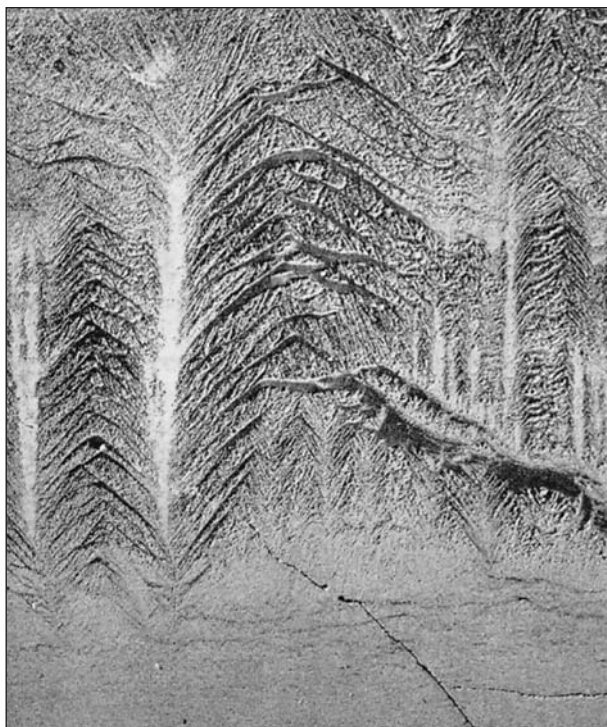


Рис.13. Текстура кон-ин-кон в полированном образце из Новой Шотландии [9]. Скорее всего, это текстура клин-в-клин, возникшая в трещиноватых породах на стадии позднего эпигенеза.

ную неоднородность на рис.11 лишь с очень большой натяжкой можно назвать конус-в-конусе. В трехмерном пространстве она больше напоминает странички приоткрытой книжки или серию вложенных друг в друга клиньев. В идеале она напоминает фигуру, близкую диэдру с характерной плоскостью симметрии (рис.12, б). Такую текстуру мы назвали «клин-в-клин» [13]. Она возникает за счет привноса вещества и энергии конвективными тепломассопотоками в зонах деструкции, но не из точечных (как конус-в-конусе), а из линейных (трещинных) флюидопроводников. Отсутствие описания подобных текстур в геологической литературе кроется не в супермалой распространенности, а в их частичном морфологическом сходстве с текстурой конус-в-конусе.

Надеемся, простит нас господин Вудлэнд за то, что, приведя прекрасную фотографию полировки из его монографии [9], мы определили изображенную на ней неоднородность не как кон-ин-кон, а как текстуру клин-в-клин, которая сформировалась в трещиноватых породах в эпигенетическую стадию литогенеза (рис.13). Это можно доказать, только изучая перпендикулярные срезы.

Предложенный флюидно-конвективный метасоматический механизм формирования кон-ин-кон объединяет и примиряет наиболее известные, до того казавшиеся взаимно исключаящими гипотезы.

Геологическая «мимикрия» некарбонатных аналогов кон-ин-кон

Сейчас известны текстуры конус-в-конусе как карбонатного (анкеритового, доломитового, сидеритового, манганокальцитового, углеродисто-кальцитового), так и некарбонатного (пиритового, углестого, циркон-лейкоксен-кварцевого, гематитового, лимонитового, кварцитового, железисто-кварцитового, марказитового и др.) состава.

Некарбонатные морфогенетические аналоги кон-ин-кон нередко обладают морфологическим сходством с биогенными текстурами. Такую геологическую «мимикрию» (если позволительно этот биологический термин использовать по отношению к неорганической материи) можно наблюдать на примере циркон-лейкоксен-кварцевых конических построек из Ярегского лейкоксеново-нефтяного месторождения.

Это уникальное по запасам титана месторождение расположено на Южном Тимане в сводовой части Ухтинской брахиантиклинали. В тектоническом отношении Тиман — протяженная северо-западного простирания антиклинальная структура, разделяющая Русскую и Печорскую плиты и протягивающаяся от п-ова Канин на севере до Полюдова Кряжа на юге. На Ярегском месторождении нефтяным коллектором служит средневерхнедевонская терригенная толща, вмещающая промышленные лейкоксеновые руды титана. Она залегает на углеродисто-слюдистых сланцах рифейского возраста. Обнаруженные нами конические постройки (рис.14) распространены в прослоях и линзах среднедевонских сланцев, подстилающих лейкоксеновые тела нижнего рудного горизонта. Внешне они чрезвычайно напоминают биотурбиты (рис.15), но результаты тщательного изучения их морфологии, вещественного состава и структурных особенностей показали, что эти постройки представляют собой некарбонатные морфогенетические аналоги кон-ин-кон.

Они секут слоистость вмещающих сланцев и резко отличаются от них более светлой окраской и преимущественно лейкоксен-кварцевым со-



Рис.14. Циркон-лейкоксен-кварцевые конусы в девонских сланцах. Южный Тиман, Ярегское лейкоксен-нефтяное месторождение.

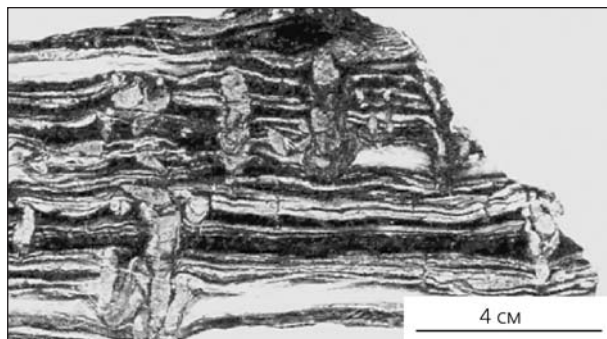


Рис.15. Циркон-лейкоксен-кварцевые морфогенетические аналоги кон-ин-кон в слюдисто-глинистом сланце «мимикрируют» под биогенные текстуры: следы жизнедеятельности илоедов, роющих организмов, бактериальные, водорослевые постройки и др. Южный Тиман. Средний девон. Свод Ухтинской нефтеносной брахиантиклинали. Ярегская нефтешахта №3. Пришлифовка.

ставом (90–95%). При традиционном текстурном анализе эти образования можно принять за следы жизнедеятельности илоедов, бактериальные постройки и др. В многочисленных просмотренных нами послойных и перпендикулярных слоистости срезах наблюдался рисунок, внешне похожий на кон-ин-кон (рис.16). Тщательное изучение такой текстуры в крупноплощадных шлифах и шлифовках, препарирование конусов и оперяющих зон выявило признаки, характерные для карбонатных кон-ин-кон. Для силикатных конусов Ярегского месторождения (так же как и для карбонатных) характерно сложное строение, которое обусловлено наличием лепестковидных тел, разделенных глинисто-слюдистым веществом. Силикатные конусы (так же как и карбонатные) в перпендикулярном срезе показывают ритмичный рисунок. Но они характеризуются преимущественно алеврито-кварцевым составом, отсутствием шестоватой структуры и более грубым узором.

В шлифе вокруг конусов хорошо видны оперяющие их тонкие зонки того же состава, но послойно ориентированные (рис.17). Такие зонки обычно принимают за седиментогенные слойки. Но они резко отличаются от собственно алеврито-глинистых слойков и вмещающих метаалевропелитов кварцевым или лейкоксен-кварцевым составом, отсутствием полевых шпатов (характерных для «истинных» слойков), к тому же в них нет палиноспор и микропланктона.

Примечательно наличие пластических (и отсутствие хрупких) деформаций в слойках и оперяющих зонах, что подтверждает предположение о формировании некоторых кон-ин-кон в нелигитифицированном (или слаболигитифицированном) осадке. Конусы высотой от 1 до 7 см ориентированы вершинами вниз, а их приблизительно параллельные оси, как правило, отклоняются от нормали к напластованию пород на 5–15°. По внутрен-

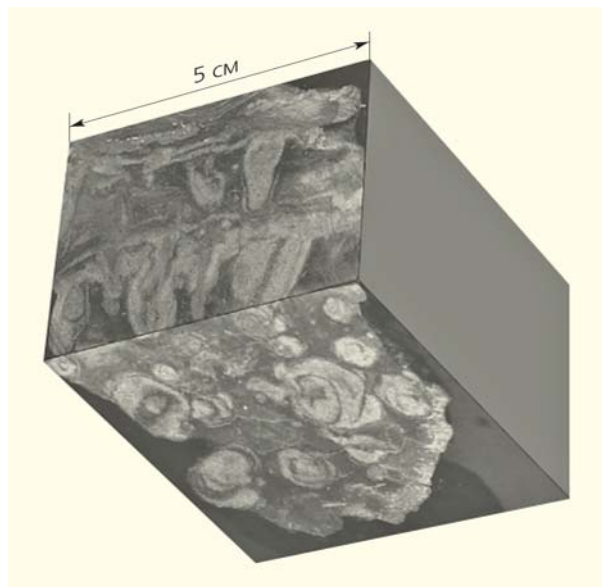


Рис.16. Продольный и поперечный срезы циркон-лейкоксен-кварцевых аналогов кон-ин-кон. В поперечном срезе виден грубый ритмичный узор, характерный для карбонатных кон-ин-кон. Образец, что и на рис.15. Блок-диаграмма из сканограмм двух шлифованных срезов.

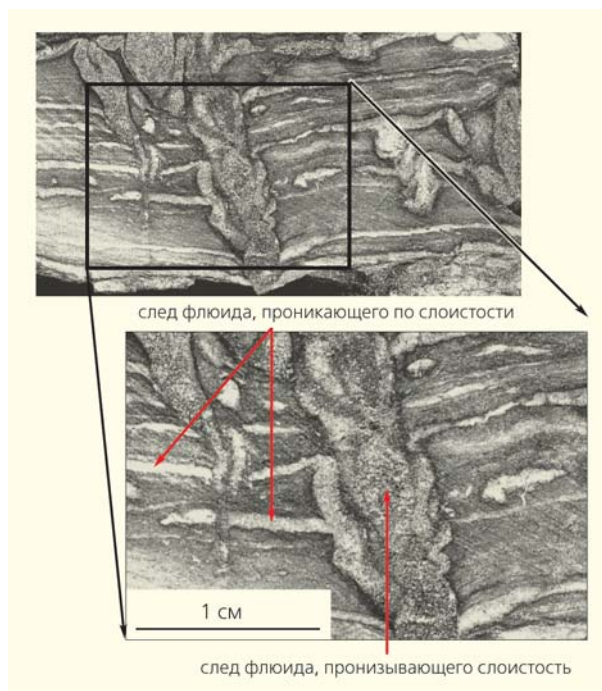


Рис.17. Кварцевые морфогенетические аналоги кон-ин-кон в алеврито-слюдистом сланце демонстрируют расщепление восходящего минералообразующего флюида на две составляющие: вертикальную, пронизывающую осадок, и горизонтальную, проникающую вдоль слоистости. Южный Тиман. Северо-восточное крыло Ухтинской нефтеносной брахиантиклинали. Скважина 1 — бальнеологическая. Сканограмма шлифованного образца.

нему строению они подразделяются на две разновидности: однородную и со сложно чередующимися сегментами кварцевого состава и серицита.

В конусах кроме кварца присутствуют значительные количества лейкоксена (до 10–15%) и циркона (до 0.5–0.7%), развиты мелкие кубические и сфероидальные выделения пирита, встречаются сидерит, удлинённые хорошо огранённые темно-зелёные кристаллики турмалина размером 0.01–0.1 мм и единичные мелкие (0.05 мм) конвертообразные кристаллы сфена.

По результатам химического и полуколичественного спектрального анализа был рассчитан баланс вещества (на единицу объема) в системе вмещающие сланцы — конусы. Для расчета принята гипотеза о формировании конусов за счет метасоматического преобразования вмещающих их сланцев. Оказалось, что в процессе возникновения конусов в метасоматическую систему привносились: SiO_2 (335.6 кг/м³), TiO_2 (111.7 кг/м³), Zr (1.92 кг/м³), Ce , La и Ag (по 200 г/м³), а также иттрий (600 г/м³), иттербий (100 г/м³) и другие элементы, несвойственные вмещающим сланцам. Выносились Al_2O_3 (354.2 кг/м³), K_2O (79.2 кг/м³), Na_2O (2.9 кг/м³), MgO (15.3 кг/м³), Fe_2O_3 (более 17 кг/т).

Механизм возникновения силикатных конусов, вероятно, сходен с тем, что приводит к формированию карбонатных кон-ин-кон. Но, в отличие от последних, в их циркон-лейкоксен-кварцевых аналогах лучше проявлены свидетельства синхронного образования конических построек и опережающих послонных зон [14]. В шлифах и пришлифовках отчетливо видны следы расщепления флюида на две составляющие: вертикальную, пронизывающую слоистую апоглинистую толщу, и горизонтальную, транспортирующую флюид по латерали. В результате формируется вторичная новообразованная псевдослойчатость (рис.17).

Литература

1. Твенхофел У.Х. Учение об образовании осадков. М., Л., 1936.
2. Shaub B.M. The Origin cone-in-cone and its bearing in the origin of concretion and septara // Amer. Journ. Sci. 1937. V.XXXIV. №203. P.331–344.
3. Матвеев К.К. Поля нарушенной кристаллизации в верхнекунгурских отложениях Молотовского Приуралья // Труды Горно-геологического ин-та. 1953. Вып.20. №2. С.107–124.
4. Tarr W.A. Cone-in-cone // Amer. Journ. Sci. 1922. V.4. №21. P.199–213.
5. Рухин Л.Б. Основы литологии. Л.; М., 1953.
6. Копелиович А.В. Эпигенез древних толщ юго-запада Русской платформы. М., 1965.
7. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Ч.2. Карбонатные породы / Под ред. Е.В.Дмитриевой, Г.И.Ершовой, В.Л.Либровича и др. М., 1969.
8. Поттер К. Предположения и опровержения: рост научного знания. М., 2008.
9. Woodland B.G. The nature and origin of cone-in-cone structure // Fieldiana Geol. 1964. V.13. №4. P.187–305.
10. Колокольцев В.Г. Текстура cone-in-cone и ее происхождение // Литология и полезные ископаемые. 2002. №6. С.612–627.
11. Поспелов Г.Л. Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза. Новосибирск, 1973.
12. Уинфри А.Т. Время по биологическим часам. М., 1990.
13. Колокольцев В.Г. Текстура клин-в-клин в осадочных толщах // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли. Екатеринбург, 2008. Т.1. С.325–327.
14. Колокольцев В.Г. Блочные метасоматиты в осадочных толщах и их диагностика. СПб., 1999.

* * *

Таким образом, удивительные геологические образования кон-ин-кон и их некарбонатные морфогенетические аналоги — яркий пример рождения «порядка из хаоса» в термодинамически неравновесных системах. Морфология таких текстур обусловлена термодинамикой восходящих флюидов и физико-механическими особенностями флюидопроводников. Другими словами, текстура кон-ин-кон — это множество законсервированных в породе конвекционных ячеек, которые образовались на разделе литосферы и гидросферы, в самом верхнем слое нелитифицированного (или слабо-литифицированного) осадка водного бассейна со строго определенным температурным градиентом. При конвективном теплопереносе даже незначительное его отклонение от критического значения будет помехой для образования текстуры кон-ин-кон. Этим и объясняется их сравнительно малое распространение. Тем не менее эти текстуры, с одной стороны, могут использоваться для корреляции осадочных толщ, а с другой — служить индикаторами флюидопроводных (возможно, рудоконцентрирующих) зон.

Связь кон-ин-кон и особенно их некарбонатных морфогенетических аналогов с определенными стратиграфическими горизонтами и сопоставление с захоронениями фауны позволяют рассчитывать на возможность их использования при решении некоторых задач событийной стратиграфии. В геологии нет универсальных инструментов для ретроспективных построений. Не являются таковыми и кон-ин-кон с некарбонатными морфогенетическими аналогами, однако их идентификация может существенно расширить наши представления о геологическом прошлом изучаемого региона. ■

Перспективы репродуктивной медицины

С.Я.Амстиславский, В.В.Кожевникова, Е.А.Казак, И.Н.Рожкова

Репродуктивная медицина все чаще применяется для преодоления бесплодия (как женского, так и мужского). Оно распространено на всех континентах и во всех этнических группах. Более того, с этой проблемой довольно часто обращаются к врачам пациенты моложе 30 лет. Статистические исследования показывают, что в клиниках экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) среди женщин-клиентов более 40% — возраста 31—35 лет и более 20% — 26—30-летних. С применением вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) уже родилось более 5 млн детей. У репродуктологов в арсенале есть много способов лечения — от сравнительно простых до технически сложных, требующих хирургического вмешательства.

Экстракорпоральное оплодотворение

У девочек в яичниках при рождении имеется 1—2 млн фолликулов, а по мере взросления их число уменьшается. У молодых женщин их уже остается несколько сотен тысяч. В каждый менструальный цикл один или, реже, два фолликула овулируют с образованием яйцеклетки. Однако подавляющее число фолликулов (99,9%) подвергается апоптозу, т.е. программируемой гибели. После 35 лет процессы апоп-



Сергей Яковлевич Амстиславский, доктор биологических наук, заведующий сектором криоконсервации и репродуктивных технологий Института цитологии и генетики СО РАН. Область научных интересов — сохранение генетических ресурсов животных, влияние репродуктивных технологий на проявление генетически обусловленных свойств потомков.



Валерия Валерьевна Кожевникова, аспирант того же сектора. Изучает влияние факторов роста и других компонентов культуральных сред на преимплантационное развитие эмбрионов млекопитающих *in vitro*.



Евгения Александровна Казак, эмбриолог «Клиники профессора Пасман» (Новосибирск). Занимается криоконсервацией семени и эмбрионов, проведением экстракорпорального оплодотворения и интрацитоплазматической инъекции сперматозоидов.



Ирина Николаевна Рожкова, кандидат биологических наук, научный сотрудник того же сектора. Область научных исследований — криоконсервация преимплантационных эмбрионов и сперматозоидов крыс и мышей различных линий.

© Амстиславский С.Я.,
Кожевникова В.В., Казак Е.А.,
Рожкова И.Н., 2015



Рис.1. Яйцеклетка человека, как и других млекопитающих, окружена клетками кумулюса (показаны красными стрелками) и прозрачной оболочкой (синяя стрелка). Непосредственно под ней находится полярное тельце (белая стрелка). Это мелкая клетка, содержащая гаплоидный набор хромосом, которая образуется в процессе созревания ооцита и впоследствии дегенерирует.

Фото авторов

тоза фолликулов активизируются, и к наступлению менопаузы, к возрасту 45–50 лет, в яичниках женщины практически не остается фолликулов.

Обычно к специалистам по лечению бесплодия обращаются пары, которые в течение долгого времени не могут зачать ребенка естественным путем. По критериям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) считается, что подозревать бесплодие имеет смысл после того, как молодая (прежде всего это определяется возрастом женщины — с 19 до 35 лет) пара при регулярных попытках зачатия в течение года не достигает же-

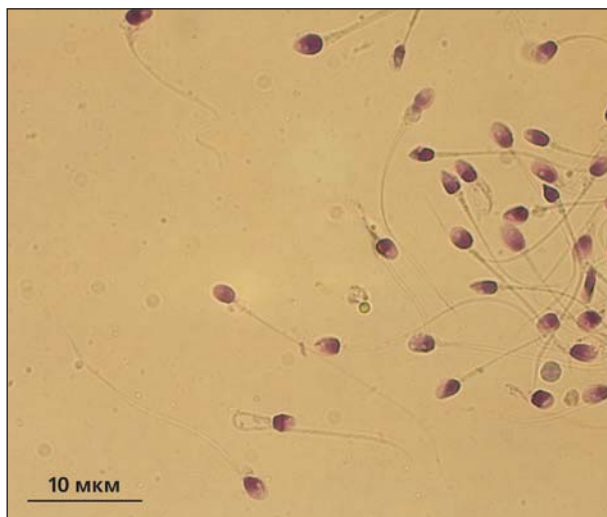


Рис.2. Сперматозоиды человека.

Фото авторов

лаемой цели. Если женщина старше 35 лет, длительность попыток забеременеть уменьшается до шести месяцев.

После различных гормональных, биохимических и ультразвуковых исследований, позволяющих оценить овариальный резерв женщины, и анализа спермы мужчины врач выбирает план лечения. Это может быть либо медикаментозная терапия (при некоторых гормональных нарушениях), либо подготовка к одной из процедур ВРТ (если причина бесплодия более серьезная). Самая традиционная репродуктивная технология — ЭКО, т.е. оплодотворение яйцеклеток сперматозоидами вне организма матери, в искусственных условиях (*in vitro*). Если мужские гаметы «плохие» (нарушены их подвижность или морфология) или у пары уже были неудачные попытки ЭКО, проводят интрацитоплазматическую инъекцию сперматозоида, или ИКСИ (ICSI — IntraCytoplasmic Sperm Injection). При этом один сперматозоид вводят непосредственно в цитоплазму ооцита (подробнее об этом — в следующем разделе).

Для повышения эффективности ЭКО желательно получить несколько яйцеклеток, поэтому пациентке назначают гонадотропные препараты — фолликулостимулирующий и лютеинизирующий гормоны и/или человеческий хориогонадотропин. Они стимулируют рост и созревание фолликулов в яичниках [1]. С помощью УЗИ наблюдают за ростом фолликулов. При их размере, приближающемся к 19–20 мм, доктор назначает пациентке операцию, во время которой производят пункцию фолликулов и аспирацию их содержимого. Поскольку созревающие внутри фолликула яйцеклетки, средний размер которых около 150 мкм, окружены несколькими слоями фолликулярных — кумулюсных — клеток (находятся в виде ооцит-кумулюсных комплексов), они видны даже невооруженным глазом. Тем не менее яйцеклетки рассматривают под стереомикроскопом, чтобы оценить их качество (рис.1). Отобранные яйцеклетки помещают в CO₂-инкубатор, где после оплодотворения культивируют в течение трех–пяти дней в специальных средах при определенных температуре, pH и осмоляльности (общей концентрации растворенных частиц в 1 кг воды).

Со спермой после ее получения от пациента также производят определенные манипуляции (рис.2). Оплодотворение у человека (как и у всех млекопитающих) происходит в яйцеводах, куда попадает яйцеклетка после овуляции. При естественном оплодотворении сперматозоидам приходится преодолевать довольно большой путь из влагалища через цервикальный канал и полость матки в яйцеводы, поэтому до яйцеклетки добираются только «лучшие» сперматозоиды. В клиниках ЭКО в лабораторных условиях имитируется эта селекция сперматозоидов: сперма обрабатывается средами с разной плотностью. Считается, что

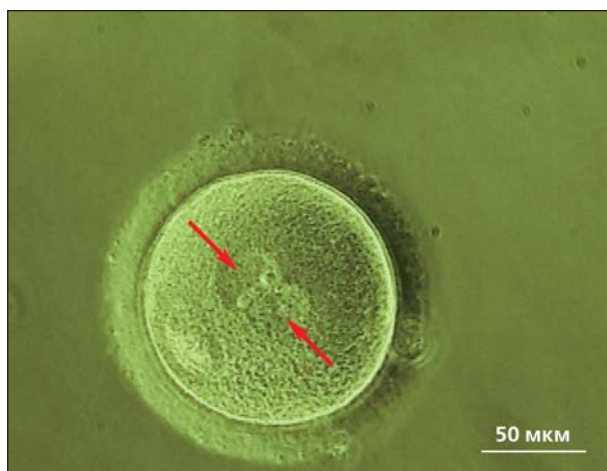


Рис.3. Зигота человека. Красными стрелками показаны два пронуклеуса — признак успешного оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом.

Фото Д.В.Никифорова

самые пригодные для оплодотворения сперматозоиды обладают максимально компактизованной ДНК, которая упаковывается с помощью специальных белков протаминов. Значит, «лучшие» сперматозоиды будут тяжелее (с более плотными ядрами). Центрифугированием спермы в градиенте плотности проводят разделение сперматозоидов на группы, со дна пробирки собирают самых зрелых, отмывают и дальше используют для любого метода ВРТ.

Суть ЭКО заключается в том, что отобранные сперматозоиды смешивают с яйцеклетками, окруженными клетками кумулюса, и помещают в подходящие для оплодотворения условия. Проникновение сперматозоида под мембрану яйцеклетки происходит естественным путем, а участие репро-

дуктологов и эмбриологов, таким образом, сводится к получению и соединению вместе мужских и женских гамет, наблюдению за развитием эмбрионов и их последующей трансплантации. Через 17 ч после того, как сперматозоиды и ооцит-кумуляные комплексы поместили в CO_2 -инкубатор, проверяют, произошло ли оплодотворение яйцеклетки: у нее должны появиться два пронуклеуса — мужское и женское гаплоидные ядра (рис.3). Уже на этом этапе развития зародыша — стадии зиготы — его теоретически можно переносить в репродуктивный тракт пациентки. Однако в современных клиниках эмбрионы культивируют *in vitro* еще несколько дней и трансплантируют либо на стадии дробления — после трех дней в инкубаторе, либо на стадии бластоцисты — спустя пять дней [2] (рис.4).

Инъекция сперматозоида в цитоплазму ооцита

Все больше данных свидетельствует о падении фертильности мужского населения во многих странах [3]. Авторы одного исследования, в котором участвовали мужчины разных национальностей, обнаружили, что за 50 лет (с 1940 по 1990 г.) средняя концентрация сперматозоидов снизилась почти вдвое: со 113 до 66 млн сперматозоидов на 1 мл спермы [4]. При этом выяснилось, что снижение качества семени мужчин в Европе идет быстрее, чем в Северной Америке, а в некоторых странах, таких как Нигерия, Китай, Египет, Бразилия и Ливия, ухудшения вообще нет [5]. Причины таких изменений неоднозначны. Факторов, влияющих на мужскую фертильность, много: образ жизни (курение, алкоголь), нарушение обмена веществ, в том числе ожирение, изменение окружа-



Рис.4. Эмбрионы человека на третий (слева) и пятый день после оплодотворения яйцеклетки.

Фото К.Кананен (K.Kananen)

ющей среды, даже постоянное использование со-товых телефонов [6]. По мнению многих ученых, одна из основных причин снижения качества мужского семени — воздействие соединений с эстрогеноподобной активностью и других загрязнителей окружающей среды (попадающих в нее промышленных отходов, пестицидов, гербицидов и солей тяжелых металлов) [6]. Устойчивая тенденция к возрастанию мужского фактора бесплодия в индустриально развитых странах выразилась и в изменении стандартов ВОЗ. С 2005 по 2010 г. значительно снизилась планка по показателям подвижности и концентрации сперматозоидов — в более поздних рекомендациях нижней границей нормы считается 15 млн/мл против прежних 20 млн/мл.

Именно в связи с тем, что мужской фактор бесплодия стал важнейшим в большинстве развитых стран, в клиниках ЭКО все чаще применяют метод ИКСИ, при котором с помощью микроинъекционной иглы сперматозоид вводят под мембрану яйцеклетки (рис.5). Эту процедуру назначают пациентам, если проведение классического ЭКО (когда к зрелой яйцеклетке добавляют суспензию сперматозоидов, один из которых должен самостоятельно проникнуть внутрь) невозможно или малоэффективно из-за крайне низких концентраций или неподвижности сперматозоидов. Также достаточно часто встречается тератозооспермия — аномалия, при которой сперматозоиды представлены «уродливыми» формами, в результате чего вероятность оплодотворения яйцеклетки снижается. Интересно, что такое состояние мужских половых клеток характерно и для многих диких представителей семейства кошачьих — львов и гепардов, а особенно для пантер Флориды [7]. Метод ИКСИ широко

применяют при работе с исчезающими видами млекопитающих*.

Сначала яйцеклетки освобождают от окружающих клеток кумулюса. Основной компонент последних — гиалуроновая кислота, которую обычно расщепляют ферментом гиалуронидазой. Далее, чтобы удалить остатки кумулюса, яйцеклетки «прогоняют» через капилляры диаметром 135—150 мкм и затем под микроскопом выбирают только зрелые (находящиеся на стадии метафазы второго деления мейоза) ооциты. Критерием их «готовности» служит появление под прозрачной оболочкой полярного тельца.

Инъекция сперматозоида в цитоплазму ооцита — микрохирургическая манипуляция, требующая специального лабораторного оборудования: antivибрационного стола, микроманипуляторов, инвертированного микроскопа с системой температурного контроля предметного столика и т.д. Микрокапилляров должно быть два: держатель для яйцеклетки и инжектор, которым захватывают сперматозоид и помещают его под оболочку ооцита (см. рис.5). Правильная настройка этих инструментов — залог успешного выполнения процедуры. Чтобы эмбриологу было удобнее захватывать сперматозоид в инжектор, суспензию мужских гамет предварительно помещают в каплю вязкого полимера, замедляющего их движение. Непосредственно перед внедрением сперматозоида под мембрану яйцеклетки ее нужно правильно расположить — инъекция должна приходиться на медиальную часть. Затем сперматозоид подводят к самому краю микроиглы и протыкают

* Подробнее см.: Амтиславский С.Я., Абрамова Т.О., Брусенцев Е.Ю., Кизилова Е.А. Криоконсервация и сохранение биоразнообразия // Природа. 2014. №9. С.24—33.

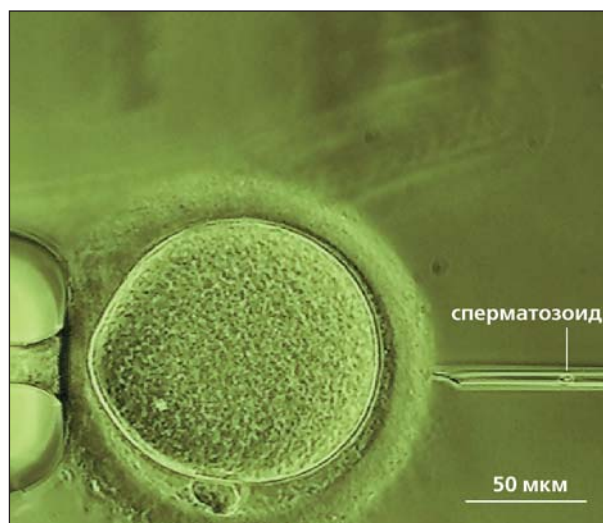
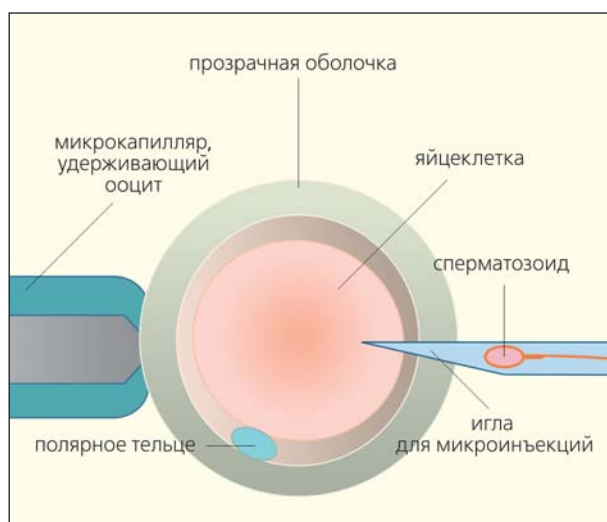


Рис.5. Процедура ИКСИ. На схеме изображена стадия перед перемещением сперматозоида из микроинъекционной иглы в цитоплазму яйцеклетки; на фото — стадия перед прокалыванием иглой мембраны ооцита.

Фото Д.В.Никифорова

ею мембрану яйцеклетки (игла проходит не далее 1/2 диаметра яйцеклетки для сохранения ее жизнеспособности). После того как сперматозоид переместили в ооцит, иглу немедленно вынимают. Через 14–17 ч проверяют, произошло ли оплодотворение (т.е. образовалась ли зигота с двумя пронуклеусами), и далее «ведут» эти эмбрионы так же, как и полученные с помощью классического метода ЭКО.

Криоконсервация

Так называется низкотемпературное хранение живых объектов для последующего восстановления их биологических функций. Благодаря этой методике возможности лечения бесплодия существенно расширились. Замороженные эмбрионы, семя или яйцеклетки сохраняют в специальных криопробирках или пластиковых соломинах, помещенных в жидкий азот (-196°C). При таком глубоком охлаждении биохимические процессы в клетках останавливаются, благодаря чему они могут сохраняться живыми сколь угодно долго, ожидая размораживания. Так, потомство получали из эмбрионов лабораторной мыши, хранившихся в криобанке несколько десятилетий [8]. Недавно совместно с сотрудниками Института автоматки и электрометрии СО РАН с помощью метода комбинационного рассеяния света мы попытались выяснить, что происходит с клетками (мышинными эмбрионами) при таком глубоком охлаждении. Предварительные результаты показывают, что меняется состояние клеточных мембран и что цитохромы, находящиеся в составе электрон-транспортной цепи (ЭТЦ) митохондрий, переходят в восстановленное состояние. В температурном диапазоне от -37 до -57°C мы детектировали и резкое замедление работы ЭТЦ, и упорядочение ацильных липидных «хвостов» в клеточных мембранах. Последнее не только делает их менее эластичными, но и играет важную роль в функционировании мембранных белков (в том числе комплексов ЭТЦ на внутренней мембране митохондрий).

Для эффективной криоконсервации любые объекты (эмбрионы, гаметы, клеточные суспензии) должны быть насыщены криопротекторами — веществами, которые уменьшают повреждение, получаемые клеткой при замораживании. Криопротекторы бывают не проникающими через мембраны (в частности, через прозрачную оболочку ооцита или эмбриона) и проникающими. К первым относят, например, фикол, сахарозу, ацетамид, а ко вторым — глицерин, диметилсульфоксид, этиленгликоль.

Существует два основных способа замораживания биологических образцов: программное замораживание и витрификация. Первый заключается в постепенном охлаждении с небольшой

скоростью ($0.3\text{--}2^{\circ}\text{C}/\text{мин}$), при этом концентрация криопротекторов составляет обычно около $1\text{--}2\text{ M}$ [9]. Второй — в резком (практически мгновенном) снижении температуры при концентрации криопротекторов (обычно тех же, что и при программном замораживании) $5\text{--}10\text{ M}$ [10]. В последнем случае объект переходит в стекловидное состояние, минуя фазу кристаллизации (т.е. лед не образуется ни внутри клеток, ни между ними). После программного замораживания скорость обратного процесса (оттаивания биоматериала) обычно меньше $300^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, а после витрификации — от 300 до $12000^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ и больше. Сейчас в клиниках ЭКО гораздо чаще используют витрификацию, чем программное замораживание.

До сих пор в литературе не стихают дискуссии, в которых сравнивают программное замораживание и витрификацию. Недавно мы получили интересный результат, примиряющий эти подходы. Методом комбинационного рассеяния света мы исследовали процессы, происходящие в ходе программного замораживания при использовании в качестве контейнера стандартной пластиковой соломины. Оказалось, что образование кристаллов льда начинается с верхней ее части, поэтому криопротектор «сгоняется» вниз. В результате в месте, где находится замораживаемый биоматериал, концентрация криопротектора возрастает примерно в пять раз. Таким образом, концентрации криопротектора вокруг эмбрионов/гамет при криоконсервации в соломинке столь же высоки, как и при витрификации.

Криоконсервация спермы, эмбрионов и ооцитов

Семя замораживают, если мужчина не может присутствовать в клинике в день проведения ЭКО/ИКСИ или по медицинским показаниям, когда какое-либо лечение (например, курс химиотерапии) может привести к снижению фертильности. Эту процедуру могут назначить и при плохих показателях спермограммы (анализа спермы), так как приходится накапливать сперматозоиды для проведения полноценного ЭКО/ИКСИ.

В качестве криопротектора для замораживания семени человека часто используют этиленгликоль, хотя традиционным был глицерин. Добавление яичного желтка, альбумина или сыворотки крови человека улучшает результаты криоконсервации.

Характеристики «свежего» семени и оттаявшего после криоконсервации могут несколько различаться. Его жизнеспособность, оцененная по подвижности сперматозоидов, может снижаться на $25\text{--}75\%$, особенно сильно — если замораживали сперматозоиды, полученные не из эякулята,

а с помощью биопсии семенников или их придатков (эпидидимисов).

В 1983 г. было опубликовано первое сообщение о беременности, наступившей после трансплантации женщине эмбриона, хранившегося в криобанке четыре месяца [11]. К сожалению, эта беременность не завершилась успешными родами (ее прервалось прервать по медицинским показаниям), однако она дала огромный толчок развитию методов криоконсервации эмбрионов в циклах ЭКО.

Эмбрионы млекопитающих можно замораживать на любом этапе преимплантационного развития — с самых первых этапов дробления и до стадии бластоцисты, вылупившейся из прозрачной оболочки. На практике эмбрионы человека криоконсервируют преимущественно на стадии 4–8 бластомеров (третий день развития) или на стадии бластоцисты (пятый день развития). Эффективность криоконсервации человеческих эмбрионов как при программном замораживании, так и при витрификации достигает 90%. Чаще всего используют такие криопротекторы, как диметилсульфоксид, этиленгликоль, глицерин и пропиленгликоль.

Криоконсервация эмбрионов позволяет избежать негативных последствий гормональной стимуляции. Особенно эта «морозная» процедура показана при синдроме гиперстимуляции яичников, когда трансплантацию эмбриона приходится откладывать. Без замораживания зародышей не обойтись и при проведении преимплантационной генетической диагностики, которая занимает, как правило, несколько дней (подробнее об этом — в предпоследнем разделе).

В результате гормональной стимуляции в цикле ЭКО у женщины созревает 10 яйцеклеток (иногда и более), а в дальнейшем при благополучном оплодотворении получается несколько эмбрионов. Как правило, в полость матки переносят один–два эмбриона, остальные замораживают. Однако в некоторых странах, например в Италии, криоконсервация эмбрионов по этическим соображениям законодательно запрещена.

В 1986 г. родился первый ребенок после криоконсервации ооцитов и последующего ЭКО, еще через 10 лет — после замораживания ооцитов и ИКСИ [12]. В отличие от эмбрионов и семени человека, неоплодотворенные яйцеклетки существенно хуже переносят криоконсервацию — в первую очередь из-за затвердевания прозрачной оболочки, которое затрудняет оплодотворение ооцита. Метод ИКСИ позволяет обойти эту проблему, поскольку сперматозоид вводится внутрь с помощью специальной иглы. После криоконсервации ооцитов родилось уже более 1500 детей [12].

Несмотря на некоторые трудности, криоконсервация яйцеклеток имеет ряд преимуществ. Это важная часть программы донорства ооцитов, так как не всегда возможно синхронизировать циклы

реципиента и донора. Женщина может заморозить ооциты в молодом возрасте, а родить ребенка уже в зрелом. Также эта процедура показана онкологическим больным, планирующим иметь детей после прохождения курса химиотерапии.

Интересно, что по отношению к ооцитам витрификация оказалась более эффективной, чем программное замораживание.

Преимплантационная генетическая диагностика

Благодаря вспомогательным репродуктивным технологиям у супружеских пар, входящих в группу риска рождения ребенка с генетическими аномалиями, появилась возможность существенно уменьшить такую вероятность. Раньше родители могли только следить за развитием плода в материнском организме и в случае каких-либо аномалий прервать беременность хирургическим путем. Теперь, если зачатие происходит в клинике с помощью ЭКО, проводят преимплантационную генетическую диагностику (ПГД). Она позволяет еще до переноса эмбриона в полость матки отобрать тех зародышей, у которых отсутствуют генетические отклонения.

Показание к проведению ПГД — носительство хромосомной перестройки или моногенного заболевания у одного или обоих родителей, а также немолодой возраст матери [13]. Наследственные заболевания, диагностируемые с помощью ПГД, включают болезнь Хантингтона, серповидноклеточную анемию, кистозный фиброз, спинальную мышечную атрофию, синдромы Дауна и ломкой X-хромосомы, мышечную дистрофию Дюшена, гемофилию и др.

Чтобы провести ПГД, необходимо получить генетический материал. Проводится биопсия либо клеток зародыша, находящегося на стадии дробления (третьего дня развития) или бластоцисты (пятого дня), либо полярного тельца зрелой яйцеклетки.

В арсенале врачей есть два метода преимплантационного генетического анализа. Для обнаружения моногенных заболеваний используют полимеразную цепную реакцию (ПЦР), в ходе которой исследуемый участок ДНК ядра бластомера или полярного тельца многократно копируется. К сожалению, риск контаминации образца высок, а из-за полиморфизмов для каждой семейной пары необходимо создавать отдельные диагностические системы. Хромосомные перестройки можно выявить с помощью флуоресцентной гибридизации *in situ* (Fluorescence In Situ Hybridization — FISH) благодаря специальным ДНК-зондам, которые связываются с комплементарными мишенями в образце.

Так как в современных клиниках ЭКО эмбрионы культивируют *in vitro* до пяти дней, времени

провести ПГД достаточно. Однако биопсию часто осуществляют и на последний день развития «в пробирке» — на стадии бластоцисты (рис.6). Тогда для анализа берут несколько клеток трофобласта (наружного слоя эмбриона), а зародыши криоконсервируют до получения результатов ПГД и последующего выборочного переноса в матку.

Практически все манипуляции, проводимые на преимплантационных эмбрионах, снижают их жизнеспособность. Вероятность наступления беременности после трансплантации зародыша, подвергнутого биопсии, на 20—30% ниже, чем при обычном цикле ЭКО [2].

Хотя в современных клиниках предпочтение обычно отдают биопсии бластомеров, иногда ПГД проводят и по полярным тельцам. В первом случае оценивают влияние обоих родителей, а во втором — отслеживают наследование негативных мутаций только по материнской линии. Более того, во время биопсии полярного тельца можно повредить саму яйцеклетку, а после биопсии бластомеров зародыши в подавляющем большинстве случаев продолжают нормально развиваться. Обычно ПГД полярного тельца проводят в тех странах, где запрещены манипуляции с развивающимися эмбрионами.

Важно понимать — ПГД не дает 100% гарантии того, что трансплантируемый эмбрион не несет никаких генетических нарушений. Ведь при биопсии отбирают один или несколько бластомеров, которые уже не войдут в состав будущего эмбриона, а значит, могут не отражать точной картины его возможных хромосомных нарушений. Дело в том, что для эмбрионов характерен мозаицизм, т.е. составляющие их клетки не идентичны. Человеческие эмбрионы во время преимплантационного развития могут содержать клетки с двумя ядрами, а также с гаплоидным, полиплоидным и анеуплоидным набором хромосом. Часто такой мозаицизм и приводит к неправильной диагностике наследственных заболеваний. Чтобы этого избежать, во многих клиниках для анализа берут ядра именно нескольких бластомеров.

Как правило, в большинстве стран закон не накладывает ограничений на проведение ПГД, поскольку она позволяет предотвратить рождение детей с тяжелыми генетическими заболева-

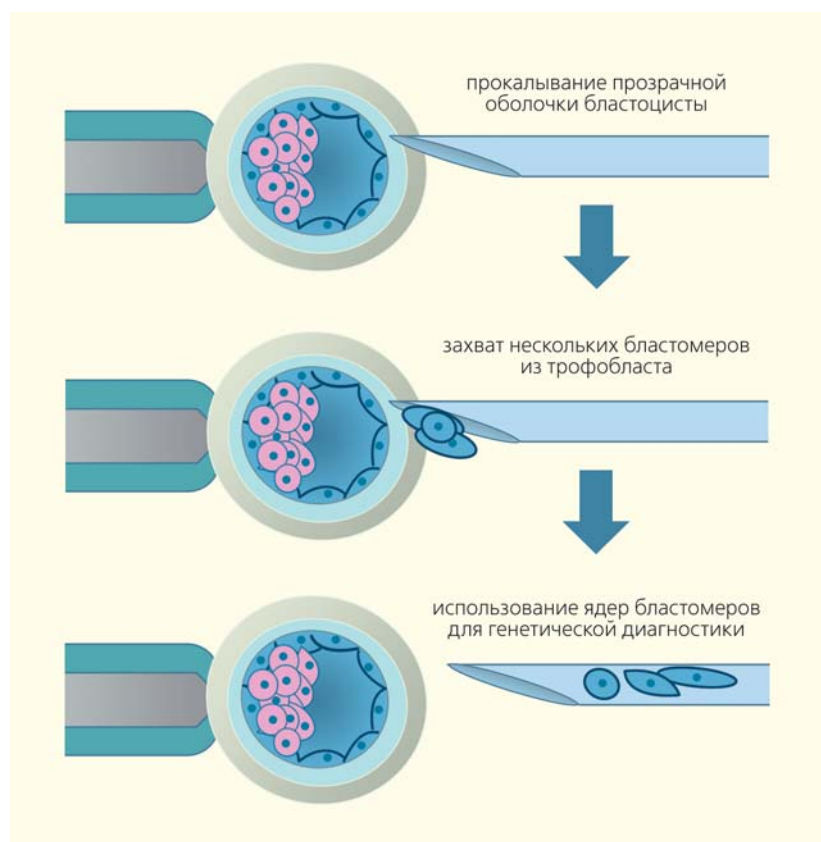


Рис.6. Схема проведения биопсии бластоцисты для преимплантационной генетической диагностики.

ниями. Однако, например, в Германии, Швейцарии, Италии и Ирландии запрещены любые генетические исследования на эмбрионах человека — и для ПГД делают только биопсию полярного тельца. Интересно, что в Саудовской Аравии официально зарегистрированным семейным парам разрешено использовать ВРТ для лечения бесплодия и даже (правда, в исключительных случаях) с помощью ПГД определять пол будущего ребенка, так как, согласно Корану, на ранних стадиях развития человеческого зародыша его «душа еще не успела начать дышать» [14].

Медицина будущего

Современный комплекс ВРТ можно представить как сумму воздействий на преимплантационные эмбрионы (рис.7). Ключевой элемент этой системы — культивирование зародышей *in vitro*, причем в клиниках ЭКО в основном стали продлевать его до пяти дней вместо трех [2]. Это не только повышает эффективность всей процедуры, но и дает возможность трансплантировать матери наиболее перспективные эмбрионы. За пять дней те из них, которые имеют серьезные генетические дефекты, отстают в развитии — и их отбраковывают.

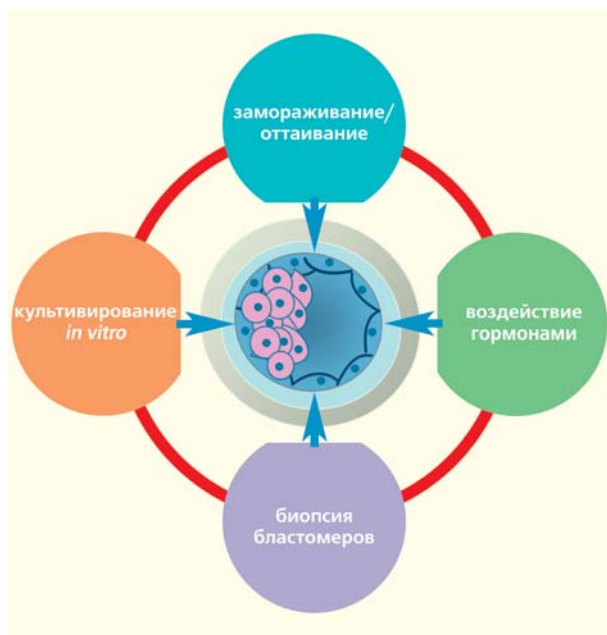


Рис.7. Эмбрион как объект приложения вспомогательных репродуктивных технологий.

Огромный прогресс достигнут в понимании потребностей эмбриона на ранних стадиях развития и в создании соответствующих культуральных сред. Кроме того, исследуются отдаленные последствия применения репродуктивных технологий. Так, например, мы культивировали зародыши крыс в определенных условиях и затем наблюдали, как меняется поведение грызунов, рожденных после трансплантации этих эмбрионов, по сравнению с теми, которые появились на свет естественным путем. В тесте «приподнятый крестообразный лабиринт»* животные, родившиеся с применением ВРТ, демонстрировали большую «смелость». Подобный феномен снижения тревожности после культивирования и трансплантации эмбрионов уже наблюдали в экспериментах на мышах [15].

Благодаря ПГД, рождение ребенка «из пробирки» можно рассматривать как способ уменьшения генетического груза. Добавление в культуральную среду определенных веществ, например гранулоцитарно-макрофагального колониестимулирующего фактора (ГМ-КСФ), эпидермального или инсулиноподобного фактора роста, улучшает характеристики развития зародышей и положительно влияет на постнатальный онтогенез потомства. В будущем это может привести к созданию целого направления «преимплантационной» медицины, когда проявления таких заболеваний, как наследственная артериальная гипертензия, можно будет отсрочить и смягчить. ГМ-КСФ уже активно при-

меняется в клиниках ЭКО, для того чтобы повысить эффективность трансплантации эмбрионов и вероятность наступления беременности, а также избежать ее преждевременного прерывания. Мы в своей лаборатории тоже исследовали влияние этого фактора роста на развитие *in vitro* эмбрионов хомячков — Кэмпбелла и джунгарских. В обоих случаях возросло число клеток у зародышей и доля тех, которые достигали стадии бластоцисты [16, 17].

Мы изучаем и другие факторы роста, которые могут стать кандидатами на применение их в клинической практике. Например, эпидермальный фактор роста (ЭФР) оказывает стимулирующее действие на развитие эмбрионов крыс линии OXYS (модель преждевременного старения). При его добавлении число зародышей, развившихся от ранних стадий дробления до стадии бластоцисты, за трое суток в культуре выросло почти в три раза (по сравнению с контролем без этого фактора). Предварительные результаты других наших экспериментов не менее интересны. Мы культивировали эмбрионы крыс с генетически обусловленной артериальной гипертензией *in vitro* в течение 48 ч в присутствии ЭФР. У первых потомков, родившихся после трансплантации этих зародышей, кровяное давление оказалось ниже, чем у контрольных крыс той же линии, чьи эмбрионы не подвергались воздействию этого фактора роста.

Некоторые вспомогательные репродуктивные технологии уже переходят из разряда медицинских в социальные. Ведутся бурные дискуссии о криоконсервации яйцеклеток здоровых женщин без явных медицинских показаний (это явление в англоязычной литературе получило название «social freezing»). К такой процедуре может прибегнуть молодая женщина, чтобы противостоять возрастному снижению фертильности и увеличить шансы на успешную беременность в будущем. Теоретически это дает женщинам некую отсрочку: в молодом возрасте можно заморозить ооциты и, скажем, после построения карьеры, в возрасте 45—50 лет, родить здорового ребенка. Действительно ли social freezing решает дилемму, встающую перед современной женщиной: строить карьеру или посвятить себя материнству? К сожалению, подобное откладывание родов осложняется тем, что после 35 лет учащаются случаи спонтанных выкидышей, а после 40 лет шансы благополучно выносить ребенка сильно снижаются из-за риска преждевременных родов, гестационного диабета, преэклампсии, гипертензии, нарушений структуры и функционирования плаценты. Несмотря на все это, благодаря криоконсервации яйцеклеток здоровых женщин существенно упрощается процесс донорства ооцитов.

Число детей, уже рожденных с применением ВРТ (более 5 млн), сопоставимо с населением не-

* Подробнее см.: Амтиславский С.Я., Рагаева Д.С., Брусенцев Е.Ю., Игонина Т.Н. Эмбрионы и артериальная гипертензия // Природа. 2015. №3. С.30—40.

которых стран, например Финляндии. Тенденция к отсрочке материнства, а также негативное влияние окружающей среды на репродуктивное здоровье людей в индустриально развитых странах все больше увеличивают роль ВРТ. Достижения

современной эмбриологии убедительно свидетельствуют в пользу того, что в будущем ВРТ будут рассматриваться не просто как возможность получения здорового потомства, но и как средство для решения социальных проблем. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 13-04-00685).

Литература

1. Lebert P., Kolibianakis E.M., Venetis C.A. et al. Recombinant human follicle-stimulating hormone (r-hFSH) plus recombinant luteinizing hormone versus r-hFSH alone for ovarian stimulation during assisted reproductive technology: systematic review and meta-analysis // *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2014. V.12. P.1–14. doi:10.1186/1477-7827-12-17
2. Hardy K., Wright C., Rice S. et al. Future developments in assisted reproduction in humans // *Reproduction.* 2002. V.123. P.171–183. doi:10.1530/rep.0.1230171
3. Deonandan R., Jaleel M. Global decline in semen quality: ignoring the developing world introduces selection bias // *Int. J. Gen. Med.* 2012. V.5. P.303–306. doi:10.2147/IJGM.S30673
4. Carlsen E., Giwercman A., Keiding N. et al. Evidence for decreasing quality of semen during past 50 years // *BMJ.* 1992. V.305. P.609–613.
5. Swan S.H., Elkin E.P. Declining semen quality: can the past inform the present? // *Bioessays.* 1999. V.21. P.614–621. doi:10.1002/(SICI)1521-1878(199907)21:7<614::AID-BIES10>3.0.CO;2-B
6. Cocuzza M., Esteves S.C. Shedding light on the controversy surrounding the temporal decline in human sperm counts: a systematic review // *Scient. World J.* 2014. V.2014. P.1–9. doi:10.1155/2014/365691
7. Pukazbenthi B.S., Neubauer K., Jewgenow K. et al. The impact and potential etiology of teratospermia in the domestic cat and its wild relatives // *Theriogenology.* 2006. V.66. P.112–121. doi:10.1016/j.theriogenology.2006.03.020
8. Glenister P.H., Thornton C.E. Cryoconservation—archiving for the future // *Mamm. Genome.* 2000. V.11. P.565–571. doi:10.1007/s003350010108
9. Leibo S.P., Songsasen N. Cryopreservation of gametes and embryos of non-domestic species // *Theriogenology.* 2002. V.57. P.303–326. doi:10.1016/S0093-691X(01)00673-2
10. Shaw J.M., Jones G.M. Terminology associated with vitrification and other cryopreservation procedures for oocytes and embryos // *Hum. Reprod. Update.* 2003. V.9. P.583–605. doi:10.1093/humupd/dmg041
11. Trounson A., Mober L. Human pregnancy following cryopreservation, thawing and transfer of an eight-cell embryo // *Nature.* 1983. V.305. P.707–709.
12. Konc J., Kanyó K., Kriston R. Cryopreservation of embryos and oocytes in human assisted reproduction // *Biomed. Res. Int.* 2014. V.2014. P.1–9. doi:10.1155/2014/307268
13. Iwarsson E., Malmgren H., Blennow E. Preimplantation genetic diagnosis: twenty years of practice // *Semin. Fetal Neonatal. Med.* 2011. V.16. P.74–80. doi:10.1016/j.siny.2010.11.003
14. Чоговадзе А.Г. Особенности законодательного регулирования преимплантационной и пренатальной генетической диагностики в различных странах // *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия.* 2012. Т.2. С.112–118.
15. Ecker D.J., Stein P., Xu Z. et al. Long-term effects of culture of preimplantation mouse embryos on behavior // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2004. V.101. P.1595–1600. doi:10.1073/pnas.0306846101
16. Amstislavsky S., Brusentsev E., Kizilova E. et al. Embryo cryopreservation and *in vitro* culture of preimplantation embryos in Campbell's hamster (*Phodopus campbelli*) // *Theriogenology.* 2015. V.83. P.1056–1063. doi:10.1016/j.theriogenology.2014.12.013
17. Brusentsev E.Y., Abramova T.O., Rozbkova I.N. et al. Cryopreservation and *in vitro* culture of preimplantation embryos in Djungarian hamster (*Phodopus sungorus*) // *Reprod. Domest. Anim.* 2015. V.50. P.677–683. doi:10.1111/rda.12564

«Русская Арктика»: первозданная природа и научный полигон

М.В.Гаврило





Мария Владиславовна Гаврило, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе национального парка «Русская Арктика». Область научных интересов — орнитология, биоразнообразие и экология полярных регионов, охрана природы, проблемы сохранения морского наследия.

На северо-восточной окраине шельфа Баренцева моря, всего в 900 км от Северного полюса, лежат многочисленные острова архипелага Земля Франца-Иосифа. Немного южнее и восточнее — северная оконечность Новой Земли, арктический форпост горной складчатой системы, той самой, что на материке образует Уральские горы. Острова вместе с омывающими их водами ледовитых морей сохранили облик и характер первозданной арктической природы. Полярные пустыни и покрытый льдом океан — дом для коренных обитателей Арктики, редких и эндемичных животных, удивительным образом приспособившихся к суровым условиям высоких широт. Благодаря своей удаленности и труднодоступности этот район сохранил атлантических моржей и полярных китов, истребленных промыслом в более освоенных районах Атлантики, непуганых зверей и птиц, нетронутые ландшафты — они остались практически такими же, какими их увидели первооткрыватели сотни лет назад. Эти места — настоящий рай для ученых, здесь их ждут еще неописанные виды флоры и фауны, загадочные объекты мира неживой природы, следы пропавших экспедиций и свидетельства героической эпохи покорения Арктики.

Немного заповедной истории

На Европейском Севере России защита живой природы имеет давние традиции. Именно здесь создавались первые заповедники для охраны морской фауны. Учитывая, что северная часть Баренцева моря была и остается наименее затронутой хозяйственной деятельностью и сохранила первозданные черты высокоарктических экосистем, важно резервировать ее от интенсивного промышленного освоения и в будущем. Идея создания заповедной территории в этом регионе имеет бо-

© Гаврило М.В., 2015

лее чем тридцатилетнюю историю. Ее начало было положено экспедиционными изысканиями и разработкой проекта заповедника на Земле Франца-Иосифа, выполненными Всесоюзным НИИ охраны природы и заповедного дела еще в начале 1980-х годов [1]. Но первый проект так и остался на бумаге. В 1990-х годах, вслед за приоткрывшимся «железным занавесом» и оживлением научной деятельности в Арктике, ученые вновь вернулись к идее создания охраняемой территории на Земле Франца-Иосифа. В 1994 г. архипелаг вместе с прилегающей акваторией был объявлен федеральным государственным заказником. Надо отметить, что к этому времени на островах уже стал стихийно развиваться круизный туризм. Тогда же Международная арктическая комплексная экспедиция, организованная НИИ природного и культурного наследия им.Д.С.Лихачева, выступила с инициативой создания в Баренцевоморском регионе единой системы особо охраняемых территорий, включая такую малораспространенную на тот момент в России форму охраны, как национальный парк. В дальнейшем идея его создания неоднократно озвучивалась на региональных, национальных и международных научных форумах. В частности, в резолюцию Международного симпозиума памяти В.Баренца в 1998 г. вошло предложение по «увечению памяти Виллема Баренца путем учреждения на Новой Земле в Российской Арктике мемориальной особо охраняемой природной и историко-культурной территории с функциями интеграции сохранения и эффективного использования уникального природного и культурного наследия». Почти через 10 лет был разработан проект создания национального парка «Русская Арктика», куда планировалось включить, кроме северной оконечности Новой Земли, Землю Франца-Иосифа и о.Виктория, расположенный западнее, ближе

к Шпицбергену. В ходе длительного согласования проект претерпел существенные изменения. В итоге в состав собственно национального парка вошел только новоземельский кластер. Архипелаг Земля Франца-Иосифа сохранил статус заказника и был передан под управление администрации национального парка. Остров Виктория, к сожалению, остался вне заповедной инфраструктуры.

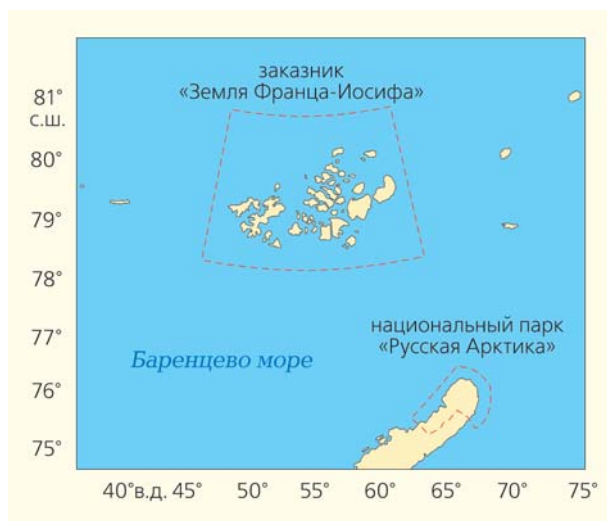
Похожие, но разные

Под управлением «Русской Арктики» оказался один из крупнейших резерватов в Северном Ледовитом океане общей площадью более 12 млн га, из которых почти 85% приходится на морские акватории. Две территории — архипелаг Земля Франца-Иосифа и северная оконечность Новой Земли — лежат на удаленной окраине баренцево-морского шельфа, покрыты ледниками и большую часть года окружены льдом. Они расположены ближе к Северному полюсу, чем к Архангельску, где находится офис национального парка... Во многом схожие, но при ближайшем рассмотрении — очень разные.

Земля Франца-Иосифа — почти 200 островов, раскинувшихся между 80° и 82° с.ш. и 45° и 65° в.д. Из них всего девять крупных (площадью более 50 км²), и все они покрыты мощными ледниковыми цитами. Ледники развиты еще на 45 островах. Остальные небольшие фрагменты суши — это клочки песчаной равнины или скальной-каменистой пустоши, и они ото льда свободны. В целом почти 85% площади архипелага скрыто под ледниками. Это самая оледенелая и раздробленная суша в Российской Арктике.

Архипелаг Новая Земля, состоящий из двух крупных островов общей площадью 83 тыс. км², протянулся с юга на север почти на 1000 км. Его северная оконечность — мыс Желания — на 300 км южнее Земли Франца-Иосифа. Ледники покрывают большую часть о.Северный и около 60% территории национального парка. Новая Земля отделена от материка проливами Карские Ворота и Югорский Шар, между которыми лежит о.Вайгач. Она гораздо менее изолирована от материка, чем Земля Франца-Иосифа.

Обе охраняемые территории находятся в пределах полярно-арктической климатической зоны. Для нее характерна отрицательная среднегодовая температура: на Земле Франца-Иосифа она составляет −13°С, а на севере Новой Земли от −7 до −9°С. Лето на островах короткое и холодное, на крайнем севере (о.Рудольфа) положительная среднемесячная температура наблюдается только в июле, на юге — в июле и августе, на мысе Желания — также в сентябре, а в районе Русской Гавани — и в июне. Средние температуры самого теплого месяца (на Земле Франца-Иосифа это июль, на Новой Земле — август) колеблются от 0.7 до 3.8°С. Период



Национальный парк «Русская Арктика» и государственный природный заказник «Земля Франца-Иосифа».



Метеоплощадка полярной метеостанции «Русская Гавань» (Новая Земля).

Фото автора

с положительными среднесуточными температурами воздуха на севере составляет примерно 40 дней, а на Новой Земле — от 80 до 100 дней. Осадков немного, выпадают они преимущественно в виде снега. Снежный покров устанавливается на Земле Франца-Иосифа уже к середине сентября, на мысе Желания — в конце октября. Лежит он долго и сходит обычно в первой декаде июля. Максимальная глубина снега в среднем не превышает полуметра.

По своей геологической природе Новая Земля — это продолжение Урало-Новоземельской герцинской горной складчатой системы. Ее арктический форпост — Пайхойско-Новоземельская структура. Она образовалась немногим более 200 млн лет назад в результате объединения разнородных геологических блоков. Северная часть Новой Земли, где расположен парк, — область развития разнообразных формаций осадочных пород, образующих непрерывный разрез от верхнего протерозоя до пермского периода. Общий контур рельефа здесь сглаженный, горные сооружения тяготеют к центральной части островов и окружены прибрежно-морской равниной [2].

Пейзажный облик Земли Франца-Иосифа совсем иной. Характерный профиль рельефа

здесь образуют усеченные конусы плосковершинных островов, многие из них увенчаны правильными ледниковыми куполами. Иногда ледники перекрывают сразу несколько островов, как, например, на Земле Георга (об этом стало известно по данным радиолокационного зондирования). Столово-останцовый рельеф сформировался в результате расчленения обширного плоскогорья, образованного потоком застывшей лавы. Характерные магматические породы Земли Франца-Иосифа — базальты и долериты, коренные породы осадочного проис-



Столбчатые базальты мыса Нансена (Земля Франца-Иосифа).

Фото С.М.Кирышкина



Скала Рубини — геологический памятник и самый знаменитый птичий базар Земли Франца-Иосифа. Столчатые базальты формируют идеальные гнездовые карнизы для толстоклювых кайр.

Здесь и далее фото автора

хождения — песчаники и алевроиты. Следы бурной вулканической деятельности, бушевавшей на месте формирования Земли Франца-Иосифа 125—200 млн лет назад, распространены повсюду либо в форме покровных базальтов, либо в виде интрузивных тел [3]. Практически все базальты архипелага имеют пяти- или шестигранную столбчатую отдельность, и именно они формируют характерные столообразные плоские вершины островов.

Еще один характерный элемент рельефа Земли Франца-Иосифа, его своеобразная визитная карточка — дайки, пронизывающие пунктирами своих

остроконечных зубцов архипелага с северо-запада на юго-восток. Эти формы образовались после застывания лавы, прорывавшей через щели в горных породах, и последующего продолжительного выветривания. В ряде случаев, как, например, на Земле Вильчека, гребни даек выступают над поверхностью ледника и даже видны подо льдом на космических снимках. Самая известная дайка, ставшая визуальным брендом Земли Франца-Иосифа, — серия скальных зубцов мыса Тегетхоф на о.Галля. Другой знаменитый геологический памятник — скала Рубини на о.Гукера, которая представляет собой так называемый раздвиг дайки (шириной до 500 м). Это классический пример, иллюстрирующий резко выраженную многофазовую вулканическую деятельность. Раздвиг образован в результате многократного внедрения магмы в среднеюрские породы.

В центре архипелага на нескольких островах, сложенных песчаниками, ландшафт принимает другой облик: прямые и ломаные линии окаменевшей лавы сменяются плавными очертаниями сферических конкреций, состоящих из сцементированного песчаника. Они оказываются на поверхности в результате вымывания из более рыхлых отложений. Диаметр каменных шаров варьирует от нескольких санти-

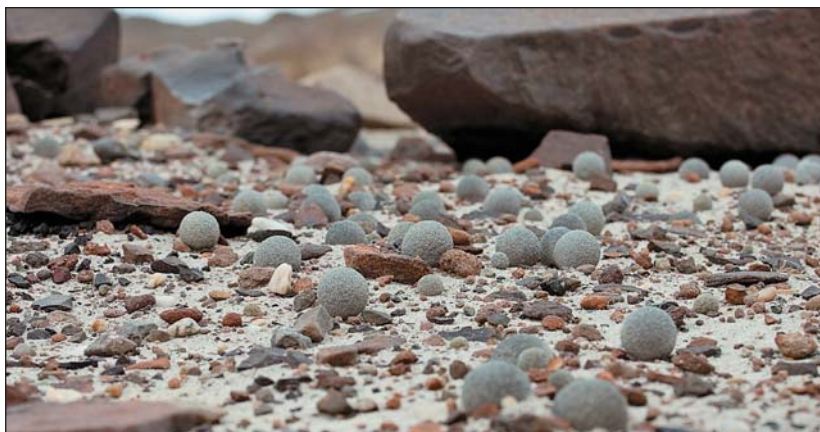


Дайки на о.Хейса (Земля Франца-Иосифа).

метров до 2–3 м. Местами все вокруг усыпано песчаными шариками, словно горохом. Наиболее заметные и крупные шары покоятся на склоне о. Чампа в самом сердце архипелага.

Свободная от ледникового покрова суша Земли Франца-Иосифа распределена небольшими клочками по многочисленным островам, и именно здесь, на крайне ограниченном пространстве, развивается растительный покров и обитают сухопутные животные. Относительная геологическая молодость перигляциальных ландшафтов и их фрагментарная растительность не позволяют выжить здесь большинству растительноядных животных. Но пригодное для жизни пространство на Земле Франца-Иосифа все же увеличивается: с использованием ГИС-технологий и спутниковых снимков ученые подсчитали, что с середины прошлого века площадь свободной поверхности островов увеличилась на 9%, в то время как ледники сократились, по разным оценкам, на 3–4.5%, а суммарная площадь архипелага уменьшилась на 2.5% [4, 5]. На Новой Земле массив суши сплошной и лишь наполовину скрыт ледниками, но и здесь почвенно-растительный покров весьма беден и фрагментарен.

Землю Франца-Иосифа отделяют от материка около 800 км, а от Новой Земли — 360 км, это самый изолированный архипелаг Российской Арктики, что, несомненно, накладывает отпечаток на его флору и фауну. Удаленность архипелага от крупных массивов суши препятствовала его рекolonизации после плейстоценового ледникового максимума. Списки видов растений и животных



Шаровидные песчаниковые конкреции, местами усыпавшие поверхность о. Чампа.
Фото В.М.Мельника

Земли Франца-Иосифа довольно скромные, здесь нет ни леммингов, ни северных оленей (хотя последние обитали на архипелаге 2.5–8 тыс. лет назад), а такие растительноядные птицы, как гуси и куропатки, исключительно редки. Полный список птиц насчитывает 50 видов, а на гнездовании отмечено всего 18 из них. Многие птицы лишь изредка посещают архипелаг, а среди местных три четверти видов тесно трофически и биотопически связаны с морем и его прибрежной полосой. На территории парка на Новой Земле отмечено примерно столько же видов — 48, из них только 15% залетных, что свидетельствует о худшей орнитологической изученности территории. Гнездование установлено для 18 видов, а статус еще десятка требует уточнения. На Новой Земле встречается больше резидентных сухопутных видов, но большинство птиц — морские и околоводные.

На Земле Франца-Иосифа и Новой Земле в границах парка насчитывается по 11 видов млекопи-



Тундряная куропатка — редчайший местный вид птиц Земли Франца-Иосифа.

Фото автора



На Оранских о-вах тупики гнездятся на северо-восточном пределе своего распространения.

Фото М.В.Корельского

тающих, а в общей сложности — 14. Из них только три сухопутные — песец, копытный лемминг и северный олень (последние два живут только на Новой Земле). Да и песца на Земле Франца-Иосифа вряд ли можно назвать полностью сухопутным, в отсутствие грызунов трофически, через водных птиц, он также зависит от ресурсов моря. Северный олень на севере Новой Земли представлен аборигенным новоземельским подвидом. Его таксономический и популяционный статусы требуют уточнения, эти животные крайне редки и немногочисленны, занесены в Красную книгу России.

Морские млекопитающие представлены моржом, тремя видами тюленей (местными резидентами — кольчатой нерпой и морским зайцем, а также летним мигрантом — гренландским тюленем), а также несколькими видами китообразных. Помимо арктических белухи, нарвала и полярного (гренландского) кита, летом на нагул к островам приходят полосатики, беломордые дельфины и некоторые другие виды.

Пресноводных рыб на Земле Франца-Иосифа нет, а на Новой Земле в границах парка проходит северный предел распространения новоземельского проходного гольца.

Земля Франца-Иосифа относится к высокоарктической флористической Свальбардской подпровинции Европейско-Западносибирской провинции. Острова находятся в европейской части Арктики, но в их растительности прослеживаются тесные связи с севером Средней Сибири, что подтверждают молекулярно-генетические исследова-

ния. Бедность флоры обусловлена суровыми климатическими условиями и связана с недавним мощным оледенением, а удаленность от материка препятствовала последующему заселению территории. Флора Земли Франца-Иосифа изучена довольно полно, к настоящему времени здесь найдено около 50 видов цветковых растений. Преобладают представители семейств камнеломковых, крестоцветных и гвоздичных. Грибов и грибоподобных организмов на Земле Франца-Иосифа выявлено 94 вида, преимущественно арктического и арктальпийского происхождения. Неожиданно разнообразно представлены крупные формы базидиальных грибов [6]. Известно около 150 видов мхов и печеночников, 167 видов лишайников. Флора территории парка на Новой Земле практически не изучена.

Согласно геоботаническому районированию, Земля Франца-Иосифа и север Новой Земли относятся к высокоарктическим тундрам или, по мнению других авторов, арктическим пустыням. На островах господствуют разные варианты травяно-лишайниково-моховых высокоарктических тундр. В сообществах доминируют мхи и лишайники, сосудистые растения составляют 10—40% от общего проективного покрытия. Цветковые имеют преимущественно приземистую форму и поселяются в моховом покрове, характерны подушковидные и стелющиеся растения. Лишь местами, в благоприятных микроклиматических условиях, могут формироваться сплошные травяно-моховые ковры с самостоятельным ярусом из цветковых.

На Земле Франца-Иосифа, на мысе Флигели (о.Рудольфа), всего в 900 км от Северного полюса, расположена самая северная точка Евразии. Открытый вместе с самим архипелагом, мыс сразу стал стартовой точкой для ряда экспедиций, пытавшихся добраться до верхушки планеты. Но, несмотря на кажущуюся близость полюса, маршрут к нему от о.Рудольфа не столь короток и прост. Дело в том, что течения, омывающие архипелаг, направлены в целом с севера на юг и несут дрейфующие льды от полюса к островам. Путешественникам приходилось идти против движения льда. Холодные воды, поступающие из Арктического бассейна, создают суровые условия обитания для жителей моря: температура морской воды даже летом преимущественно ниже нуля, до недавнего времени (до середины 2000-х годов) акватория никогда полностью не освобождалась от плавучих льдов. В таких условиях формируются и выживают специфические сообщества, приспособленные к самым жестким условиям высоких широт. Многие здешние виды — настоящие аборигены Арктики, эндемики, не встречающиеся за ее пределами, они и составляют основу местного населения. Это, например, веслоногие рачки *Calanus hyperboreus* и *Calanus glacialis*, полярная тресочка, или сайка, из птиц — люрики и толстоклювые кайры, ледолюбивые формы тюленей — кольчатые нерпы и морские зайцы.



Полярный мак — одно из самых распространенных и выносливых цветковых растений Арктики.

Здесь и далее фото автора



На побережье Земли Георга.

Морская ихтиофауна акватории самого архипелага Земля Франца-Иосифа, по последним данным, насчитывает до 43 видов, причем резидентные виды представлены высокоарктическими формами, такими как чернобрюхий и бурый липарисы (или морские слизни), полярный бычок-триглопс и арктический двурогий бычок-ицел, сетчатый ликод и полярная лисичка-лептагон [7]. Довольно неплохо инвентаризированы морские беспозвоночные, особенно донные; общее число видов планктонных и бентических животных в акватории Земли Франца-Иосифа превышает 600. Флора донных водорослей-макрофитов насчитывает более 70 видов.

Новая Земля лежит на границе Европы и Азии, разделяет моря Баренцево и Карское. Здесь, на территории парка, находится еще один географический экстремум — восточная островная оконечность Европы (69°05'14" в.д.), мыс Флиссингский, открытый еще экспедицией Баренца в 1596 г. Он находится в Карском море, т.е. в акватории Сибирского шельфа, тем не менее здесь в прибрежной зоне еще прослеживается отдаленное влияние теплого Северо-Атлантического течения. В отличие от холодного течения Макарова, несущего воды из северной части Карского моря в Баренцево, между Землей Франца-Иосифа и Новой Зем-

лей, вдоль берегов последней, с одной из ветвей трансформированных баренцевоморских вод относительно теплые водные массы движутся в противоположном направлении, на карскую сторону. Это часто приводит к более позднему установлению ледяного покрова в районе мыса Желания, способствует формированию стационарной полыньи, а в отдельные годы на карскую сторону могут заходить, например, такие относительно теплолюбивые виды рыб, как треска и мойва. В целом же ни ихтиофауна, ни фауна морских беспозвоночных вокруг севера Новой Земли не инвентаризированы.



Белый медведь на мысе Флигели — самой северной точке Евразии.

Изоляция на страже биоразнообразия

Благодаря великолепной изоляции, обеспеченной не только удаленностью, но и самыми тяжелыми в северо-восточной Атлантике ледовыми условиями, Земле Франца-Иосифа удалось сыграть роль своеобразного рефугиума, где уцелели от варварского промысла атлантические моржи и гренландские (полярные) киты. Оба вида внесены в Красную книгу России, а полярный кит шпицбергенской популяции считается одним из самых редких китообразных планеты, он внесен в Красную книгу Международного союза охраны природы. И моржи, и полярные киты сохранились именно в российской части Баренцева моря сначала из-за ее труднодоступности, а с середины прошлого века и благодаря введению запрета на промысел, а также организации здесь особо охраняемой природной территории. В настоящее время акватория вокруг Земли Франца-Иосифа — основное место летнего нагула шпицбергенской популяции полярного кита. Возможно, киты обитают здесь круглый год, зимую в стационарных полыньях. Говорить определенно о динамике популяции китов пока рано (возможно, животные просто поменяли места своего обитания и стали чаще попадаться ученым на глаза), но в настоящее время встречи с полярными китами в водах Земли Франца-Иосифа — обычное явление. Про популяцию атлантического моржа можно уверенно сказать, что она в последние десятилетия растет и возвращается в прежние районы ареала, откуда ее выбили промысловики в XVIII—XIX вв. Благодаря воспроизводству в районе Земли Франца-Иосифа моржи вернулись в норвежскую часть ареала, на острова Шпицбергена, а в последние годы там стала восстанавливаться демографическая структура стада — появились самки с молодняком. На Земле Франца-Иосифа численность моржей также, по-видимому, приближается к предпромысловому. Единство группировок моржей, оби-

тающих на Земле Франца-Иосифа и Шпицбергене, доказано молекулярно-генетическими методами и путем слежения за перемещениями животных, меченных спутниковыми передатчиками. Несмотря на видимое благополучие, новейшие исследования показали, что на уровне наследственного аппарата популяция сохранила следы недавней депрессии численности и их генетическое разнообразие ниже, чем у тихоокеанских моржей, которые не подвергались столь высокому прессу добычи, как их атлантические сородичи [8].

Из видов, также занесенных в Красную книгу России, на Земле Франца-Иосифа круглый год обитают белые медведи и встречаются нарвалы, гнездятся атлантические казарки и белые чайки. Если про нарвалов и казарок на островах известно очень мало, то оба белых аборигена Арктики — чайка и медведь — находятся в фокусе специальных исследований последние несколько лет.

Белая чайка попала под пристальное внимание ученых не так давно, в начале 2000-х годов, после того как канадские орнитологи обнаружили стремительное падение численности вида в Канадской Арктике (около 80% за 20 лет). В рамках российско-норвежского природоохранного сотрудничества в Баренцевоморском регионе был инициирован двусторонний проект по изучению вида в России и на Шпицбергене. На Земле Франца-Иосифа интенсивные исследования проведены в 2006—2007 гг. Белые чайки стали первыми морскими птицами Арктики, которым были установлены спутниковые передатчики для изучения миграций. Оказалось, что чайки даже из соседних гнезд могут разлетаться с Земли Франца-Иосифа на зимовки в противоположных направлениях. Большинство птиц следует в Лабрадорское море и Дэйвисов пролив, но некоторые проводят зиму в Беринговом море [9]. Основными угрозами для белой чайки считаются потепление климата и загрязнение морской среды. В яйцах чаек с Земли Франца-Иосифа

выявлен широкий спектр стойких органических загрязнителей, в числе которых хлорированные пестициды и ПХБ — вещества, запрещенные к употреблению в сельском хозяйстве около 40 лет назад [10]. Обнаруженные концентрации превысили уровни, отмеченные у канадских белых чаек и большинства других морских птиц Арктики, и оказались близки к критическим уровням, при которых возникают физиологические и поведенческие отклонения, токсические эффекты. В частности, выявлены признаки оксидативного стресса, проявившиеся в снижении концентрации витамина Е в ответ на увеличение об-



Моржи на о.Нортбрука (Земля Франца-Иосифа).



Мыс Тегетхоф. Здесь в 1873 г. был открыт архипелаг Земля Франца-Иосифа.

щего содержания токсинов, и уточнение скорлупы яиц по сравнению с историческими сборами «допестицидной» эпохи [11]. В настоящее время работы по этому виду ограничиваются мониторинговыми наблюдениями. Выявлено, что в благоприятные годы общая численность птиц, гнездящихся на архипелаге, может достигать 2–3 тыс. пар, что составляет до 20% от мировой популяции. Однако долгосрочная динамика популяции скорее негативная: чайки покинули ряд исторических мест гнездования, особенно в юго-западной части архипелага, исчезли крупные колонии, описанные еще первооткрывателями Земли Франца-Иосифа [12]. Прогрессирующее сокращение площади льдов на севере Баренцева моря вместе с более ранним и дальним смещением летней кромки льда к северу привели к заметному уменьшению площади ледовых местообитаний белой чайки в этом регионе. По наблюдениям последних лет с низкой летней ледовитостью, гнездовая численность и успех размножения белых чаек в проверенных колониях Земли Франца-Иосифа были крайне низкими.

Земля Франца-Иосифа — один из основных очагов воспроизводства белых медведей в западном секторе российской Арктики, родовые берлоги есть и на севере Новой Земли. Медведи, населяющие эту территорию, относятся к баренцевоморской субпопуляции карско-баренцевоморской популяции, распространенной от Шпицбергена до Северной Земли. По данным летних авиаучетов 2004 г., проведенных от Шпицбергена до Земли Франца-Иосифа и вдоль зоны ледовой кромки между ними, численность животных была оценена в 2650 особей. Эта оценка ниже предшествующей,

базирувавшейся на судовых наблюдениях и учетах родовых берлог. Наблюдения 2004 г. показали, что именно в районе Земли Франца-Иосифа наблюдалась максимальная плотность медведей — 5,5 особей на 100 км маршрута, в пять раз выше, чем на Шпицбергене [13]. Современной оценки численности или плотности обитания белых медведей для территории парка нет.

Несмотря на неполноту современных данных, очевидно, что на территории заказника и парка сезонно обитает подавляющее число российской части баренцевоморской популяции белых медведей. Данные телеметрии, полученные норвежскими и российскими исследователями (они метили медведей на Шпицбергене и в меньшем масштабе на Земле Франца-Иосифа), подтверждают относительную обособленность баренцевоморской субпопуляции.

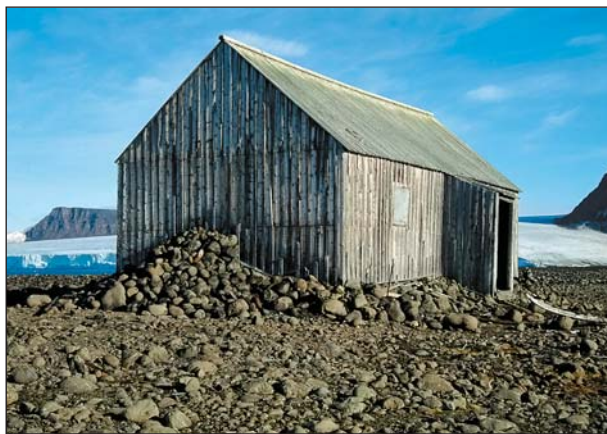
Не только природные ценности

В парке и заказнике сохраняются не только редкие популяции и виды, эталонные экосистемы и нетронутые ландшафты. Здесь имеется и богатейшее историко-культурное наследие. В основном это памятные места, связанные с выдающимися личностями и событиями, особенно ценными благодаря сохранившемуся историческому облику в условиях незаселенных и малопосещаемых островов. Среди памятников есть объекты, относящиеся к истории и культуре различных стран мира, что подчеркивает международную значимость «Русской Арктики». Здесь сконцентрированы памятные места, наибо-

лее полно и последовательно характеризующие историю открытия и освоения западного сектора Арктики с XVI в. до наших дней. Старейший датированный объект исторического наследия в национальном парке — следы голландской экспедиции Баренца (1596—1597) на Новой Земле. Именно Баренц открыл для европейцев эти острова и провел первую успешную зимовку в Арктике. В Ледяной Гавани сохранились остатки зимовья и деревянного судна голландцев. Впоследствии эти места посещались различными промысловыми и исследовательскими экспедициями, здесь появились памятные знаки. «Золотой век» новых открытий приходится на вторую половину XIX — начало XX в. В ходе одной из экспедиций к Северному полюсу в 1873 г. был обнаружен и архипелаг Земля Франца-Иосифа. Честь открытия новых островов выпала на долю австро-венгерской экспедиции под руководством Карла Вайпрехта и Юлиуса Пайера.

Основными археологическими объектами Земли Франца-Иосифа считаются единственное сохранившееся практически в нетронутом состоянии строение «Эйра» на о.Белл шотландской экспедиции Бенджамина Ли Смита (1880—1881), руины лагеря американской экспедиции, руководимой Уолтером Уэлманом (1898—1899), на мысе Тегетхоф, остатки продовольственных депо экспедиции Эвелина Болдуина (1901—1902) на нескольких островах, лагерь Федерика Джексона и американской экспедиции Энтони Фиалы (1903—1905) на о.Нортбрук (мыс Флора), руины зимовья Фридьофа Нансена и Ялмара Юхансена (1895—1896) на о.Джексона (мыс Норвегия), остатки немецкой метеорологической станции (1943—1944) на о.Земля Александры и некоторые другие.

Инвентаризация, мониторинг состояния и изучение историко-культурного наследия — самостоятельное направление научной деятельности парка, которое развивается в тесном сотрудничестве с Министерством культуры Архангельской обл. и профильными учреждениями.



Дом «Эйра» сохранился на о.Белл (Земля Франца-Иосифа) со времен экспедиции Б.Ли Смита в 1881 г.

Terra incognita и научный полигон

Первые наблюдения на крайнем севере Новой Земли датируются рубежом XVI и XVII вв., а на архипелаге Земля Франца-Иосифа они начались менее 150 лет назад. Первые систематические научные работы на Новой Земле (на современной территории парка) были проведены еще во время зимовки Баренца (1596/97), а затем — Георгия Седова (1912/13). На Земле Франца-Иосифа сбор данных о природе начали первооткрыватели архипелага, а первую специально спланированную трехлетнюю научную экспедицию провел Федерик Джексон (1894—1896). Начало российским систематическим исследованиям положила экспедиция Седова в 1913—1914 гг. В дальнейшем на Земле Франца-Иосифа стационарные исследования велись на базе полярных гидрометеорологических станций «Бухта Тихая» и «Остров Рудольфа», а также в обсерватории «Дружная». На Новой Земле функционировали станции «Русская Гавань» и «Мыс Желания». В период своего расцвета все они работали в режиме настоящих научных обсерваторий и участвовали во многих международных программах, таких как 2-й Международный полярный год (1932/33), Международный геофизический год (1957/58) и Международный год спокойного Солнца (1964/65). В 1937 г. для участников 17-й сессии Международного геологического конгресса, интересующихся Арктикой, была организована новоземельская геологическая экскурсия для ознакомления с уникальными объектами на севере архипелага, включая мыс Желания. Именно участники гляциологических экспедиций Института географии РАН на Землю Франца-Иосифа и Новую Землю составили впоследствии костяк его отдела гляциологии — первой крупной гляциологической ячейки в нашей стране. Результаты исследований по программе Международного геофизического года только на о.Гукера составили 12 выпусков «Материалов гляциологических исследований» и впоследствии еще нескольких монографий. Во второй половине XX в. судьба исследований на Земле Франца-Иосифа и Новой Земле сложилась по-разному: на первом архипелаге в 1960—1970-х годах развернулись широкомасштабные общегеографические исследования, а второй был наглухо закрыт для ученых после создания ядерного полигона. На Земле Франца-Иосифа в 1960—1970-х годах несколько лет работала комплексная экспедиция Арктического и антарктического научно-исследовательского института, в обсерватории «Дружная» в летний сезон собиралось до 200 человек, и даже в годы «холодной войны» продолжалось международное сотрудничество с участием иностранных специалистов.

В период «послеперестроечных перемен», в 1990-х годах, наступил новый этап в научном освоении островов: на фоне сокращения и ликвидации плановых долгосрочных исследований

и мониторинговых работ по государственным программам в районе Земли Франца-Иосифа работало довольно много разноплановых экспедиций, в основном с привлечением иностранных средств и участников.

В итоге получилась довольно своеобразная ситуация: с одной стороны, острова Земли Франца-Иосифа и Новой Земли, как и остальные удаленные уголки Арктики, считаются практически белыми пятнами по большинству научных направлений. Например, по многим группам биоты нет даже списков видов, отсутствуют данные о статусах популяций, их динамике и численности, большинство характеристик параметров природной среды не обладают достаточным пространственным разрешением, чтобы можно было анализировать региональные и локальные процессы... Но в то же время по ряду дисциплин изученность Земли Франца-Иосифа выделяется на фоне других высокоарктических территорий. Вклад многих исследований второй половины XX в. в полярную науку был сделан здесь, на территории архипелага. Так, именно на Земле Александры в 1960–1970-х годах В.Д.Александрова описала и выделила как самостоятельный геоботанический таксон растительность полярных пустынь [14]. Первый том серии «Каталог ледников СССР» посвящен оледенению Земли Франца-Иосифа. Первые и единственные в Арктике круглогодичные исследования арктических донных сообществ водлазным методом были проведены сотрудниками Зоологического института РАН на о.Хейса в 1970 г. В других точках архипелага в 1990-х годах выполнены количественные бентосные разрезы и площадные съемки, что позволяет оценить долгопериодную динамику донных сообществ. Именно эту задачу решал один из проектов Международной комплексной научно-исследовательской экспедиции «Первозданные моря: экспедиция ЗФИ-2013» («Pristine Seas Expedition: FJL-2013»), организованной Национальным географическим обществом США и национальным парком «Русская Арктика». Научная программа включала 12 проектов, от микробиологии до палеогеографии, и выполнялась командой из 40 специалистов пяти стран. Именно разносторонние подводные исследования, в том числе водлазная съемка фито- и зообентоса, микробиологическое опробование, сетный лов планктона и дночерпательные пробы бентоса, а также глубоководные исследования с помощью автономной погружаемой камеры, сделали эту экспедицию без преувеличения уникальной. Собраны представительные коллекции, получены сотни проб и образцов. Удалось выявить изменения в сообществах донных организмов, обусловленные, очевидно, сменой местообитаний в условиях сокращения летней ледовитости акваторий. Экспедиция «Первозданные моря» служит примером хорошо спланированного научного предприятия, когда усилия специалистов и ресурсы проектов из разных ин-

ституты объединились для достижения единой цели — всесторонней оценки современного состояния экосистемы архипелага. Анализ полученных данных и их осмысление продолжают, в планах — издание иллюстрированной монографии об экосистеме Земли Франца-Иосифа. Не менее эффективной показала себя и экспедиция, проведенная в 2012 г. силами национального парка, но совсем в ином формате: мобильный отряд из восьми человек на 18-метровой яхте в течение месяца обследовал 42 острова и провел работы по семи направлениям биологии, географии и краеведения. Результаты этих работ также дополняют монографию об экосистеме архипелага.

Земля Франца-Иосифа — это настоящая природная высокоарктическая лаборатория. Ее научный потенциал, учитывая уникальное сочетание ненарушенности среды, биоты и природных процессов с наличием исторических научных данных, поистине безграничен и многообразен. Даже «обычная» инвентаризация биоты, начиная от попутных наблюдений и сборов и заканчивая применением инновационных технологий, приносит открытия. В одной только экспедиции 2013 г. по результатам первичной обработки коллекций списки биологического разнообразия Земли Франца-Иосифа пополнились десятками таксонов, от микроводорослей до крупной рыбы (полярной акулы), что во многом расширило представления об ареалах ряда животных, растений и грибов и об их адаптационных возможностях.

Попутные энтомологические сборы яхтенной экспедиции 2012 г. позволили описать новый для науки вид комара-звонца, названный в честь юбилея открытия архипелага, *Chaetocladius (Amblycladius) franzjosephi* [15]. Ранее с Земли Франца-Иосифа был описан новый для науки вид рыб — лентотелый гимнел *Gymnelus taeniatus*. Возможности открытия новых видов и форм живых организмов на высокоширотных островах весьма велики, ведь все предыдущие находки и описания



Анемоны в прибрежном мелководье Земли Франца-Иосифа.
Фото Э.Сала (E.Sala)

были сделаны практически случайно, по факультативным сборам.

Но не менее важно продолжать и «рутинные» работы, вести регулярный мониторинг и систематические наблюдения, ведь именно они могут ответить на вопросы о функционировании экосистем в экстремальных условиях высокоширотной Арктики. Особенно актуальны такие работы сейчас, в эпоху быстрых климатических изменений и стремительного промышленного наступления на шельф и острова. Но для этого очень важно сохранять преемственность по отношению к предшествующим работам: учитывать применявшиеся методики и продолжать исследования на существующих научных полигонах.

Перспективы развития

Северо-восток Баренцева моря представляет собой единую, уникальную, относительно нетронутую экосистему, которую можно рассматривать как эталон для западного сектора высокоширотной Арктики. Неслучайно изначальный проект создания национального парка «Русская Арктика» из трех кластеров охватывал все островные районы северо-востока Баренцева моря и брал под охрану основные ценные местообитания, которые вместе с заповедными участками Шпицбергена составляют звенья единой цепи ключевых районов Европейской Арктики.

Со времени проектирования парка на Севере заметно изменился геополитический климат, усугубились и природные процессы, связанные с продолжающимся потеплением климата земно-

го. Актуализировались ранее лишь предполагаемые угрозы для популяций и экосистем, растут местные антропогенные нагрузки, увеличиваются риски негативных воздействий извне. Сокращение летней ледовитости, смещение ледостава на более поздние сроки, освобождение прибрежных акваторий от морских льдов в период осенних штормов приводит местами к катастрофической термоабразии берегов. В ряде мест это влечет за собой разрушение и утрату объектов историко-культурного наследия, изменение облика исторических ландшафтов... Активизируются криогенные (мерзлотные) процессы, усиливается динамика ландшафтов, снижается устойчивость почвенно-растительного покрова к механическому воздействию, и, следовательно, растет его уязвимость по отношению к рекреационным и техногенным нагрузкам.

В то же время увеличиваются и сами нагрузки, прежде всего от местных источников. Растет поток не только посетителей, но и резидентов на островах, расширяется стационарная наземная инфраструктура. Новая Земля и Земля Франца-Иосифа обладают большим туристическим потенциалом, и ведется активная работа по привлечению туристов. Экологический туризм — хоть и относительно мягкая, но все же эксплуатация природных ресурсов. Но в Арктике туризм всегда несет большую потенциальную опасность по сравнению с умеренными широтами, так как полярные экосистемы — самые неустойчивые к антропогенному воздействию. Увеличение потока туристов, даже при условии его регулирования, неизбежно ведет к беспокойству животных, вытаптыванию почвенно-растительного покрова, нарушению первозданного

облика ландшафтов при размещении инфраструктурных элементов и т.п. Еще одна проблема связана с наследием прошлого освоения островов. Нельзя не учитывать, что выполнение многолетней программы по ликвидации ущерба от предыдущей хозяйственной деятельности само по себе связано с присутствием и масштабной работой многих десятков и сотен людей и тяжелой техники. В 2014 г. на заповедные острова вернулись силовые структуры, разворачивается новое строительство, запланированы серьезные транспортные операции, возрастают риски внедрения инвазивных видов; существенно увеличивается численность населения, вместе с ней учащаются случаи столкновения с белым медведем и растут риски его антропогенной смертности...



Активное отступление абразионного берега, сложенного мезозойскими песчаниками (о.Белл, Земля Франца-Иосифа).

Фото автора

За последнее десятилетие изменилась и экономическая ситуация в регионе, развернулось промышленное наступление на арктический шельф. С востока к границам национального парка вплотную примыкают территории лицензионных площадей для разработки углеводородных ресурсов на шельфе Карского моря, а в Баренцевом море лицензионный участок Альбановский перекрывает более 600 тыс. га акватории заказника, как раз в районе летних нагульных концентраций китов, в том числе редчайшей популяции полярного кита.

План развития охраняемых территорий предусматривает установление единого режима на обоих участках, а именно изменение статуса заказника «Земля Франца-Иосифа» и перевод его в национальный парк. Это позволит разработать и внедрить на Земле Франца-Иосифа функциональное зонирование, в частности, выделение заповедных зон для сохранения наиболее ценных и уязвимых природных объектов. Также планируется создание охранной зоны на Новой Земле и придание охранного статуса о.Виктория.

Согласно руководящим документам, основные задачи национальных парков в области науки сводятся к разработке и внедрению научных методов охраны природы и экологического просвещения, ведению государственного экологического мониторинга. Непосредственно научные исследования в области изучения биологического разнообразия, экосистем и ландшафтов, природных процессов остаются вне поля деятельности самих парков. Соответственно, и научный штат парка весьма скромнен.

По глубокому убеждению сотрудников парка, учитывая специфичность природных условий Земли Франца-Иосифа и Новой Земли, уникальность их научного освоения, а также тот факт, что «Русская Арктика» — единственная в зоне арктических пустынь охраняемая территория, имеющая достаточные размеры непрерывной площади для обеспечения целостности местных экосистем, основной приоритет деятельности парка должен быть ориентирован на реализацию именно научного потенциала вверенных ему территорий. ■

Литература

1. Успенский С.М., Говоруха Л.С., Беликов С.Е., Булавинцев В.И. Заповедные зоны в районе Земли Франца-Иосифа // Природные комплексы Арктики и вопросы их охраны. Л., 1986. С.18—63.
2. Новая Земля. Острова и архипелаги Российской Арктики / Под ред. П.В.Боярского. М., 2009.
3. Макарьев А.А., Макарьева Е.М., Дымов В.А. Геологическое строение // Земля Франца-Иосифа. Острова и архипелаги Российской Арктики / Под ред. П.В.Боярского. М., 2013. С.429—463.
4. Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.Я. Евразийская Арктика // Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху / Под ред. В.М.Котлякова. М., 2006. С.97—114.
5. Милованова М.С., Новиков В.Ю., Демьянов А.А. Исследования динамики изменений береговых линий островов архипелага Земли Франца-Иосифа по материалам космических съемок // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. №1. С.18—22.
6. Ежов О.Н., Гаврило М.В., Змитрович И.В. Грибы архипелага Земля Франца-Иосифа // Труды Кольского научного центра РАН. Серия Океанология. 2015.
7. Chernova N.V., Friedlander A.M., Turchik A., Sala E. Franz Josef Land: extreme northern outpost for arctic fishes // Peer J. 2014. 2:e692. doi:10.7717/peerj.692
8. Шитова М.В., Гаврило М.В., Мизин И.А. и др. Микросателлитная изменчивость атлантического моржа (*Odobenus rosmarus rosmarus*) с лежбищ архипелага Земля Франца-Иосифа и северной оконечности Новой Земли // Морские млекопитающие Голарктики. СПб., 2014. С.70—71.
9. Gilg O., Strøm H., Aebischer A. et al. Post-breeding movements of northeast Atlantic ivory gull *Pagophila eburnea* populations // Journal of Avian Biology. 2010. V.41. №5. P. 532—542. doi:10.1111/j.1600-048X.2010.05125.x
10. Miljeteig C., Strøm H., Gavrilo M.V. et al. High levels of contaminants in ivory gull *Pagophila eburnea* eggs from the Russian and Norwegian Arctic // Environmental Science and Technology. 2009. V.43. №14. P.5521—5528. doi:10.1021/es900490n
11. Miljeteig C., Gabrielsen G.W., Strøm H. et al. Eggshell thinning and decreased concentrations of vitamin E are associated with contaminants in eggs of ivory gulls // Science of the Total Environment. 2012. V.431. P.92—99. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.05.018
12. Гаврило М.В. Гнездовое распространение белой чайки в России: проблема изучения ареала редкого, спорадически гнездящегося высокоарктического вида // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. Вып.3 (82). С.127—151.
13. Aars J., Marques T.A., Buckland S.T. et al. Estimating the Barents Sea polar bear subpopulation size // Marine Mammal Science. 2009. V.25. №1. P.35—52.
14. Александрова В.Д. Растительность полярных пустынь СССР. Л., 1983.
15. Крашенинников А.Б., Гаврило М.В. Новые сведения по фауне комаров-звонцов (Diptera, Chironomidae) архипелага Земля Франца-Иосифа // Евразийский энтомологический журнал. 2013. Т.12. №2. С.157—160.

Радиолокация анализирует сон

А.Б.Татараидзе,

Л.Н.Анищенко

Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана

Л.С.Коростовцева,

М.Д.Алехин

Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр им.В.А.Алмазова

Министерства здравоохранения Российской Федерации

Санкт-Петербург

Научные сообщения

В повседневной жизни, как правило, мы не задумываемся над тем, что ежеминутно человек совершает 12–18 дыхательных движений, а наше сердце бьется в среднем с частотой 60–80 ударов в минуту. И эти процессы необходимы для поддержания жизни. Лишь при нарушении работы какой-либо из систем организма становится понятно, что кажущееся на первый взгляд столь простым и естественным на самом деле представляет сложный физиологический процесс с тонкой системой регуляции.

Дыхательная система работает как отлаженные часы — и днем, и ночью. Сложно представить, что вдруг данный цикл нарушается, и внешне здоровый человек, не испытывающий трудностей с дыханием в период бодрствования, перестает дышать ночью. И тем не менее такое состояние, получившее название апноэ* во сне (от др.-греч. *απνοια*, букв. «безветрие»; отсутствие дыхания)**, встречается почти у трети населения нашей планеты. Остановки дыхания во сне выявляются у 24–31% мужчин и у 9–21% женщин [1, 2].

Остановки дыхания могут быть полными (апноэ), когда дыхательный поток прекращается полностью, и неполными (гипопноэ), при которых воздушный поток или амплитуда дыхательных движений значительно снижаются (более 30–50% от исходного).

Выделяют несколько типов нарушений дыхания во сне:

— обструктивное апноэ, когда при отсутствии воздушного потока сохраняются дыхательные движения грудной клетки и/или брюшной стенки, возникающие вследствие полного или неполного закрытия верхних дыхательных путей во время вдоха. Основных причин несколько: избыточный

вес с отложением жира в области верхних дыхательных путей; наличие заболеваний верхних дыхательных путей, включая опухоли; врожденные и приобретенные нарушения строения костей лицевого черепа и другие;

— центральное апноэ — остановки дыхания, при которых отсутствует и дыхательный поток, и дыхательные движения, что обычно связано с нарушением регуляции дыхания со стороны центральной нервной системы;

— смешанное апноэ сочетает в себе признаки центрального и обструктивного апноэ, т.е. у одного человека регистрируются оба типа нарушений дыхания во сне.

Наиболее изучены причины и механизмы развития неблагоприятных последствий при обструктивном апноэ. Обычно тяжесть нарушений дыхания во сне оценивают с помощью индекса апноэ-гипопноэ, т.е. отношением количества зарегистрированных нарушений к общему времени сна. В норме у взрослого человека число апноэ длительностью 10 секунд и более не должно превышать пяти эпизодов в час сна; легкой степени нарушений соответствует 5–14,9 остановок; средней степени — от 15 до 29,9, а тяжелой — более 30. В последнем случае в течение ночи может регистрироваться до 90–100 и более нарушений в час, т.е. при средней длительности сна 7–8 час возникает до 700 и более остановок дыхания за ночь.

Момент каждого прекращения (или снижения) поступающего в легкие воздуха сопровождается понижением насыщения крови кислородом, и запускается целый каскад клеточных и молекулярных процессов. Они, с одной стороны, направлены на преодоление возникшей стрессовой ситуации (остановки дыхания), а с другой, вызывают развитие неблагоприятных и порой угрожающих жизни последствий и осложнений.

Апноэ во сне признано фактором риска, увеличивающим вероятность повышения артериального давления и возникновения артериальной гипертензии, которая, по данным Всемирной организации здравоохранения, стоит на первом месте в ряду причин смертности во всем мире. Доказана

* Апноэ — это любая остановка дыхания (например, произвольная остановка дыхания в воде в бодрствующем состоянии). В медицинской литературе принято — «апноэ во сне».

** Об истории апноэ см.: Завалко И.М., Ковальзон В.М. Как возникла наука о сне // Природа. 2014. №4. С.56–58.

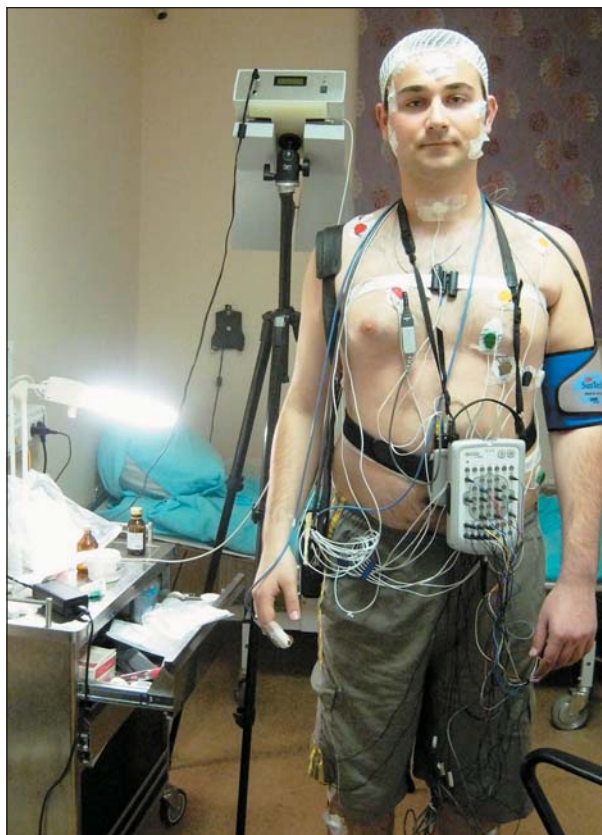


Рис.1. Этапы подготовки к проведению полисомнографического исследования.

также связь апноэ с такими заболеваниями и патологическими состояниями, как ишемическая болезнь сердца, инсульт, нарушения сердечного ритма, ожирение, сахарный диабет 2-го типа, депрессия и другие.

Кроме того, в ответ на остановки дыхания возникают микропробуждения — короткие микроактивации головного мозга, позволяющие восстановить дыхание. Это происходит за счет снижения глубины сна и повышения тонуса мышц верхних дыхательных путей, вследствие чего их просвет восстанавливается. Однако при этом нарушается структура сна, что сопровождается ощущением тяжелого сна, плохим самочувствием и дневной сонливостью. Социальная значимость апноэ заключается в увеличении риска несчастных случаев и дорожно-транспортных происшествий. Этот факт послужил основанием для внесения в 2014 г. в Европейский закон о водительских правах поправок, согласно которым лицам с апноэ средней и тяжелой степени не выдаются права до начала эффективного лечения.

Наряду с дневной сонливостью, одним из наиболее явных и докучающих симптомов, по которым можно распознать апноэ, считается храп. Именно он служит наиболее частой причиной обращения (преимущественно родственников храпящего) к специалисту. Однако ориентироваться

только на храп при диагностике апноэ нельзя ввиду низкой точности этого признака. «Золотым стандартом» диагностики нарушений дыхания во сне и последующего лечения до настоящего времени считается полисомнографическое исследование (рис.1), обычно проводимое в специальной лаборатории сна. В ходе такого обследования нарушение дыхания выявляется датчиком, регистрирующим дыхательный поток, и по плевтизографии, записывающей изменения объема тела с помощью индукционных поясов, которые растягиваются при дыхательных движениях грудной клетки и брюшной стенки.

Данный метод позволяет собрать большой объем информации о функциональном состоянии различных органов и систем человека, а также определить структуру сна. Однако этот способ требует использования множества контактных датчиков и сенсоров (более 40), а обрабатывать полученные результаты должны врачи-эксперты, и преимущественно вручную. Такие условия определяют существенные недостатки метода: высокую трудоемкость; большие временные затраты; значительную стоимость исследования; необходимость участия высококвалифицированного медицинского персонала. Кроме того, многочисленные датчики и непривычность обстановки могут создавать дискомфорт для пациента, что в свою

очередь снизит объективность исследования из-за его влияния и на структуру сна, и на его качество. Более того, в силу своих недостатков данный метод обследования неприменим для длительного ежедневного мониторинга сна и используется лишь для диагностики и однократного (в течение одной ночи) контроля на фоне лечения.

В то же время ежедневное наблюдение за показателями сна обеспечит не только диагностику уже существующих нарушений, но и выявит первые признаки, позволив тем самым проведение своевременных профилактических мер. Такой подход, предполагающий постоянный мониторинг основных жизненных характеристик человека, и вмешательство врача при обнаружении начальных признаков отклонения от нормы должны лежать в основе прогрессивной медицины, отвечающей современному уровню развития технологий.

Мониторинг может быть перманентным (например, регистрация пульса и физической активности с помощью браслета) или же эпизодическим (скажем, еженедельная запись электрокардиограммы). Но постоянное ношение датчиков может создавать, как уже сказано, определенный дискомфорт, а периодическая регистрация требует сознательного усилия. Идеальным будет мониторинг, который проходит незаметно для пользователя, не требуя от него выработки новых привычек. Например, встроенные в руль или кресло автомобиля датчики могут записывать электрокардиограммы водителя (и/или пассажира) во время поездки, не причиняя дополнительного дискомфорта. Подобный ненавязчивый мониторинг особенно актуален во время сна, так как носимые датчики могут препятствовать комфортному засыпанию. Одна из наиболее перспективных технологий, позволяющая бесконтактно наблюдать за состоянием человека во время сна, — биорадиолокация [3, 4].

Этот метод дистанционного обнаружения и диагностики людей или животных основан на моду-

ляции радиолокационного сигнала колебательными движениями и перемещениями органов объекта [5]. В случае нарушения дыхания во сне радиолокационный сигнал, отражаясь от тела человека, приобретает специфическую модуляцию, регистрирующую малейшие движения грудной клетки, вызванные дыханием и сокращениями сердечной мышцы (рис.2). Подобный биорадиолокатор Био-Раскан и алгоритм, автоматически определяющий эпизоды нарушения дыхания по радиолокационному сигналу, разработали в Московском государственном техническом университете им.Н.Э.Баумана, а именно в лаборатории дистанционного зондирования [6, 7]. Устройство работает в диапазоне частот от 3.6 до 4.0 ГГц. Частота дискретизации составляет 52.1 Гц. Плотность потока мощности — 1.36 мкВт/см^2 , что соответствует СанПиН (санитарные правила и нормы) 2.2.4.1191-03 и ГОСТ 12.1.006-84 и обеспечивает безопасность использования биорадиолокатора. Для сравнения: плотность потока мощности мобильного телефона при поиске базовой станции может составлять до 100 мкВт/см^2 . Биорадиолокационный метод обеспечивает регистрацию дыхания, что в свою очередь дает возможность использовать его для определения нарушений этой функции во сне (рис.3, а).

В сомнологической лаборатории научно-исследовательского отдела артериальной гипертензии Северо-Западного федерального медицинского исследовательского центра им. В.А.Алмазова одновременно проводили биорадиолокационное и полисомнографическое исследование. В экспериментах участвовало семь добровольцев в возрасте от 43 до 62 лет. Тяжелую степень апноэ диагностировали у четырех испытуемых, среднюю выявили у одного обследуемого, легкую — также у одного, а у седьмого добровольца нарушения дыхания не обнаружили.

Полисомнографические результаты анализировались врачом-сомнологом в соответствии

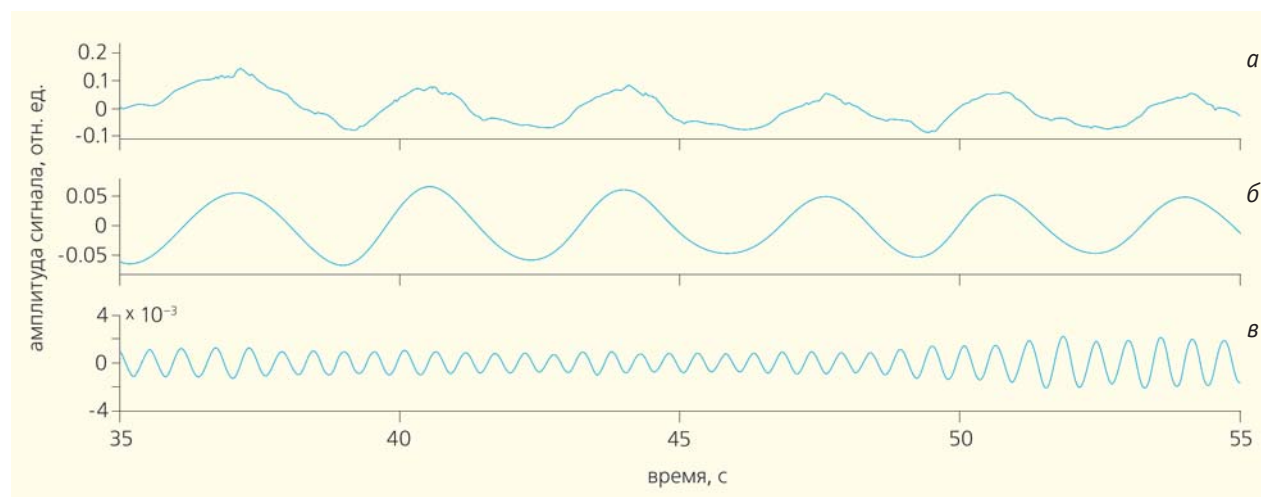


Рис.2. Исходный биорадиолокационный (а) сигнал и извлеченные из него составляющие — дыхание (б) и сердцебиение (в).

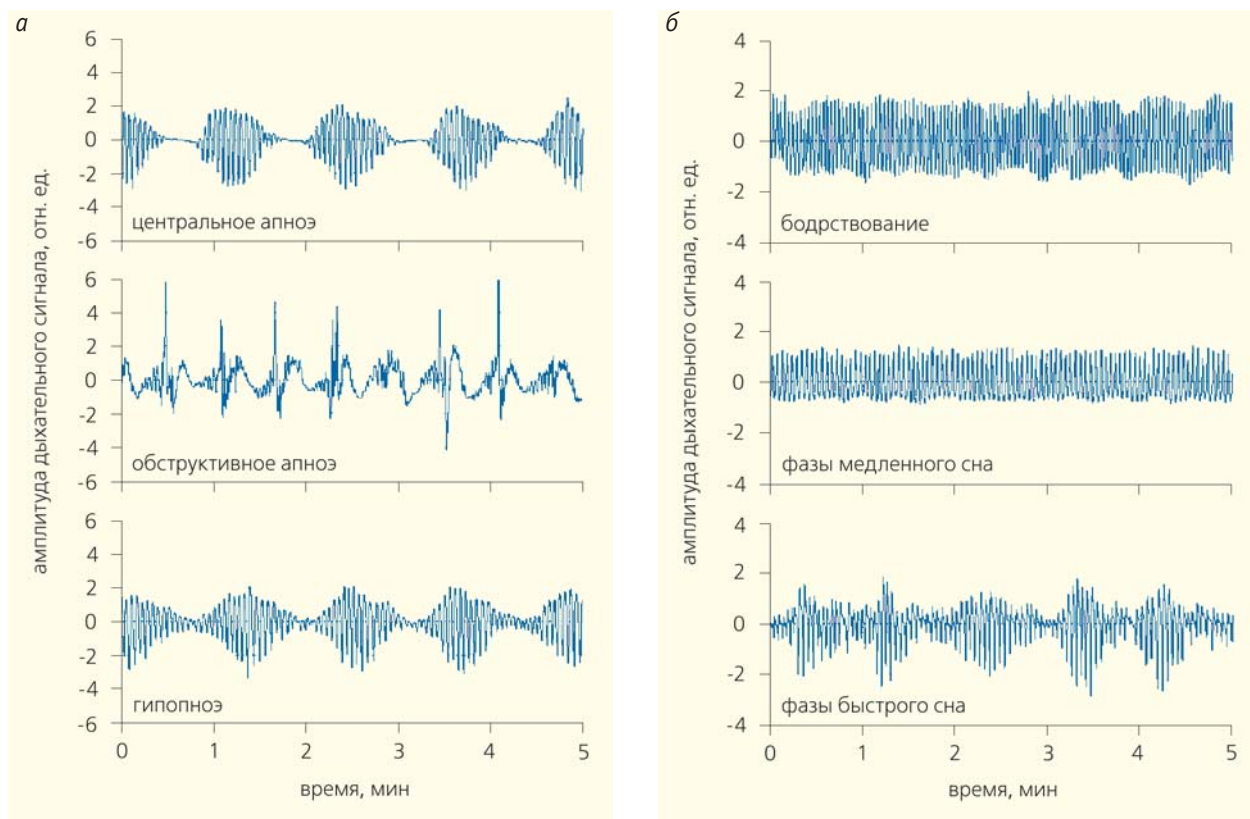


Рис.3. Характерные формы биорадиолокационных сигналов при нарушении дыхания во сне (а), а также во время бодрствования и различных фаз сна (б).

с существующими, общепринятыми подходами [8], с оценкой эпизодов апноэ. Данные биорадиолокации обрабатывались по разработанному алгоритму в автоматическом режиме с описанием тяжести выявленных дыхательных нарушений (таблица). Для каждого испытуемого автоматическая оценка наличия и тяжести заболевания по биорадиолокационному сигналу совпала с аналогичной оценкой по стандартному полисомнографическому исследованию. Это говорит о возможном применении радиолокации для диагностики на-

рушений дыхания во сне, по крайней мере в условиях скринингового обследования. Такая диагностика позволит выявлять группы лиц, нуждающихся в консультации специалиста и при необходимости в последующем углубленном обследовании и выборе тактики ведения.

Кроме того, в ходе выполнения данного исследования, были также замечены существенные отличия частоты дыхания в бодрствовании и в различных фазах сна (рис.3, б). Это свидетельствует о возможности бесконтактного определения

Таблица

Результаты оценки тяжести апноэ у испытуемых по данным полисомнографического исследования (ПСГ) и биорадиолокации (БРЛ)

№	ПСГ			БРЛ		
	Количество эпизодов за ночь	ИАГ, эпизоды / час сна	Степень тяжести	Количество эпизодов за ночь	ИАГ, эпизоды / час сна	Степень тяжести
1	654	122.7	тяжелая	690	129.5	тяжелая
2	138	21	средняя	126	19.2	средняя
3	843	85	тяжелая	774	78	тяжелая
4	33	5.1	легкая	57	8.7	легкая
5	1	0.1	норма	6	0.8	норма
6	226	40.9	тяжелая	277	50.1	тяжелая
7	805	98.8	тяжелая	893	109.6	тяжелая

Примечание: ИАГ – индекс апноэ-гиппноэ.

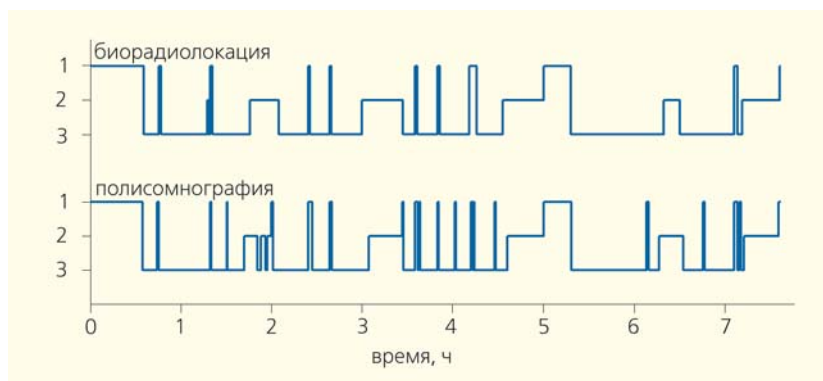


Рис.4. Запись макроструктуры сна, определенной автоматически по биорадиолокации и врачом по полисомнографии. Видно большое сходство результатов, полученных столь разными методами. 1 — бодрствование, 2 — фаза быстрого сна, 3 — фаза медленного сна.

структуры сна (фаз сна и периодов бодрствования) с помощью биорадиолокационного мониторинга, что крайне важно для длительного наблюдения пациентов с различными нарушениями сна и бодрствования.

В ходе дальнейшей работы были обследованы еще 29 пациентов (на этот раз без нарушения сна) для определения структуры сна по данным биорадиолокации. В итоге был разработан алгоритм определения фаз быстрого, медленного сна и бодрствования [9]. Полученные результаты хорошо соответствуют таковым при полисомнографическом исследовании (рис.4).

Распознавание структуры сна только бесконтактным методом открывает широкие перспек-

тив, срабатывающих в подходящий момент. Это обеспечит более легкое пробуждение, а значит, будет способствовать более эффективному бодрствованию.

На основе биорадиолокационного метода можно создать устройство для длительного домашнего бесконтактного мониторинга сна. Оно позволит определять нарушения дыхания во сне, изменения его структуры, объективно оценивать его качество и устанавливать оптимальное время для пробуждения. Широкое использование подобного устройства могло бы значительно улучшить диагностику расстройств сна, способствовать повышению качества сна и бодрствования, а значит, и качества жизни людей. ■

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (проект МК-7812.2015.7).

Литература

1. Li C., Ford E.S., Zhao G. et al. Prevalence of self-reported clinically diagnosed sleep apnea according to obesity status in men and women: National Health and Nutrition Examination Survey, 2005–2006 // *Preventive Medicine*. 2010. V.51. №1. P.18–23.
2. Young T., Palta M., Dempsey J. et al. The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults // *New England Journal of Medicine*. 1993. V.328. №17. P.1230–1235.
3. Water A. van de, Holmes A., Hurley D. Objective measurements of sleep for non-laboratory settings as alternatives to polysomnography — a systematic review // *Journal of Sleep Research*. 2011. V.20. №1. P.183–200.
4. Kelly J.M., Strecker R.E., Bianchi M.T. Recent developments in home sleep-monitoring devices // *ISRN Neurology*. 2012. V.2012. Article ID 768794. 10 p. doi:10.5402/2012/768794
5. Биорадиолокация / Коллективная монография под ред. А.С.Бугаева, С.И.Ивашова, И.Я.Имореева. М., 2010.
6. Alekbin M., Anishchenko L., Tataraidze A. et al. A novel method for recognition of bioradiolocation signal breathing patterns for noncontact screening of sleep apnea syndrome // *International Journal of Antennas and Propagation*. 2013. V.2013. Article ID 969603.
7. Алёхин М.Д., Анищенко Л.Н., Ивашов С.И. и др. Исследование диагностической информативности биорадиолокационной пневмографии в бесконтактном скрининге синдрома апноэ во сне // *Медицинская техника*. 2013. №2. С.36–38.
8. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. 2014.
9. Tataraidze A., Anishchenko L., Korostovtseva L. et al. Sleep stage classification based on bioradiolocation signals // *Proc. of Ann. Int. Conf. of IEEE EMBC. Milan, Italy, August 25–29, 2015*. P.362–365.

Почему оксалаты «мокрые», а антипинит «сухой»?

Р.К.Расцветаева,
доктор геолого-минералогических наук
С.М.Аксенов,
кандидат геолого-минералогических наук
Институт кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН
Москва

Мало кому известно, что существуют минералы, содержащие органические молекулы. Химически это соли органических кислот, формирование которых в природе требует высоких концентраций органических веществ в растворах. Такие условия встречаются редко, и потому подобные соединения составляют лишь 1% от общего числа (5 тыс.) минеральных видов. Очень часто их происхождение связано с гуано (основной частью экскрементов птиц и животных). О строении органических минералов биогенного и абиогенного происхождения мы уже писали на страницах «Природы»*.

Среди 50 известных органических минералов наиболее представительную группу образуют оксалаты — широко распространенные в литосфере соли щавелевой кислоты. Оксалатные молекулы $[\text{C}_2\text{O}_4]^{2-}$ плоские и относительно небольшие. Они состоят из двух атомов углерода и четырех — кислорода. Углероды соединяются друг с другом на расстоянии 1.55 Å, а расстояние между атомами углерода и кислорода в среднем составляет 1.25 Å. Оксалатные молекулы образуют анионную часть структуры, в то время как катионами могут быть щелочные и щелочноземельные элементы, а также переходные и редкоземельные.

Новый (19-й) оксалатный минерал — антипинит** $\text{KNa}_2\text{Cu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_4$ — характеризуется присутствием одновалентных щелочных элементов Na и K и переходного металла Cu. Нашли антипинит в зоне контакта залежей пеликаньего гуано и содержащих халькопирит габбровых пород в пустыне Атакама (Австралия) и передали нам в Институт кристаллографии РАН для исследования.

Монокристалльный дифракционный эксперимент от образца был получен в Институте элементоорганических соединений им.А.Н.Несмея-

нова РАН на современном дифрактометре «Bruker SMART APEX2», оснащенном CCD-детектором. Триклинная ячейка оказалась довольно большой, а ее параметры составили: $a = 7.1574(5) \text{ \AA}$, $b = 10.7099(8) \text{ \AA}$, $c = 11.1320(8) \text{ \AA}$, $\alpha = 113.093(1)^\circ$, $\beta = 101.294(1)^\circ$, $\gamma = 90.335(1)^\circ$, пространственная группа $P\bar{1}$. Мы нашли и уточнили структуру антипинита. Ее основу образуют медные октаэдры с ян-теллеровским искажением (это часто бывает для атомов меди [1]): четыре атома кислорода находятся на близком расстоянии (~2 Å) от меди, а два других удалены на 2.5 и 3 Å в одном октаэдре и еще больше (на 2.8 и 3.4 Å) — в другом. Наиболее крупные октаэдры соединяются друг с другом по ребру в ленты, идущие вдоль наименьшего a -параметра, а более компактные образуют парочки (также по ребру) и встраиваются между лентами, объединяя их своими вершинами в сетки с крупными петлями. В петлях располагаются по два атома калия.

Хотя октаэдры меди не совсем октаэдры, а скорее тетрагональные бипирамиды с координацией (4+2), построенные из них сетки вместе с атомами калия формируют плоские слои. Наряду со смешанным медно-калиевым слоем в структуре присутствует и другой — чисто щелочной, образуемый атомами натрия с двумя типами координаци-

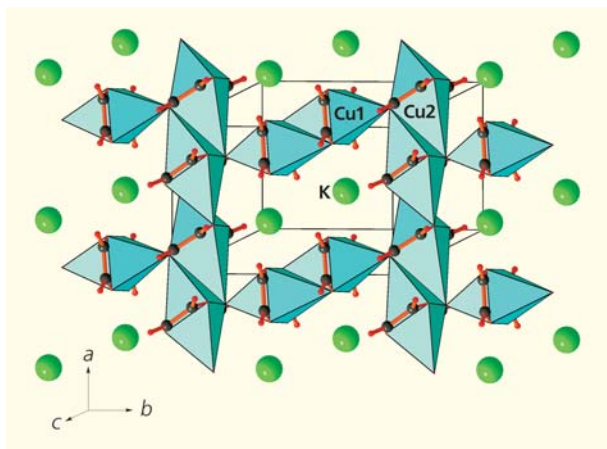


Друза кристаллов антипинита на галите.

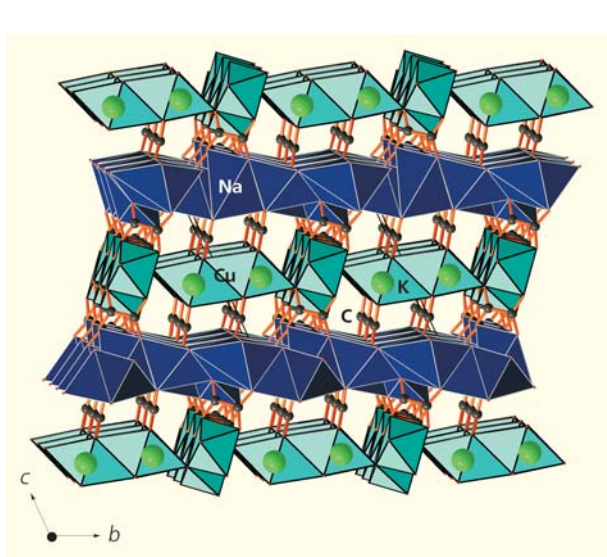
Фото М.Буркхардта

* Расцветаева Р.К. Гуановая республика // Природа. 2015. №4. С.75—87.

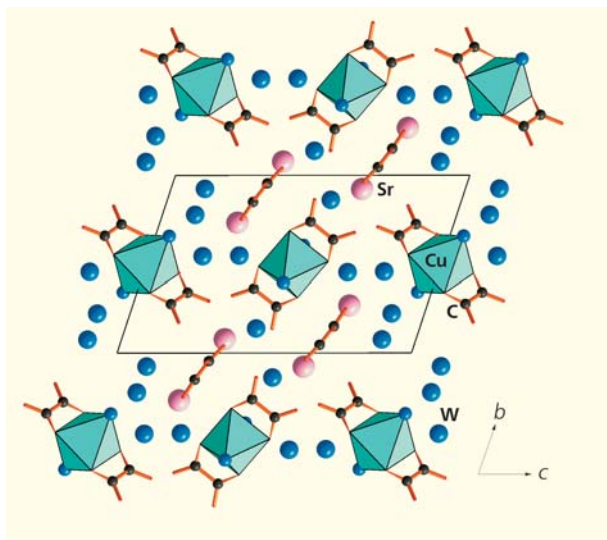
** Назван в честь ученого в области химии и кристаллохимии металлорганических соединений М.Ю.Антипина (1951—2013).



Слой из Cu-октаэдров и атомов K в структуре антипинита.



Общий вид структуры антипинита.

 $\text{Sr}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_3(\text{H}_2\text{O})_7$

онных полиэдров (искаженных октаэдров и пятивершинников). Натриевые октаэдры, соединяясь по ребрам, укладываются в широкие ленты, которые идут вдоль того же a -периода, в то время как примыкающие к ним Na_2 -пятивершинники объединяют соседние ленты в гофрированные слои.

Слои двух типов параллельны друг другу и чередуются вдоль c -периода, образуя ажурную постройку с помощью оксалатных молекул, которые одной парой своих кислородов примыкают к ребрам Cu-октаэдров, а другой — к ребрам Na-полиэдров. Ориентация плоских молекул взаимно перпендикулярна — в соответствии с положением ребер полиэдров. Такая особенность антипинита уникальна. Во всех известных оксалатах молекулы, как правило, параллельны друг другу. Но это еще не все.

Главная интрига в том, что в составе антипинита нет воды. Это нехарактерно для оксалатных соединений и до сих пор не находит объяснения. Ведь оксалаты образуются из водных растворов и содержат молекулы H_2O . Но так ли важно, чтобы в минерале была вода? Какую роль она играет в структуре? Рассмотрим эти вопросы на примерах медьсодержащих оксалатных минералов и синтетических соединений, приведенных в таблице. Кроме антипинита известны еще два подобных оксалатных минерала — мулуит $\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})_n$ и уитлейит $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_3$, кристаллы которых не пригодны для структурного анализа, поэтому ученые изучали их синтетические аналоги.

Соотношение атомов меди и оксалатных молекул в минералах и в синтетических соединениях (таблица) одинаково и равно 1:2. Но некоторые фрагменты из октаэдров меди и оксалатных молекул имеют разную конфигурацию. С чем это связано? Оксалатные молекулы неприспособлены в своих взаимоотношениях с катионными полиэдрами, и в частности с октаэдрами меди. Чаще всего они служат мостиками между ними, объединяя их в различные цепочки. Если длинная сторона оксалатной молекулы (вдоль связи C—C) параллельна ребрам соседних октаэдров, то цепочки выглядят компактными. Но бывает, что мостиками становятся две молекулы, развернутые длинными сторонами перпендикулярно ребрам октаэдров. Тогда цепочка имеет более рыхлую конструкцию. И совсем эфемерными становятся цепочки, когда октаэдры соединяются одним таким мостиком. Если оксалатная молекула служит мостиком между октаэдрами меди и другими (в том числе крупными) катионными полиэдрами, возникают конструкции смешанного типа, в укреплении которых участвуют и водородные связи, образуемые молекулами воды.

Все соединения в таблице синтезированы из водных растворов оксалатов меди и натрия (или калия, стронция, цезия, бария и рубидия) и содержат от двух до семи молекул воды, приходящихся на один атом меди. Но где же эти молекулы воды находятся в структуре? Они могут быть в вершинах Cu-октаэдров или крупных полиэдров, а могут ос-

Таблица

Кристаллографические параметры природных и синтетических медных оксалатов

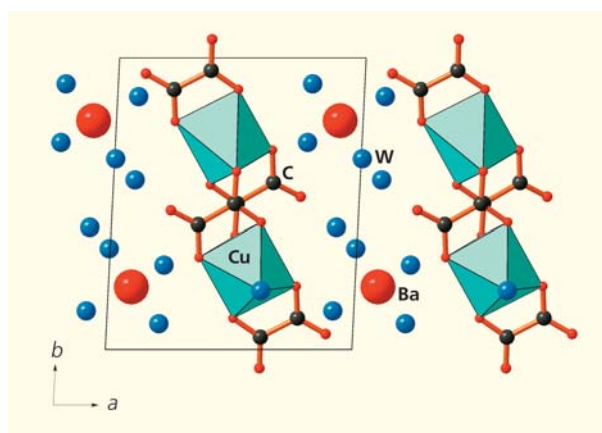
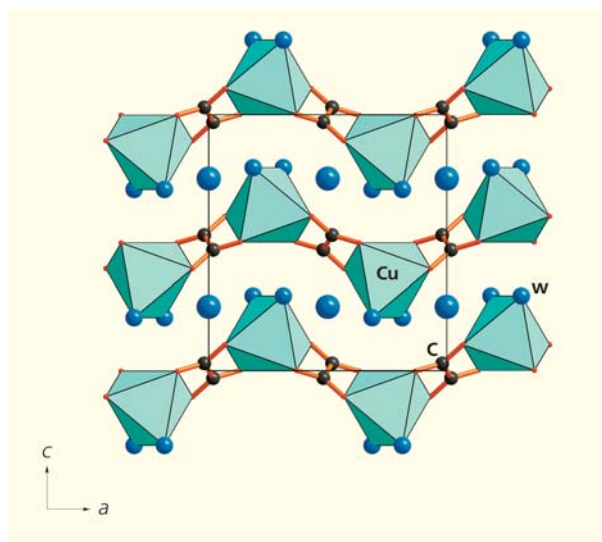
Минерал / синтетическое соединение	Пространственная группа	Параметры ячейки			Литература
		$a, \text{Å}$ $\alpha, ^\circ$	$b, \text{Å}$ $\beta, ^\circ$	$c, \text{Å}$ $\gamma, ^\circ$	
Мулуит $\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})_3$	$Pnnt$	5.348–5.381	5.625–5.639	2.548–2.559	[2–4]
Уитлейит $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_3$	$P\bar{1}$	7.536 81.9	9.473 103.77	3.576 108.09	[5–6]
Антипинит $\text{KNa}_3\text{Cu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_4$	$P\bar{1}$	7.157 113.093	10.710 101.294	11.132 90.335	[7]
$\text{K}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_4$	$P2_1/n$	3.777	14.819 93.18	10.756	[8]
$\text{Rb}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2$	$P\bar{1}$	7.000 108.05	8.949 97.69	8.982 97.99	[9]
$\text{Sr}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_3(\text{H}_2\text{O})_7$	$P\bar{1}$	6.349 73.21	10.258 93.66	15.737 76.44	[10]
$\text{Cs}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2$	$P\bar{1}$	9.298 97.524	9.117 97.410	7.132 107.522	[11]
$\text{BaCu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_6$	$P\bar{1}$	9.209 100.83	10.938 99.65	6.547 85.45	[12–13]

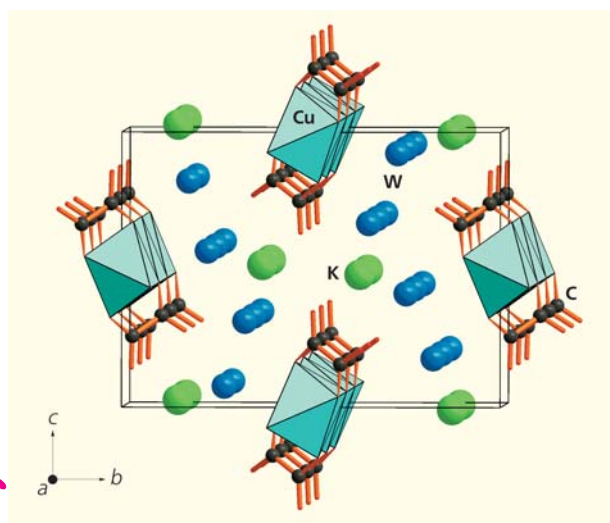
Лазурные соединения

таваться и свободными, не входя в чье-либо окружение. Везде их роль будет различна. Молекулы воды объединяют соседние октаэдры через их общую вершину в цепочки либо заполняют вершины октаэдров, не задействованных в связях с оксалатными молекулами. Но всегда (даже в виде свободных молекул) они формируют водородные связи, укрепляя кристаллическую постройку. Самое высокогидратированное соединение $\text{Sr}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_3(\text{H}_2\text{O})_7$ синтезировано из водного раствора хлорида гексагидрата стронция при комнатной температуре. Его структура содержит искаженный октаэдр меди и тетрагональную антипризму вокруг стронция, которые при участии оксалатных молекул и молекул воды образуют два типа изолированных кластеров. Первый — медный $[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$ состоит из октаэдра меди, двух оксалатных молекул и двух молекул воды, второй стронциевый $[\text{Sr}_2(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ — содержит два атома стронция, одну оксалатную молекулу и пять молекул воды. Все H_2O объединяют водородными связями изолированные кластеры в единую постройку.

Монокристаллы шестиводного соединения $\text{BaCu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_6$ получены при 60°C из водного раствора с последующим его выпариванием. Вся вода, за исключением одной молекулы, входит в окружение крупного катиона $[\text{Ba}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$. Кластеры $[\text{Cu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$ образуют парочки (димеры) из двух октаэдров меди, объединенных двумя оксалатными мостиками. Еще две оксалатные группы прикрепляются к октаэдрам с противоположных сторон и свободными кислородами замыкаются на ребра Ва-полиэдров. Димеры объединяются Н-связями всех шести молекул воды. В соединениях с меньшим количеством молекул (от двух до четырех) образуются цепочки разного типа.

В структуре мулуита $\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})_3$, найденного в Западной Австралии на контакте гуано

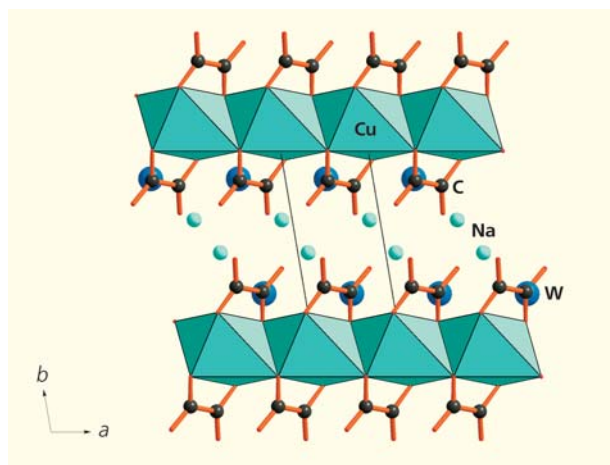
 $\text{BaCu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_6$ Мулуит $\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})_3$


 $\text{K}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_4$

с сульфидами меди, дискретные октаэдры меди объединяются оксалатными мостиками в зигзагообразные цепочки, между которыми располагается одна молекула воды. Еще две молекулы входят в медные октаэдры. Все три молекулы укрепляют постройку своими водородными связями.

Четырехводное соединение $\text{K}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_4$ содержит октаэдры, связанные ребрами в ленты. Все четыре молекулы воды располагаются вокруг лент и входят в окружение атомов калия, участвуя в образовании его тетрагональных антипризм. Безводные ленты $[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$ двух ориентаций объединены в структуру через атомы К и водородные связи.

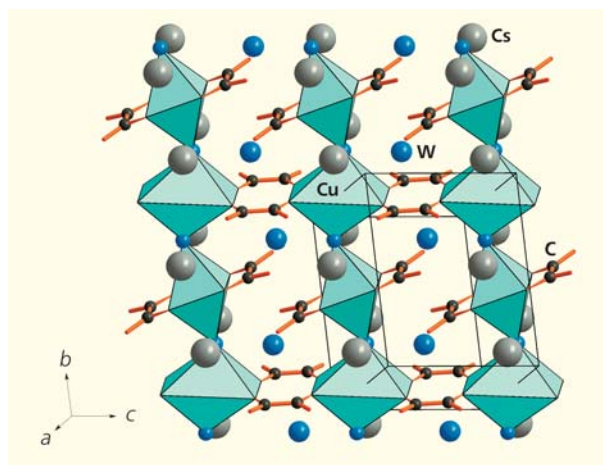
Такой же способ формирования цепочек реализован и в структуре двухводного уитлейита $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2$, которую изучили на кристаллах, синтезированных из водного раствора оксалата натрия и меди. Cu-октаэдры соединяются ребрами в ленты, идущие вдоль самого короткого


 $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2$

параметра $a = 3.6 \text{ \AA}$. Семивершинники натрия тоже объединяются ребрами в сильно гофрированные слои, перпендикулярные оси $b = 9.5 \text{ \AA}$. Кроме атомов кислорода оксалатных молекул они включают в себя и обе молекулы воды. Безводные ленты $[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$ и содержащие воду натриевые слои при участии водородных связей формируют единую постройку.

Столько же воды содержится и в соединении $\text{Cs}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2$, но ленты, идущие вдоль b направления, иного типа. Они состоят из Cu-октаэдров, связанных через вершины, которые заняты молекулами воды. Октаэдры двух ориентаций чередуются вдоль ленты. К одному октаэдру с боков примыкают две оксалатные молекулы. В них связь атомов углерода C–C параллельна ребру октаэдра. К другому октаэдру присоединены четыре (по две с каждой стороны) оксалатные молекулы со связью C–C, ориентированной перпендикулярно ребру октаэдра. С помощью молекул второго типа соседние ленты объединяются вдоль параметра c в слой с крупными петлями. В них располагаются две молекулы воды, входящие в окружение катионов Cs^+ . Между слоями находятся крупные Cs-полиэдры, которые наряду с водородными связями объединяют слои в единую постройку.

Двухводное соединение $\text{Rb}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2$ кристаллизуется из водного раствора, содержащего Rb_2CO_3 , CuCl_2 , азотную и щавелевую кислоты. Эфемерные цепочки образуются из дискретных Cu-октаэдров двух типов $[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})_2]^0$ и $[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$. Октаэдры с водой соединяются с соседними безводными октаэдрами оксалатными мостиками с участием трех атомов кислорода (четвертый кислород входит в полиэдр Rb). Оксалатные молекулы безводного октаэдра в объединении октаэдров не участвуют и свободной парой кислородов входят в окружение RbO_8 -полиэдров, соединяя их с медными октаэдрами. Вся цепочечная структура укреплена водородными связями молекул воды обоих типов — двух входящих в медные октаэдры и двух

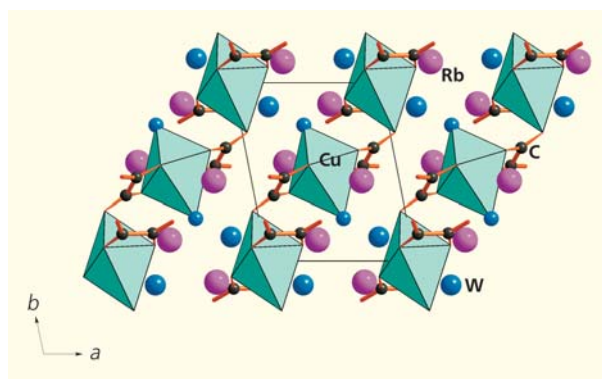

 $\text{Cs}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2$

расположенных между цепочками. Структура не меняется при замене Rb на K или NH₄ [9].

Таким образом, из рассмотрения содержащих медь трех минералов и пяти синтетических соединений с разной степенью гидратации можно сделать вывод, что степень полимеризации полиэдров в их структурах коррелирует с количеством воды, приходящейся на один атом меди. Эти структуры при одном и том же содержании воды демонстрируют разнообразие цепочек из Cu-октаэдров. Безводный антипинит характеризуется наибольшей степенью полимеризации как Cu-, так и Na-полиэдров с образованием слоистой структуры.

Из 19 известных оксалатных минералов существует еще один (кроме антипинита) безводный минерал — **натроксалат** Na₂C₂O₄, найденный в ультращелочных пегматитах и гидротермалитах Ловозерского щелочного массива (Кольский п-ов). Ленты в его структуре построены из реберно связанных натриевых октаэдров. Соседние ленты, развернутые по отношению друг к другу, соединяются вершинами октаэдров и оксалатными молекулами в каркасную постройку. Натроксалат имеет абиогенное происхождение и кристаллизуется на гидротермальной стадии формирования пегматита из раствора, насыщенного флюидами и щелочными компонентами. Тем не менее он не содержит воду и строит структуру без ее участия.

Существование двух безводных минералов говорит о том, что слоистые и каркасные структуры ок-



Rb₂Cu(C₂O₄)₂(H₂O)₂

салатных соединений могут не содержать молекул воды. Но это не значит, что данные минералы изначально были безводными, тем более что их образование связано с водными растворами. Однако по-прежнему остается загадкой происхождение антипинита. Если образование натроксалата в пегматитах и гидротермалитах Кольского региона не вызывает удивления, то как мог вырасти антипинит в пустыне, где вода в большом дефиците? Можно лишь предполагать, что когда-то вода в пустыне Атакама все же была, но затем климат стал сухим и вода ушла из минерала, а его структура перестроилась. Во всяком случае ученые пока не смогли синтезировать антипинит. ■

Литература

1. Burns P.C., Hawthorne F.C. Static and dynamic Jahn-Teller effects in Cu²⁺ oxysalt minerals // *The Canadian Mineralogist*. 1996. V.34. P.1089—1105.
2. Clarke R.M., Williams I.R. Moolooite, a naturally occurring hydrated copper oxalate from Western Australia // *Mineralogical Magazine*. 1986. V.50. P.295—298.
3. Chisholm J.E., Jones G.C., Purvis O.W. Hydrated copper oxalate, moolooite, in lichens // *Mineralogical Magazine*. 1987. V.51. P.715—718.
4. Schmittler H. Structural principle of disordered copper(II) oxalate (CuC₂O₄·nH₂O) // *Monatsber. Deut. Akad. Wiss. Berlin*. 1968. Bd.10. S.581—604.
5. Rouse R.C., Peacor D.R., Dunn P.J. et al. Wheatleyite, Na₂Cu(C₂O₄)₂·2H₂O, a natural sodium copper salt of oxalic acid // *Amer. Mineral*. 1986. V.71. P.1240—1242.
6. Gleizes A., Maury F., Galy J. Crystal structure and magnetism of sodium bis(oxalato)cuprate (II) dihydrate, Na₂Cu(C₂O₄)₂·2H₂O. A deductive proposal of the structure of copper oxalate, Cu(C₂O₄)_x·xH₂O (0 < x < 1) // *Inorganic Chemistry*. 1980. V.19. P.2074—2078.
7. Chukanov N.V., Aksenov S.M., Rastsvetaeva R.K. et al. Antipinite, KNa₃Cu₂(C₂O₄)₄, a new mineral species from a guano deposit at Pabellyn de Pica, Chile // *Min. Mag.* 2015. In press.
8. Fan Jian, Sun Weiyin, Okamura T. et al. The X-ray crystal structural characterization of dipotassium bisoxalato copper(II) tetrahydrate, (K₂Cu(Ox)₂·4(H₂O)) // *Inorganica Chimica Acta*. 2001. V.319. P.240—246.
9. Kolitsch U. RbCr(III)(C₂O₄)₂·2(H₂O), Cs₂Mg(C₂O₄)₂·4(H₂O) and Rb₂Cu(II)(C₂O₄)₂·2H₂O // *Acta Cryst. C*. 2004. V.60. M.129—133.
10. Insausti M., Urriaga M.K., Cortes R. et al. Synthesis, crystal structure and properties of (Sr₂Cu(C₂O₄)₃(H₂O)₃)_n: precursor of Sr₂CuO₃ oxide // *Journal of Materials Chemistry*. 1994. V.4. P.1867—1870.
11. Pannhorst W., Loebn J. Die Kristallstruktur von Cesium-Kupfer(II)-oxalate dihydrat, Cs₂Cu(C₂O₄)₂·2(H₂O) // *Zeit. Kristallogr.* 1974. V.139. P.236—245.
12. Hallock R.B., Rbine W.E., Cima M.J. et al. Synthesis and X-ray crystal structure of BaCu(C₂O₄)₂·6(H₂O), a mixed-metal oxalate of barium and copper // *Ceramic Transactions*. 1990. V.13. P.251—258.
13. Kasthuri V.B., Rao P.M., Nethaji M. The crystal structure of hydrated barium copper oxalate // *Crystal Research and Technology*. 1996. V.31. P.287—294.

Астральные битвы за счет казны

Е.Б.Александров

Наша Комиссия по борьбе с лженаукой появилась на свет 17 лет назад по инициативе нобелевского лауреата по физике академика В.Л.Гинзбурга. В те годы не только легковверное население активно одурачивалось астрологами, но и в коридорах власти оказались оккультисты, сумевшие добиться государственного финансирования. Яркий пример тому — известный мошенник Г.П.Грабовой, между прочим, академик РАЕН! Он якобы «экстрасенсорно диагностировал» правительственные самолеты и «отводил силой мысли астероиды от Земли». Этот человек, находящийся под защитой генерала О.К.Рогозина, читал лекции сотрудникам Министерства по чрезвычайным ситуациям и два года консультировал Совет безопасности РФ!

Когда наша комиссия взялась за его разоблачение, ельцинское окружение встало стеной. Нам пришлось доказывать, что ядерные взрывы в Семипалатинске действительно соответствовали расчетной мощности, и Грабовой не снизил их мощность силой мысли из Москвы, как он утверждал. Академик Э.П.Кругляков, первый председатель Комиссии по борьбе с лженаукой, провел колоссальную работу и доказал, что этот неуч подделал массу дипломов, самопровозгласив себя академиком разных академий мира. Но Грабовой оставался на коне,



Евгений Борисович Александров, академик РАН, заведующий лабораторией атомной радиоспектроскопии Физико-технического института им.А.Ф.Иоффе РАН и лабораторией радиооптической спектроскопии Государственного оптического института им.С.И.Вавилова (Санкт-Петербург), председатель Комиссии Президиума РАН по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований.

его призвали к ответу, лишь когда он занялся воскрешением детей, погибших в Беслане.

При Ельцине мракобесие в коридорах власти достигло таких небывалых размеров, что Кругляков окрестил это время новой распутищиной, когда свора мошенников разводила главу страны на деньги. Так, правительство РФ выделило 120 млн руб. на программу получения энергии из камня. Все 90-е годы существовала войсковая часть 10003, выяснявшая, как поставить телепатию, ясновидение и прочую чушь на службу военному делу. Инициатором был начальник Генерального штаба Вооруженных сил генерал М.А.Моисеев. В «Российской газете» сообщалось, что наши военные, оказывается, вели с американцами «астральные битвы»; что с помощью технологии «вхождения в чужое сознание» наши боевые телепаты «гуляли по мозгам» то посла США в России, то Мадлен Олбрайт. Эта часть была засекречена настолько, что о ее успехах докладывалось только самому высшему руководству, т.е. абсолютно бесконтрольно. Закрыть это шаманское подразделение удалось лишь в 2003 г.

В 90-х годах любой дурак мог учредить свою академию, назвать себя академиком и за деньги этим званием снабжать других. Так, генерал КГБ Ф.Р.Ханцеверов учредил Международную академию энергоинформационных наук и устроил в Госдуме РФ выставку, показанную по телевидению на всю страну, где гвоздем программы был диван-экстрасенс, излечивавший от 80 болезней, в том числе от фригидности у женщин и от импотенции у мужчин. Ханцеверов всеми силами пытался протолкнуть через Госдуму закон «Об обеспечении энергоинформационного благополучия населения».

© Александров Е.Б., 2015

В то время ничего не означающие слова-пустышки (аура, биополе, энергоинформация) могли запудрить мозги не только обывателям, но и высоким должностным лицам, подвигнув их на странные поступки. Так, к поискам самолета, пропавшего в декабре 1995 г. под Хабаровском, МЧС России привлекает 127 экстрасенсов! Только после двух недель, потраченных на поиск по указаниям этих «волшебников», по требованию одного из членов госкомиссии обратились, наконец, к данным локаторов противоздушной обороны. Останки самолета нашлись в течение нескольких часов. Показательно, что полугодом ранее экстрасенсы пытались искать людей после землетрясения в Нефтегорске. По признанию С.К.Шойгу, они только внесли сумятицу в работу спасателей.

Пока академик Кругляков был председателем Комиссии по борьбе с лженаукой, в ней состояли одни ученые. Но после его ухода мы пригласили иллюзиониста Юрия Горного. На то были свои причины. Ведь специалисты в своих областях помогают разоблачать лжеученых, шарлатанов, прикрывающих наукообразными терминами дутые теории и фальшивые изобретения (например, вихревые тепловые генераторы, которым не писан закон сохранения энергии). Но есть ситуации, когда мы имеем дело с чистым фокусом, банальной ловкостью рук. Типичный пример — старая история профессиональной аферистки Нинель Кулагиной, которая, отсидев в тюрьме за мошенничество, решила стать феноменом.

Академики Ю.Б.Кобзарев и Н.Д.Девятков были ошарашены паранормальными способностями Кулагиной. Когда она начала перед ними взглядом двигать шариковую ручку и вертеть стрелку компаса силой мысли, наивные академики стали чертить формулы, вычисляя величину напряжения электростатического поля, способного вызвать такую механическую силу. К «феномену» Кулагиной профессиональный иллюзионист подошел бы иначе — просто обыскал бы хитрую бабу, спрятавшую в белье магнит. Академики же объявили ее уникалом, таскали по разным НИИ, измеряли приборами. От такого успеха Кулагина тут же обнаружила еще и склонность к телепатии.

Академики взяли ее старшим научным сотрудником в свой Институт радиотехники и электроники АН СССР (Кулагина образования не имела), платили ей зарплату. Конечно, не все были такими легковверными. Магнитологи из ленинградского Института метрологии с помощью высокочувствительных магнитометров обнаружили на бедре обманщицы магнитный диполь, вращающий стрелку компаса. Привлеченные к обследованию Кулагиной врачи-нейрофизиологи заметили и нити с узелками, с помощью которых мошенница демонстрировала «телекинез». Все это было опубликовано в газетах, но ослепленные академики продолжали твердить, что Кулагину оболгали.

Вспомним другой «уникум» тех времен — Розу Кулешову, якобы читающую через запечатанные конверты. Ее разоблачили журналисты «Литературной газеты» и знаменитый фокусник Эмиль Кио. Но «чудо-люди, видящие кожей», по-прежнему имеют у ученых успех. Лет 15 назад объявился новый шарлатан — В.М.Бронников. Этот неудавшийся художник, объявивший себя профессором, якобы разработал метод, позволяющий видеть с закрытыми глазами. Набирал группы детей, обещая пробудить в них скрытые способности. На самом деле подопечные Бронникова жульничали, подглядывая в щелку между щекой и повязкой. Когда наша комиссия стала разбираться в этом деле, на нас ополчилась Н.П.Бехтерева, академик РАН и внучка знаменитого ученого. В 2002 г. она, исследовав учеников Бронникова, прониклась к нему доверием и опубликовала в академическом журнале статью об «альтернативном видении». Нас, членов Комиссии по борьбе с лженаукой, Бехтерева назвала инквизиторами. Мы, мол, давим новое передовое направление науки.

Да, нам пока неизвестны механизмы обработки информации мозгом. Но мы точно знаем, что вся деятельность мозга сводится к манипуляции электрическими сигналами, возбуждающими нервные клетки, которые объединены в гигантские сети через аксоны. Этого знания достаточно, чтобы положить конец фантазиям о «сверхвозможностях мозга», позволяющих некоторым уникалам левитировать или видеть без помощи глаз. Бехтерева и сама в глубине души это понимала, не зря она пыталась перевалить функцию видения с мозга на кожу — мол, можно видеть кончиками пальцев и читать кожей лба. Земная эволюция создала лишь два типа глаз — фотокамеры и фасетки, и больше ничего. Безглазых зрячих существ не существует! А все зрячие подчиняются законам оптики, известным со времен Гельмгольца.

Сын Бехтеревой, член-корреспондент РАН С.В.Медведев, изучая одну из бронниковских учениц, заметил, что она странно наклоняет голову, заподозрил, что та подглядывает в щель вдоль носа, и перекрыл картоном поле зрения к экрану компьютера, с которого она читала текст. Девочка мигом перестала «видеть». Вот почему я пригласил в Комиссию по лженауке иллюзиониста Юрия Горного. Он в 2001 г. поразил Японию, когда с завязанными глазами водил по Токио автомобиль. Можно ли наглядней развеять миф о «кожном зрении»? Для разоблачения чудовищной по степени одурачивания зрителя программы «Битва экстрасенсов», идущей по вечерам по основным каналам, Горный по своей инициативе собрал в Москве 400 экстрасенсов и провел перед камерой опыт. За ширмой размещали пациента, и экстрасенс должен был поставить диагноз. С заданием не справился ни один! К сожалению, телевидение так и не показало этот материал!

Иллюзионистов в свои проверочные комиссии приглашают также американцы и англичане. Именно такая комиссия в 2004 г. разоблачила русскую «девочку-рентген» Наталью Демкину, якобы способную «видеть внутренние органы человека». Ею заинтересовалась американская комиссия по изучению паранормальных явлений. Наташу позвали в Нью-Йорк продемонстрировать свое искусство, где она полностью провалилась. А «Комсомольская правда» написала, что бедняжку поставили в заведомо невыгодные условия. Вскоре в Москве был открыт Центр специальной диагностики человека, призывающий в рекламе не ходить по врачам, а сразу обратиться к Демкиной, которая диагноз поставит с первого взгляда. Это же самое настоящее преступление! Вот такие шарлатаны довели до смерти замечательного актера Виктора Авилова, который с тяжелейшим заболеванием отправился в Омск, чтобы вылечиться «нейтринным генератором».

Битва на торсионном поле

Микролептонные, они же спинорные, они же торсионные поля — это афера, начавшаяся в 70-х годах прошлого века и получившая от государства безумные деньги. Советская наука тогда шла вперед под лозунгом «Мы рождены, чтоб сказку сделать былью» и была готова принять любое явление, пусть самого мистического свойства, чтобы найти ему практическое применение. Едва разведка донесла, что Пентагон пытается мысленно командовать подводными лодками, как в новосибирский Академгородок из Политбюро ЦК КПСС поступило указание срочно исследовать возможности телепатии.

Директору Института ядерной физики Сибирского отделения АН СССР А.М.Будкеру удалось отшутиться (он был беспартийным): «Пусть они мне телепатически внушат, что мне нужно создать такую лабораторию, и я ее немедленно открою». Однако М.А.Лаврентьеву, создателю Академгородка, пришлось организовать отдел и оснастить его аппаратурой, а через три года направить туда комиссию с проверкой, не подтвердившей существование телепатии. Отдел закрыли.

Опыты с телепатией были и в Москве, где пытались провести мысленную передачу сообщения из подвала на Лубянке реципиенту на окраине Москвы. Работой руководил некто А.Е.Акимов, который внес личный вклад: он якобы подвергал реципиента воздействию «нового физического поля», которое назвал спинорным. Неудавшийся опыт не смутил Акимова. Он успешно проталкивал «новое физическое поле» в стенах закрытых «почтовых ящиков» и даже в некоторых академических институтах. Как этот человек, самовольно называвший себя доктором наук, пробился наверх? Об этом можно только гадать. Козырлял он

подписью академика А.М.Прохорова, нобелевского лауреата: мол, сам институт Прохорова обязывался исследовать воздействие спинорного поля на эффективность генерации гармоник света в нелинейной среде.

Устроился Акимов замечательно: давал исполнителям загадочную коробочку, внутрь которой заглядывать строго запрещал — прибор-то секретный. Разумеется, все заглядывали и убеждались, что это был просто муляж. Акимов настолько обнаглел, что добился постановления правительства, куда были вписаны десятки отраслевых институтов и несколько академических. Под эти программы он запросил из госбюджета 500 млн рублей (почти 800 млн долл. по тогдашнему курсу).

Мне, как заместителю директора по науке огромного отраслевого института, однажды приказали включиться в работы по «спинорным полям и биоэнергетике». Но я начал скандалить, выступил на общем собрании АН СССР, и физики меня дружно поддержали. Кончилось вызовом на ковер к министру, дело запахло увольнением или чем похуже — ведь я «разгласил военную тайну». Но тут подоспел путч, который все перевернул. Правительство приняло постановление «О порочной практике финансирования псевдонаучных исследований из государственных источников».

Тогда Акимов подался в целители. Несуществующие поля из «спинорных» перекрестились в «торсионные» и оказались невероятно полезными для здоровья. Мошенник начал продавать те самые коробочки народу, рассказывая через прессу сказки: если спать возле генератора (30 долл. штука), излечишься от всех болезней, вырастут новые зубы и на застарелых лысинах появятся волосы. Народ раскупал. И опять Акимов сумел получить государственную поддержку. Алтайский и Красноярский края, Томская обл. и Удмуртия затратили несколько десятков миллионов рублей на нефтеразведку с помощью торсионных лучей. А в 1997 г. была афера с очисткой Геленджикской бухты торсионными полями, которая обошлась бюджету в 600 тыс. долл. Понятно, что такие чудовищные вещи возможны лишь при участии высокопоставленных чиновников.

В 2007 г. Акимов умер, но его торсионное дело живет. Сегодня Интернет просто завален предложениями: купить целебную воду, обработанную торсионными полями, торсионную систему диагностики, торсионную защиту от рентгеновского излучения телевизора, торсионную систему поиска полезных ископаемых и торсионную технологию утилизации радиоактивных отходов. Комиссия по лженауке просто не успевает все это разоблачать.

Однажды С.П.Капица, тогда член нашей комиссии, сказал, что надо отличать безобидное шарлатанство от вредоносного. В Англии, например, давнюю историю ведет общество верящих, будто Земля плоская. Это похоже и на анекдот, и на ил-

люстрацию терпимости британцев к инакомыслию. Такие чудачки даже нужны, без них скучно. Но иное дело — организованная лженаука, которая сродни организованной преступности. Недавно академик Кругляков свою книгу, посвященную лженауке, назвал «Ученые с большой дороги».

Когда чудак тачает у себя на дому перпетуум-мобиле, это никому не мешает. Но если он находит подход к чиновникам и получает государственное финансирование на опыты с вечным двигателем — это совсем другой разговор. Недавно одному подобному изобретению удалось проникнуть в космос. В 2007 г. было решено запустить на орбиту спутник «Юбилейный» — в честь 50-летия запуска первого советского искусственного спутника Земли. И вдруг директор НИИ космических систем генерал В.А.Меньшиков вознамерился пристроить туда детище «торсионной науки»: движитель без выброса реактивной массы.

В научно-фантастических романах эта штука давно известна под названием «гипердвигателя», который отталкивается от пространства. Такой же принцип применял и барон Мюнхгаузен, когда вытаскивал себя вместе с конем из болота, ухватившись за волосы. Разумеется, это вздор, противоречащий фундаментальному закону сохранения импульса. Но адепты торсионных полей внушили генералу уверенность, что физика Галилея—Ньютона—Эйнштейна устарела, и даже показали ему модель такого двигателя. Замечу, что это далеко не новая затея, еще в конце 50-х годов прошлого века из Америки к нам пришла весть о «машине Дина», бесколесном ящике, который, будучи подключенным к электросети, рывками двигался по столу. Подобного рода бессмысленные устройства были в дальнейшем названы инерциоидами. Как правило, в своей основе все они содержали эксцентрический маховик.

Грамотные люди, конечно, раскритиковали эту игрушку и сказали, что в космосе, в невесомости, она заведомо не сможет двигаться. Но генерал сумел поставить на спутник чудо-аппарат в обход академической комиссии. В мае 2008 г. спутник взмыл в небеса. На орбите движитель включился, и ничего, разумеется, не произошло. Спутник продолжал двигаться, не отклонившись ни на миллиметр. Все мировое сообщество, причастное к космосу, потешалось над потугами россиян опровергнуть законы Ньютона. Журналисты по следам фильма Данелии «Кин-дза-дза» окрестили это чудо гравицапой. В общем, полный провал: и миллионы долларов потратили, и престиж страны уронили.

Крупномасштабные проекты

Есть такой инженер А.Е.Голод, построивший бизнес на своих пирамидах золотого сечения. За сумасшедшие деньги он расставляет их повсюду, где заказчик пожелает, обещая взамен всякие чудеса.

Однажды он зарыл камни вдоль Садового кольца, заявив, что в Москве эпидемий гриппа больше не будет. Разумеется, камни не помогли — эпидемии были, и притом мощнейшие. Но Голод пробился со своим рекламным трюком в космос. На космическую станцию «Мир» для улучшения самочувствия космонавтов были отправлены камни, «информационные копии пирамиды Хеопса, заряженные положительной энергией в макете пирамиды Голода». Когда это выяснилось, содействовавшего отправке камней на орбиту заместителя генерального конструктора Ракетно-космического комплекса «Энергия» Никитского отстранили от должности.

На протяжении многих лет вся деятельность Комиссии по лженауке держалась на голом энтузиазме, не имела никаких рычагов. Более того, нам угрожали, нас клеймили. Б.В.Грызлов публично объявил нас мракобесами, сказал, что такие, как мы, когда-то сожгли Коперника за утверждение, что Земля вертится!

Грызлов же был соавтором авантюриста В.И.Петрика в проекте «Чистая вода». Планировалась грандиозная афера стоимостью в 500 млрд долл. Это был апофеоз атаки лженауки на госбюджет. Грызлов как председатель Госдумы проталкивал идею обязательной очистки питьевой воды с помощью «уникальных фильтров Петрика». Их должны были поставить в каждый дом по всей России! Я никогда не понимал, зачем (кроме «распила») нужны были такие неимоверные деньги — ведь фильтры Петрика граждане должны были покупать на свои средства и далее тратиться на регулярную замену картриджей.

Петрик — фундаментально невежественный, но чрезвычайно активный авантюрист, осужденный за аферы еще в советское время. А во времена развала Союза он расцвел: по дешевке скупал советские разработки, которые позже приписал гению своей мысли. Тогда огромные предприятия остались не у дел и не знали, куда девать сырье, оборудование, технологии. Ушлые люди этим пользовались. Вспомним циркониевые браслеты, заполнившие всю страну. Этот жаропрочный металл использовался в атомных электростанциях, в тепловыделяющих элементах. Когда СССР рухнул, строительство атомных электростанций резко прекратилось, и цирконий стало некуда девать. Вот тогда предприимчивые товарищи и придумали изготавливать из него браслеты и продавать их как целебные.

Петрик знал, где и что скупать! Потом обратился с этими приобретениями в министерство обороны, связей у него хватало. Старые кадры от туда к тому времени уже ушли, а новые советских разработок не знали и легко «повелись». Они представили Петрика Черномырдину, посоветовав купить «замечательные изобретения» оптом за 100 млрд руб. В «пакете» были как бредовые проекты, так и реальные разработки советского ВПК,

в частности технологии производства кристаллического сапфира и алюмомагниевого керамики. Их в 70—80-х годах в стенах Государственного оптического института (ГОИ) разработал целый коллектив. Неудивительно, что закупленные по дешевке уникальные печи конструкции ГОИ Петрик запустить не сумел, так что с выращиванием сапфиров дело не пошло. Что касается алюмомагневой шпинели, «броневой керамики», то она имеет сугубо военное назначение, а в лихие 90-е на вооружение армии денег не тратили.

Прошло 15 лет. Государство вновь стало заниматься оборонной промышленностью. Тут Петрик и развернул рекламу «своей» броневой керамики. И предъявил ультиматум: если в течение месяца Министерство обороны не купит его технологию за 50 млн долл., то он продаст ее за границу! (Один раз он уже продал эту технологию государству в лице Черноырдина!) Другого бы за такое просто посадили, а Петрика пригласили для выяснения авторства на специальное заседание военно-промышленной комиссии. Туда же позвали истинных авторов этой технологии из ГОИ. В результате эти люди сегодня получили возможность возродить производство броневой керамики, а Петрику дали от ворот поворот.

К сожалению, это только одна история, на самом деле их, связанных с Петриком, множество. «Чистая вода» должна была стать самой масштабной его аферой. Он не сомневался в ее успехе — ведь с подачи Грызлова «Чистая вода» превратилась в партийный проект «Единой России». Мы, конечно, разоблачали дутые «инновации» Петрика и получали в ответ угрозы и оскорбления. Профессионалы водоснабжения и Общество защиты прав потребителей добились официальной экспертизы фильтров Петрика, которая установила грубое несоответствие их свойств по отношению к заявленным — фильтры оказались бардаком, но очень дорогим. Но даже будь они самыми прекрасными, это был совершенно порочный путь: средства надо тратить не на очистку воды на выходе, а на реконструкцию водопроводной системы. Именно такая цель и намечена сегодня. В итоге бюджет проекта «Чистая вода» сократили в 10 раз, потом еще в 10, потом проект остался без Петрика, а потом Дума осталась без Грызлова. Нас здорово поддержал В.В.Путин, который на собрании Российской академии наук сказал: «Нужно убрать все то, что дискредитирует научное сообщество, снижает его авторитет. Тем более следует быть нетерпимым к тем, кто паразитирует на науке. И здесь хочу отметить принципиальную позицию членов Комиссии РАН по борьбе с лженаукой».

На протяжении многих лет мы пытались навязать свою экспертную функцию по наиболее затратным государственным проектам, связанным с высокой наукой. Мы считаем, что через нашу комиссию должен проходить любой проект, осно-

ванный на новых принципах. Когда выдаются деньги на гравитационное оружие или добывание энергии из вакуума — это не наивность, а обман. Теперь, наконец, к нам обращаются за экспертизами чаще и чаще.

В адрес нашей комиссии в СМИ постоянно звучат обвинения, что мы, как новая инквизиция, душим все новое и прогрессивное. Мы же вообще не вмешиваемся в текущий научный процесс. Для этого есть институты, ученые советы, редакционные коллегии журналов. Мы стоим на страже бюджета, когда речь идет о больших тратах на заведомо невозможные проекты. Это всегда можно выяснить, поскольку наука по мере развития обретает скелет жестких ограничений и правил. Закон сохранения энергии, вещества. Закон сохранения углового момента. Если они нарушаются, то мы можем со стопроцентной уверенностью сказать, что тут делать нечего. Это или ошибка, или обман.

СМИ и лженаука

Сегодня надо отслеживать шарлатанские передачи, которыми бомбят население. Например, телеканал Россия снял фильм «Великая тайна воды», за который получил три «Тэффи» как за высшее достижение телеискусства. Ученые за голову хватаются: более наглого пасквилья на науку не найти. Оказывается, вода впитывает и хранит мысли и эмоции, отличает, что такое хорошо и что такое плохо. Вся эту ахинею утверждает в фильме японец Масару Эмото (недавно он умер) и показывает кристаллы воды. Если рядом музыку играли, кристаллы, по уверениям японца, получаются красивые, с правильным рисунком, если рядом с водой бранились — уродливые, с рваными краями. Даже страшно представить, что должен представлять собой Мировой океан, рядом с которым человечество воюет и бранится много сотен тысяч лет.

Кто такой Эмото — химик или физик? Нет, он бизнесмен: продавал бутылочки с «геометрически совершенной водой» по 35 долл. за штуку. Почему российский телеканал рекламировал его? Загадка! Но ерунды там наговорено столько, что приз в пору давать за антинаучные измышления. Например, что вода — единственное вещество на планете, которое может находиться в трех состояниях: жидком, твердом и газообразном. Единственное? Да практически любое вещество может находиться в трех состояниях! Или вот еще «открытие»: вода — это самый мощный растворитель на земле... Фильм сделан двоечниками и для двоечников. Возмутительно, что телеканал «Россия» записал в таковые все население страны.

Наша комиссия периодически скандалит. Но какие у нас трибуны? Свой сайт да бюллетень, который выходит раз в полгода. А телевизор каж-

дый день смотрят миллионы людей. Попытаться там у них в эфире опровергнуть что-то — бесполезно: телевизионщики без стыда монтируют, как им заблагорассудится. У меня однажды брали комментарий для передачи про барабашек. Потом смотрю, а на экране я уже этот феномен вроде как подтверждаю. Еще один пример. М.Б.Медникова, доктор исторических и кандидат биологических наук, давала интервью для фильма «По следам тайны: города великанов». В фильме утверждалось, что найдены кости четырехметровых людей, и вокруг гигантов прошлого раздувался ажиотаж. Медникова объяснила, почему это фальшивка и по каким причинам четырехметровых людей не было и не будет. Но ее слова так ловко препариовали, что на экране она находку приветствовала и соглашалась с версией о гигантах. И это на канале «Культура»? А чего тогда ждать от других?

Канал ТВ-3 не раз уже показывал фильм «Апокалипсис. Черные дыры», сделанный в 2012 г. На первый взгляд, все замечательно: экспертами выступали не «исследователи аномальных явлений», а академики: астрофизик А.М.Черепашук и физик-теоретик В.А.Рубаков. Они отвечали на вопросы ведущего и прочили человечеству, что жить нам осталось уже недолго. Прожорливые черные дыры, оказывается, уже разинули жадные рты на Землю. А если они нас не сожрут, то есть еще и рукотворные черные дыры! Когда фильм вышел, академики были в шоке — они ничего подобного не говорили и вообще не давали интервью на тему черных дыр! Оказывается, совсем другие журналисты совсем другого канала беседовали с Рубаковым в связи с запуском Большого адронного коллайдера. Эти комментарии и использовали авторы фильма «Черные дыры». И Черепашук тоже не давал интервью для ТВ-3. Такой вот разбой среди бела дня.

Газеты в погоне за тиражом придумывают страшилки не хуже. Есть такой глупый миф про «самовоспламеняющихся людей», он периодически возникает на страницах прессы. В 2008 г. о подобном случае «Аргументы недели» написали: «В Санкт-Петербурге произошло самовозгорание человека». Якобы вскрыли квартиру из-за запаха гари, пожара нет, но хозяин сгорел. Вот чудо так чудо! Но газета опрометчиво дала адрес, и мы попросили волонтера нашей комиссии Г.Г.Шевелева разобраться. Оказалось: старый человек разогревал еду на плите, забыл про нее, она сгорела, квартира заполнилась дымом, бедняга задохнулся.

Порой членам Комиссии по борьбе с лженаукой приходится чуть ли не с боем прорываться на пресс-конференции. Так, когда РИА «Новости» организовало встречу журналистов с группой В.М.Соболева из Волгограда, заявившей об открытии вечного источника энергии, ни одного физика не позвали! В последний момент несколько членов нашей комиссии (академик В.А.Рубаков и два профессора, С.П.Капица и Р.Ф.Полищук)

проникли туда и своими вопросами испортили всю обедню. С тех пор пресса нас просто никуда не пускает. Вот в 2009 г. агентство «Интерфакс» провело пресс-конференцию Джабраила Базиева. Этот специалист по кавказским птицам вдруг проникся интересом к физике, самоучкой проштудировал ее и ниспроверг Эйнштейна. На встречу с ним пригласили только прессу, а члена нашей комиссии доктора физико-математических наук Полищука не пустили. А потом газеты беспрепятственно разносили сенсацию: «По теории относительности нанесен смертельный удар»...

Даже академику Гинзбургу, нобелевскому лауреату по физике, не хватило авторитета, чтобы убедить серьезные газеты не печатать гороскопы. На Западе, кстати, гороскопы — удел желтой прессы. А у нас даже «Российская газета» (правительственное издание!) печатает предсказания всяким там козерогам и тельцам. Это позор. А потом все удивляются, отчего народом легко манипулировать. Да вот потому и легко, что он по гороскопам живет и критически не мыслит. Еще древнегреческий математик и астроном Евдокс (IV в. до н.э.) предостерегал, что не следует доверять халдеям и их предсказаниям о жизни человека, основанным на дне его рождения. И.Кеплер, для которого составление гороскопов было единственным заработком, не скрывал своего пренебрежительного отношения к астрологии, называл ее глупой дочкой многомудрой астрономии, вынужденной для пользы старой разумной матери болтать и лгать.

По интересу к астрологии сегодня население переплюнуло людей прошлого. В одном из выпусков нашего бюллетеня есть любопытные цифры: в XV в. было опубликовано 51 сочинение по астрологии, в XVI — уже 306, в XVII — 399, в XVIII — 198 и в XIX (до 1880 г.) — 47 сочинений. Казалось бы, какая логичная тенденция! По мере просвещения человек теряет интерес к первобытным представлениям о мире. Но нет. В XX в. астрология вновь на коне, а в XXI в. уже приходит к той популярности, которую имела в дремучем XII в.! И тот факт, что со времен Античности это шарлатанство дожило до наших дней, красноречиво говорит об общем уровне образованности населения.

Не могу удержаться от очередных проклятий в адрес СМИ. В этом году разные новостные агентства много раз просили меня прокомментировать сообщения о лекарствах, которые можно покупать по Интернету. Утверждается, что каждый препарат полностью характеризуется некоторым излучением, которое невозможно зарегистрировать (техника еще бессильна), но которые можно записать и передать по Интернету. Задача пациента записать эту передачу на CD-диск. Затем на этот диск надо поставить стакан с водой, и вода через некоторое время приобретет все свойства лекарственного препарата — можно ее пить и ею лечиться.

Эта феноменальная дичь вызвала у меня оторопь: неужели не хватает начального образования, чтобы сразу распознать жульничество? Можно поверить в то, что каждое лекарство испускает какие-то излучения — все слышали о всяческой спектроскопии (разумеется, эти характерные излучения — вздор!). С трудом можно поверить, что это безмерно слабое излучение можно как-то передать по Интернету и записать на диск (ведь если его нельзя зарегистрировать, то как его передать и записать?). Но дальше следует таинственное взаимодействие стакана воды с диском. Неужели никто не знает, что диск содержит спиральную запись последовательности нулей и единиц, которую можно прочесть с помощью лазерной головки под управлением компьютера при непрерывном условии, что диск вращается в специальном устройстве. Здесь же стакан с водой безо всяких устройств таинственным образом получает ключевую информацию с диска, и вода превращается в лекарство. Это чистая магия в наукообразной упаковке. Насколько простодушной действует прославленный шарлатан Аллан Чумак, который просто усилием воли «заряжает» для граждан воду, стоящую у ТВ-приемника.

С.П.Капица еще в 2003 г. на заседании президиума РАН сказал: «Если когда-нибудь будет суд над нашей эпохой, то СМИ будут отнесены к преступным организациям, ибо то, что они делают с общественным сознанием и в нашей стране, и во многих других странах, иначе квалифицировать нельзя».

На что сегодня можно получить патент?

Как известно, в СССР выдавались не патенты, а авторские свидетельства на изобретения. Получить их было непросто, но они служили своеобразным знаком качества — подтверждали, что идея принципиально новая и все работает. Но сейчас иные времена и иные законы. Нынешний патентный закон стоит на страже интересов заявителя, который не обязан давать заявку научное объяснение, поэтому можно получить патент на любой бред. Его выдает государственная структура: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (она же — Роспатент), которая регистрирует патенты и присваивает им номера. Например, «Симптоматическое лечение заболеваний с помощью осинового палочки в момент новолуния для восстановления целостности энергетической оболочки организма человека» — это патент номер 2 983 239.

Беда в том, что народ до сих пор верит, что государство не даст его обмануть. Если у товара есть патент от Роспатента, значит, вещь хорошая, с проверенным эффектом. Если идея здравая и принесет автору деньги, то патент защитит его коммерческие интересы от попыток конкурентов

сделать то же самое. Но патент вовсе не гарантирует, что заявленное в нем предложение — работает, а заявленное открытие не нарушает научных законов. Во многих западных странах надо доказать, что идея, претендующая на патент, технически осуществима. А в России не надо, потому у нас и запатентовано уже несколько десятков вечных двигателей.

В бюллетене «В защиту науки» публиковалась рецензия на такое авторское изобретение: «Устройство для изменения свойств веществ и состоящих из них объектов». Стали наши рецензенты смотреть, какова цель изобретения, над которым работали пять человек. Они, оказывается, придумали абсолютный улучшатель. Стоит им воздействовать на любой предмет, как он улучшает свои качества: топливо становится менее токсичным и отдает больше энергии при сгорании, корм становится питательнее, вода чище и т. д. Более того, улучшателю можно подсунуть не только реальные объекты для улучшения, но и их фотографии. Тогда он делает «энергоинформационный перенос» — и улучшает то, что находится за тысячи километров. Рассматривая устройство чудесного прибора, наши рецензенты обнаружили, что на схеме авторы изобразили много различных спиралей, но забыли подключить источник питания к цепи. И правда — зачем ток «энергоинформационному переносу»? Незачем! И вот на эту глупую коробочку были выданы сразу два патента РФ. Правда, оба уже аннулированы — но не за абсурдность идеи, а за неуплату пошлины.

Особенно много таких приборов в медицинской сфере. Покупатели видят, что патент есть, и верят: чудо-прибор, если приложить его к голове или к другому месту, избавит их от мигреней, подагры, геморроя. А если еще и лампочки мигают — и вообще от всех болезней на свете. Еще очень впечатляет население сам вид лицензий. В Санкт-Петербурге одно время власти самым бессовестным образом выдавали лицензии на «коррекцию биополя».

Группа ученых, в которую входили лауреаты Нобелевской премии Ж.И.Алферов и В.Л.Гинзбург, обратилась с открытым письмом к вице-губернатору, возглавлявшему Комитет по медицине, чтобы он отозвал эти лицензии, поскольку биополе не существует. Но прекратить это прибыльное дело удалось лишь через два года, когда вмешалось главное управление Министерства юстиции РФ. За это время число целителей-корректоров биополя выросло в 15 раз!

Тогда шарлатаны стали подпираться новой бумажкой — санитарно-эпидемиологической справкой. Они знают, что нашему народу главное, чтобы казенный документ был, а что внутри написано, никто не спросит. А санэпидсправка может подтвердить только то, что проданный товар вам не повредит. И на ура идут одобренные санэпидстанцией «матрицы удачи», «магнит для денег», «меда-

льон похудения». Принцип общий: «информационная составляющая выделена, многократно усилена, записана на кристаллический носитель и помещена в контейнер в виде медальона». Санэпидслужба не соврала: физическому здоровью населения этот товар не вредит, а вот душевному? Ведь покупатели верят, что кусочек дешевого металла решит все их проблемы.

«Просветители» и просвещение

Что случилось со многими учеными людьми, чье образование подразумевает рациональный склад ума? Кто-то чует конъюнктуру и спешит заработать. Кто-то многие годы вынужден был сидеть в секретном «ящике», одну и ту же деталь в танке модернизировать. А душа просит высот и свершений. И, выйдя в отставку, он начинает себя реализовывать — низвергает Ньютона, опровергает Паскаля, разбивает в пух и прах Фарадея. Самая глупость получается, когда люди берутся не за свое дело. Вот академик А.Т.Фоменко, он же математик. Зачем лезть в историю и лингвистику, если ничего в них не смыслишь? В итоге придуманную им хронологию опровергли и историки, и лингвисты, и физики с математиками.

Есть в Новосибирске профессор, доктор геолого-минералогических наук А.Н.Дмитриев. Но коли ты геолог, к чему воображать себя специалистом по Солнцу? Дмитриев выдвинул бредовую теорию: Тунгусский метеорит был вовсе не метеоритом, а сгустком озона, посланным заботливым Солнцем на Землю, чтобы залатать озоновую дыру. Еще этот доктор наук рассказывает много интересного про солнечные затмения. Оказывается, когда он наблюдал момент затенения Солнца Лунной, все комары в округе попадали на землю из-за резкого изменения гравитационного поля. Возникает вопрос: все ли в России в порядке с присуждением ученых званий?

Восемь лет назад я во время съемки одной телепередачи схлестнулся с К.Г.Коротковым, профессором Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. Этот новатор предлагает допрашивать покойников. Он обнаружил у них существование «информационных полей», из которых живые могут узнать много интересного. Еще Коротков разработал программу визуализации ауры, которой активно торгует, по которой ставит диагнозы... Если человек сидит, ауры желающим починяет, кармы латает, биополе лудит и энергоинформационные структуры паяет — это его дело. Но когда такой человек учебники пишет и студентам преподает, это уже дело всех нас.

В г.Кинешма в филиале Московского государственного индустриального университета трудится

доцент, преподаватель сопромата В.С.Балыбердин. Он написал книгу «Тайны зарождения Вселенной», которая входит как учебное пособие в обязательную программу вуза. Что там написано? «Известны случаи, когда полтергейст смог перенести матрац из наглухо закрытой комнаты сквозь бетонное перекрытие в подвал, при этом не сделал никаких повреждений». «Эта женщина могла быть перенесена только мыслящей тонкополевой структурой, то есть неким существом параллельного мира»... Да такого преподавателя к студентам на пушечный выстрел нельзя подпускать!

Апофеоз мракобесия — учебник Г.А.Сырецкого «Информатика. Фундаментальный курс», том первый, допущенный российским Министерством образования и науки для технических вузов страны. Там рассказывается, что факты, накопленные в последние годы, физики объяснить не могут! Какие именно? Воздействие сознания на работу физического генератора случайных чисел, биолокация источников воды, явления левитации, психокинеза... Поэтому Сырецкий обещает пересмотр физической картины мира и создание всеобъясняющей модели мироздания.

Самый свежий вопиющий случай был уже в этом году в Московском институте электроники и математики Высшей школы экономики. Лекции студентам читали люди, словно свалившиеся в аудиторию из самых абсурдных передач РЕН-ТВ. Студентов просветили касательно «памяти воды», порекомендовали записанные на компакт-диск «лекарства». Поведали также о существовании пятого фундаментального поля (акустического), о разумных животных, которые читают мысли хозяев, о так называемой «водяной плазме, имеющей восстановительные свойства». В конце лекторы логично пришли к историям про самовоспламеняющихся людей. Студенты сидели с разинутыми ртами, но, надо отдать им должное, не проглотили послушно всю эту собачью чушь, а возмутились и устроили публичный скандал.

Когда в постсоветский период лженаука в России вышла из-под контроля, это стало разрушительным образом сказываться на общественных институтах и безопасности на всех уровнях — от здоровья и образования граждан до разработки государственных программ и стратегий. Но больше всего нас волнует подрастающее поколение. Формальное преподавание естественных наук, без акцента на отличии их метода изучения природы от религиозных, оккультных и мистических методов познания, не создает надежного иммунитета к иррациональному. А такой иммунитет сегодня остро необходим. В руки людей, получающих физико-математическое образование, общество отдает технику все более разрушительной силы. И если их сознание замутнено всякой мистикой, итог будет катастрофическим. ■

Времена и люди Павловы и Вальдгауеры — переплетение судеб

Л.И.Громова

Мемориальный музей-квартира академика И.П.Павлова
Санкт-Петербург

Иван Петрович Павлов и Оскар Фердинандович Вальдгауер — два всемирно известных ученых, живших и работавших в городе на Неве. Оба вошли своими исследованиями в историю науки. Один — великий физиолог, первый в России лауреат Нобелевской премии, о научных достижениях которого, об этапах биографии, о становлении и развитии его научных идей, о смелых экспериментах, проводившихся в его лабораториях, и т.п. написано множество книг и статей. Второй — талантливый археолог, страстный любитель и знаток античной культуры, всю жизнь отдавший ее изучению, написавший сотни научных трудов, проработавший 30 лет в Эрмитаже. Эта статья расскажет о том, как пересекались судьбы самих ученых и близких им людей.

И.П.Павлов

Биография Павлова в общих чертах известна каждому культурному человеку. Мы знаем не только о его выдающихся научных заслугах, но и о его увлечениях астрономией, энтомологией, филателией, коллекционированием живописных полотен русских художников-реалистов.

Меньше знакома нам личная, семейная жизнь Ивана Петровича. А ведь он был и любящим мужем, и отцом четверых детей. Со своей женой Серафимой Васильевной (урожденной Карчевской) он прожил в браке более 50 лет. Она прошла и через все невзгоды допрофессорского жития, с его более чем скромным материальным существованием, и через счастливые годы признания научных достижений своего великого мужа, испытала все тяготы революции и Гражданской войны.

Поворот на научном пути. В 1889 г. Ивану Петровичу Павлову исполнилось 40 лет. К этому времени он, выходец из семьи небогатого рязанского священника, успел окончить семинарию, Санкт-Петербургский университет с золотой медалью и получил диплом «лекаря с отличием» в Медико-хирургической академии (МХА, с 1881 г. преобразована в Императорскую Военно-медицинскую академию, ВМА), где был оставлен для усовершенствования как один из лучших выпускников. Здесь же он успешно защитил докторскую диссертацию «Центробежные нервы сердца». Стажировался за границей — в физиологических лабораториях известных немецких физиологов К.Людвига и Р.Гейденгайна. Стал приват-доцентом Императорской Военно-медицинской академии, читал там лекции по физиологии и продолжал вести научную работу в лаборатории профессора С.П.Боткина, под руководством которого работал уже много лет. Но его главная мечта — получение профессорского звания и места заведующего кафедрой физиологии — так и оставалась пока не-



Иван Петрович Павлов с женой Серафимой Васильевной и детьми Верой, Всеволодом, Виктором и Владимиром. Начало 1900-х годов. Из фондов Мемориального музея-квартиры академика И.П.Павлова.

© Громова Л.И., 2015

осуществленной. Он неоднократно заявлял свою кандидатуру и баллотировался на получение кафедры в разных научных учреждениях, но, к своему великому огорчению, по той или иной причине получал везде отказ.

Переломным в жизни Павлова стал 1890 год. По словам его жены, восторжествовала поговорка: «Счастье, как и несчастье, не приходит одно». 23 апреля Иван Петрович был назначен экстраординарным профессором на кафедру фармакологии Томского университета, а на следующий день, 24 апреля, избран конференцией ВМА профессором кафедры фармакологии в своей alma mater. Несложно догадаться, что именно он выбрал. Кафедру фармакологии в академии он будет возглавлять пять лет, а с 1895 г. станет, в конце концов, руководителем кафедры физиологии. В 1891 г. Павлов возглавит также и физиологический отдел в Императорском институте экспериментальной медицины (ИЭМ), только что созданном принцем А.П.Ольденбургским. Работе в ИЭМ Павлов отдаст больше 45 лет своей жизни.

С его назначением на эти хорошо оплачиваемые должности в семье Павловых, наконец-таки, появился достаток. Они смогли снять просторную и светлую шестикомнатную квартиру на Введенской улице на Петербургской стороне, где выросли их четверо детей, а летом стали ежегодно выезжать в Силламяэ (на русский манер его называли Силламяги) — чудное дачное место под Нарвой, расположенное на берегу Финского залива, которое облюбовала для летнего отдыха петербургская интеллигенция: ученые, писатели, художники, музыканты. Любимыми занятиями отдыхающих здесь были купание, катание на лодках, дальние велосипедные и пешие прогулки, игра в городки, походы за грибами и ягодами.

Вера Павлова и Нина Рюккер. Молодежь увлекалась теннисом, даже создала на паях Тюрсельский теннисный клуб, который арендовал корт в расположенном рядом с Силламяэ имении Тюрсель и имел свой устав и 20 членов-учредителей — обладателей паев. Среди учредителей значились все дети Ивана Петровича: Владимир, Вера, Виктор и Всеволод, а также молодежь из других семей, проводивших свое лето в Силламяэ: Баумгартенов, Паппе, Кюнеров, Виноградовых, Егоровых и Прохоровых. Входила в число учредителей и близкая подруга Веры Павловой — Нина Рюккер. Ее отец, Эрнест Густавович фон Рюккер,



Иван Петрович Павлов. 1885 г. Из фондов Мемориального музея-квартиры академика И.П.Павлова.

Фото О.Гач (O.Nach, Лейпциг)

немец, преуспевающий банковский служащий, снимал дачу в Силламяэ долгие годы. Девушки очень подружились, в их характерах было много общего — тяга к знаниям, целеустремленность, несомненная интеллигентность.

Семья Рюккеров была весьма состоятельной. Жена Э.Рюккера (урожденная Кистер) тоже была немкой, предки ее жили в Петербурге с XVIII в. Они были в основном военными медиками, принимали участие в войне 1812 г. На 7-й линии Васильевского острова, в доме №6, Рюккерам принадлежал целый этаж. (После революции его разделяют на три квартиры, в которые поделят чужих людей, оставив Рюккерам сначала пять, а потом и вовсе две комнаты.) Нина, ее брат Рудольф, как и Вера Павлова, выросли в достатке, но не были приучены кичиться своим

происхождением, напротив, всегда были скромны. Нина училась в частной гимназии на углу 1-й линии и Большого проспекта на Васильевском острове. Она в совершенстве владела немецким, французским и английским языками. Позже, уже при советской власти, она окончила Институт иностранных языков им.М.Н.Покровского, сдав последние курсы экстерном — только для того, чтобы иметь диплом, без которого ее не брали на должность преподавателя в техникуме.

После Октябрьского переворота. Революция перевернула спокойную и респектабельную жизнь обитателей Силламяжских дач, свергнув их, как и все население страны, в хаос Гражданской войны, голода, болезней и тяжелейших испытаний, который затянется на несколько лет.

В 1918 г. семья Павловых в целях экономии переехала из квартиры на Введенской улице, где они прожили 28 лет, в казенную шестикомнатную квартиру жилого дома Академии наук (7-я линия Васильевского острова, д.2). Там они оказались ближайшими соседями Рюккеров. Жизнь в новой квартире началась с трагедии — потери среднего сына. 27-летний Виктор, талантливый молодой ученый, по дороге в Ростов-на-Дону умер от тифа в больнице на станции Барвенково. Младший сын Всеволод в это время находился за границей (он останется в эмиграции на долгое время, вернется на родину лишь в 1928 г.). Жили Павловы вчетвером: Иван Петрович с женой, 28-летняя Вера и старший сын Владимир, которому исполнилось к тому времени 34 года.

В 1919 г. положение только ухудшилось. В.Д.Бонч-Бруевич, занимавший тогда пост управ-



Дача в Силламяэ, которую Павловы снимали с 1890 по 1917 г. Из фондов Мемориального музея-квартиры академика И.П.Павлова.

ляющего делами Совета народных комиссаров РСФСР, так характеризовал этот ранний период послереволюционной жизни: *Революция шла вперед, неся и завоевание, и огромное разорение. Холод и голод надвинулись на нашу страну. Города пустели, ибо все стремились уехать куда-либо поближе к земле, к продуктам питания. Перед горожанами стал вопрос, как жить, чем жить. Подвоз прекратился. Железнодорожный транспорт почти бездействовал, еле справляясь с перевозкой войск, орудий, снарядов и провианта для Красной армии. Наступило время, когда все вещи расценивались на фунты муки, кружки молока, охапки дров. Шла борьба за само физическое существование. И если всем было тяжело, то совершенно не приспособленные к жизни представители науки, искусства, литературы переживали этот величайший кризис особенно тяжело и трудно* [1, с.426].

Это высказывание в полной мере касалось и семьи Павловых, и семей их близких друзей. Зима 1919 г. была очень суровой, научная жизнь в павловских лабораториях почти замерла, собаки погибали от голода и холода, сотрудники заболели

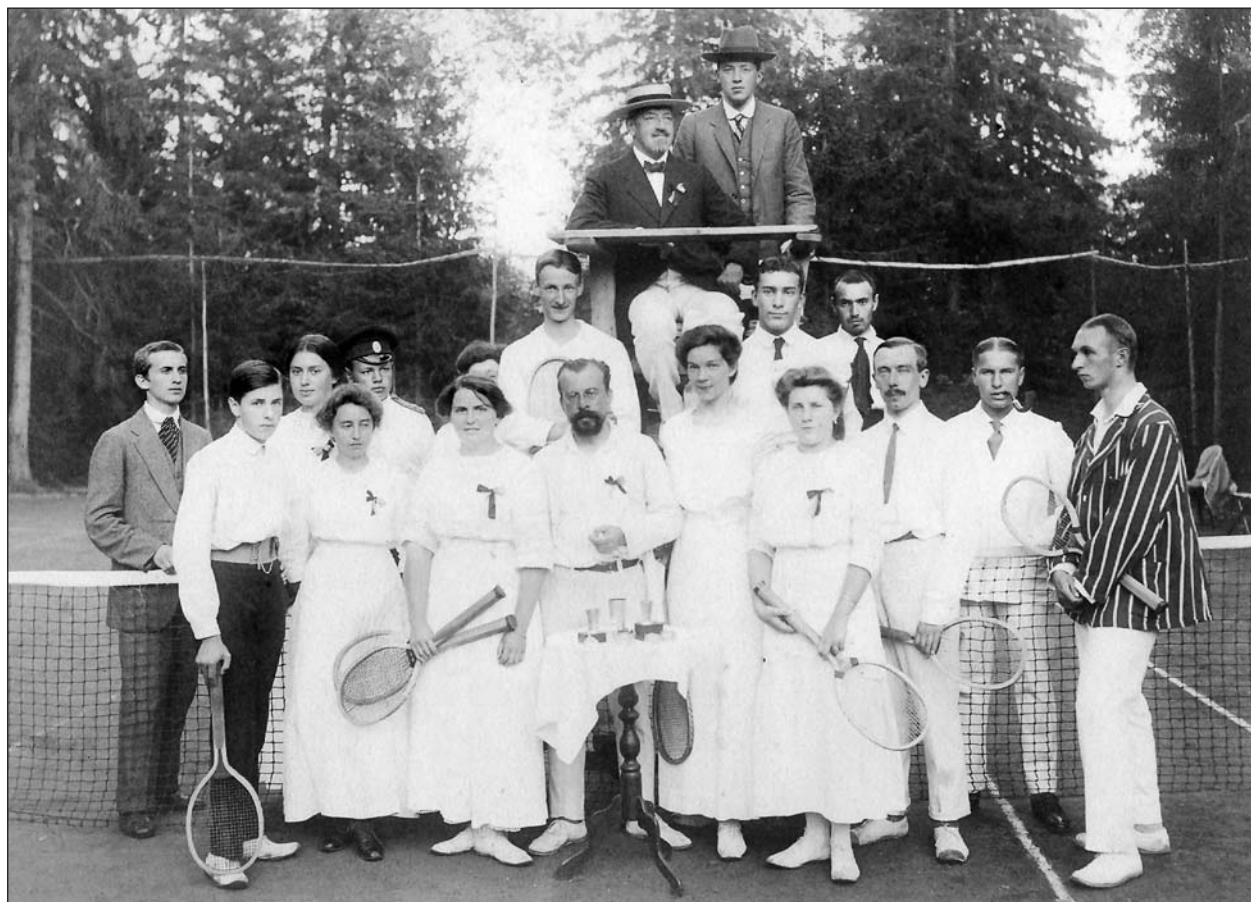
от ужасных условий тогдашнего существования. Но Иван Петрович продолжал упорно работать. В своих воспоминаниях о тех годах Серафима Васильевна пишет: *С утра Иван Петрович уходил пешком на Выборгскую сторону в Военно-Медицинскую Академию, где читал лекции. Оттуда также шел пешком в ИЭМ на Лопухинскую улицу и пешком же возвращался к обеду домой. Шел он обратно уже в темноте (тогда не было никакого уличного освещения), пробираясь по глубокому снегу. А ведь ему было 70 лет! Часто мы с сыном выходили навстречу, боясь, что он где-нибудь упал и лежит. Но он всегда возвращался бодрым и подсмеивался над нашим страхом. Он не терял ни бодрости, ни сил. Ему помогала привычка к физической работе. Какую же пищу он получал за такую ходьбу? Тарелку, чуть заправленную постным маслом, навару из овощей, которые удавалось достать, ложку-две каши, или же две печеных картошки, да стакан ячменного кофе, или морковного чая, редко когда с сахаром. А большей частью с сахарином. Вместо хлеба — какая-то сырая масса неопределенного цвета и вкуса, и это еще было хорошо! Бывали дни, что сын приносил из коопе-*

ратива ученых мешок мерзлого гнилого картофеля, перемешанного с землей, да несколько сеledок с отгнившими головами. Мы с ним лопатой бросали картофель в раковину и из ледяной воды вылавливали кусочки годного картофеля. Эти кусочки раскладывали на стол для просушки. Из целого мешка можно было выбрать только четверть или одну шестую часть, да и эта часть имела отвратительный запах, который невозможно было отбить никакими приправами. А клали туда все, что только могли достать: чеснок, лук, перец и т.п. Несмотря на то, что наши мужчины геройски ели это кушанье, ни я, ни дочь, не могли проглотить ни одного кусочка. Из гнилых сеledок я делала котлеты, которые не только в нашей семье, но и в семьях наших друзей — у профессора Иностранцева, у скульптора Позена — пользовались большим успехом [2, с.256].

Павлов и власть. Доведенный до отчаяния, в июне 1920 г. Павлов обращается в Совнарком с просьбами об отъезде за границу, где он мог бы продолжать свою научную работу. Он подробно описывает бедственное положение своих лабораторий, ужасные условия жизни не только своей семьи, но и семей других ученых, соседей по «До-

му академиков». В письме к своему бывшему ученику В.К.Трофимову он откровенно объясняет причины своего поступка: *«Жить мне осталось немного. Вступил в восьмой десяток лет, но мозг еще работает исправно, и мне очень хочется более или менее закончить мою многолетнюю работу о больших полушариях. Оставаясь здесь, я не достигну цели. Помехи и материальные, и нравственные, и умственные прямо неодолимы. За границей надеюсь найти нужную мне, хотя и не взыскательную обстановку жизни и работы... Тяжело, страшно тяжело, да еще в мои годы оставлять родину, но что же делать. Сил нет жить здесь при теперешних условиях [3].*

Письма Павлова, адресованные в Совнарком, были переданы наркомом просвещения А.Ф.Луначарским непосредственно В.И.Ленину. Тот 25 июня направил письмо председателю Петроградского исполкома Г.Е.Зиновьеву, в котором просил обеспечить Павлова всем необходимым, *«в виде исключения предоставить ему сверхнормативный паек и вообще позаботиться о более или менее комфортабельной для него обстановке, не в пример прочим [4, т.51, с.22].* Протоколы заседаний Президиума Петроградского совета показывают, что



Члены Тюрсельского теннисного клуба. В первом ряду: вторая слева Вера Павлова, рядом с ней Нина Рюккер. Во втором ряду: второй справа Рудольф Рюккер. Из фондов Мемориального музея-квартиры академика И.П.Павлова.

25 июня, 27 августа, 10 сентября, 3 и 30 октября исполком обсуждал заявления Комиссии по улучшению быта ученых (КУБУ) и просьбы Академии наук о продовольственных пайках для ученых города, однако далеко не все могли рассчитывать на улучшение своего положения.

В ноябре 1920 г. в Петроград пришел вагон с медикаментами, присланными шведским Красным Крестом. В сопроводительном письме среди прочего содержалась просьба разрешить Павлову «выехать в Швецию, где ему была бы предоставлена возможность в благоприятной и спокойной обстановке проводить свои великие исследования». В письме подчеркивалось, что «...эта идея возникла в научных кругах Института Нобелевских премий... профессору Павлову ничего о ней неизвестно» [5, с.682].

Ленин, ознакомившись с письмом, написал Н.П.Горбунову, управляющему делами Совнаркома: 2.1.1921. Тов. Горбунов! Снесите с Семашко и М.Н.Покровским. Дело скандальное. Надо по соглашению с обоими составить проект моего ответа и прислать мне [4, т.52, с.43]. Уже через четыре дня проект ответа был представлен Ленину с приложенной к нему пространной докладной запиской Э.Енчмена, проводившего по просьбе заместителя наркома просвещения М.Н.Покровского обследование павловской лаборатории в Институте экспериментальной медицины. Этот документ рисовал весьма тяжелую картину состояния лаборатории. Подготовленный проект письма Ленина в целом удовлетворил, но он написал новое поручение Горбунову: *Надо: 1) дать перевести на немецкий (хороший), 2) проверить (у Семашко и М.Н.Покровского или через них), нельзя ли добавить, что Павлов не просился уезжать (верно ли, что он не хотел бы уехать?), что ему даны были льготы такие-то. Ввиду того, что мое письмо могут опубликовать, желательное очень добавить это* [4, т.52, с.45].

17 января 1921 г. Петроградский губисполком обсуждал записку Енчмена и принял решение «направить из Секретариата тов. Ершова на предмет детального ознакомления и проверки присланных сведений о жизни профессора Павлова» [6, с.615].

24 января 1921 г. Ленин вызвал в Кремль председателя КУБУ А.М.Пешкова (М.Горького), беседовал с ним о создавшейся ситуации и тем же числом подписал постановление Совнаркома «Об условиях, обеспечивающих научную работу академика И.П.Павлова и его сотрудников», в котором отмечались «совершенно исключительные научные заслуги Павлова, имеющие огромное значение для трудящихся всего мира» [4, с.262]. Совнарком постановил:

1. Образовать на основании представления Центросовета специальную комиссию с широкими полномочиями в следующем составе: т. М.Горького, заведующего высшими учебными заведениями Петрограда т. Кристи и члена Коллегии Отде-

ла управления Петросовета т. Каплуна, которой поручить в кратчайший срок создать наиболее благоприятные условия для обеспечения научной работы академика Павлова и его сотрудников.

2. Поручить Государственному издательству в лучшей типографии республики отпечатать роскошным изданием заготовленный академиком Павловым научный труд, сводящий результаты его научных работ за последние 20 лет, причем оставить за академиком И.П.Павловым право собственности на это сочинение как в России, так и за границей.

3. Поручить Комиссии по рабочему снабжению предоставить академику Павлову и его жене специальный паек, равный по калорийности двум академическим пайкам.

4. Поручить Петросовету обеспечить профессора Павлова и его жену пожизненным пользованием занимаемой ими квартирой и обставить ее и лабораторию академика Павлова максимальными удобствами [4, с. 262, 263].

Это постановление окончательно определило судьбу Ивана Петровича — остаться на родине. Но от специального пайка Павлов решительно отказался. Из Петросовета в Смольный пришло письмо, в котором, в частности, говорилось: «Относясь с уважением к личной жизни профессора Павлова, мы ничего не в силах сделать, т.к. он упорно отвергает помощь. Он говорит, что не может пользоваться привилегиями, которыми не пользуются его коллеги... Положение профессора Павлова может быть улучшено только путем снабжения семейными пайками ведущих ученых Петрограда; это, возможно, удовлетворит Павлова» [7]. Этот демарш Ивана Петровича возымел свое действие: многие научные работники Петрограда решением Центральной комиссии по улучшению быта ученых были вскоре также обеспечены пайками, хоть и не столь обильными, но вполне приемлемыми.

О.Ф.Вальдгауер

Соседи Павловых по 7-й линии, Рюккеры, не были столь обласканы властью — они пережили и голод, и подселение в свою квартиру чужих людей, и частые обыски. Нина Рюккер зарабатывала преподаванием иностранных языков, кроме того, будучи сотрудницей Международного Красного Креста, часто дежурила в госпиталях, ухаживая за больными. В одном из них в 1921 г. произошла ее судьбоносная встреча с человеком, попавшим на больничную койку с переломом ноги. Расспрашивая его о причинах болезни, она была удивлена рассказом о том, что нога была сломана упавшей на нее античной скульптурой, которую он пытался спасти от неминуемого разрушения при падении. Скульптура уцелела, а вот нога — нет.

Заинтересовавшего Нину человека звали Оскар Фердинандович Вальдгауер. К тому времени

он был уже известным ученым, специалистом по истории античного искусства, многолетним сотрудником Эрмитажа, преподавателем Петроградского университета. Он, как и Нина, имел германские корни — происходил из древнего рода немцев, живших в Балтии еще во времена царствования императрицы Анны Иоанновны. В доверительных беседах с Ниной он рассказал, что увлеченность древним искусством пришла к нему еще в гимназические годы, позже в Мюнхене он учился у выдающегося ученого, одного из основоположников античного искусствознания А.Фуртвенгера. Получив в Германии степень доктора философии, он приехал в Россию и подал прошение о зачислении его в Эрмитаж, где мечтал работать еще со студенческих лет. В 1904 г. он был причислен к отделу древностей, но без получения содержания, пока только в качестве кандидата на должность. Через многие трудности пришлось пройти Оскару Фердинандовичу, пока он смог убедить всех в своей безусловной профессиональной пригодности, показать широту своего кругозора, смелость и остроту научной мысли, и стать, в конце концов, хранителем отдела древностей Эрмитажа.

Его удивительная работоспособность позволяла наряду с эрмитажной научной деятельностью вести и активную педагогическую работу: он преподавал сначала греческий язык, а потом и историю искусств в Реформаторском училище (Училище при немецкой реформаторской церкви), в Институте истории искусств, основанном в 1912 г. графом В.П.Зубовым (Зубовском институте), а позже в Императорском Санкт-Петербургском университете и в Императорской академии художеств. Его талант истинного учителя заключался не только в том, чтобы передавать свои знания и свое понимание искусства другим, но и в том, чтобы вызывать к жизни творческое мышление своих учеников.

Кроме того, Оскар Фердинандович был прекрасным музыкантом — он виртуозно играл на виолончели. Его мать, талантливая пианистка, дала музыкальное образование всем детям. Одна сестра Оскара, Эдит, стала профессиональной скрипачкой, другая — Мария — превосходно играла на фортепиано. Дома часто устраивались музыкальные вечера, эта любовь к совместному семейному музицированию сохранялась и в более поздние годы.

Нина Рюккер была покорена своим новым знакомым. В феврале 1922 г. они решили пожениться. Оскар Фердинандович написал матери:



О.Ф.Вальдгауер.

Здесь и далее фото из [8, вклейка между с.96 и 97].

В диком беспорядке моей жизни, в шторме, бушующем вокруг и внутри меня, должно наступить затишье, и сознание необходимости войти в гавань совпало с более близким знакомством с этим милым человеком... Нине — 30, мне — 38, нам нет нужды созреть, и мы решили не ждать. Каждый день показывает мне, как верно я поступил, и я питаю твердую уверенность, что мы оба нашли наше счастье [8, с.94].

Судьба немца в России начала XX в. Желание обрести спокойную гавань к тому времени появилось у Вальдгауера не случайно. Его успешная работа в Эрмитаже, кропотливый научный труд по изучению огромной музейной коллекции древних античных ваз ценились весьма высоко не только

в России, но и среди зарубежных коллег. Он неоднократно выезжал с докладами за границу, участвуя в работе крупных научных форумов. Однако все изменилось в 1914 г., с началом Первой мировой войны. Петербург, как всю Россию, захватила волна германофобии, было разгромлено германское посольство, столица сменила имя на Петроград. Немецкий язык был запрещен для переписки. Эти настроения проникли и в университет, и в эрмитажную среду. Университетские антиковеды (М.И.Ростовцев и особенно С.А.Жебелев и Г.Ф.Церетели) весьма недоброжелательно относились к коллегам, работавшим в Императорском Эрмитаже, а присутствие среди них большого числа немцев их особенно раздражало. Церетели даже написал сатирическое стихотворение по этому поводу [9, с.245]:

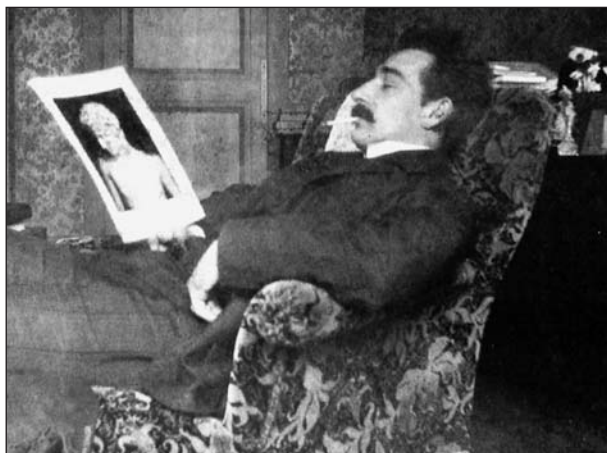
*Есть здание пышное на стогах Петрограда.
То — Эрмитаж, немецких душ приют,
Где балты «верные», Германии отрада,
Плоды ее теплиц, и зреют, и гниют.
В том зданьи сказочном,*

*где блеск царит волшебный,
Где всюду золото, и яшма, и порфир,
Они лишь царствуют, Вильгельму гимн хвалебный
Срывая с струн своих немецких лир.
Была пора: под сенью самодержавной власти
Росли они, на Запад обратясь,
И к злату русскому не сдерживали страсти,
На имя русское с презрением косясь...*

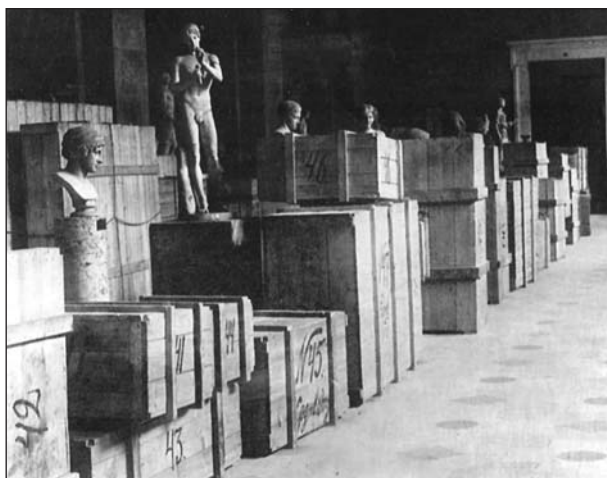
Общие антинемецкие настроения напрямую коснулись и Вальдгауера. Профессор Жебелев стал инициатором «научной дискуссии», по сути превратившейся в травлю Оскара Фердинандовича, получившего в 1916 г. звание профессора.



О.Ф.Вальдгауер в своем рабочем кабинете.



О.Ф.Вальдгауер в домашней обстановке.



Экспонаты Эрмитажа, подготовленные к эвакуации, в одном из залов античной скульптуры. 1917 г.

В июне того же года образовалась группа, выступившая против его книги «Пифагор Регийский», которая была задумана и готовилась для защиты в университете как магистерская диссертация по искусствоведению, и других его произведений. На книгу было написано несколько рецензий с отрицательными отзывами, причем одна из них, сочиненная Б.В.Фармаковским, занимала 65 страниц, при том что сама книга имела объем в 88 страниц. Рецензенты не стеснялись в выражениях и обвиняли Вальдгауера даже в плохом знании русского языка. Оскар Фердинандович ограничился кратким ответом только Фармаковскому, но очень тяжело переживал эту историю.

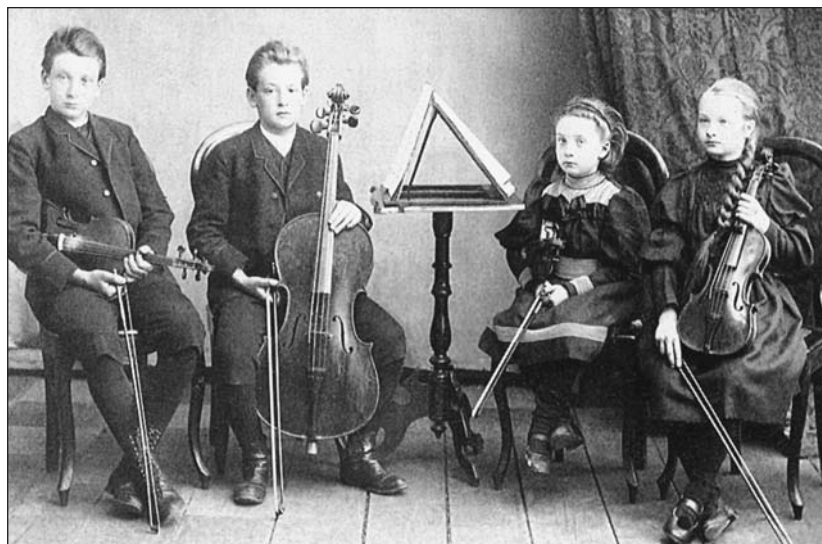
В 1917 г., принесшем революции и начавшем Гражданскую войну, Вальдгауер занял осторожную позицию, не проявляя никакой политической ориентации и стараясь остаться независимым специалистом по археологии и музейному делу. Эрмитаж был закрыт для публики из-за опасений эксцессов разного рода. Запрет немецкого языка в России все еще оставался в силе. Будучи в командировке в Швеции, Оскар Фердинандович писал оттуда матери: «...Милая мамочка, как чудесно иметь возможность снова писать тебе по-немецки и не мучиться с английским или французским. Но это дурацкое запрещение будет отменено» [8, с.107].

В декабре 1917 г. экспозиция крупнейшего музея Петрограда была вновь открыта для публики. В это тяжелейшее время, когда люди в условиях разрухи, холода, голода, смертельных болезней были вынуждены бороться порой только за свое физическое существование, многие из сотрудников покинули Эрмитаж, но Оскар Фердинандович оставался на посту заведующего отделом древностей. Здесь наряду с традиционными видами деятельности, такими как инвентаризация, каталогизация и научная работа, под его руководством проводится устройство выставок памятников античного искусства, собранных в разных местах и окрестностях города и спасенных таким образом от неминуемого уничтожения в этот тяжелый период. С конца 1918 г. еженедельные заседания отдела древностей Эрмитажа становятся обязательными и протоколируются. До наших дней эти дневники служат документальным источником событий того времени. На заседаниях отдела ставятся вопросы об организации отделения археологии России, об организации в Петрограде Археологического музея, о подготовке и проведении различных выставок и т.п. Вальдгауер прини-

мает участие и в заседаниях совета Эрмитажа, обсуждая с коллегами важные вопросы жизни музея, его реорганизации, проблемы реэвакуации эрмитажных ценностей из Москвы, куда они были отправлены для спасения в 1917 г. Члены совета активно ратовали за безотлагательное возвращение своих экспонатов, боясь, что они могут «осесть» в Москве при создании Музея западного искусства. В ноябре 1918 г. Оскар Фердинандович специальной коллегией, состоящей не только из сотрудников Эрмитажа, но и представителей университета, Академии наук, Русского музея и т.п., был избран хранителем отдела древнего искусства (Древние Рим и Греция). Продолжал он и активную педагогическую деятельность в Академии художеств (преобразованной в 1918 г. в Петроградские государственные свободные художественно-учебные мастерские), в университете, на Высших курсах искусствознания при Институте истории искусств; позже выезжал читать лекции в Московский государственный университет и Всесоюзную академию архитектуры, где руководил и занятиями нескольких аспирантов.

Но пристальное внимание органов ЧК к деятельности Вальдгауера, по-видимому, не ослабевало. В конце мая 1919 г. он был арестован вместе с «подозрительными бумагами» — его архивом — и отпущен только после ходатайства дирекции Эрмитажа и лично Горького. Эти неприятности не могли не сказаться на здоровье Оскара Фердинандовича, осенью того же года он попал в больницу с тяжелым воспалением легких и плевритом, у него болело сердце, была вконец расшатана нервная система. Но в 1920—1922 гг. он продолжал работать на износ, организовал на постоянной основе выставку отдела древностей, набрал много новых сотрудников — своих единомышленников, с которыми продолжал спасать античные памятники в брошенных дворцах и усадьбах.

Семейная жизнь. В это тяжелейшее время он и встретил Нину Рюккер, которая стала для него настоящим ангелом-хра-



Квартет юных музыкантов семьи Вальдгауеров. Слева направо: Оскар, Карл, Мария, Эдит. 1894 г.

нителем. Оскар Фердинандович обрел наконец семью, впервые за долгие годы кто-то стал заботиться о нем, готовить ему еду, следить за его здоровьем. В 1923 г. у Вальдгауеров родилась единственная и любимая дочь — Эдит.

С женитьбой на Нине мало что изменилось в привычках Оскара Фердинандовича, работа продолжала оставаться главным его делом. Нина старалась привыкнуть к стилю жизни своего мужа: после работы в Эрмитаже он обедал с семьей, друзьями или учениками, а потом уходил к себе в комнату, куда брал с собой еду, чай или кофе, и продолжал трудиться до поздней ночи или до



О.Ф. Вальдгауер с учениками в одном из залов Античного отдела Эрмитажа.



Н.Э.Вальдгауер с дочерью Эдит. 1925 г.

утра. Его жизненный принцип: «работать, работать и работать» давал неизменно высокие научные результаты и признание коллег. В 1927—1928 гг. его назначили временно исполняющим обязанности директора Эрмитажа.

Нина Эрнестовна продолжала преподавать немецкий язык, вела домашнее хозяйство и занималась воспитанием дочери. Эдит подрастала, и в это время мать с дочерью часто бывали в доме у своих ближайших соседей — Павловых. Дружба между Ниной и Верой Павловой сохранялась, как и в прежние времена.

Период успешной работы и достаточно спокойной жизни продолжался до декабря 1934 г. После убийства С.М.Кирова в городе начались репрессии, аресты и т.п. Каждый жил в то время в ожидании чего-то страшного, непоправимого. Не миновали эти тяжелые переживания и семью Вальдгауеров. Оскар Фердинандович чувствовал себя очень плохо, сильно нервничал, предвидя возможные неприятности для себя и родных. Во время празднования Нового года у него случился сердечный приступ, позже, возможно из-за прободения язвы, открылось внутреннее кровотечение, с которым его увезли в больницу, но спасти не смогли, и 14-го января 1935 г. он скончался.

Все расходы и заботы о похоронах Эрмитаж взял на себя. Провожали Вальдгауера в последний путь торжественно, с большими почестями. Нина Эрнестовна вспоминала, что гроб с телом мужа был установлен для прощания в одном из залов музея, специально декори-

рованном для этого. Трио музыкантов играло траурные мелодии, каждый час в почетном карауле сменялись ученики Оскара Фердинандовича, коллеги-профессора, его многочисленные друзья из разных институтов. 16 января в 16 часов состоялась гражданская панихида, и открытый гроб с телом покойного был пронесен по залам, где он проработал почти всю свою жизнь.

После смерти О.Ф.Вальдгауера

Со смертью мужа все изменилось в жизни Н.Э.Вальдгауер и ее дочери. Спустя два месяца, в марте 1935 г., Нина Эрнестовна была арестована по подозрению в шпионаже. Через несколько дней ее выпустили, но предписали в течение 48 часов выехать из Ленинграда вместе с 12-летней Эдит. Времени на сборы практически не было.

Сегодня Эдит Оскаровна Яковкина, дочь Оскара Фердинандовича и Нины Эрнестовны Вальдгауеров, живет в Санкт-Петербурге. Это человек удивительно интеллигентный, с добрым сердцем, внимательно и уважительно относящийся к окружающим ее людям. Несмотря на свой почтенный возраст, она до сих пор помнит события тех страшных лет. Из ее рассказа мы доподлинно узнали о дальнейшей судьбе ее матери и ее самой.

Когда Нина Эрнестовна узнала о своей срочной высылке из города, она предприняла усилия для спасения хоть какой-то части имущества, имевшегося у них с дочерью. В этом ей помогали жившая рядом Вера Ивановна Павлова и другие друзья семьи. Они успели кое-что из вещей вынести из дома до того, как нужно было оставить квартиру. Конечно, удалось спасти только то, что

было им по силам: столовое серебро, горку с очень хорошей посудой и т.п. Это делалось в надежде на то, что когда-нибудь они вернуться, чтобы хоть что-то сохранить до того времени в домах своих друзей. Но, конечно, основная масса имущества осталась в квартире. Больше всего Эдит Оскаровна жалеет о потере их колоссальной семейной библиотеки, десятилетиями собиравшейся ее предками. Даже сейчас она говорит об этом: «До сих пор не могу прийти в себя».

Пришли за ними ночью 24 марта. По словам Эдит Оскаровны, тогда много было высла-но петербургской интеллигенции по разным местам — в Саратов, в Уфу, в другие города. Им с матерью было предписано выехать на пять лет в Астрахань.



Оскар Фердинандович Вальдгауер. Рисунок В.Д.Семеновы-Тян-Шанской.

Жизнь Вальдгауеров в Астрахани сложилась более или менее благополучно, хотя средств для существования явно не хватало. Нина Эрнестовна смогла найти жилье и работу одновременно. Она устроилась в семью, имевшую дочь такого же возраста, как ее Эдит. Она готовила ей еду, занималась с ней уроками, учила ее языкам, словом, выполняла обязанности гувернантки. Поэтому можно было не платить за жилье, однако денег катастрофически не хватало, несмотря на то, что Нина Эрнестовна подрабатывала, давая частные уроки немецкого языка. Каждый месяц ей нужно было приходить в органы НКВД, чтобы подтвердить свое пребывание в городе, но переписка была разрешена. Это было очень важно, так как позволяло не только получать письма от друзей со словами поддержки, но и обращаться за конкретной помощью.

Письмо И.П.Павлова в защиту Н.Э.Вальдгауер. Первым с просьбой о такой помощи Вальдгауерам выступил Павлов. Он уже не раз до этого обращался в Совнарком с письмами в защиту многих ссыльных и репрессированных, и его просьбы имели результат — власти освободили, вернули из мест высылки, восстановили в правах многих из тех, за кого он просил*. Вступился он и за подругу своей дочери, которую давно и хорошо знал. В очередном письме к В.М.Молотову от 8 декабря 1935 г. Павлов писал:

Глубокоуважаемый Вячеслав Михайлович!

Позвольте мне еще раз обратиться к Вам с просьбой об освобождении от наказания и о возвращении в родной им Ленинград очень многих из большой группы без вины виноватых, немногих потому, что этих я знаю давно, даже очень давно, и хорошо знаю. Это — высланные весной. Они ни в каком отношении и ни малейше не были вредными нынешнему нашему режиму и, честно работая, следовательно, были полезными. А в ссылке, как штемпелеванные правительством, не могут найти себе какой-либо работы и почти или совсем нищенствуют. И это — семейные люди и с детьми. Вот за кого я прошу. 1) Нина Эрнестовна Вальдгауер с 12-летней учащейся дочерью, вдова археолога, заведовавшего античным отделом Эрмитажа, умершего в начале этого года и похороненного на государственные счет, сама преподавательница немецкого языка в технических заведениях, вы-

слана в Астрахань (Рождественский бугор, улица Калинина, д. №39). 2) Николай Владимирович Фольборт с женой и учащейся дочерью, служил бухгалтером и преподавал немецкий язык. Выслан в село Урицкое в 125 км от Кустаная, где нет ни работы, ни возможности дочери учиться, ни врачебной помощи, и 3) Александр Николаевич Зотов и жена его Валентина Павловна, урожд. Адлерберг с ребенком. А.Н. работал по счетоводству, В.П. занималась в моей лаборатории, была ассистентом при физиологической кафедре здешинего Ветеринарного института и состояла в последнее время доцентом в Гос. институте физической культуры им.Лесгафта. Выслана в г. Оренбург, Селивановский пер., 12 [10].

По-видимому, терпение власти по отношению к подобным просьбам Павлова к тому времени иссякло. На машинописной копии приведенного письма стоит резолюция: «Т. Сталину. Это письмо акад. Павлова. Намерен ответить ему по существу. В.Молотов».

28 декабря Молотов отправляет Павлову ответ: *Глубокоуважаемый Иван Петрович!*

В связи с Вашим письмом от 8 декабря должен сказать следующее.

Вы пишете о нескольких лицах, высланных из Ленинграда, и выражаете уверенность в том, что в указываемых Вами случаях, как и в ряде других, высылка незаслуженна. Могу Вас заверить, что советские власти охотно исправят действительно допущенные на месте ошибки, и в отношении указываемых Вами лиц будет произведена надлежащая проверка. Но, с другой стороны, должен Вам прямо сказать, что в ряде случаев дело оказывается вовсе не таким простым и безобидным, как это иногда кажется на основе обычного житейского опыта, старых встреч, прежних знакомств и т.п. Мне во всяком случае не раз приходилось в этом убеждаться, особенно в сложной и богатой крутыми переменами политической обстановке нашего времени, — после более серьезной проверки отдельных случаев» [11].

Письмо Н.Э.Вальдгауер в Комитет помощи ссыльным и заключенным. Не дождавшись положительной реакции властей на ходатайство Павлова, в феврале 1936 г. Нина Эрнестовна была вынуждена обратиться за помощью к Е.П.Пешковой — известной правозащитнице, возглавлявшей Комитет помощи политическим ссыльным и заключенным (Помполит). За годы своей деятельности (1922—



Н.Э.Вальдгауер.

* «Пощадите же родину и нас». Протесты академика И.П.Павлова против большевистских насилий // Источник. 1995. №1(14). С.138—144.

1937) комитет множество раз оказывал репрессированным материальную помощь, наводил справки об их нахождении для родственников, давал юридические советы. В те времена Помполит зачастую был единственным адресом, по которому можно было обратиться и получить ответ. В обстоятельном письме к Е.П.Пешковой от 1 февраля 1936 г. Н.Э.Вальдгауер писала [12, д.1542, с.136, 137]:

Многоуважаемая Екатерина Павловна!

Обращаюсь к Вам с большой просьбой. Прошу вашего ходатайства и совета, куда и к кому мне обратиться, чтобы моя дочь получала пенсию после смерти своего отца, моего мужа Оскара Фердинандовича Вальдгауера. Проф. О.Ф.Вальдгауер работал 30 лет в Гос. Эрмитаже в Ленинграде. Был представлен Эрмитажем к званию заслуженного деятеля науки, имеет около 100 печатных трудов, труды которого и сейчас после его смерти печатаются в Москве.

Умер он 14 января 1935 г. Похоронен на средства Гор[одского] совета на Литераторских мостках на Волковом кладбище. После его смерти директор Эрмитажа обещал мне пенсию до окончания образования дочери Эдиты 12 л., в размере последней зарплаты моего мужа, т.е. 450 р. Кроме того, мой муж, после 25-летней службы, получал акад[емическую] пенсию в размере 225 р., которую после его смерти должна была бы получать в половинном размере моя дочь (его пенсионная книжка №1202).

26-го марта 35 г. меня, как дочь дворянина, выслали в Астрахань на 5 л. Дочь я взяла с собой. До сих пор жила на страх[овую] премию, полученную после смерти моего мужа, и на деньги из продажи вещей. Сейчас средств нет, работы по моей специальности мне не дают. В Ленинграде я преподавала нем[ецкий] язык в Железнодорожном техникуме им.Дзержинского в продолжение пяти лет, а последнее время также во ВТУЗе при заводе им.Сталина.

В июне я написала заявление тов. Бубнову о пересмотре дела и об отмене высылки. Заявление было переслано в Лен. Прокуратуру, откуда я получила отказ.

В сентябре послала заявление тов. Макарову не только о пересмотре дела, но также насчет пенсии. Заявление переслано тов. Агранову, и ответа я до сих пор не получила.

Два раза я писала в Комиссию по назначению персональной пенсии, но ответа также не получила. Дочка писала А.М.Горькому, но ответа также нет. В настоящее время дочь крупнейшего советского ученого с мировым именем не только не имеет возможности получить хорошее образование, как мне было обещано, но и не имеет средств к существованию. Кроме того 10 мес. в г.Астрахани и все ею пережитое подорвали ее здоровье. На основании изложенного очень прошу Вас помочь мне и указать, как и к кому обратиться по этому вопросу.

Зная Ваше чуткое отношение к людям, я уверена, что Вы не откажете мне в моей просьбе.

Н.Вальдгауер. Астрахань, ул. Калинина, 39.

Пешкова не смогла помочь Нине Эрнестовне в ее просьбе. К тому времени возглавляемый ею Комитет уже не имел прежней силы, а в 1937 г. и вовсе был ликвидирован по приказу НКВД. На письме, хранящемся в Государственном архиве Российской Федерации, стоит пометка секретаря юридического отдела Помполита: «Выписку для Прокурора СССР и Буланова». П.П.Буланов был секретарем НКВД СССР, ближайшим сотрудником и порученцем Е.Е.Ягоды и одновременно секретарем Особого совещания при наркомте.

Судьба Эдит Вальдгауер

В течение еще двух лет семья Вальдгауеров продолжала жить в Астрахани. 8 февраля 1938 г. Нина Эрнестовна была повторно арестована по обвинению в шпионаже, 28 марта приговорена к высшей мере наказания и 8 апреля расстреляна [12, д.1557, с.188, 201]. Ее дочь осталась круглой сиротой.

Эдит ничего не знала о судьбе матери. Вспоминая те дни, она рассказывает о них так. *Я училась тогда в 7-м классе, ушла в школу, поэтому ничего не знала об аресте мамы. После уроков ко мне подошли двое мужчин, спросили: «Вы такая-то? Поедете к маме, она хочет с Вами поговорить». Посадили меня в машину, сами сели с двух сторон. Меня привезли в специальный приемник для детей репрессированных. Я спросила: «Где же мама?». «О маме забудь», — сказали они. В приемнике, куда я попала, был большой сад с очень высоким забором, за который нас никогда не выпускали, никто не знал, где мы находимся. Мне сказали, что мама осуждена на 10 лет без права переписки. Нас воспитывали в ненависти к нашим родителям, говорили про них такие гадости, которые не хочется вспоминать даже сейчас. Там были разные дети: дети интеллигенции, простых служащих, были местные дети — калмыки, видимо, из богатых семей. В приемнике нас держали больше месяца, потом меня отправили в детский дом в Сызрани. Еще в приемнике мне удалось бросить за забор записку о том, кто я и где нахожусь. Видимо, эту записку кто-то подобрал и смог сообщить моим родственникам. Родные отца, немцы, хотели забрать меня к себе. Им ответили: «Семья живет благополучно, в вашей помощи не нуждается». Каким-то образом сведения обо мне дошли до Ленинграда, до Веры Ивановны Павловой. Она меня и спасла. Про тот детский дом, куда я попала, ничего плохого не могу сказать. Я ощущала к себе сочувствие, учителя много помогали, т.к. я много материала пропустила, и что-то нужно было догонять. Я там закончила семилетку и поступила в медицинский техникум, но учиться в нем мне*

практически не пришлось. Я получила письмо от Веры Ивановны, что она хлопочет о том, чтобы меня удочерить или хотя бы оформить надо мной опеку и забрать из детского дома. И вскоре уже пришел вызов в Ленинград. Это было в самом конце 1938 г.

Вера Ивановна Павлова не имела собственной семьи, жила с матерью все в той же квартире академического дома на 7-й линии, где сейчас находится музей И.П.Павлова. Сюда она и привезла Эдит Вальдгауер, над которой оформила опеку. Девочку прописали в квартире, и она жила в одной комнате с Верой Ивановной, которая, не имея своих детей, заботилась о ней как о родной.

Эдит определили в школу недалеко от дома, на углу 7-й линии и Среднего проспекта Васильевского острова. После уроков она обычно заходила к своей подруге, дочери профессора А.А.Брока, известного магистра римского права и бывшего директора Реформаторского училища, в котором много лет преподавал отец Эдит — Оскар Фердинандович. Семья Броков также принимала участие в судьбе девочки, оставшейся без родителей. Вскоре Артур Александрович Брок сам был арестован. По словам Эдит Оскаровна, «он просидел 7 месяцев в одиночной камере, но так ничего и не подписал». Это не спасло его от высылки, где он и сгинул, но жена его и дочь оставались в Ленинграде. После школы Эдит шла к подруге делать уроки, потом они вместе гуляли, проводили время за книгами, но на ночь она должна была обязательно вернуться в дом Павловых, так как органы опеки могли в любой момент проверить, живет она по этому адресу или нет.

Семья Павловых в какой-то мере смогла заменить Эдит ее потерянных родителей. Кроме дочери и жены Ивана Петровича в квартире жили также племянница Серафимы Васильевны, Наталья Эльш, и вдова младшего сына Всеволода — Евгения Сергеевна Павлова. Эдит Оскаровна вспоминает: *Вера Ивановна была очень порядочным, добрым и отзывчивым человеком, она все делала очень хорошо. Но она была, как бы это сказать, немного суховата, делала все по-английски — никогда не погладит, не обнимет, а я в этом очень нуждалась. А Евгения Сергеевна, напротив, была очень нежным человеком. С ней я чувствовала себя как с родной.* Кроме того, сама атмосфера этого дома, знакомого Эдит по раннему детству, наверняка согревала ее душу. Она прекрасно помнила, как они с матерью приходили в гости к Павловым, помнила Ивана Петровича, помнила его любимых внуков Милу и Маню, которые были младше ее на пять и семь лет, помнила прекрасные елки, которые устраивались здесь. На них приглашалось всегда очень много детей, двери между комнатами все открывались, и дети могли бегать и танцевать по всей квартире. Это были в основном дети друзей, живших здесь рядом и прекрасно знавших друг друга. Приглаша-



Эдит Вальдгауер. 1950 г.

лись и дети из простых семей — Павловы в этом смысле были весьма демократичны. Каждый ребенок получал подарок, его заранее мастерили своими руками Серафима Васильевна с внучками. Потом пили чай, для детей стол накрывали отдельно от взрослых.

В 1941 г. Эдит поступила в Ленинградский педиатрический институт, но начавшаяся война прервала обучение. Девушке, как и другим студентам, пришлось участвовать в оборонных работах, рыть окопы, дежурить на крышах, сбрасывая с них зажигательные снаряды. Пережив в Ленинграде первую блокадную зиму, она весной 1942 г. была эвакуирована в Казахстан. Вернувшись после войны в Ленинград, восстановилась в институте и в 1952 г. успешно его окончила.

В это время Эдит Вальдгауер жила уже у своих родственников по материнской линии в семье Петрашень. Но Вера Ивановна по-прежнему принимала участие в судьбе своей подопечной. Она мечтала подыскать ей достойную партию и остановила выбор на своем давнем друге Георгии Александровиче Яковкине. С Юрочкой, как она его называла, они были знакомы также еще с дачных времен в Силламягах — семья Яковкиных долгие годы проводила там летние месяцы. Георгий Александрович уже был один раз женат, но к тому времени овдовел, работал химиком, инженером-технологом, преподавал в Технологиче-



Эдит Оскаровна Яковкина в гостиной Мемориального музея-квартиры академика И.П.Павлова. Сентябрь 2015 г.

Фото А.Г.Яковкина

ском институте. Несмотря на серьезную разницу в возрасте (23 года), в 1954 г. Эдит и Георгий Александрович поженились.

Мало кто верил, что я вышла замуж бескорыстно, — рассказывает Эдит Оскаровна, — но это было так. Муж, конечно, обо мне заботился, я

прожила 24 года с ним очень счастливо, он очень меня любил. А я получила семью, это самое главное — я получила семью. Мы жили у него на ул. Жуковского. В 1955 г. у нас родилась дочь Нина, в 1961 — сын Андрей. С декабря 1954 г. я работала в Василеостровской инфекционной больнице на углу Большого пр. и 17-й линии. Мне было к тому времени уже за 30, я ведь окончила учебу поздно, в 29 лет. Но для медика это даже хорошо, по-моему. Ведь в институте было много молоденьких девчонок, которые мало знали жизнь, а я, как мне кажется, поскольку много чего повидала в жизни, понимала многое сверх того, чему нас обучали. Понимала людей. Это в медицине очень важно.

Эдит Оскаровна проработала в больнице до 1988 г., когда в 65 лет ушла на пенсию, для того чтобы не оставлять без присмотра любимую внучку Марию, которая к тому времени пошла в школу. Позже родились еще две внучки, Сашенька и Ирочка, и двое правнуков — Георгий и Николай.

В 1981 г. Эдит Оскаровна передала в дар Мемориальному музею-квартире И.П.Павлова более 500 предметов, вошедших в музейные фонды и экспозицию. Среди них подлинные письма и фотографии членов семьи Павловых, документы, книги, предметы быта, посуда, некоторые личные вещи Ивана Петровича и Серафимы Васильевны Павловых и т.п.

Несмотря на тяжелейшие испытания, выпавшие ей в жизни, Эдит Оскаровна удивительно доброжелательна и оптимистична. В этом году ей исполнилось 92 года. Пожелаем же ей еще долгих лет жизни, здоровья и благополучия, а также счастья ее родным — потомкам славного рода Вальдгауеров, истинных российских интеллигентов немецкого происхождения. ■

Литература

1. Бонч-Бруевич В.Д. Воспоминания о Ленине. М., 1969.
2. И.П.Павлов — первый Нобелевский лауреат России. Т.2: Павлов без ретуши (воспоминания С.В.Павловой, А.Ф.Павлова, М.К.Петровой) / Сост. и коммент. А.Д.Ноздрачева, Е.Л.Полякова, Э.А.Космачевской, Л.И.Громовой, К.Н.Зеленина. СПб., 2004.
3. Архив РАН, СПб. Отд. Ф.259. Оп.1а. Ед. хр.6—8.
4. Ленин В.И. Полное собрание сочинений: В 55 т. 5-е изд. М., 1965—1975.
5. Документы внешней политики СССР. Т.III. М., 1959.
6. Ноздрачев А.Д., Поляков Е.Л., Космачевская Э.А. и др. Павловская энциклопедия. Люди. События. Факты: В 2 т. Т.1. СПб., 2011.
7. Российский центр хранения и изучения документов новейшей истории. Ф.5. Оп.1. Ед. хр.125 (Письмо Митрофанова об отказе Павлова принять спецпак).
8. Мавлеев Е.В. Вальдгауер (Страницы истории Эрмитажа). СПб., 2005.
9. Тункина И.В. Русская наука о классических древностях юга России (XVIII — середина XIX в.). СПб., 2002.
10. Архив Президента Российской Федерации. Ф.56. Оп.1. Д.1455. Л.32, 33.
11. АП РФ. Ф.3. Оп.33. Д.180. Л.57, 58.
12. Государственный архив Российской Федерации. Ф.Р-8409. Оп.1.

Новости науки

Физика

В ЦЕРНе измерили энергию связи в антиядрах

В эксперименте ALICE на Большом адронном коллайдере (БАК) — ускорителе заряженных частиц на встречных пучках, построенном в ЦЕРНе (Европейском центре по ядерным исследованиям, Женева, Швейцария), — выполнены рекордно точные измерения разницы отношений заряда к массе для легких ядер и антиядер. Работа проходила в рамках изучения СРТ-симметрии — основополагающего принципа Стандартной модели устройства Вселенной — и касалась важнейшей проблемы современной физики — доминирования материи над антиматерией в обозримом космосе.

СРТ-симметрия подразумевает, что законы физики для частиц не должны изменяться при одновременном применении трех преобразований: замене частиц на античастицы (С-преобразование), их зеркальном отражении (Р-преобразование) и обращении во времени (Т-преобразование). Из этого, в частности, следует, что все характеристики частиц и античастиц должны быть одинаковы по абсолютной величине — заряду, массе, магнитному моменту и т.д. Тем не менее в наблюдаемой Вселенной материя есть, а антиматерии почти нет, и это фундаментальное противоречие требует объяснений. Одно из них может состоять в том, что СРТ-симметрия все-таки не соблюдается с абсолютной точностью. И в этом случае основные законы физики придется пересматривать.

Однако эксперимент ALICE, осуществляемый международным сообществом ученых с участием 10 российских институтов, который обеспечивает идентификацию частиц и античастиц, ядер и антиядер, а также восстановление их траектории в магнитном поле БАК, подтвердил, что СРТ-симметрия все же сохраняется. Результаты этой работы коллаборация ALICE опубликовала в журнале «Nature Physics»*.

Ученые выполнили прецизионные измерения кривизны траектории регистрируемой частицы в магнитном поле и времени ее пролета, что поз-

волило с высокой точностью определить отношение заряда к массе. Сравнение этих отношений сделано для двух комбинаций легких ядер и антиядер: дейтрона (состоящего из протона и нейтрона) и антидейтрона (состоящего из антипротона и антинейтрона); гелия-3 (два протона и нейтрон) и антигелия-3 (два антипротона и антинейтрон). Установлено, что в пределах точности измерений разность этих отношений равна нулю. Это позволило сделать вывод: различий нет не только между частицами и античастицами, но и между их взаимодействием внутри ядер, а значит, вещество и антивещество абсолютно симметричны.

Результат оказался несколько «разочаровывающим»: законы физики для частицы остаются прежними — Стандартная модель, которой оперируют исследователи, в очередной раз устояла (ранее она получила подтверждение в экспериментах на Большом адронном коллайдере, нацеленных на поиск бозона Хиггса и обнаружение редкого распада V_s^0 -мезона на два мюона). Особая новизна работы заключается в том, что физики подтвердили СРТ-симметрию на «настоящей» материи — ядрах гелия-3 и антигелия-3, а также добились 100-кратного увеличения точности измерений для ядер дейтерия по сравнению с экспериментами 50-летней давности.

Nature Physics. 2015. Doi:10.1038/nphys3432.

Космические исследования

Российский прибор ДАН обнаружил «оазис» на Марсе

6 августа 2015 г. исполнилось три года с момента посадки на Марс мобильного космического аппарата НАСА «Curiosity», на борту которого работает детектор ДАН («Динамическое альbedo** нейтронов») для сбора информации о наличии запасов воды и водородсодержащих соединений. Он состоит из двух блоков: импульсного нейтронного генератора, изготовленного во Всероссийском научно-исследовательском институте автоматизации им.Н.Л.Духова (Росатом), и детектора нейтронов, созданного в Институте космических исследова-

* Precision measurement of the mass difference between light nuclei and anti-nuclei // Nature Physics. 2015. Doi:10.1038/nphys3432.

** Альbedo (от лат. albus — белый) — характеристика отражательной (рассеивающей) способности поверхности материала. — Прим.ред.

ний РАН по заказу Роскосмоса. Ученые намерены с помощью этого прибора проверить гипотезу о возможности существования на раннем или современном этапе развития Марса примитивных форм жизни.

После трех лет работы в кратере Гейла аппаратура по-прежнему находится в отличном состоянии: все узлы и системы работают штатно, без замечаний. Генератор зондирует поверхность красной планеты на глубину около 1 м короткими (длительностью примерно 1 мкс), но мощными (до 10 млн частиц за одно движение) импульсами нейтронов с энергией 14 МэВ. Его чувствительность позволяет обнаруживать воду в концентрации примерно 0.1%. Прошло более 500 сеансов измерений марсианского вещества, в ходе которых генератор произвел около 4 млн нейтронных импульсов. По своим конструктивным особенностям ДАН имеет конечное время жизни: его «гарантированный срок» истек осенью 2013 г. Тем не менее прибор-долгожитель продолжает функционировать.

Обработка данных показала: вдоль почти 10-километрового пути, пройденного марсоходом по дну кратера Гейла к подножию горы Шарп, содержание воды в верхнем и нижнем слоях грунта менялось в пределах 2–5% по массе, а граница между слоями находилась на глубине около 20–30 см. До 21 мая текущего года каких-либо значительных отклонений от этих величин не было.

Однако в ночь на 21 мая ученые обнаружили, что в прошедший марсианский день «Curiosity» пересек необычный район со значительным повышением потока тепловых нейтронов из-под поверхности. Это, по мнению исследователей, указывало на содержание в грунте значительного количества воды (около 10% по массе) или на его необычный химический состав. По предложению участников проекта ДАН группа управления вернула марсоход в район с аномальными свойствами. Это предложение поддержали и участники эксперимента ChemCam («Chemistry and Camera complex»), в котором используется луч лазера для испарения небольших частей твердых материалов и последующего анализа спектра излучения, позволяющего определить элементный состав образца. Они тоже указали на аномальный характер грунта в этом районе. Оказалось, что в его составе преобладает окись кремния.

Природу марсианского «оазиса» пока трудно объяснить. Исследователи надеются, что успешная работа детектора ДАН и другой научной аппаратуры на борту позволит «Curiosity» и дальше обнаруживать необычные ареалы. Их сравнение по различным параметрам может объяснить очередную загадку красной планеты.

По материалам пресс-службы

Института космических исследований РАН

<http://www.iki.rssi.ru>

Биология

Гармония в Москве

Два года назад, в №7 «Природы» была опубликована заметка «Новый завоеватель мира из Азии». В ней речь шла о распространении по Европе, Северной и Южной Америке, Африке азиатской божьей коровки гармонии (*Harmonia axyridis*). К моменту написания той заметки гармония из Западной Европы уже проникла на территорию России — в Калининград на западе и в район Сочи на юге. Я высказал предположение, что коровка, распространяющаяся со скоростью 200 км в год в 2014–2015 гг., появится и в Москве. Мой прогноз оправдался.

В сентябре этого года, собирая коровок других видов в Нескучном саду, мне удалось заметить на листе дерна (*Cornus*) крупную куколку. Я почти не сомневался, что это куколка гармонии. Действительно, через два дня из нее вышел жук. Теперь ошибиться было невозможно — это, действительно, *Harmonia axyridis*. Очевидно, что в Нескучном саду летом были взрослые жуки, отложившие яйца, из которых появились личинки. Развитие от яйца до взрослого жука в лаборатории, при посто-



Найденная в Нескучном саду куколка божьей коровки.



Коровка-гармония на листе дерна в Нескучном саду.

янной благоприятной температуре, занимает 18 дней, а в природе, при пониженной температуре ночью, очевидно, больше, около 25–30 дней. Яйца, таким образом, были отложены в двадцатых числах августа. Вышедшая из яйца личинка выжила и благополучно прошла все стадии развития. Через два дня на том же кусте я нашел еще одну, взрослую гармонию.

Полагаю, что численность гармоний в Москве будет в ближайшие годы стремительно нарастать и жуки, как в других городах, начнут проникать на зимовку в жилые помещения. Особого вреда эти незаконные мигранты не приносят, но могут вызывать у людей аллергические реакции.

Находка гармонии в Нескучном саду не обошлась без некоторой мистики. Куколку этого жука я обнаружил как раз напротив того институтского здания, где в 1934–1948 гг. работал Янис Янович Лусис, всю свою жизнь изучавший генетику божьих коровок. Сегодня сотрудники Института проблем экологии и эволюции РАН, находящегося на том же месте, изучают вселения в новые территории (инвазии) чужеродных организмов. Инвазии *Harmonia axyridis* я изучаю при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

© **Захаров И.А.**, член-корреспондент РАН
Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН
Москва

Археология

Заверено печатью великого князя

Летом 2015 г. на раскопе в Тверском кремле, расположенном в 130 м к востоку от кафедрального Спасо-Преображенского собора, сотрудники Института археологии РАН и Тверского археологического центра обнаружили две вислые свинцовые печати (моливдовулы) — их в Древней Руси, по византийской традиции, подвешивали к пергаментным документам, заверяя подлинность и официальный характер грамот.

Ведущий специалист по сфрагистике член-корреспондент РАН П.Г.Гайдуков определил, что одна из печатей принадлежала первому тверскому князю Ярославу Ярославичу (1230–1272), брату Александра Невского. На ее лицевой стороне изображен святой Афанасий, небесный покровитель князя, на обороте — покровитель отца Ярослава Ярославича святой Федор в облике воина с копьем и щитом. По сторонам фигур в несколько строк нанесены имена святых, позволяющие уверенно атрибутировать схематические изображения.

Именно при Ярославе Ярославиче Тверь после 1247 г. стала стольным городом самостоятельного княжества, куда епископ Симеон позднее перенес свою кафедру из Полоцка. Проводивший активную политику тверской князь, в 1264 г. ставший и великим князем Владимирским, умер в 1272 г. по пути из Орды в Тверь и был погребен в деревянной



Печать первого тверского князя Ярослава Ярославича.



Печать князя Ростислава Мстиславича Смоленского.

церкви Козьмы и Демьяна. На ее месте епископ Симеон вместе с великим князем Михаилом Ярославичем Тверским (1272–1318) в 1285 г. заложил первый после Батыева разорения Руси белокаменный собор. Эта печать — материальное подтверждение деятельности Ярослава Ярославича в Твери.

Вторая печать, обнаруженная в культурном слое с находками XII в., оттиснута от имени одного из выдающихся государственных деятелей Руси князя Ростислава Мстиславича Смоленского (1108–1167), который в 1154 г. стал великим князем Киевским и одновременно занял княжеский стол в Великом Новгороде. На лицевой стороне моливдовула изображен архангел Михаил в так называемых лоратных одеяниях (далматике — узкой длинной одежде с широкими рукавами, вышитым плечем и подолом, и лоре — широкой длинной полосе ткани, украшенной жемчугом и драгоценными камнями) с распростертыми крыльями, жезлом и сферой в руках. На оборотной — святой Федор с копьем и щитом. Изображения небесных покровителей Ростислава Мстиславича и его отца, в отличие от первой печати, проработаны настолько подробно, что можно рассмотреть отдельные детали одежд, доспеха святого воина, конструкции щита, перья на крыльях архангела.

Находка печати Ростислава Мстиславича свидетельствует, что в Твери уже в древнейший период ее истории существовала необходимость в юридических актах или административных документах, заверенных печатью Великого князя — верховного светского правителя Руси и князя Великого Новгорода.

© **Хохлов А.Н.**
Институт археологии РАН
Москва

Рецензии Труженики Победы

К.Г. Михайлов,

кандидат биологических наук
Зоологический музей МГУ им. М.В. Ломоносова
Москва

После окончания Великой Отечественной войны практически все население СССР, за исключением глубоких стариков и малых детей, а также небольшого количества дезертиров и тунейдцев, состояло из фронтовиков и труженников тыла. Официальные празднования Дня Победы проходили очень сдержанно. Они были развернуты лишь начиная с 1965 г. — к 20-летию Победы, когда день 9 мая был вновь, после отмены в декабре 1947 г., объявлен выходным. Я помню торжества к 30-, 40-, 50- и 60-летию Победы. И вот пришло время 70-летия.

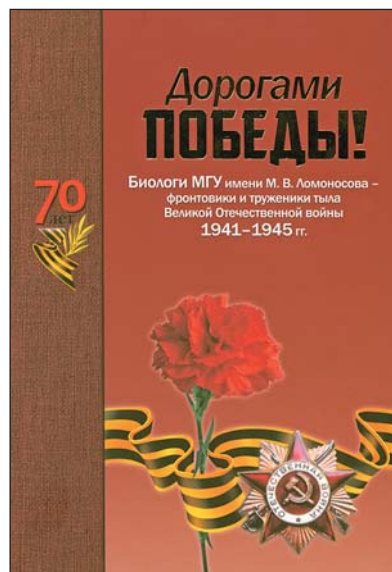
Участников войны с каждым годом становится все меньше, и внимание к ним возрастает. Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова уже выпускал книгу о фронтовиках к 60-летию Победы (она вышла в 2006 г.). Теперь новое, гораздо более подробное издание вышло в срок, прямо к 70-летию.

Композиционно книга состоит из небольшого предисловия и трех разделов, посвященных: погибшим и пропавшим без вести биологам МГУ (93 человека), биологам-фронтовикам, вернувшимся с войны (232 человека), и труженикам — в основном труженицам — тыла (44 человека). Во всех этих разделах персоны перечислены в алфавитном порядке, по фамилиям; большинство очерков снабжены портретами, только к первому разделу удалось разыскать не все иллюстративные материалы. Приведены биографии не только науч-

ного и педагогического состава биофака, но именно всех сотрудников: есть и инженерно-технический персонал, и бухгалтеры, и работники службы охраны. Помимо биографических очерков даны также особенно яркие фрагменты воспоминаний участников той великой войны. В книге представлена подборка фотографий военного времени, а также с юбилейных мероприятий разных лет. Завершают книгу список литературы и именной указатель героев всех очерков.

Подвиги фронтовиков можно перечислять бесконечно. Примеры разбросаны по всей книге. Героизм воевавших трудно описать словами. *Нестерпимо хотелось пить, тело ныло от усталости, но все подчинялось упрямому непередаваемому слову — желанию выстоять, преодолеть, победить — значит стрелять, и для этого нужно было непрерывно снаряжать и подавать мины, а заряжающему — подниматься во весь рост ради каждого выстрела, не обращая внимания ни на взрывы снарядов и авиационных бомб, ни на свист пуль...* (Г.А. Мазохин-Поршняков, с. 134—135). *Сильные февральские метели начисто отрезали нас от тыла. Под снегом скрылись дороги, путь проминали идущие вперед — посменно. Они же порой становились живыми миноискателями. Пропитание было самодеятельным* (Е.В. Фадеев, с. 173).

Многие женщины работали в медико-санитарных службах. В партизанских отрядах воевали К.А. Воскресенский и Н.М. Данилкович. Г.А. Курелла работал в 7-м управлении Главного по-



ДОРОГАМИ ПОБЕДЫ! БИОЛОГИ МГУ имени М.В.ЛОМОНОСОВА — ФРОНТОВИКИ И ТРУЖЕНИКИ ТЫЛА ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ 1941—1945 гг. / Сост. Л.Л.Данилкина, Е.Н.Жарикова, В.Г.Крейер.

М.: Изд-во Московского университета, 2015. 248 с.

литического управления армии, на разных фронтах, проводя агитацию среди солдат и офицеров противника — немцев, итальянцев, румын, а затем и венгров. Отдельная история — жители блокадного Ленинграда, выжившие при немыслимо низкой калорийности питания в страшную зиму 1941/42 гг. Об этом пишет в своих воспоминаниях И.П.Ашмарин.

Из достижений ученых МГУ, работавших в тылу («наука — фронту») особенно интересны разработки Л.В.Крушинского в области служебного собаководства. Специально обученные собаки бросались с гранатами под вражеские танки и вывозили раненых с поля боя. Физиологи и микробиологи разрабатывали антибиотики, кровеостанавливающие препараты, в том числе водорастворимый витамин К. Орнитологи вели работы в области военного голубеводства.

Текст книги вычитан очень тщательно, опечатки обнаружить не удалось. При таком гигантском объеме — 369 биографических очерков — конечно же, невозможно избежать ошибок и недомолвок. Вот что удалось обнаружить. На с.37 дана фотография И.П.Ашмарина в генеральской форме, но это фото явно 1960-х годов, а вовсе не военного времени, как указано в подписи. Не указано, что Б.А.Вайнштейн (с.52) — известный энтомолог и акаролог, работал долгие годы в Институте биологии внутренних вод АН СССР в Борке (Ярославская обл.), скончался в 1982 г., его биография размещена на сайте института. Г.А.Викторов (с.54) работал с 1950-х годов в Институте эволюционной морфологии и экологии животных АН СССР. И.С.Даревский (с.76) — с 1987 г. член-корреспондент АН СССР. Г.В.Добровольский (с.80) — основатель факультета почвоведения МГУ и его первый декан (1973—1989), а также лауреат Государственной премии РФ (2012). В биографии А.К.Загуляева (с.98) допущена явная



Вместе с населением Москвы студенты МГУ строили оборонительные сооружения (с.230).

ошибка: в Бухаресте он работал с коллекциями известного румынского музея им.Грегора Антипы, а не музея «города Антипы». В.Б.Куваев (с.116) работал в последние годы в Институте проблем экологии и эволюции РАН. Год кончины А.И.Савилова (с.154) — 1969-й, а не 1968-й под знаком вопроса (в Институте океанологии РАН работает его дочь, мне удалось получить нужную справку).

Сравнение биографий рецензируемой книги и биографий биологов, связанных с Зоологическим музеем МГУ*, показывает множество досадных пропусков, которые стоило бы исправить во втором издании. Вот некоторые из них. Е.М.Вермель (1904—1972, год смерти указан в Википедии) рядовым ушел в ополчение в 1941 году. Г.Ф.Гаузе работал в тылу, разработал первый советский антибиотик грамицидин (ныне продается в аптеках под названием «грамидин»), получил за это открытие Сталинскую премию в 1946 г. Н.И.Калабу-

* Любарский Г.Ю. История Зоологического музея МГУ: Идеи, люди, структуры. М., 2009 (эта книга приведена в списке литературы к рецензируемому изданию).

хов — выпускник МГУ, ушел в ополчение, потом служил в медицинских частях. А.В.Михеев — выпускник МГУ и проработал там до 1940 г., служил в 1942—1946 г. Н.П.Наумов во время войны работал в противочумных отрядах в Средней Азии. П.М.Рафес — выпускник МГУ, в военные годы переводчик штаба дивизии. С.У.Строганов — выпускник МГУ, добровольцем ушел на фронт в 1941 г. П.В.Ушаков — выпускник МГУ, в годы войны служил в системе гидрометеослужбы. Фантастична судьба известного орнитолога Н.А.Гладкова, ушедшего в ополчение и попавшего в плен. В 1942—1945 гг. он был «добровольным помощником германского вермахта», т.е. поступил на службу в немецкие вспомогательные части. Одновременно вел переписку с немецким орнитологом Э.Штреземанном и даже навещал его в Берлине во время отпусков. В конце войны освобожден союзниками во Франции, через Мурманск вернулся в Москву, первое время работал ночным сторожем, но затем восстановился в МГУ.

Составители книги причислили к фронтовикам и жителей

блокадного Ленинграда. Но не очень понятны принципы, по которым составлен список «труженников тыла». В него почему-то практически не попали бойцы пожарной команды противовоздушной обороны и санитарной дружины МГУ, остававшиеся в Москве в период бомбежек 1941–1942 гг.

Жаль, что пока не удалось подготовить к изданию интересные воспоминания О.Л.Крыжановского, написанные им в 1990-е годы. Там есть отдельная глава, посвященная биологам МГУ — фронтовикам.

Когда я учился на биологическом факультете МГУ, около 35 лет тому назад, многие из наших преподавателей среднего поколения были фронтовиками. Это Г.А.Мазохин-Поршняков (позднее он руководил моей аспирантурой), И.М.Кульгасов, А.Н.Сладков, А.И.Пермяков (вел нашу группу на практике в Мор-

дови), К.Н.Благосклонов (почти потеряв слух, он вел все-таки практику по птицам на Звенигородской биостанции МГУ) и, конечно же, руководитель Беломорской биостанции МГУ Н.А.Перцов. Позднее, когда я уже работал в Зоологическом музее МГУ, в столярной мастерской старого здания МГУ трудился Б.В.Иофин. Но, пожалуй, никто, кроме Благосклонова, не любил вспоминать фронтовые годы. Возможно, нам не представилось случая поговорить, но, скорее всего, думаю, воспоминания были слишком тяжелы и не соответствовали официальной пропаганде, тому, что мы видели в кино и читали в книгах. Фронтовикам не хотелось делиться ими не с близкими людьми, а с малознакомыми студентами. А может быть, тогда никто не хотел жить прошлым, ведь война к тому времени давно уже закончилась.

Фронтовой и тыловой героизм, быт и ужасы войны — все это есть в воспоминаниях, опубликованных в книге. Удивительно, что людям удавалось воевать и трудиться в условиях постоянного стресса, бессмысленного в мирное время, хотя и предвоенные годы в СССР трудно назвать «сладкой жизнью». Все это необходимо знать подрастающему поколению, хотя бы просто для того, чтобы война не повторилась, чтобы бороться за мир и поменьше размахивать оружием. Материалы книги размещены также в Интернете*. А вот тираж бумажной версии невелик — всего 500 экземпляров, и она распространяется в первую очередь по подразделениям МГУ, библиотекам и другим учреждениям. Хочется верить, что книга найдет своего читателя. ■

* <http://vov.bio.msu.ru>

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА

М.Б.БУРЗИН

Т.С.КЛЮВИТКИНА

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

М.Е.ХАЛИЗЕВА

О.И.ШУТОВА

А.О.ЯКИМЕНКО

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

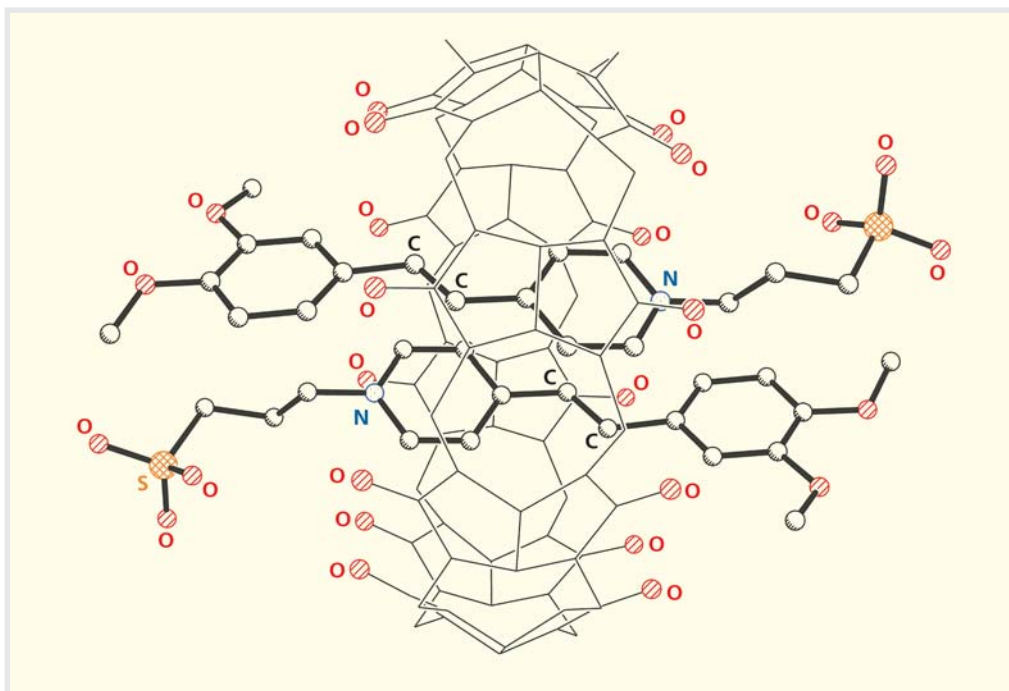
Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77
Факс: (499) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.10.2015
Формат 60×88 1/8
Бумага офсетная. Офсетная печать
Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2
Тираж 416 экз.
Заказ 698
Цена свободная
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6

в следующем номере



Супрамолекулярными называют надмолекулярные образования, которые возникают в результате самопроизвольной сборки отдельных молекул в супермолекулы или супрамолекулярные ансамбли благодаря межмолекулярным нековалентным связям. Новое направление в химии, формирующееся на наших глазах, — инженерия супрамолекулярных устройств и машин различного назначения — занимается созданием структурно-организованных и функционально интегрированных химических систем. Управлять такими устройствами можно разными способами, но удобнее всего использовать для этого свет. В Центре фотохимии РАН были впервые синтезированы и изучены краунсодержащие непредельные соединения, имеющие в качестве фотоантенны связь C=C и при ней арильный и гетарильный (гетероароматический) остатки. Это позволяет осуществлять фотопереключение молекул светом видимого диапазона. Прикладной потенциал данных соединений был наглядно продемонстрирован при создании супрамолекулярных фотопереклюателей, оптических хемосенсорных материалов, новых монокристаллических сред для оптической записи информации и др.

Громов С.П. ФОТОАКТИВНЫЕ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ УСТРОЙСТВА И МАШИНЫ

