

# ПРИРОДА

5 15



**В НОМЕРЕ:****3 Агол В.И.****Природа патогенности вирусов**

У пикорнавирусов есть специальные белки, принимающие участие в определении судьбы зараженной клетки. Оказывается, для размножения вируса повреждение клетки совсем не обязательно.

**11 Суворов А.Н.****Мир микробов и человек**

В последнее десятилетие прежнее негативное отношение к миру микробов сменилось пониманием их жизненно важной роли в поддержании здоровья человека. Представления об основных микробных сообществах (микробиоте) нашего организма значительно расширились, когда для анализа их состава и функций стали использовать новые технологии, позволяющие в десятки и сотни раз ускорить процесс определения нуклеотидных последовательностей ДНК и РНК.

**20 Година Е.З.****Меняется ли внешний облик человека?**

Как и почему меняются размеры тела человека? Что влияет на темпы роста и созревания подростков? Найти ответы на эти вопросы помогают исследования антропологов.

**28 Росликова В.И.****Конкреции в почвах Дальнего Востока**

Почвенные конкреции представляют собой своего рода запоминающие устройства, чувствительные индикаторы геохимических условий их формирования, связанных с зонально-региональными факторами.

**Лекторий****34 Чернова Е.В.****Хаос и порядок: фрактальный мир**

Понятие фрактала выделяет объекты, обладающие сходными структурами различных масштабов (самоподобием), и отражает иерархический принцип организации. Фрактальная геометрия существенно увеличивает глубину математического описания природы, наводя порядок там, где, казалось, царит хаос.

**Вести из экспедиций****45 Глушков В.В.****На острове Уллындо**

Свиточ А.А., Макшаев Р.Р.

**Шоколадные глины Северного Прикаспия (58)****Научные сообщения****61 Танклевский М.М.****Как помочь Аральскому морю?**

Аристов Д.С., Расницын А.П.

**Насекомые в палеозое: этапы большого пути (65)****Времена и люди****68 К 70-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ****«Наука – войне»**

Из воспоминаний К.П.Флоренского (68)

Ляпунова Н.А.

**Математика в артиллерийском деле**

Из воспоминаний о А.А.Ляпунове (72)

**Страшнее войны ничего нет!**

Из воспоминаний И.С.Даревского (75)

Смирнов А.В., Хлебович В.В.

**Гидробиолог В.В.Кузнецов: вся жизнь на передовой (80)****85****Новости науки**

Водные ресурсы Марса на карте (85). «Радиоастрон» заглянул в центр нашей Галактики (86). Экономичные топливные элементы для автономных энергоустановок. Соловьев А.А. (86). Антропологические открытия на Алтае (87).

**Рецензии****89 Михайлов К.Г.****Освоение Сибири: природа и люди**

(на кн.: М.А.Кречмар. Сибирская книга:

История покорения земель и народов сибирских)

**93****Новые книги**

## CONTENTS:

### 3 Agol V.I.

#### Nature of Viral Pathogenicity

*Picornaviruses have special proteins which take part in determination of the fate of infected cell. It turns out that the cell damage is not necessary at all for virus reproduction.*

### 11 Suvorov A.N.

#### Domain of Microbes and Humans

*In the last decade, negative attitude to microbes have changed to understanding of their vital role in supporting of human health. Our knowledge of the main microbial associations (microbiota) of our bodies significantly expanded when for analysis of their composition and functions the new technologies became used, allowing determine nucleotide sequences of DNA and RNA many dozen and hundreds time faster than before.*

### 20 Godina E.Z.

#### Is Appearance of Man Changing?

*How and why dimensions of human body change? What influences rate of growth and maturation of adolescents? Anthropological studies help to answer these questions.*

### 28 Roslikova V.I.

#### Concretions in the Soils of the Far East

*Soil nodules represent a kind of storage devices, sensitive indicators of geochemical conditions of their formation related to zonal-regional factors.*

## Lectures

### 34 Chernova E.V.

#### Chaos and Order: Realm of Fractals

*The notion of fractal singles out the objects possessing similar structures of different scales (self-similarity) and reflects hierarchical principle of organization. Fractal geometry significantly deepens mathematical description of nature finding an order in seemingly chaotic structures.*

## Notes From Expeditions

### 45 Glushkov V.V.

#### On the Ulyydo Island

**Svitoch A.A., Makshaev R.R.**

#### Chocolate Clays of the Northern Caspian Region (58)

## Scientific Communications

### 61 Tanklevsky M.M.

#### How to Help Aral Sea?

**Aristov D.S., Rasnitsyn A.P.**

#### Insects in Paleozoic: Milestones of the Long Way (65)

## Times and People

### 68 TO 70TH ANNIVERSARY OF THE VICTORY

#### «Science to War»

From Memoirs of K.P.Florensky (68)

**Lyapunova N.A.**

#### Mathematics in Gunnery

From Memoirs on A.A.Lyapunov (72)

#### Nothing is Worse than War!

From Memoirs of I.S.Darevsky (75)

**Smirnov A.V., Khlebovich V.V.**

#### Marine Biologist V.V.Kuznetsov: All Life at the Front Line (80)

### 85

## Science News

Water Resources of Mars on the Map (85). «Radioastron» Looked into the Center of our Galaxy (86). Economical Fuel Cells for Autonomous Energy Sources. Solov'ev A.A. (86). Anthropological Discoveries at Altay (87).

## Book Reviews

### 89 Mikhaylov K.G.

#### Development of Siberia: Environment and People

(on book: M.A.Krechmar. Book of Siberia: History of Conquering of Lands and Peoples Siberian)

### 93

## New Books

# Природа патогенности вирусов

В.И.Агол

Считается, что вирусы (от лат. *vīrus* — яд) — нечто противное, приносящее одни неприятности. Но это грубая ошибка. Вирусы — ключевые создатели живой природы и двигатели ее эволюции.

Что возникло раньше — вирус или клетка? Долгое время преобладала очень логичная точка зрения: поскольку вирусы — облигатные паразиты и без клетки размножаться не могут, то они должны были возникнуть позже. И вообще считалось, что вирусы — нечто вроде «сбежавших», «сумасшедших» генов. Однако сейчас широко распространен противоположный взгляд — клетки произошли от вирусов.

Один из главных доводов против гипотезы о том, что вирусы «сбежали» из клеток, — тот факт, что вирусные генетические системы существенно разнообразнее клеточных. Как известно, клеточные организмы имеют только двунитевые — линейные или кольцевые — ДНК-геномы. А геном вируса может быть представлен как одно-, так и двунитевыми молекулами РНК или ДНК, линейными или кольцевыми. Также существуют системы, использующие обратную транскрипцию. Так, у ретровирусов (например некоторых онковирусов, ВИЧ) и параретрови-



*Вадим Израилевич Агол, член-корреспондент РАН и РАМН, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института полиомиелита и вирусных энцефалитов им.М.П.Чумакова, заведующий отделом Научно-исследовательского института физико-химической биологии им.А.Н.Белозерского МГУ. Область научных интересов — молекулярная биология и генетика вирусов.*

русов (вирусов гепатита В, мозаики цветной капусты и др.) одна из цепей геномной ДНК синтезируется на матрице РНК. У вирусов, в отличие от клеточных организмов, реализуются все теоретически возможные способы хранения и выражения генетической информации [1].

Второй важный довод против того, чтобы считать вирусы произошедшими из клеток, заключается в том, что существует множество вирусных генов, которых в клеточных организмах нет. Клеточные организмы не только произошли от вирусов, но и унаследовали от них (и продолжают наследовать) значительную часть своего генетического материала. Особый интерес в этом отношении представляют эндогенные вирусы (части генома РНК- или ДНК-вирусов, встроенные в геном клетки), среди которых преобладают гены, происходящие от ретровирусов. Полагают, что млекопитающие унаследовали свыше половины генома от вирусов и их ближайших родственников — «эгоистических» генетических элементов, например плазмид и транспозонов. Таким образом, вирусы — сородители человека. Часто последовательности генов эндогенных вирусов, которые в большом количестве имеются в человеческом геноме, изменены и уже не кодируют белки. Есть серьезные основания полагать, что такие последовательности участвуют в регуляции работы клеточных генов, хотя часто их конкретные биологические функции

© Агол В.И., 2015

Статья основана на лекции, прочитанной на школе «Современная биология и биотехнологии будущего» (Звенигород, 26 января — 1 февраля 2014 г.).

неизвестны. Однако кое-что важное мы знаем: например, белок синцитин, который кодируется геном оболочки одного эндогенного ретровируса, необходим для слияния клеток при образовании плаценты [2]. Значит, ни человек, ни плацентарные животные не могли бы родиться без этого эндогенного вируса. Есть и другой важный пример. Выяснилось, что компонент генома одного из эндогенных вирусов контролирует экспрессию пролинегидрогеназы в некоторых районах центральной нервной системы [3]. Возможно, этот фермент принимал важное участие в эволюции мозга человека. Если в результате мутаций экспрессия этого фермента нарушена, возникают психические болезни, в том числе шизофрения. Также важную роль вирусы и их родственники играют в горизонтальном переносе клеточных генов — от одного организма другому.

Однако, несмотря на ключевую роль в эволюции, наибольшую известность вирусы получили как патогены человека, животных и растений (кстати, благодаря этому они и были впервые обнаружены). И далее речь пойдет о природе вирусной патогенности. У вирусов (особенно вирусов эукариот) нет специального «желания» навредить хозяину, а тем более его убить. И во многих случаях вирусы вполне мирно и дружелюбно уживаются с клетками. Почему же все-таки многие вирусы такие злобные? Обычное объяснение заключается в том, что патология зараженной клетки вызывается «разграблением» ее ресурсов (материальных и структурных), которые вирус направляет на собственные нужды размножения. Однако наибольший вред может происходить от нерасчетливых защитных действий хозяев и противодействующей активности вирусов, которая прямо не связана с их размножением.

## Механизмы защиты и противовирусности

Каковы главные защитные механизмы зараженной клетки? Это компоненты врожденного иммунитета: деградация РНК (вирусных, а также клеточных), угнетение синтеза белков (как вирусных, так и клеточных), самоликвидация (апоптоз и другие виды программируемой гибели) и, наконец, воспаление. Собственно, многие вирусы так и обнаружили свое существование — из-за вызываемого ими воспаления (энцефалита, воспаления легких и т.д.). Клетка борется с вирусом, нарушая собственные обмен веществ и/или структуру, и ее защитные механизмы, как правило, самоповреждающие. Можно сказать, что человек, умерший от полиомиелита (а умирает менее 1%), сам убил себя, борясь с инфекцией.

В ответ на клеточную защиту эволюция вирусов вырабатывает противовирусные средства, и между вирусом и клеткой идет гонка вооружений. Эти средства направлены прежде всего про-

тив общих метаболических процессов, лежащих в основе защитных реакций клетки. Это опять угнетение синтеза клеточных РНК и белков, нарушение внутриклеточной инфраструктуры и транспорта клетки, подавление или, наоборот, запуск апоптоза и других механизмов, вызывающих программируемую клеточную гибель. Таким образом, противовирусная стратегия вируса во многом похожа на защитное поведение клетки. Образно говоря, борцы применяют одни и те же приемы, бьют в одни и те же ворота. Например, клетка, подавляя синтез вирусных белков, использует интерферон, а, чтобы затормозить его образование, вирус, в свою очередь, угнетает белковый синтез в клетке. В зависимости от обстоятельств выгоду получает та или другая сторона. Оказывается, главный вклад в патологию вносит не размножение вируса как таковое, а противовирусность клетки защиты и вирусной противовирусности. В фитопатологии давно существует понятие «толерантность»: патогенный вирус может активно размножаться в зараженном растении, не вызывая болезненных симптомов.

Далее речь пойдет в основном о РНК-содержащих вирусах (это более простой пример). Как РНК-вирус, проникнув в клетку, выдает свое присутствие? И как клетка узнает, что в нее попал вирус? Главный признак, благодаря которому клетка это «понимает», — вирусная двуцепочечная РНК, которая в принципе может образовываться и в незараженной клетке, но не в таких количествах и местах. Клетка в некоторых случаях узнает также вирусную одноцепочечную РНК, а иногда (значительно реже) — и вирусные белки. Важно, что узнавание вирусной РНК неспецифично: «почувствовав» двуцепочечную РНК, клетка может «подумать», что в нее попал вирус, но какой — она не знает. РНК улавливаются сенсорами двух типов: толл-подобными (от англ. toll-like и от нем. toll — замечательный) рецепторами и специализированными РНК-хеликазами. Они включают ряд защитных механизмов на транскрипционном уровне, в том числе образование интерферона. Кроме того, вирусные РНК узнаются уже «исполнителями» — зависимой от двуцепочечной РНК протеинкиназой PKR, которая фосфорилирует некоторые факторы инициации трансляции, угнетая тем самым синтез белков; олигоаденилатсинтетазой (OAS), которая активирует РНКазу L, расщепляющую РНК; системой РНК-интерференции, приводящей к деградации РНК и нарушению ее трансляции.

Поскольку вирус узнается как нечто неспецифическое, клетка не может знать его «намерений». И вообще на любой возможный вирус индивидуальную врожденную систему защиты было бы невозможно придумать. Значит, клетка может бороться с вирусом только стандартными приемами. И поэтому ее оборонительные действия часто несоизмеримы имеющейся угрозе. Однако, если



защитные реакции клетки столь неспецифичны, почему разные вирусы вызывают все-таки различные болезни? Во-первых, каждый вирус может заражать только определенный вид клеток конкретных организмов. Это связано с тем, что для проникновения в клетку он должен провзаимодействовать с клеточными рецепторами, которые ему «подходят». Кроме того, для размножения вирусов требуется определенная внутриклеточная среда (нередко нужны специфические клеточные белки). Во-вторых, в то время как защитные реакции клетки стандартны, противовирусные средства вируса в большой степени индивидуальны, хотя и направлены против стандартных клеточных механизмов.

У растений в качестве противовирусного механизма очень важную роль играет РНК-интерференция. Из вирусной РНК образуется двуцепочечная (важный фактор, по которому клетка узнает о наличии вируса). При участии компонентов системы РНК-интерференции — фермента Dicer, который разрезает эту двуцепочечную РНК на фрагменты длиной 21–25 пар нуклеотидов, а затем РНК-белкового комплекса RISC — в конце концов образуются одноцепочечные короткие фрагменты РНК. Гибридуясь с вирусной РНК, они вызывают либо ее деградацию, либо угнетение ее трансляции. Такой защитный механизм эффективен, но может повреждать саму клетку, что хорошо видно на примере виридов. Это патогены растений, короткие (несколько сотен нуклеотидов) молекулы кольцевой одноцепочечной РНК, не покрытые белковой оболочкой. Вириды не кодируют белки, но могут вызывать тяжелые симптомы в зараженном растении. Это происходит потому, что клетка защищается. Образующаяся виридная двуцепочечная РНК подвергается действию всех компонентов системы РНК-интер-

ференции, в результате образуются фрагменты одноцепочечной РНК, которые гибридизуются уже не с вирусной РНК, а с клеточной. Это приводит к ее деградации и развитию симптомов заболевания. Однако многие вирусы растений кодируют разнообразные белки, препятствующие РНК-интерференции (viral suppressors of RNA silencing — VSR). Они либо угнетают распознавание и расщепление вирусных РНК, либо подавляют формирование и функционирование комплекса RISC. Поэтому эти VSR-белки могут нарушать механизмы физиологически важной (не связанной с вирусами) РНК-интерференции, вызывая патологические симптомы.

### «Секьюрити»-белки

От работы таких белков в значительной степени зависит противовирусная защита, в частности пикорнавирусов — мелких РНК-содержащих патогенов. В эту большую группу входят, в частности, возбудители полиомиелита, гепатита А, ящура и др. Особенность этих вирусов в том, что за редким исключением их белки синтезируются в виде единого полипротеина, из которого затем образуются отдельные зрелые белки. Среди них можно выделить три группы. Первая состоит из ключевых белков — жизненно важных, с фиксированными функциями, непосредственно обеспечивающих размножение вируса: РНК-зависимые РНК-полимеразы, необходимые для репликации вирусного генома; капсидные белки, образующие белковую оболочку вируса; протеазы, принимающие участие в процессе превращения полипротеина в зрелые белки; белок VPg (viral protein genome linked — вирусный белок, соединенный с геномом), служащий затравкой для синтеза молекул РНК;

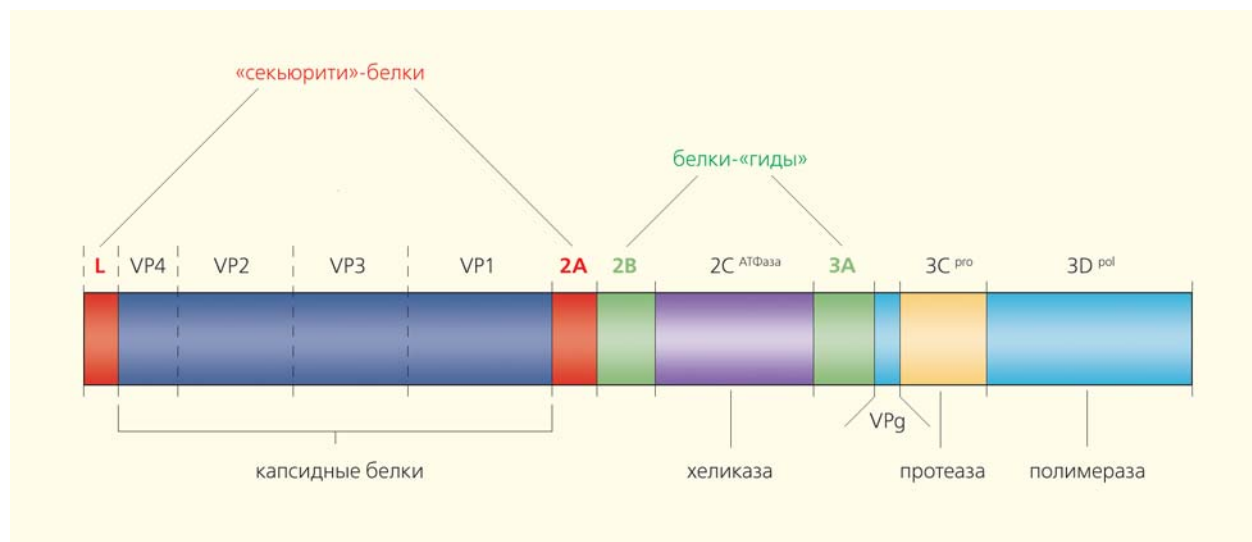


Схема полипротеина (белка-предшественника) пикорнавирусов.

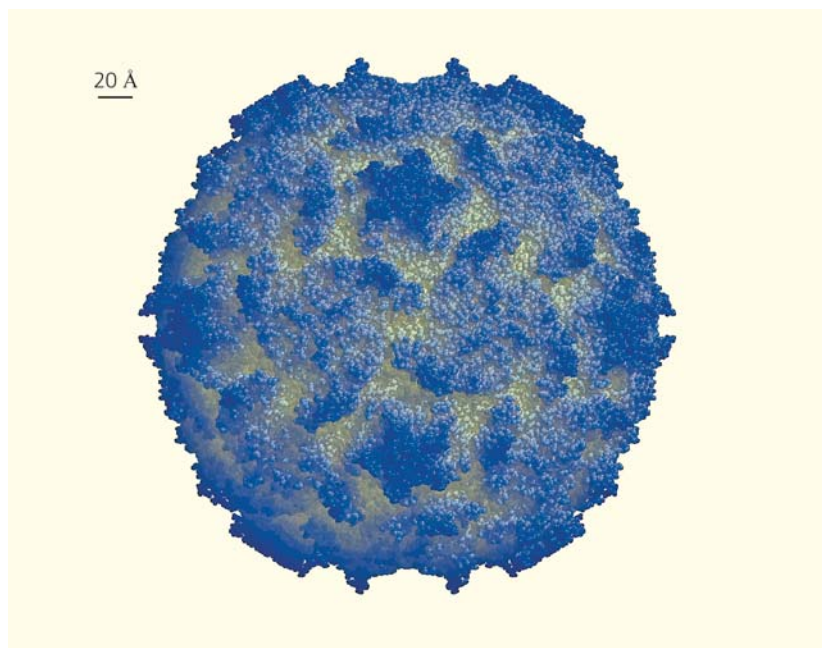
хеликаза — очень ценный фермент, который есть у всех пикорнавирусов, но играет не очень понятную роль. Вторая группа включает также жизненно необходимые белки, но выполняющие «подсобные» работы — гидрофобные белки-«гиды» 2В и 3А. Они направляют ключевые белки в места назначения и способствуют созданию оптимальной внутриклеточной среды для репродукции вируса. В третью группу включаются лидерный белок L, открытый в нашей лаборатории 30 лет назад [4], и белок 2А; мы назвали их «секьюрити»-белками (security — охрана) [5]. Это специализированное противовозащитное «вооружение» пикорнавирусов. Вообще, все эти три класса белков могут бороться с защитными механизмами клетки. Но ключевые белки и белки-«гиды» занимаются этой работой «по совместительству», так как у них есть другие важные обязанности, которым должны соответствовать их структура и функции. Следовательно, их оборонительные возможности ограничены необходимостью выполнять основную работу. А вот «секьюрити»-белки трудятся по специальности «на полную ставку» — эволюция «наняла» их именно для «охраны» (потом некоторые из них «научились» делать и что-то еще). Для исполнения своих обязанностей они могут иметь любую необходимую структуру [6].

Одна из важнейших функций «секьюрити»-белков состоит в том, что они принимают участие в определении судьбы зараженной клетки. Существует много разных вариантов ее гибели, но два главных, наиболее известных механизма — некроз и апоптоз, которые различаются по морфологическим и биохимическим признакам. При некрозе клетка лизируется, а ее содержимое изливается наружу, в межклеточное пространство. При апоптозе на ее поверхности образуются хорошо различимые выпячивания, ее ДНК деградирует до нуклеосомных фрагментов, и в конечном счете клетка фрагментируется на отдельные апоптотические тельца, ограниченные плазматической мембраной. Очень важно, как именно клетка умрет. При некрозе развивается защитное воспаление, но при этом вирус выходит из клетки и распространяется. При апоптозе же распространение вируса ограничено и обычно нет воспалительной реакции. Гибель зараженной клетки, как правило, — это акт самопожертвования, ограничивающий репродукцию вируса.

Мы обнаружили, что зараженные пикорнавирусами, в част-

ности вирусом полиомиелита (полиовирусом), включает апоптозную программу клетки [7]. Это происходит по одному из классических путей, когда из митохондрий выходит цитохром с и активируется каскад протеолитических ферментов каспаз [8]. Но, с другой стороны, выяснилось, что у вирусов есть антиапоптозный механизм — способность подавлять апоптозную реакцию клетки [7]. Так, клетки HeLa, зараженные полиовирусом или вирусом энцефаломиокардита (тоже пикорнавирусом), погибают с признаками некроза. А вот если выключить антиапоптозное «оружие» (подавить синтез вирусных белков), клетка гибнет от апоптоза (самопожертвования). У обоих вирусов таким оружием служат «секьюрити»-белки. Однако у вируса энцефаломиокардита в этой роли выступает L-белок [5], а у полиовируса — 2А-белок [9]. Лидерный белок не имеет ферментативной активности, тогда как 2А-белок — протеаза. У них нет ничего общего ни в структурном, ни в биохимическом отношении, но они оба обладают антиапоптозным действием, основанным на разных молекулярных механизмах.

Другой противовозащитный механизм «секьюрити»-белков пикорнавирусов — нарушение ядерно-цитоплазматического транспорта [10–12]. Мы показали, что при заражении этими вирусами повышается проницаемость ядерной оболочки и нарушается активный обмен макромолекулами между цитоплазмой и ядром. А если структура клетки повреждена, то она не может включать свои регуляторные механизмы для борьбы с вирусом. У полиовируса «секьюрити»-белок 2А нарушает ядерно-цитоплазматический транс-



Модель вируса полиомиелита.

порт, гидролизуя нуклеопорины — компоненты ядерных пор [11]. А у вируса энцефаломиокардита работает лидерный белок — он влияет на точный каскад фосфорилирования нуклеопоринов [12, 13].

Противозащитная функция «секьюрити»-белков может проявляться и по-другому. Так, L-белки кардиовирусов (в том числе вируса энцефаломиокардита) и 2A-белки энтеровирусов (включая полиовирус) угнетают образование интерферона. А его действие тормозят L-белок вируса ящура и 2A-белок полиовируса. Тем не менее «секьюрити»-белки пикорнавирусов — не жизненно важные. Обоих стражей можно удалить либо вызвать в них значительные делеции (как в случае L-белка кардиовирусов, 2A-белков вируса гепатита А и кардиовирусов) — и при этом вирус не лишается жизнеспособности.

### Обоюдное разоружение

Каковы будут последствия инактивации вирусных «секьюрити»-белков для клетки? С одной стороны, повысится чувствительность вирусов к защитным механизмам врожденного клеточного иммунитета. Но, с другой стороны, возрастет и его самоповреждающая, самоубийственная активность. А что произойдет, если одновременно выключить оборонительные механизмы клетки и вируса? Мы изучали такую ситуацию на примере взаимодействия менговируса (штамма вируса энцефаломиокардита) и клеток HeLa [14]. Зараженные вирусом дикого типа, они достаточ-

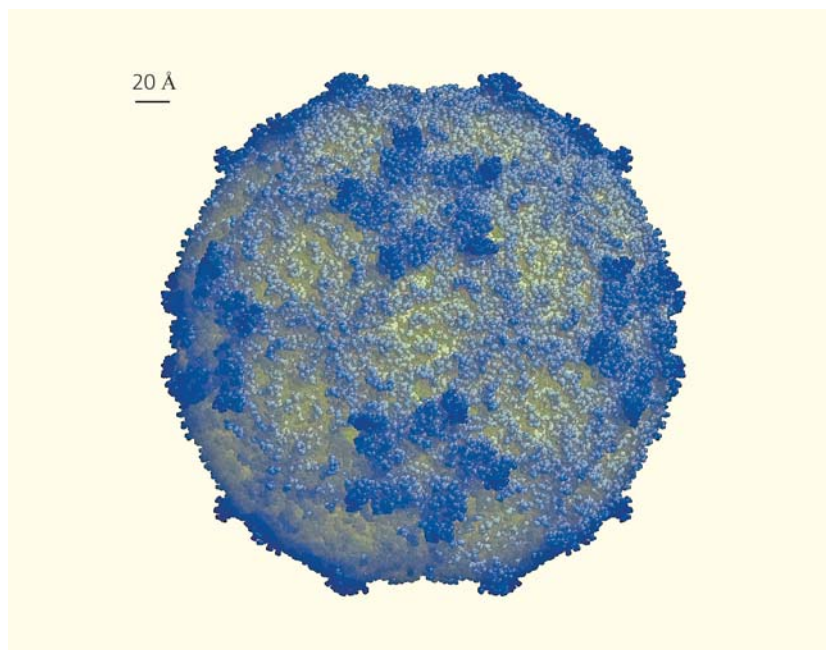
но быстро гибнут от некроза. А если вирус частично разоружен (инактивирован лидерный белок), клетки HeLa живут чуть дольше и гибнут не от некроза, а от апоптоза. Когда же снижена обоюдная оборона (в клетке выключен апоптоз химическим соединением, которое угнетает каспазы, а у вируса инактивирован его лидерный белок), даже через вдвое больший промежуток времени клетки чувствуют себя значительно лучше, чем те, которые не были разоружены. А размножение вируса (и динамика, и урожай) шло совершенно одинаково, независимо от того, была ли выключена только его противовозащита или одновременно снята и клеточная оборона. Получается, что в клетках, в которых еще нет серьезных патологических повреждений (так называемого цитопатического эффекта), может образоваться уже очень много вирусных частиц. Таким образом, для размножения вируса повреждение клетки необязательно. Следовательно, эффективной стратегией антивирусной терапии, направленной на облегчение симптомов заболевания, может служить одновременное подавление как вирусной противовозащиты, так и клеточной защиты.

### Программируемая гибель

Эта серия наших опытов дала также возможность проникнуть глубже в природу вызываемой вирусом некротической смерти. Что это — убийство клетки вирусом или ее самоубийство (самопожертвование), когда она решает, что ради общего блага целесообразнее погибнуть? Некротическим поражениям подвергаются

- плазматическая мембрана (повышается ее проницаемость, образуются «волдыри»),
- цитоплазма (изменяются микротрубочки и микрофиламенты),
- ядро (сжимается, деформируется, конденсируется хроматин),
- метаболическая активность (изменяются NADH-зависимые восстановительные реакции, жизнеспособность).

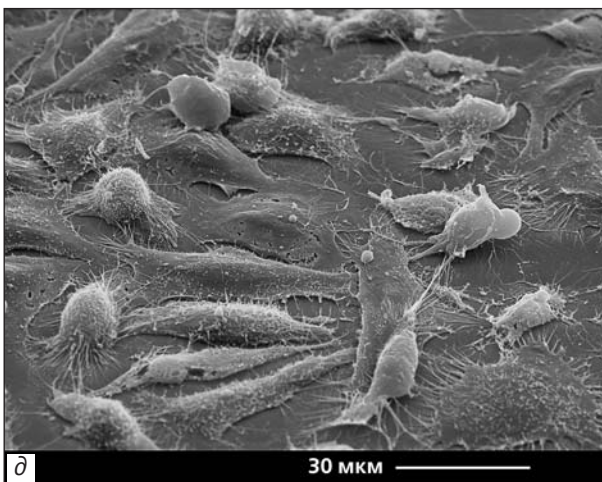
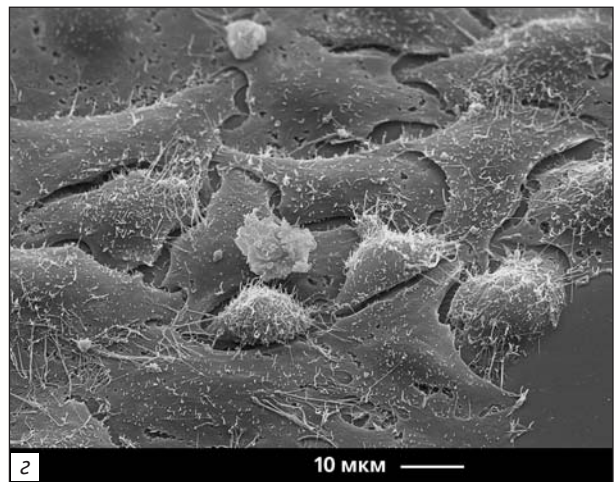
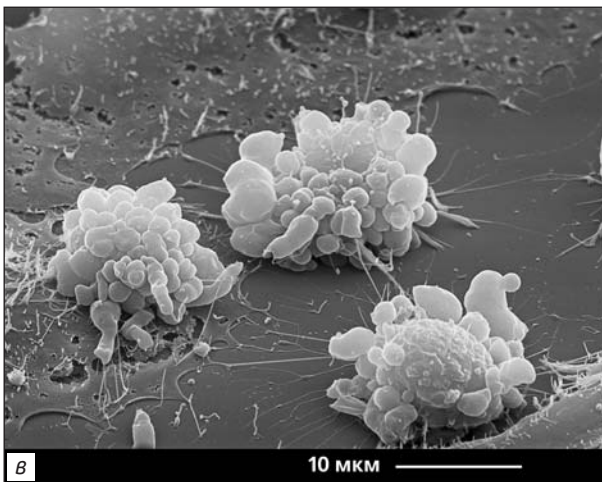
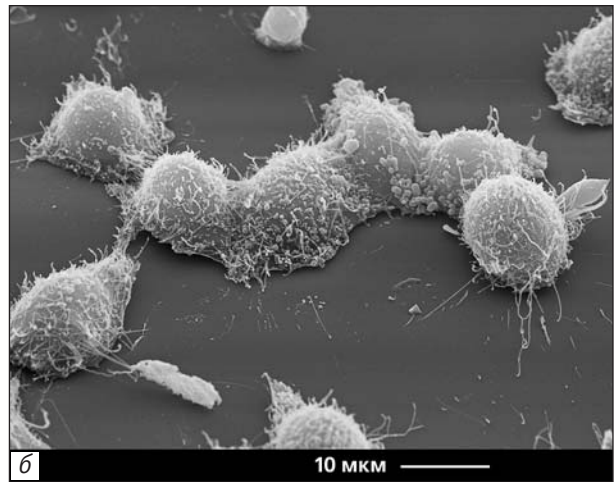
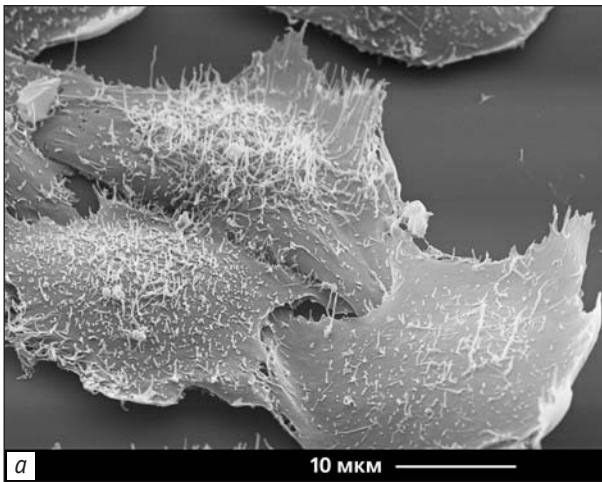
При выключенном апоптозе (добавлении химического ингибитора каспаз) разнообразные некротические изменения зависят от того, функционирует вирусный лидерный белок или нет. Например, если он инактивирован, у клетки не меняется мембранная проницаемость, не появляются «волды-



Модель менговируса (штамма вируса энцефаломиокардита).

[www.virology.wisc.edu](http://www.virology.wisc.edu)





Эффект одновременного выключения клеточных защитных и вирусных противовирусных механизмов. Зараженные менговирусом дикого типа, клетки HeLa (*а*, незараженные) быстро гибнут от некроза (*б*, 4 ч после заражения). Клетки, зараженные частично разоруженным вирусом, у которого инактивирован лидерный белок, живут чуть дольше и гибнут уже от апоптоза (*в*, 8 ч после заражения). Когда же частично разоружены и вирус (инактивирован его лидерный белок), и клетки (у них выключен апоптоз добавлением химического соединения, которое угнетает каспазы), даже через вдвое больший промежуток времени клетки чувствуют себя значительно лучше, чем те, которые не были разоружены (*г*, *д*, 8 и 16 ч после заражения). Большинство клеток на панелях *г* и *д* морфологически больше похожи на клетки на панели *а*, чем на *б* и *в*. Сканирующая электронная микроскопия.

Фото С.И.Галкиной

ри», связанные с нарушением осмотического равновесия, не происходит и ряд других некротических поражений. Одно из возможных объяснений этого эффекта таково: L-белок воздействует на множество мишеней в разных клеточных компартаментах. Но поскольку этот белок не-

большой и не имеет ферментативной активности, более вероятно, что число его непосредственных мишеней гораздо меньше. Мы предполагаем, что лидерный белок воздействует на один или несколько ключевых клеточных элементов, контролирующих судьбу клетки, и в результате

запускается ее некротическая программа, которая ответственна за большинство перечисленных патологических изменений. Следовательно, не вирус убивает клетку некротическим путем, а она сама кончает жизнь самоубийством (осуществляет акт самопожертвования). Эта точка зрения согласуется с новыми представлениями, в соответствии с которыми помимо апоптоза существует ряд других физиологически важных видов программируемой (закодированной в клеточном геноме) гибели клеток, в том числе сходный с некрозом — некроптоз.

Таким образом, самопожертвование клетки при вирусной инфекции может проявляться в виде некроптоза или апоптоза. Некроптоз может быть защитной реакцией клетки на вирусную инфекцию, и не только в случае пикорнавирусов. Какой механизм выгоднее для вируса — зависит от условий. Мы видим, что его противовирусное действие может проявляться в виде «перемаршрутирования» механизмов, закодированных в геноме клетки. Это важный (хотя и не единственный) способ противовирусной защиты и один из основных механизмов патогенности вирусов. Индуцированные вирусом программы апоптоза и некроза конкурируют друг с другом [15]. Мы показали, что при заражении клеток HeLa полиовирусом сначала включается апоптоз, а затем происходит его подавление и запускается некротический путь. Таким образом, заражение клетки вирусом активирует в ней ряд защитных действий, среди которых есть два самоубийственных механизма программируемой гибели — апоптозный и некротический. А дальше происходит конкуренция между этими путями: угнетение одного из них активирует другой, и наоборот [16]. И все это регулируется клеточными белками, вирусными (в первую очередь «секьюрити»-белками), а также внешними факторами.

## Гонка вооружений

Так как у клеток существуют защитные механизмы, а у вирусов — противовирусные, естественно, между ними происходит гонка вооружений. Неконсервативность «секьюрити»-белков позволяет предположить, что они адаптированы для противодействия оборонным механизмам определенного хозяина [6]. И поэтому его смена может сопровождаться потерей функции «секьюрити»-белка и, как следствие, усилением защитных реакций хозяина. Этим можно объяснить особую патогенность «новых» (newly emerging — нарождающихся) вирусов. Так, вирус гриппа — малопатогенный, почти безобидный кишечный вирус диких птиц. Когда он заражает человека, может возникать испанка, птичий или свиной грипп. Вирус атипичной пневмонии — относительно безопасен для летучих мышей, а у человека от не-

го возникает тяжелый острый респираторный синдром, сопровождающийся высокой летальностью. Наконец, ВИЧ (точнее — его предок) практически безвреден для обезьян, а у человека он вызывает СПИД. Очень важно, что новых факторов патогенности при переходе к новому хозяину у этих вирусов не возникает (просто в результате нескольких мутаций, обеспечивающих проникновение в клетку, они приобретают способность заражать человека). Другим возможным механизмом нарушения равновесия между вирусом и хозяином и появления новых патогенов может быть смена вирусного противовирусного оружия, например потеря старого или приобретение нового «секьюрити»-белка.

Однако длительная коэволюция хозяина и вируса должна приводить к снижению патогенности последнего (взаимовыгодному обоюдному разоружению). Классический пример — вирус миксомы/фибромы. В середине XIX в. в Австралию завезли европейских кроликов, которые быстро размножились и стали серьезной угрозой для сельского хозяйства. Через 100 лет для контроля их популяции стали использовать патогенный вирус фибромы/миксомы (из семейства поксвирусов, к которому относится и вирус оспы). Разные кролики по-разному реагируют на этот вирус. У бразильских кроликов через три недели после заражения он вызывает доброкачественную опухоль — фиброму (локализованный узелок на коже). Но у европейских кроликов, чувствительных к этому вирусу, уже через 10 дней после заражения развивается генерализованное смертельное заболевание.

Завезенный в Австралию, этот вирус вызывал переносимые комарами летние эпизоотии, когда более 99% инфицированных кроликов гибли меньше чем за две недели. Перезимовать больше шансов имели менее вирулентные варианты вируса, и это приводило к отбору ослабленных (аттенуированных) штаммов. И примерно через 10 лет смертность европейских кроликов от эволюционировавшего вируса снизилась вдвое. Одновременно шел отбор резистентных кроликов: их смертность от исходного вируса снизилась примерно в четыре раза. Всего за десятилетие (ничтожно малый срок в рамках эволюции) примерно в 10 раз улучшились взаимоотношения между патогеном и хозяином. Это, безусловно, несколько упрощенная схема, поскольку гонка вооружений не прекращается: в ответ на повышение резистентности кроликов может возрастать и вирулентность вируса. Однако это яркий пример роли взаимодействия вирусов и клеточных организмов в эволюции и тех и других. Вирусы и клетки «учат» друг друга, и полученные «знания» наследуются. В 2013 г. году два выпускника кафедры вирусологии МГУ Евгений Кунин и Валерьян Доля опубликовали статью о «виروцентрическом» взгляде на эволюцию, согласно которому противодействие и кооперация виру-

сов и клеточных организмов — главный фактор их эволюции [17].

Мой рассказ далеко не исчерпывает тему: о природе патогенности вирусов известно значительно больше. Многие из того, что мы сейчас знаем, удалось изучить в самые последние годы,

и есть все основания ожидать новых сюрпризов. Можно и нужно винить вирусы за тяжелые болезни и необходимо бороться с ними, но мы должны быть благодарны вирусам за существование и разнообразие живой природы, и в том числе — за существование человека. ■

*Автор благодарен коллегам по научной кооперации — сотрудникам Института полиомиелита и вирусных энцефалитов им.М.П.Чумакова РАМН, Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, Института белка РАН (Пушино Московской области), Университета Базеля (Швейцария), Университета штата Висконсин (США), Университета Неймегена им.Радбода (Нидерланды).*

## Литература

1. *Агол В.И.* Вирусы: корневая система древа жизни? // Природа. 2009. №9. С.3—11.
2. *Black S.G., Arnaud F., Palmarini M. et al.* Endogenous retroviruses in trophoblast differentiation and placental development // *Am. J. Reprod. Immunol.* 2010. V.64. P.255—264. doi:10.1111/j.1600-0897.2010.00860.x
3. *Suntsova M., Gogvadze E.V., Salozhin S. et al.* Human-specific endogenous retroviral insert serves as an enhancer for the schizophrenia-linked gene PRODH // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2013. V.110. P.19472—19477. doi:10.1073/pnas.1318172110
4. *Kazachkov Yu.A., Chernovskaya T.V., Siyanova E.Yu. et al.* Leader polypeptides encoded in the 5'-region of the encephalomyocarditis virus genome // *FEBS Lett.* 1982. V.141. P.153—156.
5. *Romanova L.I., Lidsky P.V., Kolesnikova M.S. et al.* Antiapoptotic activity of the cardiomyovirus leader protein, a viral «security» protein // *J. Virol.* 2009. V.83. P.7273—7284. doi:10.1128/JVI.00467-09
6. *Agol V.I., Gmyl A.P.* Viral security proteins: counteracting host defences // *Nat. Rev. Microbiol.* 2010. V.8. P.867—878. doi:10.1038/nrmicro2452
7. *Tolskaya E.A., Romanova L.I., Kolesnikova M.S. et al.* Apoptosis-inducing and apoptosis-preventing functions of poliovirus // *J. Virol.* 1995. V.69. P.1181—1189.
8. *Belov G.A., Romanova L.I., Tolskaya E.A. et al.* The major apoptotic pathway activated and suppressed by poliovirus // *J. Virol.* 2003. V.77. P.45—56. doi:10.1128/JVI.77.1.45-56.2003
9. *Burton T.B., Jenkins J.A., Deitz S.B. et al.* Bypass suppression of small-plaque phenotypes by a mutation in poliovirus 2A that enhances apoptosis // *J. Virol.* 2009. V.83. P.10129—10139. doi:10.1128/JVI.00642-09
10. *Belov G.A., Evstafieva A.G., Rubtsov Y.P. et al.* Early alteration of nucleocytoplasmic traffic induced by some RNA viruses // *Virology.* 2000. V.275. P.244—248. doi:10.1006/viro.2000.0427
11. *Belov G.A., Lidsky P.V., Mikitas O.V. et al.* Bidirectional increase in permeability of nuclear envelope upon poliovirus infection and accompanying alterations of nuclear pores // *J. Virol.* 2004. V.78. P.10166—10177. doi:10.1128/JVI.78.18.10166-10177.2004
12. *Lidsky P.V., Hato S., Bardina M.V. et al.* Nucleocytoplasmic traffic disorder induced by cardiomyoviruses // *J. Virol.* 2006. V.80. P.2705—2717. doi:10.1128/JVI.80.6.2705-2717.2006
13. *Bardina M.V., Lidsky P.V., Sheval E.V. et al.* Mengovirus-induced rearrangement of the nuclear pore complex: hijacking cellular phosphorylation machinery // *J. Virol.* 2009. V.83. P.3150—3161. doi:10.1128/JVI.01456-08
14. *Mikitas O.V., Ivin Y.Y., Golyshev S.A. et al.* Suppression of injuries caused by a lytic RNA virus (mengovirus) and their uncoupling from viral reproduction by mutual cell/virus disarmament // *J. Virol.* 2012. V.86. P.5574—5583. doi:10.1128/JVI.07214-11
15. *Agol V.I., Belov G.A., Bienz K. et al.* Competing death programs in poliovirus-infected cells: commitment switch in the middle of the infectious cycle // *J. Virol.* 2000. V.74. P.5534—5541. doi:10.1128/JVI.74.12.5534-5541.2000
16. *Agol V.I.* Cytopathic effects: virus-modulated manifestations of innate immunity? // *Trends Microbiol.* 2012. V.20. P.570—576. doi:10.1016/j.tim.2012.09.003
17. *Koonin E.V., Dolja V.V.* A virocentric perspective on the evolution of life // *Curr. Opin. Virol.* 2013. V.3. P.546—557. doi:10.1016/j.coviro.2013.06.008

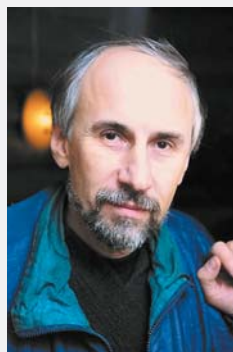


# Мир микробов и человек

А.Н.Суворов

В последнее десятилетие негативное отношение к миру микробов сменилось пониманием их жизненно важной роли в поддержании здоровья человека. Исторически сложившееся сообщество разных микроорганизмов (микробиота), обитающих, например, на коже, в мочеполовой системе или в желудочно-кишечном тракте, — не просто нормальный, но и необходимый компонент жизнедеятельности нашего организма. Более того, в литературе стали появляться работы, позволяющие рассматривать инфекционный процесс, вызванный болезнетворными бактериями или вирусами, как аномальное изменение микробного биоценоза (от греч. βίος — жизнь и κοινός — общий), спровоцированное избыточным размножением возбудителя инфекции. Недавно, например, вышла статья, посвященная роли микробиоценоза в развитии воспалительных процессов, которые приводят к поражению зрительного нерва при глаукоме [1].

Изменению всей концепции естественной микробиоты в существенной степени способствовало появление новых технологий — методов секвенирования нового поколения (Next-Generation Sequencing, NGS), позволяющих в десятки и сотни раз ускорить процесс определения нуклеотидных последовательностей ДНК и РНК. Сейчас с помощью NGS успешно изучают геном не только человека



**Александр Николаевич Суворов**, доктор биологических наук, руководитель отдела молекулярной микробиологии НИИ экспериментальной медицины (Санкт-Петербург). Занимается исследованием молекулярных механизмов патогенности бактерий, в частности факторов вирулентности стрептококков, а также изучением свойств пробиотиков и механизмов, обеспечивающих их действие. Лауреат премии РАМН за цикл работ по генетике стрептококков (1998).

(Human Genome Project), но и его микробиоты. Для анализа состава и особенностей функционирования основных микробных сообществ созданы американские и европейские научные программы: «Микробиом человека» (Human Microbiome Project\*) — проект Национального центра здоровья США, «Метагеномика кишечного тракта человека» (Metagenomics of the Human Intestinal Tract\*\*) — проект Европейского союза и т.д.

## Состав и функции микробиоты

Полностью свободных от микроорганизмов органов, похоже, в норме не существует. Абсолютное большинство в нашем организме составляют анаэробные бактерии, которые технически трудно выявить с помощью методов классической бактериологии. Представления о микробиоте человека значительно расширились, когда для ее анализа стали использовать молекулярно-генетические методы.

К настоящему времени установлено, что самая населенная часть тела — пищеварительный тракт, где обитает 75–78% микроорганизмов — в основном бактерий (Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria и Proteobacteria), которых на два порядка больше, чем всех клеток человеческого тела. Около 20% микробиоты кишечника составляют археи [2]. Правда, об их функциональном значении в микробиоценозе желудочно-кишечного тракта известно пока совсем

\* [commonfund.nih.gov/hmp/index](http://commonfund.nih.gov/hmp/index)

\*\* [metahit.eu](http://metahit.eu)



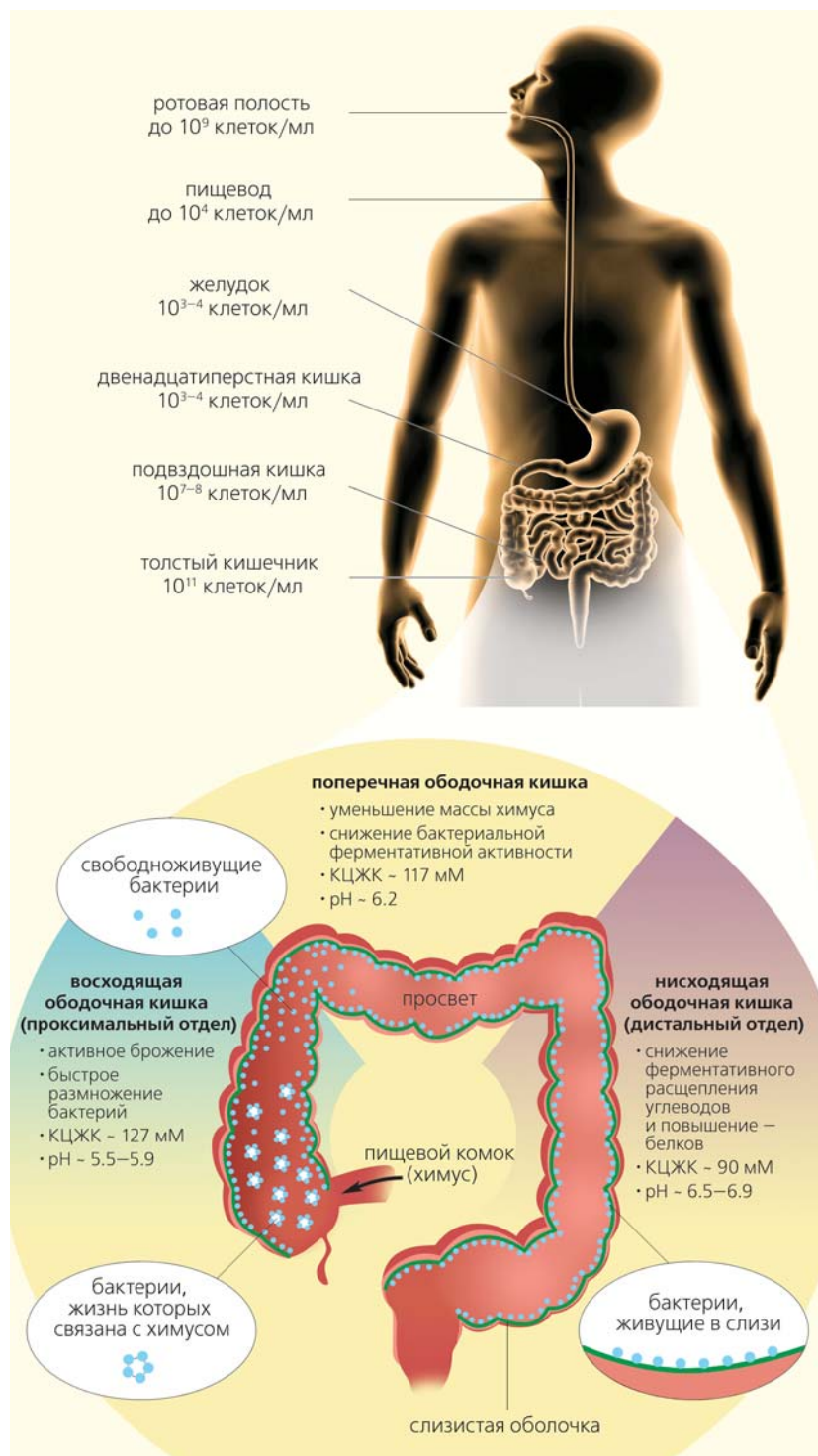


Рис. 1. Естественная микробиота и физиологические условия в разных отделах пищеварительного тракта. Больше всего бактерий обитает в ротовой полости и в толстом кишечнике, где значения рН близки к нейтральным. Кислая среда желудка сдерживает рост бактерий, поэтому их там меньше всего. В тонком кишечнике разнообразие и численность микробных сообществ возрастает и достигает относительного максимума в подвздошной кишке. В толстом кишечнике перистальтика замедляется, рН повышается, что создает комфортные условия для размножения бактерий, участвующих в расщеплении углеводов и белков, синтезе витаминов и короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК) и т.д.

немного, а о содержании вирусов — еще меньше. Однако считается, что вирусная составляющая микробиота (вириом) крайне разнообразна и также может влиять на здоровье человека [3].

В разных участках пищеварительного канала, начиная от ротовой полости и заканчивая прямым отделом толстой кишки, бактерии находятся под постоянным воздействием различных физико-химических и биологических факторов (рис.1). На выживании и видовом составе микробиоты сказываются содержание кислорода, температура и кислотность среды, количество слизи, уровень секреторного иммуноглобулина А (IgА) и антимикробных пептидов-дефензинов. Например, лишь несколько видов бактерий способны достичь кишечного эпителия, покрытого сплошным слоем слизи (рис.2) [4]. Кроме того, состав микробиоты зависит от диетических предпочтений хозяина, его генетических особенностей и состояния иммунной системы.

Индивидуальный состав микроорганизмов начинает формироваться еще в раннем детстве\*. Первые бактерии, с которыми встречается человек в момент рождения, — преимущественно аэробные (кишечная палочка, стрептококки, энтерококки, лактобациллы и стафилококки). Но уже в первую неделю жизни новорожденного, питающегося молоком матери, их сменяют анаэробные бифидобактерии (Bifidobacteriaceae). Причины данного явления стали понятны, когда был секвенирован геном *Bifidobacterium longum* spp. *infantis* и обнаружен участок, содержащий гены гликозидаз — ферментов, расщепляющих олигосахариды женского грудного молока до моносахаридов. Очевидно, без этих бифидобактерий в желудочно-кишечном тракте ребенок не сможет эффективно

\* Подробнее см.: Суворов А.Н. Микробиота детей // Природа. 2011. №8. С.14–21.

усваивать поступающую пищу, что отразится на его развитии. С завершением грудного вскармливания рацион ребенка расширяется, и в составе его микробиоты начинают доминировать Bacteroidetes и Firmicutes [5]. В дальнейшем у каждого человека устанавливается индивидуальный набор микроорганизмов, и больше никаких возрастных изменений в составе микробиоты не происходит.

Значение микробиоты в жизни человека переоценить невозможно: бактерии участвуют почти во всех процессах метаболизма, синтезируют витамины, усиливают катаболизм холестерина до желчных кислот, защищают от патогенных микроорганизмов, влияют на работу иммунной, эндокринной, сердечно-сосудистой систем и даже центральной нервной системы [6–12]. И ученые продолжают открывать все новые стороны сложнейших взаимодействий участников микробиоценоза. Так, недавно было установлено, что бактерии, будучи основным питательным субстратом для нематод, для борьбы с ними вырабатывают фермент, катализирующий расщепление аминокислоты аргинина с образованием мочевины, что способствует превращению грибов *Arthrobotrys oligospora* из безобидных сапрофитов в «охотников» за нематодами [13] (рис.3, 4). В данном случае место организма-хозяина в микробных «войнах» скорее пассивное, чем главенствующее.

Очевидно, что большинство функций микроскопических обитателей нашего пищеварительного тракта связано с их метаболической актив-

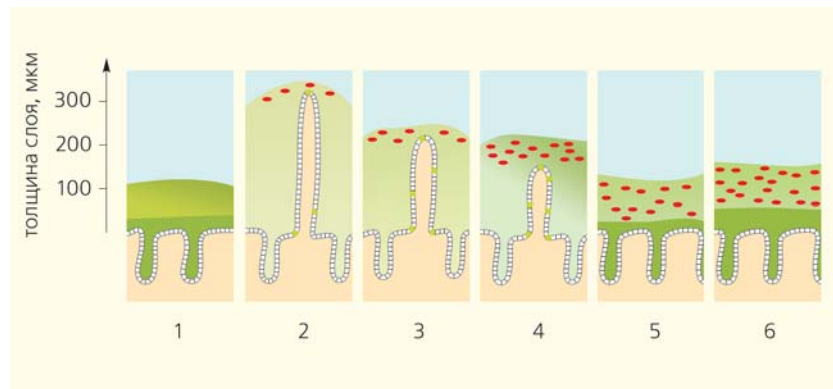


Рис.2. Схема распределение слоя муцина в разных отделах желудочно-кишечного тракта: 1 — в желудке, 2 — в двенадцатиперстной кишке, 3 — в тонкой кишке, 4 — в подвздошной кишке, 5 и 6 — в проксимальном и дистальном отделах толстой кишки (doi:10.1111/imr.12182). Видно, что эпителиальные клетки желудка и толстой кишки покрыты двумя слоями муцина (выделены различными оттенками зеленого), а других отделов кишечника — только одним. Бактерий (красные точки) больше всего в толстой кишке, но и там, вопреки устоявшемуся мнению, они не контактируют с эпителиальными клетками, так как не могут проникнуть в плотный внутренний слой муцина.

ностью и пищевыми предпочтениями. К примеру, одни бактерии независимо от рациона человека бесперебойно получают необходимую им энергию, питаясь муцинами, которые входят в состав слизи, покрывающей эпителий кишечника, и при этом предохраняют его от воспаления. Для других бактерий, напротив, очень важно, что ест их хозяин, поскольку для их жизнедеятельности необходимы жиры, белки и углеводы. Ферментируя их, бактерии производят короткоцепочечные жирные кислоты (ацетат, бутират, пропионат), которые служат основным источником энергии для клеток кишечного эпителия [15].

Установлено также, что изменения микробиоценоза (дисбиоз), которые могут быть вызваны стрессом, интоксикацией, радиацией или лечени-

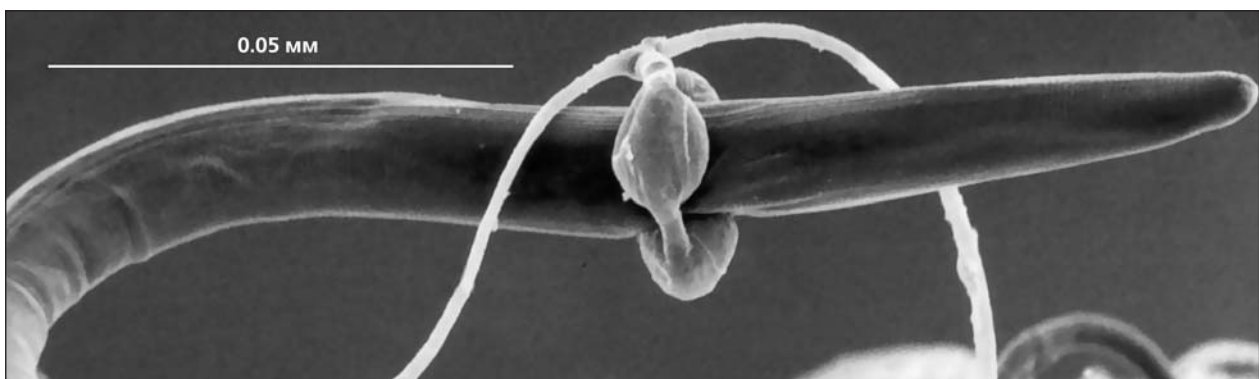


Рис.3. Микрофотография нематоды, угодившей в ловушку гриба [14]. Гриб *Arthrobotrys oligospora* обычно «вегетарианец», но в присутствии нематод может стать плотоядным. Реагирует он на вырабатываемые червями химические вещества (аскаросиды) и формирует ловушки — липкие сети с микроскопическими лассо. Клетки гриба прорастают внутрь плененной нематоды и переваривают ее изнутри.

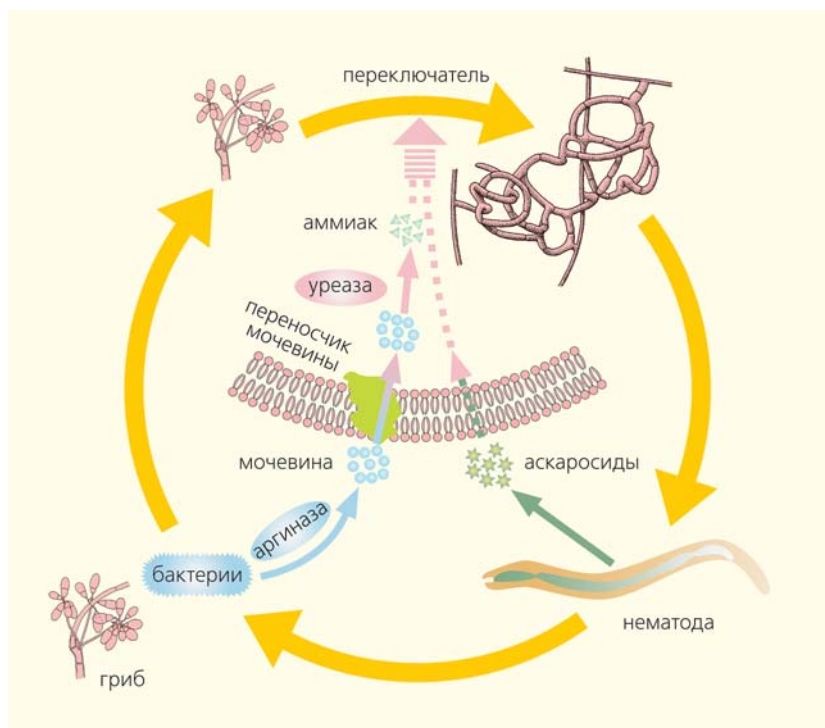


Рис.4. Схема микробиотных войн между грибами, нематодами и бактериями [13]. Китайские ученые недавно выяснили, что *A. oligospora* может превратиться в убийцу нематод под влиянием кишечных бактерий, изолированных из коровьих лепешек. Бактерии, которыми питаются нематоды, начинают синтезировать фермент аргиназу, которая расщепляет аргинин с образованием мочевины. Проникнув в мицелий гриба, она под действием фермента уреазы распадается до аммиака, который побуждает гриб сформировать ловчую сеть. Эти результаты показывают, что бактерии и грибы образуют взаимовыгодные отношения, превращая нематод из охотника в жертву.

ем антибиотиками, приводят к различным желудочно-кишечным и соматическим заболеваниям [16]. Нормальная микробиота у взрослых, будучи сугубо индивидуальной, имеет значительную степень стабильности и стремится восстановиться после временных дисбиотических нарушений. В случае тяжелых патологий требуется специфическая терапия.

С недавних пор, когда накопилось множество данных о структуре микробиоты человека, к ее анализу подключились биоинформатические методы. Оказалось, что по генетике населяющих наш кишечник бактерий современное человечество можно разделить на три типа, точнее, энтеротипа [17]. В одном из них преобладают грамотрицательные бактерии рода *Bacteroides*, в другом — рода *Prevotella*, а в третьем, состоящем в основном из грамположительных бактерий типа Firmicutes, наиболее представлен род *Ruminococcus*. Это распределение, как было установлено, не зависит от диетических предпочтений, массы тела, расы или пола, но у людей одного и того же энтеротипа много общего в обмене веществ и уровне микробных метаболитов.

## Микробиота и инфекции

История человечества тесно связана с историей инфекционных заболеваний. Эпидемии и пандемии чумы, оспы и тифа приводили к гибели цивилизаций и становлению новых государств, замедляли или ускоряли общественный прогресс. Ситуация изменилась с введением вакцинальной профилактики и изобретением антибиотиков. Эти два фактора оказали столь глобальное воздействие на человечество, что некоторые инфекции практически исчезли с лица земли. Продолжительность жизни возросла в среднем на 25 лет, а инфекционные заболевания, вызванные бактериями, легко лечились антибиотиками.

Однако в конце XX в. человечество столкнулось с новыми проблемами, осознание причин которых пришло лишь в начале XXI в. Так, резко возросло количество сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, увеличилось число людей, страдающих сахарным диабетом и ожирением. Кроме того, стало все труднее лечить инфекционные болезни ввиду появления устойчивых к антибиотикам штаммов бактерий\*.

Специальный комитет общества инфекционистов США указал на нехватку антимикробных препаратов в условиях возникновения новых патогенов с множественной лекарственной устойчивостью, а конгресс США был вынужден принять постановление, облегчающее и ускоряющее прохождение новых препаратов, а также удлиняющее патентные права на новые антибиотики, особенно обладающие новизной и способствующие борьбе с биотерроризмом [18]. Однако понимание того, что проблема обусловлена не экономическими, а фундаментальными и концептуальными причинами, пришло совсем недавно. Оказалось, что бактериальные штаммы, составляя единый глобальный микробиом, обладают возможностью активно «черпать» практически любые гены устойчивости либо от соседей по микробиоценозу, либо из окружающей среды. Поэтому неадресное и неосторожное применение антибиотиков неизбежно приводит к появлению лекарственно устойчивых форм. В общей форме инфекционный процесс теперь

\* Подробнее см.: Суворов А.Н. Гонки с микробами: наши шансы // Природа. 2011. №5. С.13–24.



рассматривается как дисбиотическое состояние с превалированием одного или нескольких возбудителей в составе микробиоценоза. А концепция терапии инфекционного заболевания, направленная на уничтожение возбудителя, меняется на комплекс лечебных мероприятий, направленных на восстановление естественного микробиоценоза, свойственного конкретному индивидууму.

Метагеномные исследования последних лет показали, что человек — естественный резервуар многочисленных потенциально патогенных штаммов бактерий одного и того же вида (например, стафилококков или энтерококков). Понятно, что эффективность лечения инфекционного заболевания зависит от точной диагностики возбудителя, выявления у него генов лекарственной устойчивости и вирулентности. Сотрудники нашего отдела (молекулярной микробиологии) уже давно занимаются изучением генетики патогенности стрептококков. Вместе с зарубежными коллегами мы разработали подходы для генетического анализа стрептококков, впервые построили генетические карты стрептококков групп А и В, а также некоторых стрептококковых бактериофагов, провели полногеномное секвенирование нескольких штаммов стрептококков и энтерококков, обнаружили и проанализировали ряд регуляторных механизмов экспрессии факторов патогенности. Понимание генетических особенностей возбудителей инфекций позволило сформировать новый подход к созданию вакцинных препаратов против бактериальных патогенов. Однако при создании вакцин против широкого круга возбудителей мы столкнулись с ограничениями: генетической и, соответственно, иммунологической вариабельностью штаммов и антигенной мимикрией некоторых поверхностных структур бактерий, приводящей к формированию перекрестно реагирующих антител.

В современной вакцинологии при создании вакцин против наиболее распространенных видов патогенов часто используются живые аттенуированные (с ослабленной патогенностью) и инактивированные штаммы бактерий. Иногда ограничиваются только их компонентами, которые либо не дают устойчивого иммунитета, либо позволяют обеспечивать защиту от ограниченного набора серотипов возбудителей. В последнее время выходит все больше публикаций, в которых предлагается создавать вакцины с помощью методов генной инженерии, которые позволяют встраивать ген вирулентного микроорганизма, отвечающий за синтез определенного антигена, в геном какого-нибудь безвредного микроорганизма [19—22]. Такие искусственно созданные (рекомбинантные) вакцины могут нести одну химерную молекулу пептида или целый комплекс различных антигенов бактерий. Поскольку в качестве вакцины используют участки белков, относимых к факторам вирулентности, элиминируются бактерии, относящиеся к наиболее патогенным штаммам.

Такого рода селективная вакцинопрофилактика инфекций позволяет адресно менять микробиотный состав без существенного изменения микробиоценоза. Так, например, вакцина против стрептококков группы В представляет собой комплекс антигенных участков пяти поверхностных факторов патогенности: пептидазы C5a, сериновой протеазы CspA, адгезинов ScaAB и SspB1, а также IgA связывающего белка Vac. Сконструированные по такой технологии вакцины против стрептококков группы В и пневмококков успешно прошли доклинические исследования и готовятся к клиническим испытаниям.

Другим микрoэкологически обоснованным подходом к терапии инфекций можно считать использование естественных врагов бактерий — бактериофагов и антимикробных пептидов-бактериоцинов, продуцируемых пробиотиками. Интерес к пробиотикам связан с тем, что они не только обладают антагонистической активностью в отношении патогенов (т.е. не позволяют размножаться нежелательным микробам, подавляют их своим численным преимуществом), но и восстанавливают естественный микробиоценоз человека.

## Пробиотики и их применение

Издавна люди начали использовать определенные бактериальные штаммы для приготовления и долгого хранения пищевых продуктов. Правильная ферментация молока, фруктов, овощей или мяса позволяет создавать из них сыр, вино, пиво или колбасу, сохраняя питательные свойства в течение нескольких месяцев. В рацион разных народов входят различные ферментированные продукты (кефир, мацони, кумыс, айран, натто и т.д.), причем многим из них издавна приписывали лечебные свойства, способность восстанавливать силы и долголетие.

Еще в конце XIX в. И.И. Мечников выделил из йогурта, составляющего существенную часть диеты болгарских пастухов, чистые культуры молочнокислых бактерий и показал, что отдельные штаммы лактобацилл (ученый назвал их болгарской палочкой) способны сбраживать молоко с образованием вкусных и питательных продуктов. Кроме того, Мечников способствовал производству первого бактериального препарата — «Лактобациллина», который продавался в Санкт-Петербурге начиная с 1912 г.

Исследования Мечникова в области полезных бактерий имели мировой резонанс, но с открытием антибиотиков существенно замедлились. Советский Союз оставался практически единственной страной, в которой ученые продолжали отбор и изучение свойств полезных штаммов бактерий с целью приготовления микробных препаратов и продуктов.



На основе лактобацилл, энтерококков, бифидобактерий и кишечной палочки стали создаваться в промышленном масштабе лекарственные препараты («Колибактерин», «Лактобактерин», «Бифидумбактерин», «Бификол»), которые по-прежнему продаются в аптеках нашей страны.

Термин «пробиотик» появился гораздо позже, в 1980-х, после возрождения интереса к полезным бактериям в США и Западной Европе. К тому времени в нашей стране уже было проведено значительное количество исследований. Были подобраны наиболее эффективные штаммы пробиотиков, установлена их антагонистическая активность по отношению к патогенам, разработан целый ряд уникальных методик, позволяющих оценить действие бактерий в организме. Например, основные преимущества полезных для здоровья бактерий, такие как антагонистическая и ферментативная активность, синтез витаминов и иммуномодуляция, отметил Л.Г.Перец еще в 1955 г. [23].

В настоящее время пробиотики как компоненты функционального питания или лечебные препараты широко применяются во всем мире. Большинство используемых пробиотических штаммов относятся к группе молочнокислых бактерий (*Lactic Acid Bacteria*, LAB) или бифидобактерий.

К LAB относится несколько различных родов, в том числе стрептококки, стафилококки, а также *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc* и др. Их характерный признак — способность усваивать лактозу с образованием молочной кислоты (лактата), хотя они могут ферментировать и другие сахара (ксилозу, рибозу, целлобиозу, арабинозу, глюкозу, фруктозу).

Начиная с Мечникова и его сотрудников, исследования пробиотиков были сосредоточены преимущественно на роде *Lactobacillus*. Их и сегодня на рынке больше всего, хотя уровень исследований препаратов с лактобациллами невысок. Наиболее известен штамм *L.rhamnosus* GG, входящий в состав многих препаратов. В России более 80% рынка пробиотиков составляют препараты на основе энтерококков («Линекс» и «Бифиформ»). Среди других пробиотических штаммов следует отметить бифидобактерии, которые также известны как компоненты многих пробиотических препаратов и пищевых продуктов. Другие пробиотики содержат разные виды бацилл, кишечной палочки, сахаромицетов и некоторых бактериоидов и клостридий [24].

К настоящему времени проведено большое количество клинических исследований пробиотиков, доказывающих их эффективность для лечения различных желудочно-кишечных заболеваний. Однако в некоторых случаях были получены и настоящие поразительные результаты. Например, в недавнем исследовании прием препарата, содержащего *L.plantarum* MF 1298, привел к значительному ухудшению состояния пациентов с синдромом раздраженной толстой кишки. Наиболее показательными

в этом отношении были результаты клинического исследования людей, страдающих острым панкреатитом: 16% погибших относились к группе пациентов, принимавших пробиотики (для сравнения: в контрольной группе летальных случаев было 6%).

Это расхождение в результатах клинических исследований говорит о том, что прием пробиотических бактерий (иногда плохо изученных) у отдельных пациентов может приводить к конфликту с их собственной уникальной микробиотой и по-разному действовать на ткани хозяина. Возможные побочные эффекты микробной терапии, которая оказалась эффективной в большинстве исследований, детально обсуждаются в современной литературе, причем основной вывод заключается в необходимости правильно применять пробиотики. Точный прогноз функционирования пробиотиков в кишечнике невозможен без понимания физиологии пробиотических штаммов и условий их взаимодействия с организмом-хозяином.

## Механизмы пробиотического действия

В многочисленных обзорах упоминается несколько требований к пробиотическим штаммам. Они должны:

- быть человеческого или животного происхождения в зависимости от их предполагаемого использования;
- выживать в достаточном количестве, проходя через барьеры желудка и 12-перстной кишки (быть кислото- и желчеустойчивыми);
- обладать антагонизмом к патогенным бактериям и препятствовать транслокации бактерий через кишечную стенку;
- быть способными активно прилипать к кишечному эпителию (обладать адгезивностью);
- стимулировать иммунную систему.

На деле ни один из известных пробиотических штаммов не отвечает этим критериям в полной мере, либо имеющиеся исследования неубедительны.

Например, принадлежность пробиотического штамма к определенному хозяину часто сомнительна. Большинство из них, включая мечниковскую болгарскую палочку, искусственно пассировалось человеком длительное время, при этом наиболее вероятный хозяин LAB штаммов — представитель крупного рогатого скота. Адгезивность пробиотика сейчас рассматривается скорее как негативный, а не позитивный признак штамма, поскольку стало известно, что многие адгезины — факторы патогенности. Остаются три наиболее важные функции пробиотических штаммов: антагонистический потенциал, влияние на процесс пищеварения и иммуномодуляция.

Антагонистическая активность большинства пробиотических штаммов может быть изучена вне организма хозяина, что позволяет оценить спектр пораженных оппортунистических или па-

тогенных бактерий. Известны различные механизмы антибактериального действия, но синтез органических кислот и антимикробных пептидов (бактериоцинов) — наиболее распространенное оружие в бактериальных войнах за колонизацию поверхностей хозяина и питательные вещества.

Активность многих бактериоцинов строго контролируется сложными генетическими системами. Большинство штаммов, продуцирующих антимикробные пептиды, ингибируют рост весьма ограниченного набора штаммов бактерий с аналогичными предпочтениями по колонизации. Однако некоторые пробиотики, такие как *L.plantarum* 8P-A3 или *E.faecium* L3, способны синтезировать несколько бактериоцинов с чрезвычайно высокой ингибирующей активностью в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных патогенных микроорганизмов. Аналогичные эффекты были определены в исследованиях с другими бактериоцинами, выделенными из LAB. Антагонистические свойства бактерий-пробиотиков часто характеризуются высокой избирательностью, что определяет необходимость подбора пробиотиков в зависимости от доминирующего инфекционного агента.

Появление пробиотиков в желудочно-кишечном тракте вызывает существенные метаболические сдвиги в организме. Однако действие вводимых бактерий, как правило, трудно отличить от активности собственной микробиоты, поэтому такие реакции лучше изучать на моделях — выращенных в стерильных условиях гнотобионтах или животных с искусственно вызванным дисбиозом. С другой стороны, организмы со «здоровой» микробиотой, как правило, устойчивы к колонизации внешних микроорганизмов.

Оценка иммуномодулирующих свойств обычно производится либо на организмах с уже сформированной микробиотой, либо на гнотобионтах, у которых, как известно, не развита врожденная иммунная система. Обе эти модели имеют свои слабые стороны. Было установлено, что пробиотики действительно могут влиять на врожденные и адаптивные иммунные функции, связанные с Toll-подобными рецепторами (TLR), с последующим подключением NF-κB-, JAK/STAT-, MAPK-, и SAPK/JNK-путей. Эти реакции сопровождаются дифференцированной экспрессией генов, кодирующих синтез интерлейкинов и дефенсинов в зависимости от типа используемого пробиотика. Например, наиболее распространенная реакция на пробиотик на основе молочнокислых бактерий или энтерококков — подавление экспрессии NF-κB и IL-8 и индукция IL-10. Тем не менее различные штаммы, принадлежащие к одному и тому же виду, могут модулировать иммунный ответ совершенно по-разному, приводя к дифференцировке Т-лимфоцитов, которая сопровождается воспалительным процессом. Данный факт указывает на необходимость селективного подбо-

ра пробиотиков в зависимости от патологии и состояния иммунной системы хозяина.

Способность пробиотиков адресно воздействовать на микробиоценоз, сформировавшийся при различных патологических состояниях, открывает совершенно новые возможности применения полезных бактерий в терапии, например, нейродегенеративных заболеваний. Недавно на модели искусственного рассеянного склероза, разработанной в нашем институте, было исследовано действие пробиотика на основе энтерококкового штамма L3. Оказалось, что он может в существенной степени замедлить развитие заболевания и достоверно снизить его тяжесть, причем по иммуномодулирующему эффекту пробиотик не уступал коммерческому препарату «Копаксону», который используется для лечения рассеянного склероза.

С помощью пробиотиков можно корректировать микробиоценоз для защиты от потенциальных инфекций. Недавно, например, были проведены интересные эксперименты: лабораторным животным подсаживали в кишечник штаммы бактерий, обладающих поверхностными антигенами (α-gal), которые индуцируют выработку антител против малярийного плазмодия (рис.5) [25]. Вакцинация животных против α-gal обеспечивала их защиту против малярии. Возможно, подобный подход сможет уменьшить распространение малярии среди людей.

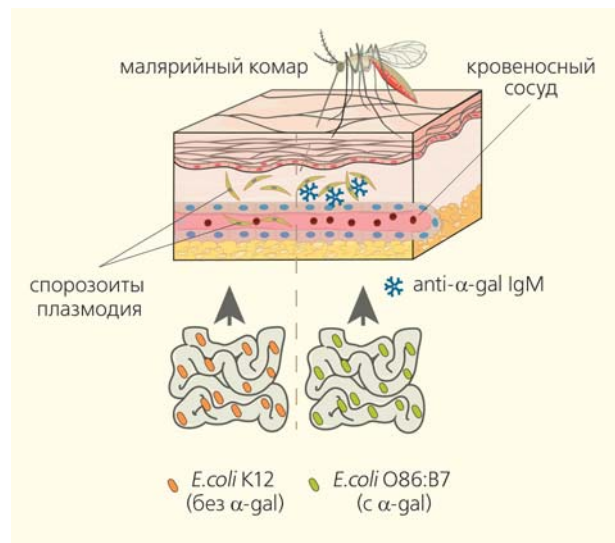


Рис. 5. Схема эксперимента, в котором одной группе мышей подсаживали в кишечник штаммы *E. coli* O86:B7 (справа), несущих поверхностные антигены (α-gal), которые индуцируют синтез антител (anti-α-gal IgM), другим — *E. coli* K12 без α-gal [25]. Сразу после укуса комара *Anopheles mosquitoes*, переносящего возбудителей малярии — плазмодии, эти антитела (показаны звездочками) еще в коже связывают α-gal на поверхности спорозоитов плазмодия. В результате запускаются механизмы иммунной системы, направленные на быструю ликвидацию вторгшегося паразита.

## Альтернатива пробиотикам

Для восстановления нормального микробиоценоза можно использовать не только пробиотики. Другое решение проблемы — так называемая фекальная трансплантация. Эта медицинская процедура основана на полной замене микробиоты человека, страдающего дисбиозом, микробиотой здорового донора [26]. К настоящему времени проведено много клинических исследований полной замены микробиоты у пациентов с воспалительным заболеванием кишечника или с псевдомембранозным колитом, обусловленным *Clostridium difficile*. Основной недостаток такого клинического подхода связан со сложностью подбора адекватного донора, ведь знаний о микробиоме и особенно его вирусной составляющей, которая может вызывать отделенные патологические реакции, пока явно недостаточно. И это не единственная опасность, которую может нести донорский микробиом.

Другой недостаток фекальной трансплантации заключается в том, что эта процедура не учитывает персональные особенности микробиоты, а это крайне важно для создания устойчивого консорциума бактерий. Альтернативой может быть подход, основанный на штаммах собственных бактерий человека, используемых для восстановления нормальной микробиоты в случае дисбиотических состояний. Этот подход — технология аутопробиотиков, или персонализированная симбионтная терапия, — предполагает выделение отдельных представителей микробиоты в виде чистых культур, их генетический анализ и возвращение бактерий обратно в желудочно-кишечный тракт после размножения их вне организма. В идеале штаммы бактерий хотелось бы выделять из микробиоты, заблаговременно сохраненной в криобанках. Но, как показал опыт клинических исследований, штаммы аутопробиотиков можно выделять и у людей с дисбиотическими состояниями.

Обычно процедура от забора микробиоты до подготовки аутопробиотика в виде молочнокислой закваски занимает одну неделю, что позволяет пользоваться технологией даже в условиях клиники. В наших клинических исследованиях пациентов с синдромом раздраженной кишки, неспецифическим язвенным колитом и пневмонией аутопробиотики давали значительный положительный эффект. Несомненно, что перспективы коррекции микробиоценоза аутопробиотиками во многом зависят от создания сети криохранилищ для консервации микробиоты здоровых лиц в качестве резерва наиболее клинически эффективных штаммов.

\* \* \*

Современная наука собирает все больше и больше данных о функциональных особенностях человеческой микробиоты. Предыдущие дог-

мы клинической микробиологии, которые пытались разделить мир микробов на опасные и полезные, а сами микроорганизмы воспринимали как что-то малозначимое для здорового организма, уходят в прошлое.

Современный кризис фармакологии, которая не в состоянии производить новые антибиотики, дает человеческой расе шанс взглянуть на проблему здоровья человека с позиций микробиологии, уходя от простой стратегии ликвидации патогена.

Появление метагеномных технологий и новых методических возможностей молекулярной генетики, иммунологии и спектрометрии позволило переоценить представления о самой микробиоте и о ее значении в функционировании органов и систем. Если ранее микробиота или, точнее, ее часть, представленная условно-патогенными бактериями, рассматривалась исследователями исключительно как сообщество возможных возбудителей заболеваний, то в последние годы взгляд на микроорганизмы кардинально изменился. Возникшее понимание глобальной и сильно недооцененной ранее роли микробиоты для формирования здоровья и профилактики разнообразных заболеваний человека возродило интерес исследователей к использованию средств коррекции микробиоты — живых микроорганизмов (пробиотиков) или веществ, благотворно влияющих на восстановление микробиоты (пребиотиков). Поскольку любой инфекционный процесс с позиций микробиологии представляет собой крайнюю форму дисбиоза, вакцинация профилактика инфекций также может рассматриваться в качестве фактора устранения микробиологических нарушений. Именно поэтому создание новых эффективных лечебных и профилактических препаратов должно осуществляться с учетом эндоэкологии.

Эмоциональный призыв американского микробиолога Мартина Блазера — «Остановите убийство полезных бактерий!» — в ближайшее время должен привлечь еще большее внимание научного и медицинского сообщества. Понятно, что жесткие системные связи между микробиотой человека и клетками человеческого организма (в первую очередь клетками иммунной системы) в определенный момент жизни становятся крайне индивидуальными и требуют восстановления для сохранения здоровья. Дисбиотическое состояние лежит в основе многих инфекционных и неинфекционных заболеваний наших современников, что определяет необходимость подхода к лечению, основанного на восстановлении индивидуальной микробиоты. Очевидно, что микробная терапия препаратами пробиотиков и аутопробиотиков должна шире использоваться в арсенале врачей, и ключом к ее успеху должна стать детальная диагностика индивидуальной микробиоты пациента. ■

## Литература

1. Astafurov K., Elbawy E., Ren L. et al. Oral microbiome link to neurodegeneration in glaucoma // PLoS ONE. 2014. V.9. №9. e104416. doi:10.1371/journal.pone.0104416
2. Carbonero F., Gaskins H.R. Methanogenic archaea in the human microbiome // Encyclopedia of metagenomics / Ed. K.E.Nelson. N.Y., 2014. P.1–4. doi:10.1007/978-1-4614-6418-1\_755-2
3. Delwart E. A roadmap to the human virome // PLoS Pathog. 2013. V.9. №2. e1003146. doi:10.1371/journal.ppat.1003146
4. Alexander K.L., Targan S.R., Elson Cb.O. 3<sup>rd</sup>. Microbiota activation and regulation of innate and adaptive immunity // Immunol. Rev. 2014. V.260. №1. P.206–220. doi:10.1111/imr.12180
5. Underwood M.A., German J.B., Lebrilla C.B., Mills D.A. *Bifidobacterium longum* subspecies infantis: champion colonizer of the infant gut // Pediatr. Res. 2015. V.77. P.229–235. doi:10.1038/pr.2014.156
6. Hyland N.P., Quigley E.M., Brint E. Microbiota-host interactions in irritable bowel syndrome: Epithelial barrier, immune regulation and brain-gut interactions // World J. Gastroenterol. 2014. V.20. №27. P.8859–8866. doi:10.3748/wjg.v20.i27.8859
7. Turnbaugh P.J., Ley R.E., Mabowald M.A. et al. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest // Nature. 2006. V.444. №7122. P.1027–1031. doi:10.1038/nature05414
8. Bruce-Keller A.J., Salbaum J.M., Luo M. et al. Obese-type gut microbiota induce neurobehavioral changes in the absence of obesity // Biol. Psychiatry. 2015. V.77. P.607–615. doi:10.1016/j.biopsych.2014.07.012
9. Tilg H., Moschen A.R. Microbiota and diabetes: an evolving relationship // Gut. 2014. V.63. P.1513–1521. doi:10.1136/gutjnl-2014-306928
10. Wang X., Ota N., Manzanillo P. et al. Interleukin-22 alleviates metabolic disorders and restores mucosal immunity in diabetes // Nature. 2014. V.514. P.237–241. doi:10.1038/nature13564
11. Ito M., Adachi-Akabane S. Inter-organ communication in the regulation of lipid metabolism: focusing on the network between the liver, intestine, and heart // J. Pharmacol. Sci. 2013. V.123. P.312–317. doi:10.1254/jphs.13R09CP
12. Diaz Heijtz R., Wang S., Anuar F. et al. Normal gut microbiota modulates brain development and behavior // PNAS. 2011. V.108. P.3047–3052. doi:10.1073/pnas.1010529108
13. Wang X., Li G.H., Zou C.G. et al. Bacteria can mobilize nematode-trapping fungi to kill nematodes // Nat. Commun. 2014. V.16. P.5776. doi:10.1038/ncomms6776
14. Barron G.L. The nematode-destroying fungi. Guelph, 1977.
15. Ha C.W.Y., Lam Y.Y., Holmes A.J. Mechanistic links between gut microbial community dynamics, microbial functions and metabolic health // World J. Gastroenterol. 2014. V.20. P.16498–16517. doi:10.3748/wjg.v20.i44.16498
16. Malo M.S., Alam S.N., Mostafa G. et al. Intestinal alkaline phosphatase preserves the normal homeostasis of gut microbiota // Gut. 2010. V.59. P.1476–1484. doi:10.1136/gut.2010.211706
17. Arumugam M., Raes J., Pelletier E. et al. Enterotypes of the human gut microbiome // Nature. 2011. V.473. P.174–180. doi:10.1038/nature09944
18. Devasabayam D., Scheld W.M., Hoffman P.S. Newer antibacterial drugs for a new century // Expert Opin. Investig. Drugs. 2010. V.19. P.215–234. doi:10.1517/13543780903505092
19. Piao Z., Akeda Y., Takeuchi D. et al. Protective properties of a fusion pneumococcal surface protein A (PspA) vaccine against pneumococcal challenge by five different PspA clades in mice // Vaccine. 2014. V.32. P.5607–5613. doi:10.1016/j.vaccine.2014.07.108
20. Vrusbabbendrapa, Singh A.K., Balakrishna K. et al. Studies on recombinant glucokinase (r-glk) protein of *Brucella abortus* as a candidate vaccine molecule for brucellosis // Vaccine. 2014. V.32. P.5600–5606. doi:10.1016/j.vaccine.2014.07.106
21. Radcliff F.J., Fraser J.D., Proft T. Vaccination with *Streptococcus pyogenes* nuclease A stimulates a high antibody response but no protective immunity in a mouse model of infection // Med. Microbiol. Immunol. 2015. V.204. P.185–191. doi:10.1007/s00430-014-0353-2
22. Marchioro S.B., Fisch A., Gomes C.K. et al. Local and systemic immune responses induced by a recombinant chimeric protein containing *Mycoplasma hyopneumoniae* antigens fused to the B subunit of *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin LTb // Vet. Microbiol. 2014. V.173. P.166–171. doi:10.1016/j.vetmic.2014.07.009
23. Перец Л.Г. Значение нормальной микрофлоры для организма человека. М., 1955.
24. Ulsemer P., Toutounian K., Kressel G. et al. Safety and tolerance of *Bacteroides xylanisolvens* DSM 23964 in healthy adults // Beneficial Microbes. 2012. V.3. P.99–111. doi:10.3920/BM2011.0051
25. Yilmaz B., Portugal S., Tran T.M. et al. Gut microbiota elicits a protective immune response against malaria transmission // Cell. 2014. V.159. P.1277–1289. doi:10.1016/j.cell.2014.10.053
26. Petrof E.O., Gloor G.B., Vanner S.J. et al. Stool substitute transplant therapy for the eradication of *Clostridium difficile* infection: «RePOOPulating» the gut // Microbiome. 2013. V.1. P.3. doi:10.1186/2049-2618-1-3



# Меняется ли внешний облик человека?

Е.З.Година

**М**еняется ли внешний облик человека, и если да, то что тому способствует? У антропологов нет единого мнения по этому вопросу. Одни считают, что эволюция человека давно закончилась и на размеры его тела уже ничто не влияет. Другие видят реальные признаки эволюционных изменений. Последний вывод основан на изучении физических характеристик современного человека. Об этом и пойдет речь в статье.



**Елена Зиновьевна Година**, доктор биологических наук, профессор, заведует лабораторией ауксологии человека Научно-исследовательского института и музея антропологии МГУ им.М.В.Ломоносова, а также кафедрой анатомии и биологической антропологии Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма. Занимается изучением физических характеристик современного человека.

## Не только акселерация

В середине прошлого столетия немецкий врач Е.Кох показал, что дети 30-х годов во всех возрастных группах стали крупнее своих родителей в том же возрасте, и назвал этот феномен акселерацией (от лат. *acceleratio* — ускорение)\*. С тех пор этот термин стал обозначать ускорение соматического развития. Однако сегодня он почти не используется: в научном обиходе еще в 1980-х годах появилось понятие «секулярный тренд» (от лат. *saeculum* — век, поколение). Оно означает разнонаправленные изменения, происходящие последние десятилетия в физическом развитии детей и подростков. Как определил Б.Богин, известный американский антро-

полог и ауксолог\*\*, работающий ныне в Великобритании, «секулярный тренд — это процесс изменения средних размеров или формы тела индивидов в популяции от поколения к поколению. Такие изменения могут быть положительными (размеры тела увеличиваются) или отрицательными (когда они уменьшаются)» [1]. В этом определении речь идет о разнонаправленных изменениях, или трендах.

Ф.Боас, основатель американской антропологической школы, и уже упоминавшийся Е.Кох первыми представили свои концепции о различиях в размерах тела у поколений в первой половине XX в. Существует немало гипотез относительно причин секулярных изменений, но в конце концов показатели роста детей стали прочно связывать с социально-экономическими условиями жизни.

Интересно, что те или иные особенности строения тела человека связывали с его положением в обществе уже в глубокой древности. Об этом говорят шумерские тексты 3500 г. до н.э.: люди более высокого социального статуса отличаются более высоким ростом и лучшими показателями состояния здоровья. В России, как и во многих других странах, взаимосвязь между социальными факторами и показателями роста и развития детей отмечалась уже в XIX в. Однако после революции 1917 г. и особенно с конца 1930-х годов число работ, отражающих социальные подходы к проблемам биологии человека, существенно снижается и постепенно сходит на нет. Одним из тех, кто заложил теоретические и методические основы социального подхода

\* См. также: Соловьева В.С. Еще раз об акселерации // Природа. 1978. №3. С.14—23.

\*\* Ауксолог (от греч. *αυξανο* — расти) — специалист, изучающий процесс роста и развития человека. Ауксология — часть возрастной антропологии.

в отечественной антропологии и медицине, был выдающийся российский антрополог В.В.Бунак. При его помощи была разработана унифицированная методика антропометрических исследований и обоснованы нормативы физического развития.

## Тенденции

Физическое развитие человека характеризуется длиной тела (ростом), его массой, обхватом грудной клетки, а также соответствующими индексами, в первую очередь индексом массы тела (ИМТ)\*. Многочисленными исследованиями показано, что в 60–70-х годах XX в. и дети, и взрослые становились крупнее, в особенности по сравнению с людьми военных лет, периодов социально-политических кризисов и т.д. За последние 100–150 лет в разных странах мира 5–7-летние дети за десятилетия в среднем вырастали примерно на 1–2 см, а 10–14-летние — на 2–3 см, ускорилось также время полового созревания и окончательного роста [2]. Взрослые тоже выросли за десятилетие на 1 см, за поколение на 2.5 см. Все эти данные хорошо известны и много раз цитировались во всевозможных справочниках и учебниках.

Вплоть до середины XX в. самыми высокими людьми на планете были американцы, теперь они уступили место европейцам — представителям скандинавских стран и голландцам (табл.1). В 1900 г. средний рост голландца составлял 1.69 м, в 1955 — 1.75, в 1970 — 1.78 и в 1995 — 1.84, а по прогнозам ряда исследователей, в течение ближайших 8–10 лет он будет увеличиваться [3]. Сегодня около 3% мужчин-голландцев выше 1.94 м. Этот феномен вызывает горячие дискуссии. Сре-

\* ИМТ рассчитывается по формуле  $I = m/b^2$ , где  $m$  — масса тела (кг),  $b$  — рост (м). Эта величина позволяет оценить степень соответствия массы человека и его роста и, следовательно, понять, нормальна ли масса, недостаточна или избыточна.

**Таблица 1**

**Рост мужчин призывного возраста в странах Европы за прошедшие 100 лет [3]**

Страна	Длина тела, см		Разница за 100 лет, см
	в 1880 г.	в 1980 г.	
Нидерланды	165.2	180.3	15.1
Дания	167.7	179.8	12.1
Швейцария	163.5	175.5	12.0
Германия (Западная)	166.6	178.0	11.5
Швеция	168.6	179.1	10.5
Норвегия	169.3	179.5	10.2
Бельгия	165.5	175.3	9.8
Италия	162.8	172.2	9.4
Франция	165.4	173.8	8.4
Испания	163.7	171.3	7.6
Португалия	163.4	167.1	3.7

**Таблица 2**

**Рост русских мужчин призывного возраста на протяжении XX в. [4]**

Годы рождения	Длина тела, см	Количество обследованных
1911–1920	169.1	11 722
1921–1930	166.8	7 119
1931–1940	167.9	6 676
1941–1950	169.0	100 000
1951–1960	172.0	150 000
1961–1970	173.6	200 000
1971–1980	177.0	300 000
1981–1985	177.0	400 000

ди его причин в первую очередь называют социальные, облегчающие жизнь самым разным слоям населения за счет государственных программ.

В большинстве стран на протяжении XX в. параллельно с улучшением социально-экономических условий увеличивались физические параметры населения, в первую очередь показатели роста. Эта закономерность проявлялась в разных популяциях, во всех возрастных группах и социальных слоях, хотя скорость изменений сильно отличалась. Аналогичная тенденция прослеживается и в России: молодые мужчины за 70 с лишним лет выросли почти на 8 см (табл.2). Это вполне сопоставимо с данными, полученными в высокоразвитых странах Европы [4].

Конечно, при анализе секулярного тренда всегда необходимо учитывать, где и когда происходили те или иные изменения (как в табл.1, 2). Однако их направленность на протяжении большей части XX в. в большинстве стран совпадала: с улучшением социально-экономических условий увеличивались физические параметры населения, главным образом показатели продольного роста.

## Эпидемия ожирения

В конце XX — начале XXI в. в большинстве развитых стран Запада процессы роста и полового созревания начали стабилизироваться. В то же время показатели массы тела и толщины жирового слоя непрерывно возрастали и приобретали столь глобальный характер, что многие исследователи стали говорить об «эпидемии ожирения». Эта проблема привлекает к себе постоянное внимание ученых самых разных специальностей, в том числе и ауксологов.

За последние 30 лет во многих странах мира количество детей с избыточной массой и ожирением увеличилось почти в пять раз, и, по данным ВОЗ, их число постоянно растет, достигая иногда до пугающих 23–25% [5]. Помимо негативного влияния на здоровье и развитие детей и неблагоприятного прогноза относительно физического состояния взрослого населения эта тенденция от-

ражается на экономических затратах, связанных с лечением и социальной адаптацией людей с избыточной массой тела. Так, на борьбу с болезнями, зависимыми от ожирения детей, в США ежегодно тратится около 14.3 млрд долл. Здесь уместно упомянуть, что в 2013 г. Американская медицинская ассоциация признала ожирение не просто фактором для развития ряда болезней, а самостоятельным заболеванием.

К 2016 г., по прогнозам ВОЗ, доля тучных детей от 5 до 18 лет в странах Европейского союза составит около 38%, в Китае — приблизительно 20%, а в Северной и Южной Америке от избыточного веса и ожирения будет страдать каждый второй ребенок. Кроме того, таких детей станет заметно больше на Ближнем Востоке и в Юго-Восточной Азии. Согласно официальным данным, большинство населения США (66%) страдает от избыточной массы тела, а почти половина из них — от ожирения\*. В последние десятилетия таких отклонений стало значительно больше среди молодежи. Если этот процесс не приостановить, к 2040 г. каждый второй американец окажется ожиревшим.

Известно, что избыток белой жировой ткани может повлечь развитие сахарного диабета второго типа, гипертонии, ишемической болезни сердца и некоторых видов рака. В странах, переходящих от централизованного планового хозяйства к рыночной экономике, может возрастать количество людей с избыточной массой и ожирением, обусловленное снижением двигательной активности и распространением «западного» стиля питания.

По сути «эпидемия ожирения» началась в США около полувека назад параллельно с избыточным потреблением калорий, сокращением домашних трапез и частыми посещениями ресторанов, в особенности заведений «быстрого питания». За последние 30 лет, по данным пяти Национальных обследований состояния здоровья и питания (NHANES — National Health and Nutrition Examination Survey), количество тучных людей стало значительно больше, а с ожирением — удвоилось (табл.3). В ходе исследования выяснилось, что ожирению более подвержены афроамериканцы, затем идут латиноамериканцы и белые. Согласно другим работам, латиноамериканцы (22.4%) обгоняют афроамери-

канцев (20.2%), за ними следуют белые американцы (14.1%) и американцы азиатского происхождения (8.6%). От лишней массы и ожирения чаще страдают мальчики. В США самым «толстым» штатом считается Миссисипи, где ожирением больны 32.5% населения, на втором месте — Алабама (31.2%), затем Западная Вирджиния (31.1%) и Теннесси (30.2%). Самый «худой» — штат Колорадо (18.9% полных), за ним — Массачусетс (21.1%) и Коннектикут (21.3%). По мнению специалистов, объем талии американцев зависит от уровня их доходов, т.е. чем беднее люди, тем они толще. В штатах, входящих в первую десятку по ожирению, отмечен самый высокий уровень бедности, а в Колорадо, Род-Айленде, Массачусетсе и Коннектикуте, где много богатых людей, страдающих от ожирения значительно меньше [7].

В развитых индустриальных странах ожирение может рассматриваться как свидетельство социального неблагополучия, а в слаборазвитых о том же говорит крайне тонкий слой подкожного жира у основной массы населения. В обоих случаях это результат неправильного питания — несбалансированного или недостаточного. Блага цивилизации — транспорт, лифты, переполненные едой магазины, разнообразные электронные устройства, управляемые легким движением пальцев — сказываются отнюдь не лучшим образом на росте и развитии человека. Доступность продуктов, отсутствие правильного питания вкупе с малоподвижным образом жизни ведут к ожирению.

Глобальные тенденции, связанные с широким распространением избыточной массы и ожирения, проявляются и в России. В нашей стране в последние десятилетия количество людей с ожирением постоянно растет (особенно среди женщин): в 1994 г. их было 20.3%, а в 2004-м стало уже 38%. В последние годы в научной литературе появилось понятие «жирогенная окружающая среда», включающая факторы, которые приводят к ожирению [8]. Это не только передание и недостаток физической активности, но и качество пищи: большое количество очищенных зерновых продуктов, рафинированного сахара, жиров, дающих высокую питательную ценность, наряду с недостатком витаминов и микроэлементов.

\* Для взрослых соответствующие пограничные значения индекса массы тела равны 25 и 30 кг/м<sup>2</sup>; для детей существуют подробные таблицы, определяющие критерии избыточного веса и ожирения в разных возрастно-половых группах. Наиболее употребительная шкала для оценки индекса массы тела у детей и подростков разработана английским исследователем Т.Колем с соавторами [6].

**Таблица 3**

**Процент взрослого населения США с избыточной массой тела или ожирением (US Centers for Disease Control, 2006)**

Категория	Годы				
	1976–1980	1988–1994	1999–2000	2001–2002	2003–2004
Избыточная масса или ожирение	47.0	55.9	64.05	65.7	66.2
Ожирение	15.0	23.2	30.9	31.3	32.9

## Типы телосложения

Поскольку речь пойдет о влиянии физического развития на телосложение, напомним, что существует немало различных схем оценки типа телосложения (соматотипа). Приводимая здесь терминология принадлежит отечественным антропологам В.Г.Штефко и А.Д.Островскому. Это астеноидный, грудной (торакальный), мышечный и дигестивный типы. У астеников плоская длинная грудная клетка, слабые мускулатура и жиротложение и длинные тонкие конечности. Грудной тип телосложения характеризуется стройностью, сильно развитой в длину грудной клеткой, небольшим животом, а мышечный — равномерно развитым туловищем, широкими и высокими плечами, грудной клеткой средней длины, резко выраженными контурами мышц. Главный признак дигестивного типа — большой живот, относительно слабые руки и ноги.

Известно, что ускорение соматического развития всегда сопровождается некоторой астенизацией телосложения. Такая тенденция проявляется у молодежи нашей страны и ряда бывших советских республик. Она связана с противоположно направленными процессами, когда при стабилизации роста снижается масса, меняется форма тела в сторону ослабленного и узкого телосложения. Об этом свидетельствуют измерения детей и подростков Москвы, Саратова и ряда других крупных городов России, проведенные в разные годы [9, 10].

Судя по нашим результатам, сильнее всего рост менялся в 1970—1980-х годах, а в течение 1990-х он стабилизировался, но еще сохранялась некоторая тенденция к его увеличению. У мальчиков в первых двух сериях измерений, выполненных с 10-летним интервалом, масса тела увеличивалась, а потом вес не менялся. В последнем десятилетии XX в. у московских детей (у девочек раньше) масса тела, а также обхват груди начали уменьшаться. Следовательно, наши дети и подростки становятся более «узкосложенными» (рис.1). Аналогичные результаты дали и измерения студентов Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (табл.4). Почти все широтные и обхватные показатели у юношей и девушек за одно поколение снизились [12]. В 90-х годах существенно увеличилось количество детей торакально-астеноидного типа конституции (в некоторых возрастных группах более чем вдвое), значительно меньше стало мышечного типа и несколько больше — дигестивного (с увеличенной жировой массой). Такие же результаты получены и другими авторами в более поздние годы.

Почему худых и тонких высокорослых детей в 1990—2000-х годах стало значительно больше? Чаще всего такую тенденцию связывают с ухудшением социально-экономических условий в России 90-х годов и снижением физических качеств современной молодежи [13]. Подобного взгляда придерживаются чешские и польские аукологи, вы-

**Таблица 4**  
**Секулярные изменения размеров тела у московских юношей и девушек [12]**

Измерение, см	Юноши		Девушки	
	в 2002 г.	в 1975 г.	в 2002 г.	в 1983 г.
Длина тела	177.9	173.0	166.0	161.8
Ширина плеч	38.7	38.3	34.8	35.2
Ширина таза	27.8	27.8	27.1	27.9
Обхват талии	73.8	74.9	66.2	71.3
Обхват бедер	—	—	92.8	101.2
Обхват плеча	27.3	29.4	25.6	28.1
Обхват предплечья	25.1	27.5	22.4	23.7
Обхват бедра	54.0	53.7	54.7	57.1
Обхват голени	36.0	36.3	34.8	34.2
Жировая складка под лопаткой	1.06	0.91	1.16	1.45
Жировая складка на трицепсе	1.00	0.96	1.58	1.78

явившие аналогичные изменения у подрастающего поколения своих стран [14]. При несомненной обоснованности такой точки зрения возможна и другая причина астенизации. Речь идет о стремлении современных молодых людей, в особенности девушек, соответствовать неким «идеальным» представлениям о своем внешнем облике. Происходит смена стереотипов — «от матрешки к Барби» [15]. Это связано с социально-экономическими факторами. Так, в США женщины с более высоким индексом массы тела, в первую очередь белые, испытывают трудности при приеме на работу. Молодежь пытается строить свое тело соответствующим требованиям современной моды.

Этому в большей степени подвержена городская молодежь, поскольку она физически менее активна (особенно в старших возрастах) и находится под влиянием средств массовой информации. Такая ситуация особенно характерна для стран

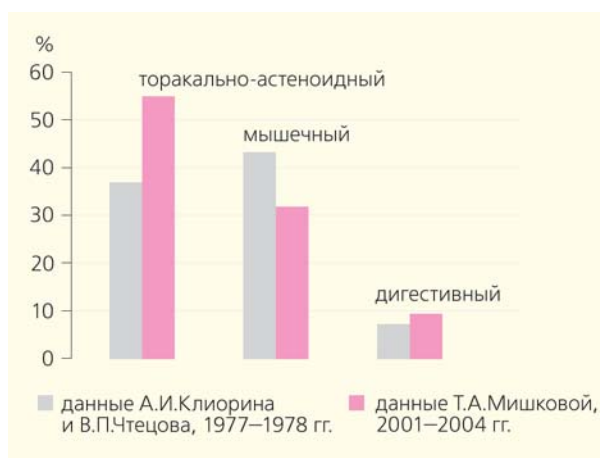


Рис.1. Распределение конституциональных типов (в %) по схеме Штефко—Островского у юношей 2001—2004 гг. обследования в сравнении с данными 1977—1978 гг. [11].



бывшего социалистического лагеря, где о рекламных роликах на телевидении и модных глянцевого журналах с пропагандой фотомоделей еще несколько десятилетий назад знали только понаслышке. Наша гипотеза позволяет в какой-то степени объяснить большую выраженность подобных тенденций у девушек, в том числе у девушек из семей более высокого социального статуса.

Однако в последние годы подростки по-своему оценивают собственное тело и препятствуют измерению роста и массы для расчета индекса массы тела. Так, в США, по данным ряда исследователей, среди 8–15-летних школьников около 81% мальчиков и 71% девочек явно с избыточной массой тела отказались от обследования, так как сочли свои параметры нормальными. В то же время в Японии молодые (18–21 года) женщины склонны видеть у себя проявления излишней полноты, тогда как в действительности, судя по объективной оценке, их масса скорее недостаточна [16].

В 2010-х годах сотрудники нашей лаборатории обследовали жителей Русского Севера (Архангельска и Архангельской обл.). В этом регионе, как и в большинстве стран мира, рост современной молодежи стабилизировался: к 17 годам, т.е. ко времени завершения ростовых процессов, юноши достигают 175.27 см (рост их ровесников предыдущего поколения — 174.88 см). Однако выяснилось, что изменение формы тела в сторону ослабленного и узкого телосложения, выявленное нами у детей и подростков Москвы, вряд ли можно отнести к молодому поколению северян, хотя эта тенденция все-таки существует.

Современные архангельские дети и подростки отличаются своеобразными изменениями в пропорциях тела, которые происходят на фоне незначительных колебаний роста. У девочек длина ног достоверно уменьшилась, у мальчиков осталась без изменения, а корпус у тех и других существенно удлинился (рис.2, 3).



Рис.2. Секулярные изменения длины ноги и длины корпуса в двух сериях измерений у архангельских детей по результатам дисперсионного анализа.

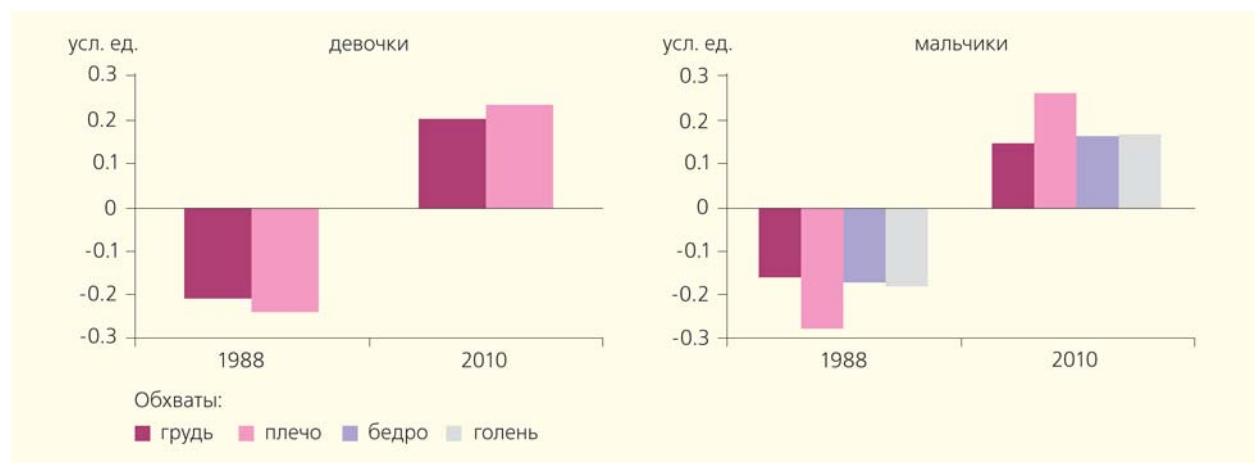


Рис.3. Секулярные изменения обхватов тела в двух сериях измерений у архангельских детей по результатам дисперсионного анализа.

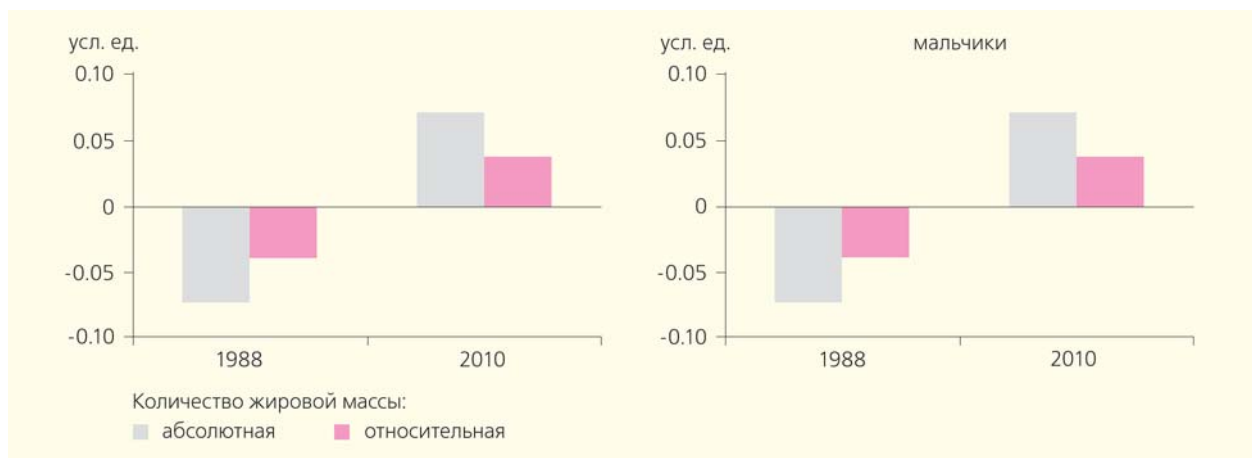


Рис.4. Секулярные изменения количества жировой массы в двух сериях измерений у архангельских детей по результатам дисперсионного анализа.

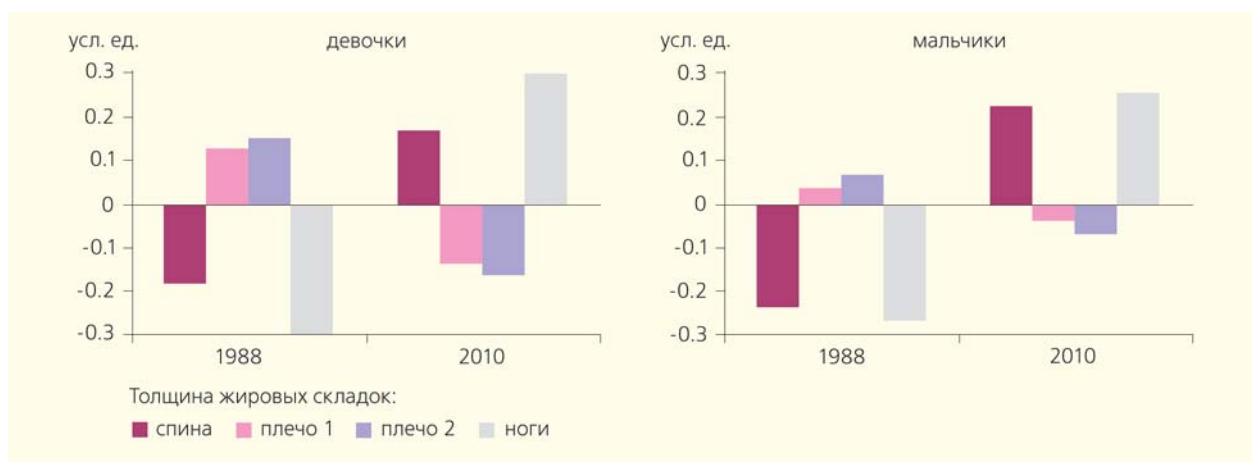


Рис.5. Секулярные изменения толщины жировых складок в двух сериях измерений у архангельских детей по результатам дисперсионного анализа.

По мнению антропологов, различия в длине ног и туловища могут свидетельствовать о качестве среды и ее влиянии на рост в различные возрастные периоды. Поскольку пропорции тела формируются по определенным градиентам (в детстве более интенсивен рост ног, в пубертатном периоде — туловища), то относительное укорочение ног и удлинение туловища могут служить показателем неблагоприятных условий раннего развития ребенка.

У архангельских подростков изменились также обхватные размеры (в основном, увеличались), больше подкожного жира стало на корпусе (особенно на животе, до 4 мм) и меньше на конечностях (рис.4, 5). Судя по данным ряда исследователей, такие показатели служат довольно грозным предвестником

целого ряда заболеваний (сердечно-сосудистых, сахарного диабета и др.). В этом смысле отмеченные нами тенденции могут свидетельствовать о неблагоприятных прогнозах в состоянии здоровья детей Архангельской обл. Согласно нашей работе, проведенной на Севере России, у детей и подростков меняются форма и пропорции тела, укорачиваются сроки полового созревания, увеличивается слой подкожного жира и жировая масса (табл.5).

**Таблица 5**

**Процент детей Архангельской обл. с избыточной массой (ИМ) и ожирением (Ож) в двух возрастных группах**

Возраст, лет	Мальчики			Девочки		
	ИМ	Ож	ИМ + Ож	ИМ	Ож	ИМ + Ож
7–11	12.8	5.4	18.2	12.1	4.7	16.0
12–16	13.2	3.8	17.0	11.1	2.0	13.1

## Физическая активность

Регулярная физическая активность считается важным условием нормального роста и созревания. Американский исследователь в области физического воспитания Дж.Рарик писал, что для поддержания нормального роста необходим некоторый минимум мышечной деятельности [17, p.10]. Многочисленными исследованиями доказано: различия между физически активными (речь не идет о систематических спортивных тренировках или профессиональных занятиях спортом) и «неактивными» детьми в основном касаются массы и состава тела. Длина тела и возраст наступления пубертатного скачка у первых и вторых практически не различаются [3]. Основные отличия касаются состава тела, или компонентов массы тела.

Известный чешский антрополог Я.Паржизкова обследовала три группы мальчиков 11–18 лет с разной физической активностью: высокой (больше 6 ч в неделю), средней (4 ч в неделю) и низкой (меньше 2 ч в неделю). В начале наблюдений существенных различий в этих группах по составу тела не было. Но через семь лет мальчики первой группы существенно обогнали остальных сверстников по «обезжиренной» массе тела и, напротив, отставали по количеству жира [18]. Имеются также данные о снижении костной массы у детей при гиподинамии. Что касается регулярных спортивных тренировок и занятий профессиональным спортом, то есть немало доказательств их тормозящего влияния на рост и развитие. По мнению американского антрополога Р.Малины, интенсивные тренировки, а также связанный с ними расход энергии могут менять уровень циркулирующих в крови гонадотропных и половых гормонов, что вызывает задержку полового созревания. Однако в данном случае речь идет только о профессиональном спорте.

Особенно важно отметить, что у современных детей и подростков снижается физическая крепость организма. Например, в Дании у них за одно поколение значительно уменьшились силовые показатели [3]. То же самое отмечено и у татарских детей и подростков, проживающих в отно-

сительно небольшом городе, хотя они ведут довольно активный образ жизни. Силовые показатели у московских юношей и девушек на протяжении последних 40 лет снизились еще больше (табл.6): у юношей почти на 20 кг, у девушек на 14 кг. Изменения жизненной емкости легких не столь существенны, и уменьшается она только у юношей [11].

С помощью анкет было опрошено 396 человек в возрасте от 11 до 17 лет (203 девочки и 193 мальчика) из Москвы, Архангельска и сел Архангельской обл. Как выяснилось, городские дети в среднем больше времени проводят за просмотром телепередач, работой на компьютере, чтением и другими подобными занятиями, чем сельские сверстники. При этом горожане физически более активны и потребляют более калорийную пищу. Удивительно, но по результатам анкетирования, сельские дети меньше времени уделяют физическим нагрузкам, а ведь всегда считалось, что именно на селе дети отличаются крепким здоровьем. Однако наше исследование это не подтвердило. Косвенным доказательством тому служат и показатели динамометрии (силы кистей рук) — они оказались одинаковыми и у городских, и у сельских детей. Возможно, одна из причин снижения физической активности сельских подростков состоит в том, что их занятость в сезонных полевых работах значительно сократилась вслед за реорганизацией сельского хозяйства.

Очевидна необходимость дальнейшего изучения влияния активности и профессиональных занятий спортом на физические параметры детей, в том числе при использовании новых инструментальных методов, например, таких как биоимпедансометрия\*, или биоимпедансный анализ (БИА) [19]. С помощью этого метода выявлены характерные показатели у подростков-спортсменов: большее содержание воды и тощей массы тела, но меньшее жирового компонента. Таким образом, регулярные занятия физкультурой и спортом существенно влияют на изменения состава тела — увеличивается мышечная масса, снижается величина подкожного жира. Однако, как показали наши исследования, лишь немногие подростки (менее 10–12%) выбирают занятия физкультурой и спортом для достижения желаемой физической формы, хотя более 80% опрошенных не удовлетворены своим физическим состоянием [20].

По нашему мнению, оценивать оптимальные параметры физической подготовленности при массовом скрининге насе-

\* Метод диагностики состава тела человека. Измеряется импеданс — электрическое сопротивление участков тела — в разных частях организма.

**Таблица 6**

**Сравнение функциональных показателей 17-летних юношей и девушек Москвы по данным разных исследователей [11]**

Функциональные показатели	Властовский, 1960–1969 гг.	Ямпольская, 1991 г.	Мишкова, 2001–2010 гг.
<b>юноши</b>			
Сила сжатия правой кисти, кг	54.6	44.0	36.0
Жизненная емкость легких, л	4.5	—	4.3
<b>девушки</b>			
Сила сжатия правой кисти, кг	33.4	26.2	19.4
Жизненная емкость легких, л	2.7	—	3.0

ления лучше всего на основе индекса массы тела. Хотя существует немало работ, критикующих этот индекс, его определение по доступной и легко воспроизводимой методике требует минимальных экономических затрат и может служить основанием для прогностических решений в улучшении физического статуса детей и подростков.

\* \* \*

Итак, наблюдаемые в последние годы изменения размеров тела и темпов созревания характеризуют одно из самых значительных явлений в современной биологии человека. Оно имеет серьезные медицинские, педагогические и социологические последствия, которые могут использоваться специалистами в практическом здравоохранении, школьной гигиене, спортивном отборе и т.д. Отсюда очевидна необходимость широкомасштабного мониторинга ростовых процессов, показателей физического развития и физической подготовленности у детей разных национальностей, живущих в разных условиях среды. В России в связи с происходящими в последние десятилетия социально-экономическими преобразованиями и усиливающейся социальной стратификацией популяционный мониторинг показателей роста и развития не просто важен, он необходим. ■

## Литература

1. *Bogin V.A.* Patterns of human growth. Cambridge, 1999.
2. *Властовский В.Г.* Акцелерация роста и развития детей. М., 1976.
3. *Malina R.M.* Secular trends in growth, maturation and physical performance // *Anthropol. Rev.* 2004. V.67. P.310–319.
4. *Мионов Б.* Благополучие населения и революции в имперской России: XVIII — начало XX века. М., 2010.
5. World Health Organization, 2006. The WHO Global InfoBase. URL: [http://www.who.int/ncd\\_surveillance/infobase/web/InfoBaseCommon](http://www.who.int/ncd_surveillance/infobase/web/InfoBaseCommon) (дата обращения 17.06.2010).
6. *Cole T.J., Bellizzi M.C., Flegal K.M., Dietz W.H.* Establishing a standard definition for child survey overweight and obesity worldwide: international survey // *BMJ.* 2000. V.320. P.1240.
7. *Johnston F.E., Harkavi I.* The obesity culture: strategies for change. Public health and University-community partnerships. 2009.
8. *El-Shabrawi M., Anwar G.M.* Child obesity in developing countries // *Auxology. Studying human growth and development.* Schweizerbart; Stuttgart, 2013. P.118–119.
9. *Година Е.З., Хомякова И.А., Задорожная Л.В. и др.* Московские дети: основные тенденции роста и развития на рубеже столетий. Ч.1 // *Вопросы антропологии.* 2003. Вып.91. С.42–60.
10. *Година Е.З.* Некоторые проблемы современной ауксологии человека и пути их решения // *Вестник Московского университета. Серия XXIII: Антропология.* 2010. №3. С.4–15.
11. *Мишкова Т.А.* Морфофункциональные особенности и адаптационные возможности современной студенческой молодежи в связи с оценкой физического развития: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 2010.
12. *Негашева М.А.* Морфологическая конституция человека в юношеском периоде онтогенеза (интегральные аспекты): Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 2008.
13. *Ямпольская Ю.А.* Физическое развитие школьников — жителей крупного мегаполиса в последние десятилетия: состояние, тенденции, прогноз, методика скрининг-оценки: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 2000.
14. *Vignero J., Blaba P., Kobzova J., Krejcovsky L., Paulova M., Riedlova J.* Growth and development of school children // *Cent. Eur. J. Publ. Health.* 2000. V.8. №1. P.21–23.
15. *Година Е.З.* От матрешки – к Барби. Как меняются физические размеры наших детей // *Экология и жизнь.* 2009а. №5 (90). С.76–81.
16. *Takasaki Y., Watanabe Y., Kurosawa T.* Assessment of excessive leanness in Japanese young women based on allometry // *6th International Congress of Physiological Anthropology. Methodology for Physiological Anthropology: Programme Abstracts.* Cambridge, 2002. P.25–26.
17. *Rarick G.L.* Motor development during infancy and childhood. Madison, 1961.
18. *Parizkova J.* Particularities of lean body mass and fat development in growing boys as related to their motor activity // *Acta Paed. Belg.* 1974. 28 (Suppl.). P.233–243.
19. *Година Е.З., Хомякова И.А., Пурунджан А.Л., Исламова Н.М.* Некоторые морфологические показатели и особенности состава тела у русских и татарских детей // *Актуальные вопросы антропологии.* Вып.2. Минск, 2008. С.76–82.
20. *Година Е.З., Хомякова И.А., Задорожная Л.В., Ромашко К.С.* Морфофизиологический статус и особенности самовосприятия внешности студенток начальных курсов Калмыцкого государственного университета // *Телесность как социокультурный феномен: опыт междисциплинарного анализа: Тез. докл. Междунар. научно-практ. конф.* М., 2009. С.56–58.



# Конкреции в почвах Дальнего Востока

В.И.Росликова

**К**онкреции почв — особая группа новообразований. Их отличительные особенности — морфологическая выраженность, плотность (независимо от влажности почв), концентрически-слоистое или параллельно-слоистое сложение и четкая обособленность от вмещающего осадка по химическому и минеральному составу.

Безусловно, конкреции зон гипергенеза и педогенеза (почвообразования) в балансе геохимических процессов занимают более скромное место, чем морские. Однако их значение в научном и практическом отношении достаточно велико. Уникальность конкреций в том, что они представляют собой своего рода запоминающие устройства, чуткие индикаторы геохимических условий их формирования, связанных с зонально-региональными факторами [1].

## Конкреции в пойме Амура

Изучение конкреций не должно абстрагироваться от развития почвенного тела при изменении литолого-фациальной обстановки и характера географической среды. Исследования нужно проводить в системе «отложения — кора выветривания — почвы». Необходимо устанавливать закономерные связи между морфогенетическими признаками конкреций, их веществ-



**Валентина Ивановна Росликова**, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института водных и экологических проблем ДВО РАН (г.Хабаровск). Область научных интересов — геохимия ландшафтов, генезис почв, литогенный и педогенный конкрециегенез.

ным составом и вмещающей средой, а также раскрывать причины и механизмы нарушения таких связей. Решить эти вопросы можно, только выяснив сходства и различия морфогенетических признаков в почвенных и привнесенных литогенных конкрециях, сформированных на современных и более древних террасах. В этом отношении представительным объектом служит пойма р.Амур.

Установление генезиса новообразований в аккумулятивных ландшафтах сопряжено с большими трудностями, которые обусловлены не только трудоемкостью работ по отбору огромного количества проб (подчас еще плохо сформированных) из рыхлой толщи вмещающей среды, но еще и тем, что в основе подобных исследований должно лежать обоснованное литолого-фациальное строение [2].

Формирование конкреций протекает как на стадии диагенеза осадка, так и при гипергенных процессах (включая и педогенез). Новообразования изучались в прирусловой отмели, прирусловом валу, приречной пойме и в озере подтопления (рис.1). В прирусловых и приречных участках водный поток, отличающийся большой турбулентностью (скоростью 1.5–2 м/с), формирует грубый аллювий — гравий, галечники, валуны. Конкреции здесь представлены мелкими угловато-овалоидными окатышами (развивающимися вокруг обломков различных пород) с грубошероховатой и тонкошероховатой поверхностью. Их характерная особенность — однородность формы. Однако генезис их различен, что подтверждается как состоянием поверхности, так и типом текстуры. Одни новообразования обладают параллельно- или концентрически-слоистой текстурой, другие — скорлуповатой или колломорфной. Наибольшую долю составляют конкреции, сформированные из скальных и пластообразных пород

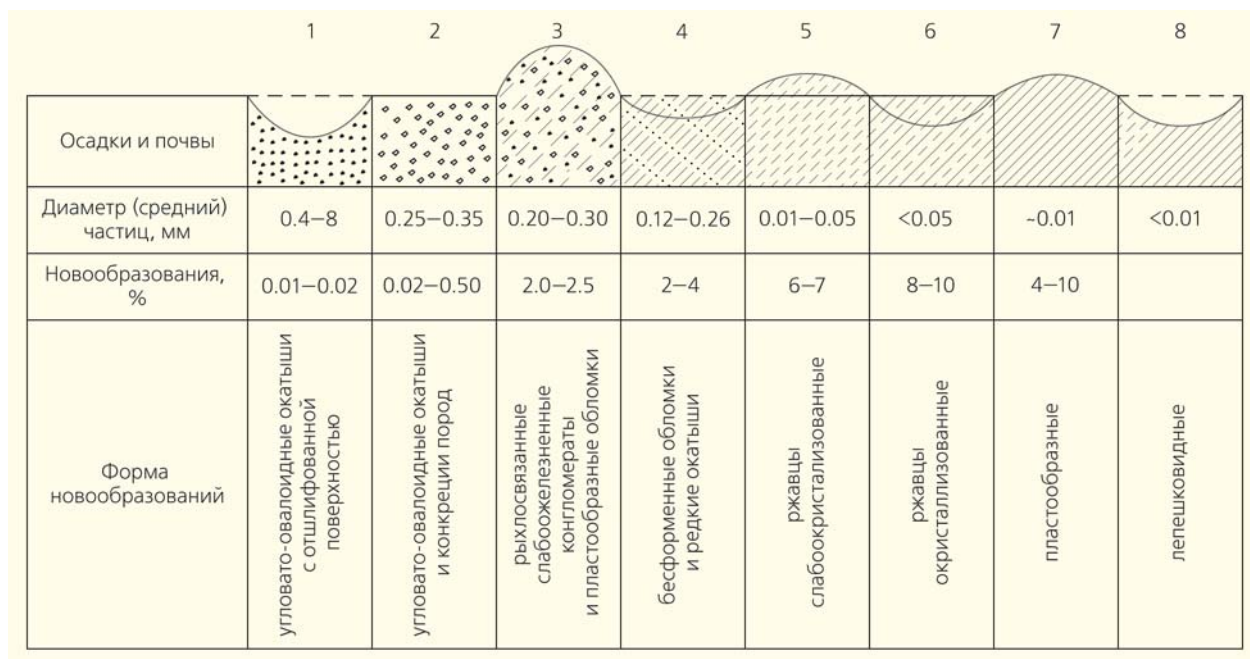


Рис.1. Содержание различных форм новообразований в осадках и почвах р.Амур: 1 — русловые осадки; 2—7 — почвы: 2 — примитивные аллювиально-аккумулятивные на осадках прирусловой отмели; 3 — слаборазвитые пойменные слоистые на осадках прирусловых валов; 4 — лугово-оглеенные слоистые на отложениях приречной поймы; 5 — дерново-глеевые остаточно-пойменные на отложениях внутренней поймы; 7 — дерново-глеевые остаточно-пойменные на приречной пойме крупных проток; 8 — пойменные озера подтопления.

с ямкоподобной поверхностью и параллельно-слоистой текстурой. Все эти образования привнесены в русловые пески в результате размыва более древних толщ.

С утяжелением гранулометрического состава в песках прирусловой отмели содержание конкреций несколько возрастает. Здесь также преобладают хорошо окатанные обломки изверженных пород, с поверхности покрытые железненными пленками. Соотношение тех или иных форм новообразований обусловлено и характером размываемого берега, расположенного выше отмели.

Прирусловые отмели амурских проток в результате заиливания отличаются более тонким составом отложений. Новообразования в них совершенно иные — это агрегаты, состоящие из кварц-полевошпатового материала с очень слабым глинисто-железистым цементом. Встречаются и субконические ризоконкреции (роренштейны), развивающиеся вокруг корешков и стеблей растений, а также угловато-оваловидные лепешковидные окатыши.

В песках прирусловых валов новообразования представлены рыхлыми ярко-бурыми обломками пластовидных тел и рыхлосвязанными слабожелезненными конгломератами, которые состоят из крупных остроугольных листочков слюды и кварц-полевошпатового материала. Составляющие компоненты (терригенные минералы), а также относительно крупный диаметр (2–5 мм) и рыхлое сложение свидетельствуют о возникновении таких ново-

образований на месте. Количество пойменного аллювия и конкреций заметно увеличивается в песках и легких суглинках прирусловой поймы по сравнению с песками и супесями прируслового вала. Это обусловлено и началом почвообразования.

Обособленно стоят суглинки и глины внутренней поймы. В них отмечается резкое преобладание слюдисто-кварцевых агрегатов, или ржавцев, диаметром более 3 мм. Отсутствие резкой грани при переходе новообразований во вмещающую породу, а также рыхлое сложение и неопределенность агрегатов, свидетельствуют об их образовании на месте, в ходе гипергенеза.

В суглинках внутренней поймы содержание конкреций возрастает до 6–7%. Здесь появляются слабоокристаллизованные железненные пылеватые слюдисто-кварцевые ржавцы.

В глинах старичных фаций с утяжелением гранулометрического состава доля новообразований заметно увеличивается. Представлены они оформленными железненными агрегатами и морковковидными трубчатыми роренштейнами.

В глинах приречных озер количество новообразований резко возрастает (до 10%). Из-за тесной связи с Амуром для таких озер (например, как Кизи и Кади) характерны колебания уровня воды. При его высоком положении и пологих (менее 3°) берегах образуется обширная иловато-глинистая полоса осушки шириной 1–3 км, где и развиваются пластово-пластинчатые новообразования. Сле-

дует отметить, что при затухании процесса седиментации и усилении роли педогенеза (от русла к тыловому шву) происходит увеличение доли новообразований, формирующихся *in situ*.

Большая часть конкреций в пойменных осадках поступала с водотоками в результате размыва относительно широко распространены субэаральные современные отложения с характерным комплексом новообразований. Распределены они в толщах крайне неравномерно, что обусловлено их перемещением в составе осадков с более высоких террасированных уровней. Генетически конкреции разнородны, о чем свидетельствуют их форма, текстура и состояние поверхности.

### Конкреции почв

В гумидных ландшафтах юга Дальнего Востока широко распространены Mn-Fe-конкреции. Их формирование традиционно сопряжено с почвами, которые образуются в условиях пульсирующего окислительно-восстановительного потенциала. Конкреции имеют овалоидную форму (рис.2). Максимальные их количества сосредоточены в элювиально-глеевом\* горизонте (Eg). В подзолистых же почвах они тяготеют к иллювиальной толще (B), в которой отлагается вещество, выщелачиваемое

\* Элювиально-глеевый горизонт (Eg<sub>nn</sub>), сизовато-белесый с обилием марганцево-железистых конкреций, образуется под гумусовым горизонтом (A1) в результате периодического переувлажнения атмосферными водами.

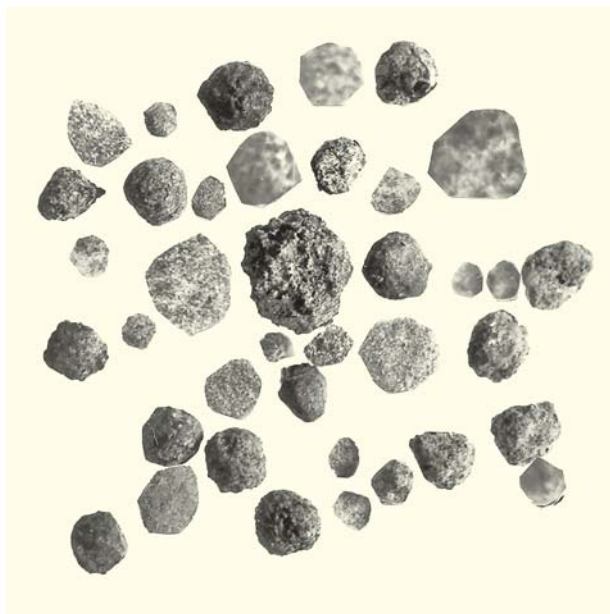


Рис.2. Типоморфные марганцево-железистые конкреции в текстурно-дифференцированных почвах дальневосточных ландшафтов.

дождевыми водами из верхних горизонтов. В зависимости от почвообразующей породы, рельефа и физико-географической зоны доля Mn-Fe-конкреций, их морфологические и геохимические параметры различаются [3]. Наибольшее (до 26%) их количество связано с текстурно-дифференцированными почвами, развивающимися на продуктах выветривания эффузивов (базальтов), а наименьшее (1–2%) — с почвами береговых валов, сложенных аллювиальными отложениями. Mn-Fe-конкреции являются типоморфными. Они могут быть как автохтонными (образованными на месте), так и аллохтонными (перемещенными).

Пространственно-временные изменения окружающей среды приводят к смене морфогенетических групп конкреций. Рассмотрим на конкретном примере распределение новообразований в луговых глеевых осолоделых (формирующихся в пониженных участках рельефа в условиях периодического поверхностного переувлажнения) почвах. Они распространены в Приханкайском лесостепном ландшафте. Здесь же располагается крупнейший водоем — оз.Ханка с широко развитой низкой аккумулятивной равниной. Она тянется непрерывной полосой на юг, полностью оконтуривая современные южное, восточное и северное побережья. Обсуждаемые почвы находятся в центральной части (на высоте 4–6 м) озерной и озерно-аллювиальной террасы. Они тяготеют к слабовыраженным извилистым понижениям с разнотравно-осоково-вейниковыми лугами и близким уровнем подпочвенных вод.

Морфологический облик почв здесь характеризуется развитой аккумулятивной толщей (горизонты Ad, A1, A2g), переходящей в более низкую сильно-оглеенную толщу иллювиальных горизонтов (GB1ca, GB2ca, GB3ca) с карбонатными конкрециями (GB/Cca) и бескарбонатной почвообразующей породой. В иллювиальной толще сосредоточены известковые новообразования в виде журавчиков, дутиков, угловато-овалоидных окатышей, комков, крупных пластов цементации, а также слепки округло-лепешковидных и удлиненных, очень плотных карбонатных тел серовато-белого цвета с ямко-бугорчатой и ноздревато-бугорчатой поверхностью. Вес новообразований колеблется от 3 до 50 г (рис.3).

Фракция конкреций диаметром >1 мм характеризуется разнообразием морфогенетических групп (рис.4). Шаровидные и овалоидные разновидности имеют микрошероховатую (полированную) поверхность, которая характерна для современных конкреций, образованных на месте. Для желваков и конгломератов (трубко-, веретено- и пластообразных) типична волнисто-бугристая и ямко-бугристая поверхность. Такая корродированность, как правило, свидетельствует о длительности их перемещения. Кроме того, веретено- и пластообразные новообразования не характерны для современных геохимических обстановок [3].

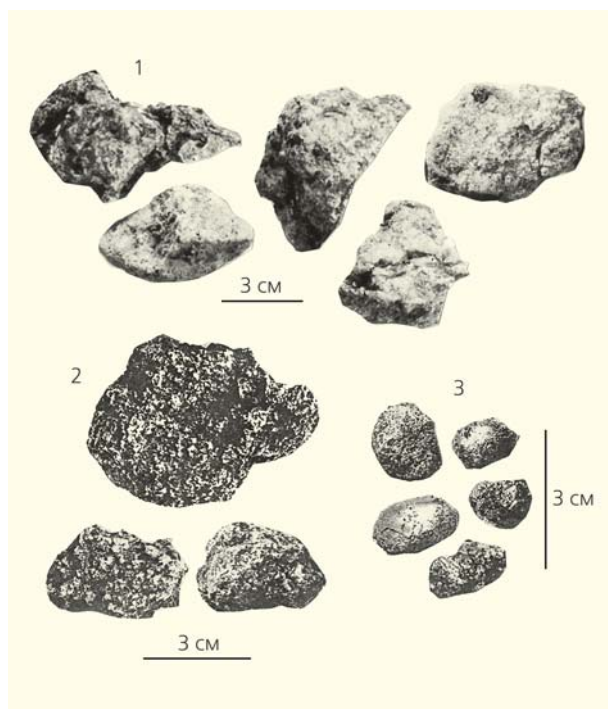


Рис.3. Карбонатные конкреции луговых глеевых осолоделых почв Приханкайской низменности: 1 — желваки и их обломки; 2 — ноздреватые пласти цементации; 3 — оваловидные разности.

### Микроскопические исследования

Под микроскопом в шлифах изучалось как строение самих новообразований, так и морфология вмещающих их почвообразующих пород. Суглинки иллювиальных горизонтов представлены довольно рыхлой (из-за наличия межагрегатных пор) тонкодисперсной массой полигональной текстуры с единичными зернами терригенных минералов размером 0.01 мм. Зачастую межагрегатное пространство заполнено мелкокристаллическим кальцитом. Кроме карбонатного новообразованного вещества в шлифе отмечаются сгустки и хлопья ожелезненной глины. Следует отметить, что полигональная текстура основной массы — следствие усыхания глинистой составляющей и последующего заполнения трещин новообразованным карбонатом.

В этом же профиле почвообразующие породы характеризуются пылевато-плазменным микростроением. Алевритовая компонента (5–10%) здесь распределена равномерно и представлена слабоокатанными терригенными минералами. Более крупные (песчаные) зерна единичны. Сетчатая текстура обусловлена различной ориентировкой глинистых частиц с мозаичным и волокнисто-чешуйчатым характером погасания. Стенки изометричных пор выполнены глинисто-железистыми пленками. Многочисленные микротре-

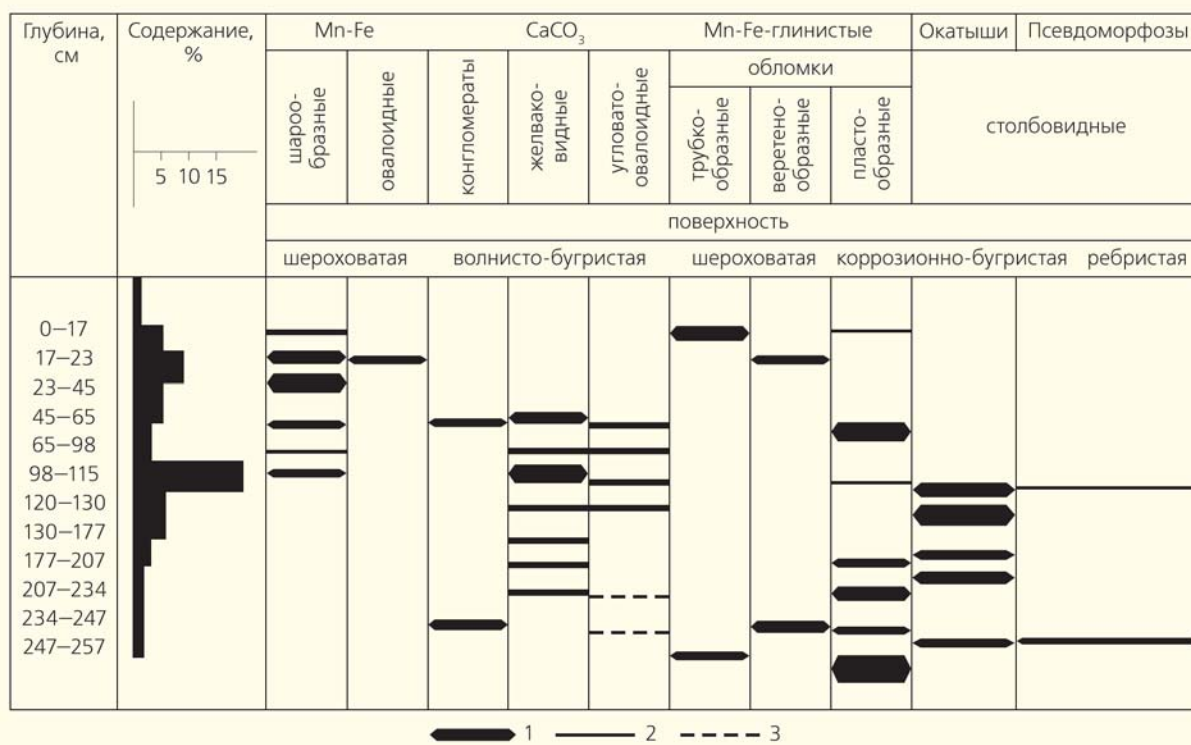


Рис.4. Содержание новообразований различного состава и формы в луговой глеевой осолоделой почве: 1— значительное, 2 — малое, 3 — следы.



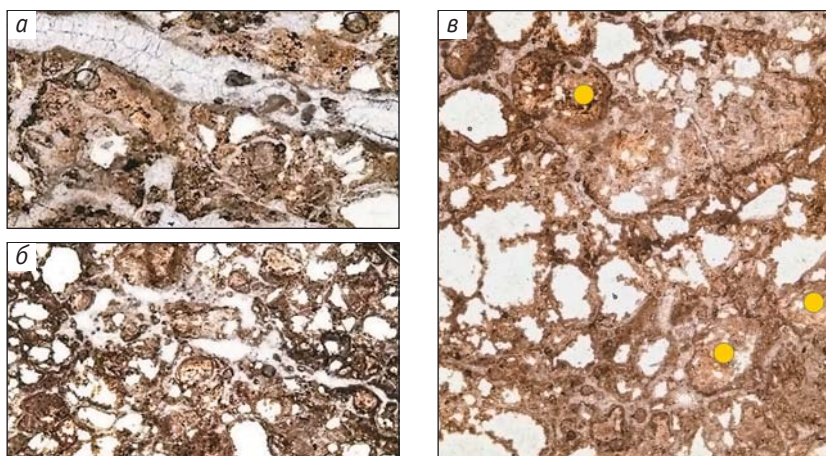


Рис. 5. Основные компоненты микростроения карбонатных желваков. Общий вид карбонатной конкреции с биомикритовой структурой (а); бывший стебель водоросли со сгустковой концентрацией Mg-Ca состава (б); аллохомы (показаны желтыми кружками) — образования округлой или эллипсоидной формы с оболочкой пелитоморфного кальцита (в).

щины образуют ясные полигоны. Новообразования в виде марганцевых сгустков приурочены к участкам с криптокристаллической и псевдоморфной микроструктурой.

Карбонатные желваки характеризуются биомикритовой структурой (рис.5). Они состоят из аллохем, или ооидов (30–50%), цементирующего ила (10–20%) и пор (30–40%). Аллохемы представляют собой округлые или эллипсоидальные образования размером 0.02–0.75 мм с оболочкой толщиной 0.005–0.02 мм из пелитоморфного кальцита желтовато-коричневого цвета.

### Загадочные образования почв Приханкайского ландшафта

По целому ряду микроморфологических и физико-химических признаков карбонатные конкреции дальневосточного лесостепного ландшафта резко отличаются от подобных карбонатных новообразований европейской части России [4]. Их присутствие очевидно, когда почвообразующая порода карбонатная и в почву поступают пересыщенные кальцием растворы. А если 30–40-метровая толща подстилающих глин бескарбонатна? Рассматриваемые луговые осолоделые почвы формируются локально — только в юго-западной части низменности. Следовательно, чтобы понять механизм формирования в них карбонатных конкреций, надо изучить происходящие здесь современные процессы почвообразования.

Сезонная мерзлота в течение вегетационного периода обеспечивает наличие свободной и капиллярной воды, транспортирующей в верхние горизонты подвижные продукты выветривания, что и обогащает почвы соединениями фосфора,

солями кальция, магния, железа [5]. Луговые осолоделые почвы характеризуются широким диапазоном колебаний влажности: от завядания в верхней части профиля до полной влагоемкости в иллювиальной. Горизонт материнских пород (Cg) также постоянно водонасыщен. В таких условиях педогенеза говорить о ведущей роли вертикальной миграции вещества без учета геологического строения и палеогеографической обстановки данной территории было неправильно.

Режим существования оз.Ханка на разных этапах плейстоцена регулировался климатической обстановкой. К концу позднего плейстоцена образовался водоем, по контурам площади близкий современной низкой

озерной террасе. Ее отложения представляют собой аккумулятивные образования седиментационного бассейна с пестрым набором фаций береговой зоны [6, 7]. Эти толщи и служат литогенной основой современных луговых глеевых осолоделых почв. С юго-западной стороны рассматриваемой территории располагается останец, сложенный кварцевыми порфирами, которые перекрываются мраморовидными известняками. Последние и поставляли гидрокарбонат кальция в прилегающие прибрежные воды оз.Ханка. Здесь, вероятно, в одну из эпох похолоданий началось формирование карбонатных конкреций. По современным оценкам, прибрежная акватория оз.Ханка соответствует испарительно-нейтральным и слабопроточным водоемам [8]. Исследования литологов свидетельствуют, что ооиды-аллахемы (подобные описанным нами), составляющие основу желваков, служат надежными индикаторами подвижной водной среды [9]. Кальцит из ооидов — хемогенный, осаждающийся на слоевищах водорослей, которые из перенасыщенных карбонатных растворов извлекали почти весь  $\text{CO}_2$ , тем самым сдвигая равновесие от бикарбоната в сторону менее растворимого монокарбоната. Бывшие мягкие тела растений приобретали бугорчатую поверхность, которая создавалась поколениями синезеленых водорослей [10]. Пластообразная форма конкреций с четкой ноздреватой текстурой подтверждает их гидрогенный генезис. Такие новообразования характерны только для прибрежных водных ландшафтов, а четкая ноздреватая текстура — прямое свидетельство быстрой реакции «гидрогенных осадков» карбоната в бассейне [11].

В осолоделые почвы, формировавшиеся на низкой озерно-речной террасе, карбонатные



Рис.6. Марганцево-железистые новообразования в аллювиальных отложениях долины р.Амур. Захораниваемые песчаными наносами новообразования (а), тихие заводи с островками, цементированными гидроксидами, и с обломками пластов цементации, разрушенных водным потоком (б), витиеватые формы с четкой микрослоистой текстурой, преобразованные водным потоком (в).

конкреции поступали в составе литогенной основы озерных осадков, т.е. они представляют собой аллохтонные образования. Осолодение луговых почв в супераквальном\* Приханкайском ландшафте обусловлено сочетанием гидроморфного режима в условиях транзитно-аккумулятивной коры выветривания и преобладания испарения над осадками ( $K = 0.9$ ), а карбонатные конкреции литогенной основы в условиях гипергенеза только усиливали этот процесс.

\* \* \*

При развитии долинных ландшафтов осадки, образованные в аквальных и субаквальных услови-

\* Супераквальные, или надводные, ландшафты и характерные для них почвы формируются на пониженных элементах рельефа в условиях, где грунтовые воды подходят близко к поверхности.

ях, переходят в элювиальные\*\*, а отложения прежних эпох захораниваются. При дальнейших экзогенных процессах они становятся литогенной основой новых ландшафтов, где часть конкреционных комплексов может быть наследственной, а не образованной *in situ*. Наложение новых гипергенных и педогенных процессов приводит к формированию новых конкреционных комплексов, а конкреции, принесенные с осадком, приобретают новые черты, сохраняя реликтовые признаки бывших эпох (рис.6). Итак, конкреционный анализ приобретает особое значение в изучении географии почв и в палеогеографических исследованиях. ■

\*\* Элювиальные ландшафты образуются на возвышенностях при глубоком залегании грунтовых вод и характеризуются выносом вещества. Субаквальные (аквальные) ландшафты присущи местным водоемам с донными отложениями, которые все время захороняются под новыми наносами.

## Литература

1. Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С. Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон. М., 2001.
2. Разрез новейших отложений Нижнего Приамурья. М., 1978.
3. Росликова В.И. Марганцево-железистые новообразования в почвах равнинных ландшафтов гумидной зоны. Владивосток, 1966.
4. Росликова В.И. Генетическая суть карбонатных конкреций в луговых почвах Приханкайской низменности // Материалы конференции с международным участием «Регионы нового освоения: ресурсный потенциал и инновационные пути его использования». Хабаровск, 2011. С.276—278.
5. Ковда В.А., Ливеровский, Сун Да Чен. Очерк почв Приамурья // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1957. №1. С.91—106.
6. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья. Стратиграфия и палеогеография. Новосибирск, 1980.
7. Росликова В.И., Рыбачук Н.А., Короткий А.М. Атлас почв юга Дальнего Востока России. Приханкайская низменность. Владивосток, 2010.
8. Нехайчик А.И. Многолетние колебания уровня воды озера Ханка // Тез. докл. 11-й науч. конф. ДВГУ. Ч.2: Естественные науки. Владивосток, 1966. С.274—276.
9. Седиментология. М., 1989.
10. Фролов В.Т. Литология. Кн.2. М., 1993.
11. Чаталов Ф.В. Строежни части на варовиниците // Изв. Геол. ин-та. Сер. стратигр. София, 1970. С.137—173.

# Лекторий Хаос и порядок: фрактальный мир

Хаос — это порядок, который нужно расшифровать

Жозе Сарамаго. Двойник

Е.В.Чернова

«Грядущим поколениям XX век будет памятен лишь благодаря созданию теорий относительности, квантовой механики и хаоса... теория относительности разделалась с иллюзиями Ньютона об абсолютном пространстве-времени, квантовая механика развеяла мечту о детерминизме физических событий, и, наконец, хаос развенчал Лапласову фантазию о полной предопределенности развития систем» [1]. Эти слова известного американского историка и популяризатора науки Джеймса Глейка отражают огромную важность вопроса, который лишь вкратце освещается в статье, предлагаемой вниманию читателя.

Наш мир возник из хаоса. Однако если бы хаос не подчинялся своим собственным законам, если бы в нем не было особой логики, он ничего не смог бы породить.

## Новое — это хорошо забытое старое

Позволю себе еще одну цитату из Глейка: «Мысль о внутреннем подобии, о том, что великое может быть вложено в малое, издавна ласкает человеческую душу... По представлению Лейбница, капля воды содержит в себе весь блистающий разноцветьем мир, где искрятся водяные брызги и живут другие неизведанные вселенные. “Увидеть



**Елена Владимировна Чернова**, ведущий программист Института общей физики им.А.М.Прохорова РАН. Область научных интересов — рост кристаллов, базы данных, обработка изображений.

мир в песчинке” — призывал Блейк, и некоторые ученые пытались следовать его завету. Первые исследователи семенной жидкости склонны были видеть в каждом сперматозоиде своего рода гомункулуса, т.е. крошечного, но уже полностью сформировавшегося чело-вечка» [1].

Ретроспективу подобных воззрений можно обратить гораздо дальше в глубь истории. Один из основных принципов магии — неотъемлемой ступени развития любого общества — состоит в постулате: часть подобна целому. Он проявлялся в таких действиях, как захоронение черепа животного вместо всего животного, модели колесницы вместо самой колесницы и т.д. Сохраняя череп предка, родственники считали, что он продолжает жить рядом с ними и принимать участие в их делах.

Еще древнегреческий философ Анаксагор рассматривал первичные элементы мироздания как частицы, подобные другим частицам целого и самому целому, «бесконечные и по множеству, и по малости». Аристотель характеризовал элементы Анаксагора прилагательным «подобочастные» [2].

А наш современник, американский кибернетик Рон Эглэш, исследуя культуру африканских племен и южноамериканских индейцев, сделал открытие: с древних времен некоторые из них использовали фрактальные принципы построения в орнаментах, узорах, наносимых на одежду и предметы быта, в украшениях, ритуальных обрядах и даже в архитектуре. Так, структура деревьев некоторых африканских племен представляет собой круг, в котором находятся маленькие круги — дома, внутри которых еще более мелкие круги — дома духов. У иных племен вместо кругов элементами архитектуры служат другие фигуры, но они также повторяются в разных масштабах,



подчиненных единой структуре. Причем эти принципы построения не были простым подражанием природе, но согласовывались с бытующим мировоззрением и социальной организацией [3].

Наша цивилизация, казалось бы, ушла далеко от первобытного существования. Однако мы продолжаем жить в том же мире, нас по-прежнему окружает природа, живущая по своим законам, несмотря на все попытки человека приспособить ее к своим нуждам. Да и сам человек (не будем забывать об этом) остается частью этой природы.

Герт Эйленбергер, немецкий физик, занявшийся изучением нелинейности, как-то заметил: «Почему силуэт согнувшегося под напором штормового ветра обнаженного дерева на фоне мрачного зимнего неба воспринимается как прекрасный, а очертания современного многофункционального здания, несмотря на все усилия архитектора, вовсе не кажутся такими? Сдается мне, что... наше чувство прекрасного “подпитывается” гармоничным сочетанием упорядоченности и беспорядка, которое можно наблюдать в естественных явлениях: облаках, деревьях, горных цепях или кристаллах снежинок. Все такие контуры суть динамические процессы, застывшие в физических формах, и для них типична комбинация устойчивости и хаотичности» [1].

## У истоков теории хаоса

Что мы понимаем под *хаосом*? Невозможность предсказать поведение системы, беспорядочные скачки в разных направлениях, которые никогда не превратятся в упорядоченную последовательность.

Первым исследователем хаоса считается французский математик, физик и философ Анри Пуанкаре. Еще в конце XIX в. при изучении поведения системы с тремя телами, взаимодействующими гравитационно, он заметил, что могут быть непериодические орбиты, которые постоянно и не удаляются от конкретной точки, и не приближаются к ней.

Традиционные методы геометрии, широко используемые в естественных науках, основаны на аппроксимации структуры исследуемого объекта геометрическими фигурами, например линиями, плоскостями, сферами, метрическая и топологическая размерности которых равны между собой. В большинстве случаев свойства исследуемого объекта и его взаимодействие с окружающей средой описываются интегральными термодинамическими характеристиками, что приводит к утрате значительной части информации о системе и к замене ее на более или менее адекватную модель. Чаще всего подобное упрощение вполне оправдано, однако известны многочисленные ситуации, когда применение топологически неадекватных моделей недопустимо. Пример такого не-

соответствия привел в своей кандидатской диссертации (теперь уже доктор химических наук) Владимир Константинович Иванов: оно обнаруживается при измерении площади развитой (например, пористой) поверхности твердых тел с помощью сорбционных методов, регистрирующих изотермы адсорбции. Оказалось, что величина площади зависит от линейного размера молекул-«измерителей» не квадратично, чего следовало бы ожидать из простейших геометрических соображений, а с показателем степени, иногда вплотную приближающемся к трем [4].

Прогнозирование погоды — одна из проблем, над которой человечество бьется с древних времен. Существует известный анекдот на эту тему, где прогноз погоды передается по цепочке от шамана — оленеводу, затем геологу, потом редактору радиопередачи, и наконец круг замыкается, поскольку выясняется, что шаман узнал прогноз по радио. Описание такой сложной системы, как погода, со множеством переменных, невозможно свести к простым моделям. С данной задачи началось использование компьютеров для моделирования нелинейных динамических систем. Один из основоположников теории хаоса, американский метеоролог и математик Эдвард Нортона Лоренц много лет отдал проблеме прогнозирования погоды. Еще в 60-х годах прошлого века, пытаясь понять причины ненадежности прогнозов погоды, он показал, что состояние сложной динамической системы может сильно зависеть от начальных условий: незначительное изменение одного из многих параметров способно кардинально изменить ожидаемый результат. Лоренц назвал эту зависимость эффектом бабочки: «Сегодняшнее трепетание крыльев мотылька в Пекине через месяц может вызвать ураган в Нью-Йорке» [1]. Ему принесла известность работа, посвященная общему круговороту атмосферы. Исследуя описывающую процесс систему уравнений с тремя переменными, Лоренц графически отобразил результаты своего анализа: линии графика представляют собой координаты точек, определяемых решениями в пространстве этих переменных (рис.1). Полученная двойная спираль, названная *аттрактор Лоренца* (или «странный аттрактор»), выглядела как нечто бесконечно запутанное, но всегда расположенное в определенных границах и никогда не повторяющееся. Движение в аттракторе абстрактно (переменными могут быть скорость, плотность, температура и др.), и тем не менее оно передает особенности реальных физических явлений, таких как движение водяного колеса, конвекция в замкнутой петле, излучение однододового лазера, диссипативные гармонические колебания (параметры которых играют роль соответствующих переменных).

Из тысяч публикаций, составивших специальную литературу по проблеме хаоса, вряд ли какая-либо цитировалась чаще, чем написанная Лорен-



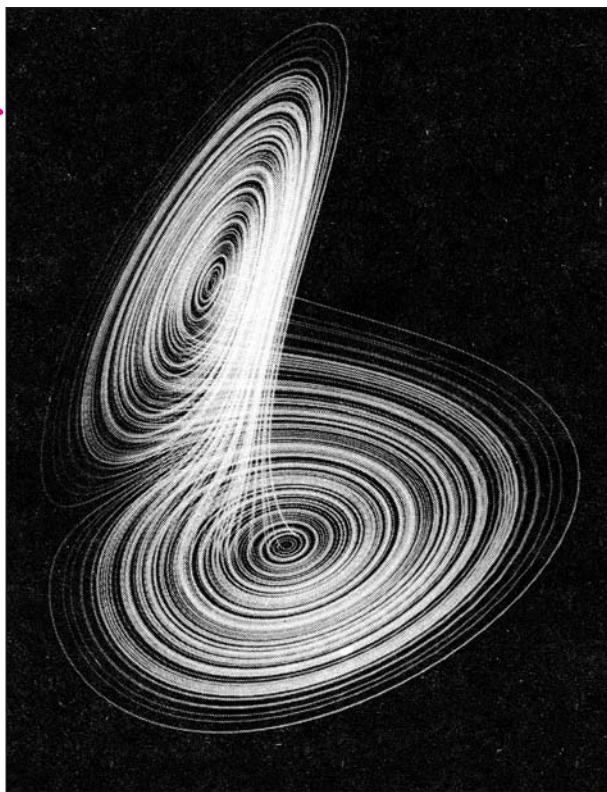


Рис.1. Аттрактор Лоренца — набор траекторий в фазовом пространстве [5].

цем в 1963 г. статья «Детерминистский неперIODический поток» [6]. Хотя благодаря компьютерному моделированию уже во времена этой работы предсказание погоды из «искусства превратилось в науку», долгосрочные прогнозы по-прежнему оставались недостоверными и ненадежными. Причина этого заключалась в том самом эффекте бабочки.

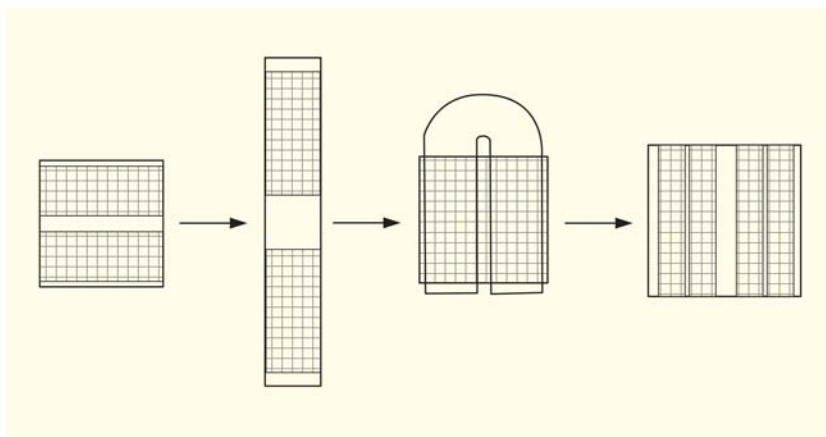


Рис.2. Подкова Смэйла. Пространство многократно растягивается в одном направлении, сжимается в другом и сворачивается. Такая топологическая трансформация наглядно показывает возникновение «структурированного беспорядка» — хаотичных свойств динамических систем [1].

В тех же 60-х годах математик Стивен Смэйл из Калифорнийского университета собрал в Беркли исследовательскую группу из молодых единомышленников. Ранее он был удостоен медали Филдса за выдающиеся исследования в области топологии. Смэйл занимался изучением динамических систем, в частности нелинейных хаотических осцилляторов. Для воспроизведения всей неупорядоченности осциллятора ван дер Поля в фазовом пространстве он создал структуру, известную под названием «подкова» — пример динамической системы, имеющей хаотическую динамику.

«Подкова» (рис.2) — точный и зримый образ сильной зависимости от начальных условий: никогда не угадаешь, где окажется начальная точка после нескольких итераций. Этот пример послужил толчком к изобретению русским математиком, специалистом по теории динамических систем и дифференциальных уравнений, дифференциальной геометрии и топологии Дмитрием Викторовичем Аносовым «диффеоморфизмов Аносова»\*. Позже из этих двух работ выросла теория гиперболических динамических систем. Прошло десятилетие, прежде чем результаты работы Смэйла удостоились внимания представителей других дисциплин. «Когда это все же случилось, физики поняли, что Смэйл повернул целый раздел математики лицом к реальному миру» [1].

В 1972 г. математик из Мэрилендского университета Джеймс Йорк прочитал вышеупомянутую статью Лоренца, которая поразила его. Йорк увидел в статье живую физическую модель и посчитал своей святой обязанностью донести до физиков то, чего они не разглядели в работах Лоренца и Смэйла. Он направил копию статьи Лоренца Смэйлу. Тот изумился, обнаружив, что безвестный метеоролог (Лоренц) десятью годами раньше обнаружил ту неупорядоченность, которую он сам посчитал однажды математически невероятной, и разослал копии всем своим коллегам.

Биолог Роберт Мэй, друг Йорка, занимался изучением изменений численности популяций животных. Мэй шел по стопам Пьера Ферхлюста, который еще в 1845 г. обратил внимание на непредсказуемость изменения численности животных и пришел к выводу, что коэффициент прироста популяции — величина непостоянная. Иными словами, процесс оказывается нелинейным. Мэй пытался уловить, что случается с популяцией в мо-

\* Диффеоморфизмы Аносова — введенный Д.В.Анососовым класс отображений с хаотической динамикой, устойчивой относительно малых возмущений.

мент приближения колебаний коэффициента роста к некоторой критической точке (точке бифуркации). Варьируя значения этого нелинейного параметра, он обнаружил, что возможны коренные перемены в самой сущности системы: увеличение параметра означало возрастание степени нелинейности, что, в свою очередь, изменяло не только количественные, но и качественные характеристики результата. Подобная операция влияла как на конечное значение численности популяции, находившейся в равновесии, так и на ее способность вообще достигнуть последнего. При определенных условиях периодичность уступала место хаосу, колебаниям, которые никогда не затухали.

Йорк математически проанализировал описанные явления в своей работе, доказав, что в любой одномерной системе происходит следующее: если появляется регулярный цикл с тремя волнами (плавными подъемами и спадами значений какого-либо параметра), то в дальнейшем система начнет демонстрировать как правильные циклы любой другой продолжительности, так и полностью хаотичные. (Как выяснилось через несколько лет после опубликования статьи на международной конференции в восточном Берлине, советский (украинский) математик Александр Николаевич Шарковский несколько опередил Йорка в своих исследованиях [7]). Йорк написал статью для известного научного издания «Американский математический ежемесячник» [8]. Однако Йорк достиг большего, чем просто математический результат: он продемонстрировал физикам, что хаос всецело, стабилен и структурирован. Он дал повод поверить в то, что сложные системы, традиционно описываемые трудными для решения дифференциальными уравнениями, могут быть представлены с помощью наглядных графиков.

Мэй пытался привлечь внимание биологов к тому, что популяции животных переживают не одни лишь упорядоченные циклы. На пути к хаосу возникает целый каскад удвоения периодов. Именно в точках бифуркации некоторое увеличение плодovitости особей могло привести, например, к смене четырехгодичного цикла популяции непарного шелкопряда восьмилетним. Американец Митчел Фейгенбаум решил начать с подсчета точных значений параметра, порождавших такие изменения. Его расчеты показывали, что не имело значения, какова начальная популяция, — она все равно неуклонно приближалась к аттрактору. Затем, с первым удвоением периодов, аттрактор, подобно делящейся клетке, раздваивался. Потом происходило следующее умножение периодов, и каждая точка аттрактора вновь начинала делиться. Число — инвариант, полученный Фейгенбаумом, — позволило ему предугадывать, когда именно это произойдет. Ученый обнаружил, что может прогнозировать этот эффект для сложнейшего аттрактора — в двух, четырех, восьми точках... Говоря языком экологии, он мог прогнози-

ровать действительную численность, которая достигается в популяциях во время ежегодных колебаний. Так Фейгенбаум открыл в 1976 г. «каскад удвоения периода», опираясь на работу Мэя и свои исследования турбулентности. Его теория отражала естественный закон, который относится ко всем системам, испытывающим переход от упорядоченного состояния к хаосу. Йорк, Мэй и Фейгенбаум первыми на Западе в полной мере осознали важность удвоения периодов и сумели передать эту идею всему научному сообществу. Мэй заявлял, что хаос необходимо преподавать.

Советские математики и физики продвигались в своих исследованиях независимо от зарубежных коллег. Начало изучению хаоса положили работы А.Н. Колмогорова 50-х годов. Но и идеи зарубежных коллег не оставались без их внимания. Пионерами теории хаоса считаются советские математики Андрей Николаевич Колмогоров и Владимир Игоревич Арнольд и немецкий математик Юрген Мозер, построившие теорию хаоса, называемую КАМ (теория Колмогорова—Арнольда—Мозера). Другой наш выдающийся соотечественник, блестящий физик и математик Яков Григорьевич Синай, применил в термодинамике соображения, аналогичные «подкове Смейла». Едва в 70-х годах с работой Лоренца познакомились западные физики, как она приобрела известность и в СССР. В 1975 г., когда Йорк и Мэй еще прилагали немалые усилия к тому, чтобы добиться внимания коллег, Синай и его товарищи организовали в Горьком исследовательскую группу для изучения этой проблемы.

В прошлом веке, когда узкая специализация и разобщение между различными дисциплинами стали в науке нормой, математики, физики, биологи, химики, физиологи, экономисты бились над схожими задачами, не слыша друг друга. Идеи, требующие изменения привычного мировоззрения, всегда с трудом пробивают себе путь. Однако постепенно стало ясно, что такие вещи, как изменение популяций животных, колебания цен на рынке, перемена погоды, распределение небесных тел по размерам и многое, многое другое, — подчиняются одним закономерностям. «Осознание этого факта заставило менеджеров пересмотреть отношение к страховке, астрономов — под другим углом зрения взглянуть на Солнечную систему, политиков — изменить мнение о причинах вооруженных конфликтов» [1].

К середине 80-х годов ситуация сильно изменилась. Идеи фрактальной геометрии объединили ученых, озадаченных собственными наблюдениями и не знавшими, как их интерпретировать. Для исследователей хаоса математика стала экспериментальной наукой, компьютеры заменили собой лаборатории. Графические изображения приобрели первостепенную важность. Новая наука дала миру особый язык, новые понятия: фазовый портрет, аттрактор, бифуркация, сечение фазового пространства, фрактал...

Бенуа Мандельброт, опираясь на идеи и работы предшественников и современников, показал, что такими сложными процессами, как рост дерева, образование облаков, вариации экономических характеристик или численности популяций животных управляют сходные, по сути, законы природы. Это определенные закономерности, по которым живет хаос. С точки зрения природной самоорганизации они намного проще, чем искусственные формы, привычные цивилизованному человеку. Сложными их можно признать лишь в контексте евклидовой геометрии, поскольку фракталы определяются посредством задания алгоритма, и, следовательно, могут быть описаны с помощью небольшого объема информации.

### Фрактальная геометрия природы

Давайте попробуем разобраться, что же такое фрактал и «с чем его едят». А съест некоторые из них действительно можно, как, например, типичного представителя, показанного на фотографии.

Слово *фрактал* происходит от латинского *fractus* — дробленный, сломанный, разбитый на куски. Под фракталом подразумевается математическое множество, обладающее свойством самоподобия, т.е. масштабной инвариантности.

Термин «фрактал» был придуман Мандельбротом в 1975 г. и получил широкую популярность с выходом в 1977 г. его книги «Фрактальная геометрия природы» [9]. «Дайте чудовищу какое-нибудь уютное, домашнее имя, и вы удивитесь, насколько легче будет его приручить!» — говорил Мандель-

брот. Это стремление сделать исследуемые объекты (математические множества) близкими и понятными привело к рождению новых математических терминов, таких как пыль, творог, сыворожка, наглядно демонстрирующих их глубинную связь с природными процессами.

Математическое понятие фрактала выделяет объекты, обладающие структурами различных масштабов, как больших, так и малых, и, таким образом, отражает иерархический принцип организации. Конечно, различные ветви дерева, например, не могут быть точно совмещены друг с другом, но их можно считать подобными в статистическом смысле. Точно так же формы облаков, очертания гор, линия морского берега, рисунок пламени, сосудистая система, овраги, молния, рассматриваемые при различных масштабах, выглядят подобными. Хотя эта идеализация и может оказаться упрощением действительности, она существенно увеличивает глубину математического описания природы.

Понятие «природный фрактал» Мандельброт ввел для обозначения естественных структур, которые могут быть описаны с помощью фрактальных множеств. Эти природные объекты включают в себя элемент случайности. Созданная Мандельбротом теория позволяет количественно и качественно описывать все те формы, которые ранее назывались спутанными, волнистыми, шероховатыми и т.д.

Динамические процессы, о которых шла речь выше, так называемые процессы с обратной связью, возникают в различных физических и математических задачах. Все они имеют одно общее — конкуренцию нескольких центров (получивших имя «аттракторы») за доминирование на плоскости. То состояние, в котором система оказалась после некоторого числа итераций, зависит от ее «места старта». Поэтому каждому аттрактору соответствует некоторая область начальных состояний, из которых система обязательно попадет в рассматриваемое конечное состояние. Таким образом, фазовое пространство системы (абстрактное пространство параметров, ассоциированных с конкретной динамической системой, точки в котором однозначно характеризуют все возможные ее состояния) разбивается на *области притяжения* аттракторов. Налицо своеобразный возврат к динамике Аристотеля, согласно которой каждое тело стремится к предназначенному ему месту [2]. Простые границы между «сопредельными территориями» в результате такого соперничества возникают редко. Именно в этой пограничной области и происходит переход от одной формы существования к другой: от порядка к хаосу. Общий вид выражения для динамического закона очень прост:  $x_{n+1} \rightarrow f(x_n, C)$ . Вся сложность состоит в нелинейной зависимости между начальным значением и результатом. Если начать итерационный процесс указанного



Капуста Романеско, родственница хорошо всем знакомой цветной капусты.

Фото В.Ц.Бонджоловой



вида с некоторого произвольного значения  $x_0$ , то результатом его будет последовательность  $x_1, x_2, \dots$ , которая либо будет сходиться к некоторому предельному значению  $X$ , стремясь к состоянию покоя, либо придет к некоторому циклу значений, которые будут повторяться вновь и вновь, либо будет все время вести себя беспорядочно и непредсказуемо [5]. Именно такие процессы исследовали еще во время Первой мировой войны французские математики Гастон Жюлиа и Пьер Фато.

Изучая множества, открытые ими, Мандельброт в 1979 г. пришел к изображению на комплексной плоскости образа, который является, как будет ясно из дальнейшего, своего рода оглавлением целого класса форм, именуемого множествами Жюлиа. Множество Жюлиа — это множество точек, возникающее в результате итерирования квадратичного преобразования:  $x_n \rightarrow x_{n-1}^2 + C$ , динамика в окрестности которых неустойчива по отношению к малым возмущениям начального положения. Каждое последовательное значение  $x$  получается из предыдущего; комплексное число  $C$  называется управляющим параметром. Поведение последовательности чисел зависит от параметра  $C$  и начальной точки  $x_0$ . Если зафиксировать  $C$  и изменять  $x_0$  в поле комплексных чисел, мы получим множество Жюлиа. Если же зафиксировать  $x_0 = 0$  и изменять  $C$ , получим множество Мандельброта ( $M$ ). Оно подсказывает нам, какого вида множества Жюлиа следует ожидать при конкретном выборе  $C$ . Каждое комплексное число  $C$  либо принадлежит области  $M$  (черной на рис.3), либо нет.  $C$  принадлежит  $M$  тогда и только тогда, когда «критическая точка»  $x_0 = 0$  не стремится к бесконечности. Множество  $M$  состоит из всех точек  $C$ , которые ассоциируются со связными множествами Жюлиа, если же точка  $C$  лежит вне множества  $M$ , ассоциированное с ней множество Жюлиа несвязно. Граница множества  $M$  определяет момент математического фазового перехода для множеств Жюлиа  $x_n \rightarrow x_{n-1}^2 + C$ . Когда параметр  $C$  покидает  $M$ , множества Жюлиа теряют свою связность, образно говоря, взрываются и превращаются в пыль. Качественный скачок, происходящий на границе  $M$ , влияет и на примыкающую к границе область. Сложную динамическую структуру пограничной области можно приближенно показать, окрашивая (условно) в разные цвета зоны с одинаковым временем «убегания в бесконечность» начальной точки  $x_0 = 0$ . Те зна-

чения  $C$  (один оттенок), при которых критической точке требуется данное число итераций, чтобы оказаться вне круга радиусом  $N$ , заполняют промежуток между двумя линиями. По мере приближения к границе  $M$  необходимое число итераций увеличивается. Точка все большее время вынуждена блуждать извилистыми путями вблизи множества Жюлиа. Множество Мандельброта воплощает в себе процесс перехода от порядка к хаосу.

Интересно проследить путь, которым Мандельброт шел к своим открытиям. Бенуа родился в Варшаве в 1924 г., в 1936 семья эмигрировала в Париж. Окончив Политехническую школу, а затем и университет в Париже, Мандельброт переехал в США, где отучился еще и в Калифорнийском технологическом институте. В 1958 г. он устроился в научно-исследовательский центр IBM в Йорктауне. Несмотря на чисто прикладную деятельность компании, занимаемая должность позволяла ему вести исследование в самых разных областях. Работая в области экономики, молодой специалист занялся изучением статистики цен на хлопок за большой период времени (более 100 лет). Анализируя симметрию длительных и кратковременных колебаний цен, он заметил, что эти колебания в течение дня казались случайными и непредсказуемыми, однако последовательность таких изменений не зависела от масштаба. Для решения этой задачи он впервые использовал свои разработки будущей фрактальной теории и графическое отображение исследуемых процессов.

Интересуясь самыми разными областями науки, Мандельброт обратился к математической лингвистике, затем наступил черед теории игр.

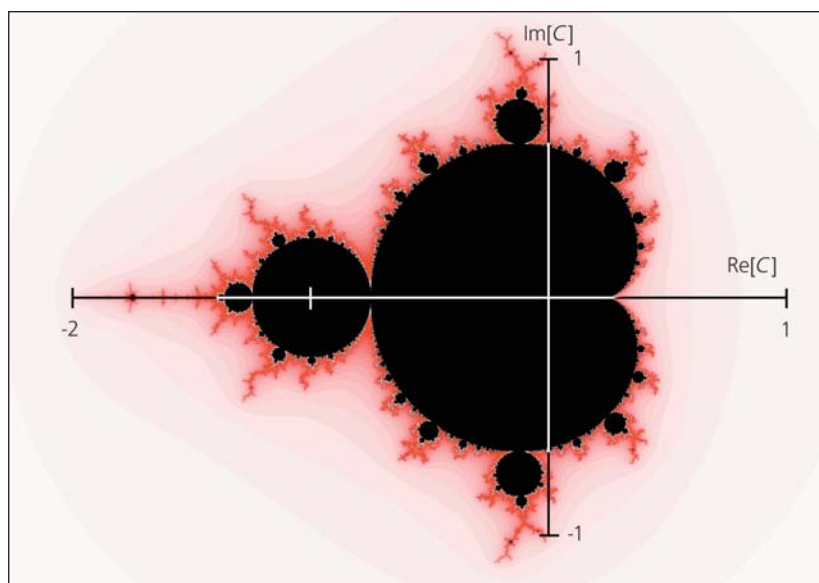
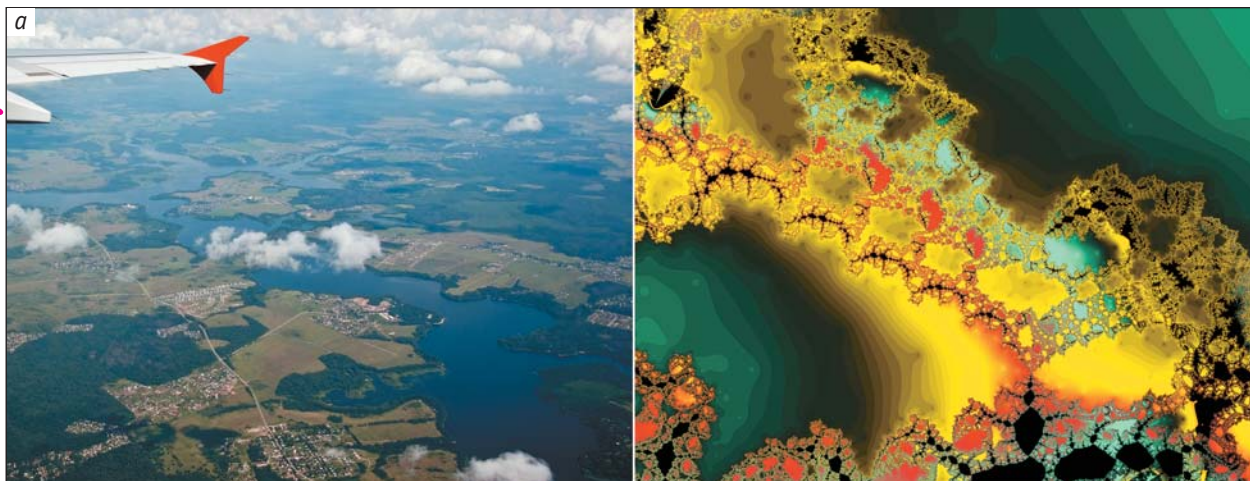


Рис.3. Множество Мандельброта для процесса  $x \rightarrow x^2 + C$ . Изображенная фигура показывает соответствие различным значениям параметра  $C$  различных типов множеств Жюлиа. Оттенки цвета соответствуют линиям, отражающим динамику критической точки  $x = 0$  [5].

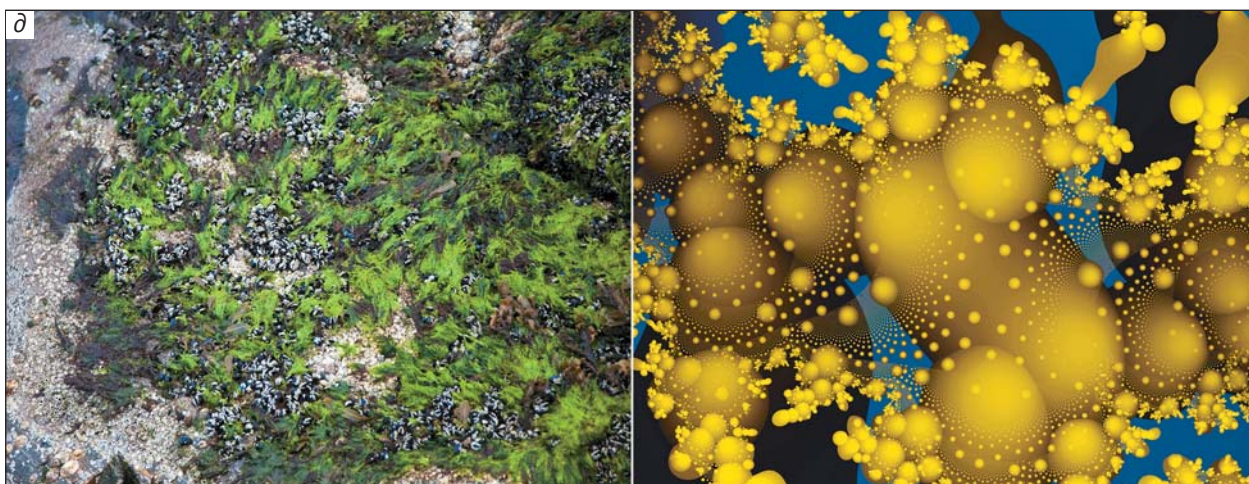
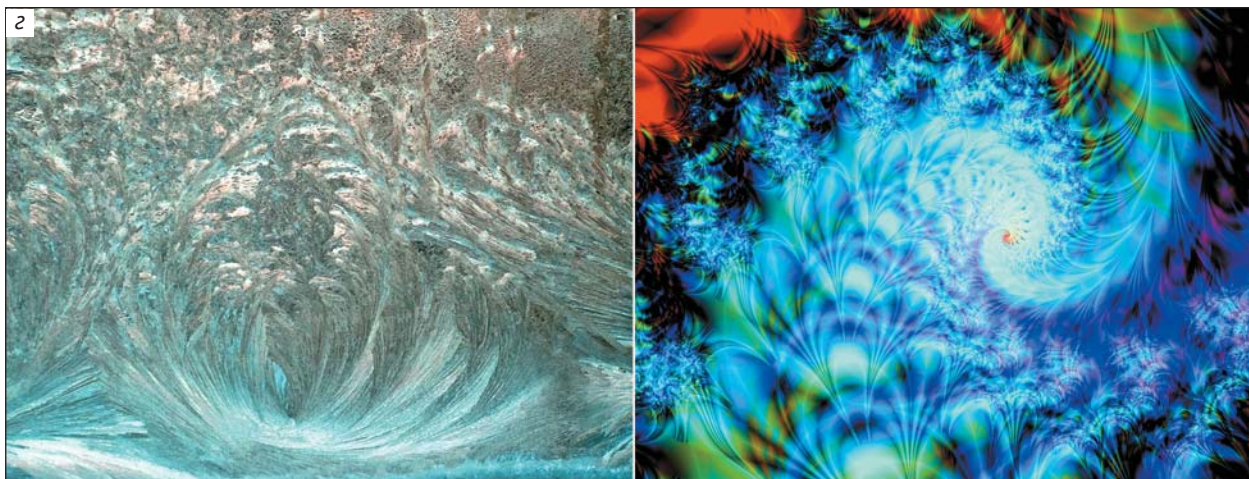




Фотографии природных объектов, демонстрирующих фрактальное строение, и фракталы, построенные с помощью компьютерной программы Fractal Explorer: вид на Землю с самолета (*a*), участки земли, расчерченные на многоугольники, береговая линия протоков и рукавов рек, так же, как и облака, демонстрируют статистическое самоподобие); переплетение древесных ветвей (*b*); завихрения водного потока (*v*); морозные узоры на стекле (*z*); колонии водорослей и моллюсков (*d*); типичные дендриты, часто встречающиеся в природе, здесь — гриб *Hericium coralloides* (*e*).

Фото автора





Он также предложил собственный подход к экономике, указав на упорядоченность масштабов в распространении малых и больших городов. Изучая малоизвестную работу английского ученого Льюиса Ричардсона, вышедшую после смерти

автора, Мандельброт столкнулся с феноменом береговой линии. В статье «Какова длина береговой линии Великобритании?» [10] он подробно исследует этот вопрос, над которым мало кто задумывался до него, и приходит к неожиданным выво-





Лес, нарисованный на оконном стекле художником морозом (дендриты кристаллов льда).

дам: длина береговой линии равна... бесконечности! Чем точнее вы стараетесь ее измерить, тем большим получается ее значение!

Для описания подобных явлений Мандельброту пришлось в голову отталкиваться от идеи размерности. Фрактальная размерность объекта служит количественной характеристикой одной из его особенностей, а именно — заполнения им пространства.

Определение понятия фрактальной размерности восходит к работе Феликса Хаусдорфа, опубликованной в 1919 г., и было окончательно сформулировано Абрамом Самойловичем Безиковичем. Фрактальная размерность — мера детализации, изломанности, неровности фрактального объекта. В евклидовом пространстве топологическая размерность всегда определяется целым числом (размерность точки — 0, линии — 1, плоскости — 2, объемного тела — 3). Если проследить, например, проекцию на плоскость движения броуновской частицы, которая вроде бы должна состоять из отрезков прямой, т.е. иметь размерность 1, очень скоро окажется, что след ее заполняет почти всю плоскость. Но размерность плоскости — 2. Расхождение между этими величинами и дает нам право отнести данную «кривую» к фракталам, а ее промежуточную (дробную) размерность называть фрактальной. Если рассмотреть хаотическое движение частицы в объеме, фрактальная размерность траектории окажется больше 2, но меньше 3. Артерии человека, например, имеют фрактальную размерность примерно 2.7. Упомянутые в начале статьи результаты Иванова, относящиеся к измерению площади пор силикагеля, которые не могут быть истолкованы в рамках обычных евклидовых представлений,

при использовании теории фракталов находят разумное объяснение [4].

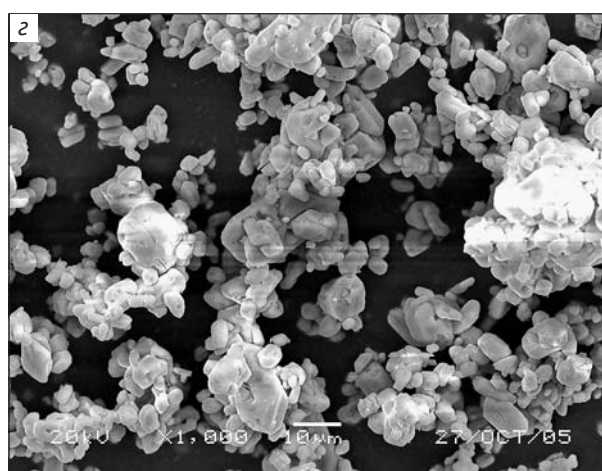
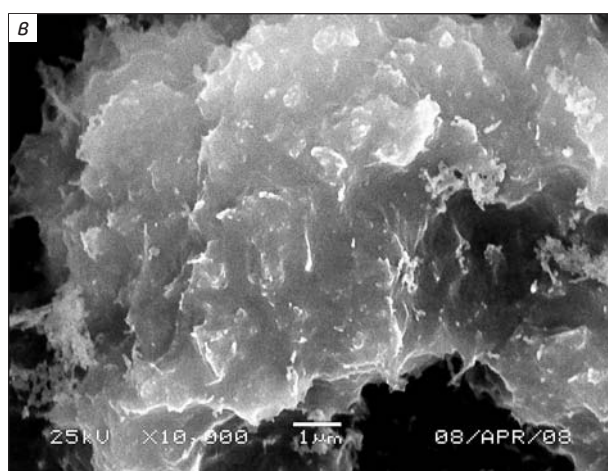
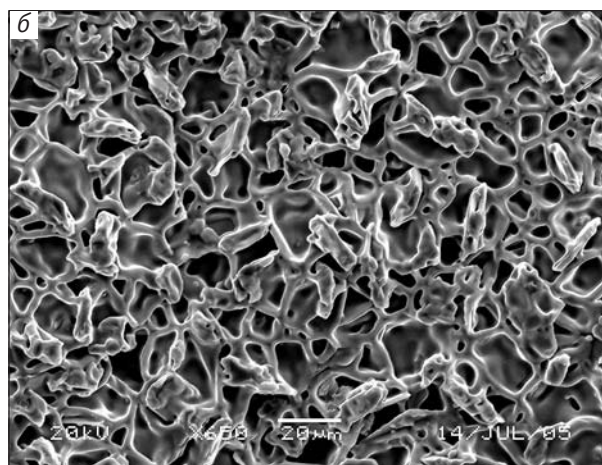
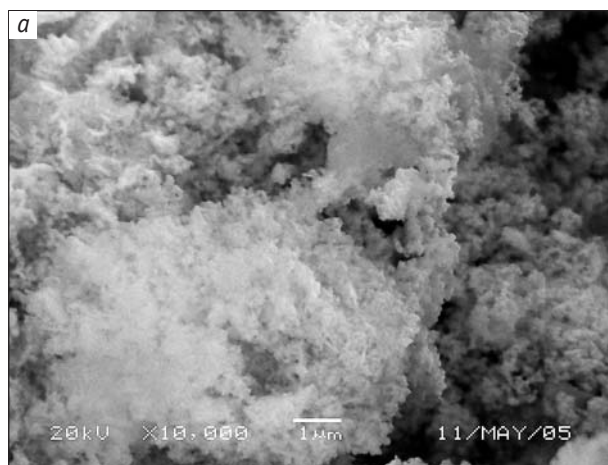
Итак, с математической точки зрения, фракталом называется множество, для которого размерность Хаусдорфа—Безиковича строго больше его топологической размерности и может быть (а чаще всего и является) дробной.

Необходимо особо подчеркнуть, что фрактальная размерность объекта не описывает его форму, и объекты, имеющие одинаковую размерность, но порожденные различными механизмами образования, зачастую совершенно не похожи друг на друга. Физические фракталы обладают скорее статистическим самоподобием.

Дробное измерение позволяет вычислять характеристики, которые не могут быть четко

определены иным путем: степени неровности, прерывистости, шероховатости или неустойчивости какого-либо объекта. Например, извилистая береговая линия, несмотря на неизмеримость ее длины, обладает присущей только ей шероховатостью. Мандельброт указал пути расчета дробных измерений объектов окружающей действительности. Создавая свою геометрию, он выдвинул закон о неупорядоченных формах, которые встречаются в природе. Закон гласил: степень нестабильности постоянна при различных масштабах.

Особую разновидность фракталов составляют *временные фракталы*. В 1962 г. Мандельброт столкнулся с задачей по устранению шумов в телефонных линиях, которые вызвали проблемы для компьютерных модемов. Качество передачи сигнала зависит от вероятности возникновения ошибок. Инженеры бились над проблемой уменьшения шумов, придумывая головоломные и дорогостоящие приемы, но не получали впечатляющих результатов. Опираясь на работу основателя теории множеств Георга Кантора, Мандельброт показал, что возникновения шумов — порождения хаоса — невозможно избежать в принципе, поэтому предложенные способы борьбы с ними не принесут результата. В поисках закономерности возникновения шумов он получает «канторову пыль» — фрактальную последовательность событий. Интересно, что тем же закономерностям подчиняется распределение звезд в Галактике: «Вещество», однородно распределенное вдоль инициатора (единичный отрезок временной оси), подвергается воздействию центробежного вихря, который «сметает» его к крайним третям интервала... *Ство- раживанием* можно называть любой каскад неус-



Микрофотографии различных веществ, сделанные с помощью электронного микроскопа: фторид иттрия (а), алюмоиттриевый гранат (б), окись магния (в), фторид бария (г).

Фото С.В.Лаврицева

тойчивых состояний, приводящий в итоге к сгущению вещества, а термин *творог* может определять объем, внутри которого некая физическая характеристика становится — в результате створаживания — чрезвычайно концентрированной» [9]. Хаотические явления, такие как турбулентность атмосферы, подвижность земной коры и т.д., демонстрируют сходное поведение в различных временных масштабах подобно тому, как объекты, обладающие инвариантностью к масштабу, обнаруживают сходные структурные закономерности в различных пространственных масштабах.

В качестве примера приведем несколько характерных ситуаций, где полезно использовать представления о фрактальной структуре. Профессор Колумбийского университета Кристофер Шольц специализировался на изучении формы и строения твердого вещества Земли, он изучал землетрясения. В 1978 г. он прочитал книгу Мандельброта «Фракталы: форма, случайность и размерность» и попытался применить теорию к описанию, классификации и измерению геофизичес-

ких объектов. Шольц выяснил, что фрактальная геометрия снабдила науку эффективным методом описания специфического бугристого ландшафта Земли. Фрактальное измерение ландшафта планеты открывает двери к постижению ее важнейших характеристик. Metallурги обнаружили то же самое на другом масштабном уровне — применительно к поверхностям различных типов стали. В частности, фрактальное измерение поверхности металла зачастую позволяет судить о его прочности. Огромное количество фрактальных объектов продуцирует явление кристаллизации. Самый распространенный тип фракталов, возникающих при росте кристаллов, — дендриты, они чрезвычайно широко распространены в живой природе. Ансамбли наночастиц часто демонстрируют реализацию «пыли Леви». Эти ансамбли в сочетании с абсорбированным растворителем образуют прозрачные компакты — стекла Леви, потенциально важные материалы фотоники [11].

Поскольку фракталы выражаются не в первичных геометрических формах, а в алгоритмах, на-



борах математических процедур, понятно, что такая область математики стала развиваться семимильными шагами вместе с появлением и развитием мощных компьютеров. Хаос, в свою очередь, вызвал к жизни новые компьютерные технологии, специальную графическую технику, которая способна воспроизводить удивительные структуры невероятной сложности, порождаемые теми или иными видами беспорядка. В век Интернета и персональных компьютеров то, что представляло значительную сложность во времена Мандельброта, стало легко доступным любому желающему. Но самым важным в его теории стало, разумеется, не создание красивых картинок, а вывод, что данный математический аппарат пригоден для описания сложных природных явлений и процессов, которые раньше не рассматривались в науке вообще. Репертуар алгоритмических элементов неисчерпаем. «Овладев языком фракталов, можно описать форму облака так же четко и просто, как архитектор описывает здание с помощью чертежей, в которых применяется язык традиционной геометрии. <...> Прошло всего несколько десятилетий с тех пор, как Бенуа Мандельброт заявил: «Геометрия природы фрактальна!», на сегодняшний день мы уже можем предположить намного больше, а именно что фрактальность — это первоочередной принцип построения всех без исключения природных объектов» [12].

В заключение позволю представить вашему вниманию набор фотографий, иллюстрирующих этот вывод, и фракталов, построенных с помощью компьютерной программы Fractal Explorer. А проблеме использования фракталов в физике кристаллов будет посвящена наша следующая статья.

## Литература

1. Глейк Дж. Хаос. Создание новой науки. СПб., 2001.
2. Асмус В.Ф. Античная философия. М., 1976.
3. Eglash R. African fractals: modern computing and indigenous design. New Brunswick, 2005.
4. Иванов В.К. Топохимические процессы формирования дисперсных металлооксидов с фрактальными свойствами поверхности: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. М., 2003.
5. Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. М., 1993.
6. Lorenz E.N. Deterministic nonperiodic flow // J. of the Atmospheric Sciences. 1963. V.20. №2. P.130—141.
7. Шарковский А.Н. О циклах и структуре непрерывного отображения // Укр. матем. журнал. 1965. Т.17. С.101—111.
8. Li T.Y., Yorke J.A. Period three implies chaos // Amer. Math. Monthly. 1975. V.82. P.985.
9. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М., 2002.
10. Mandelbrot B. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension // Science. 1967. V.155. P.636—638.
11. Чернова Е.В., Федоров П.П., Лаврищев С.В. Формирование фрактальных структур при образовании моно- и нанокристаллов // Тезисы докладов VII Международной научной конференции «Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения». Иваново, 2012. С.58.
12. Юргенс Х., Пайтген Х.-О., Зауне Д. Язык фракталов // В мире науки. 1990. №10. С.36—44.
13. Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. Т.1: Порядок и хаос в литосфере и других сферах. М., 1994; Т.2: Циклическая динамика в природе и обществе. М., 1998; Т.3: Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. М., 2002; Т.4: Человек и три окружающие его среды. М., 2009. Т.5: Человек и три окружающие его среды. М., 2013.

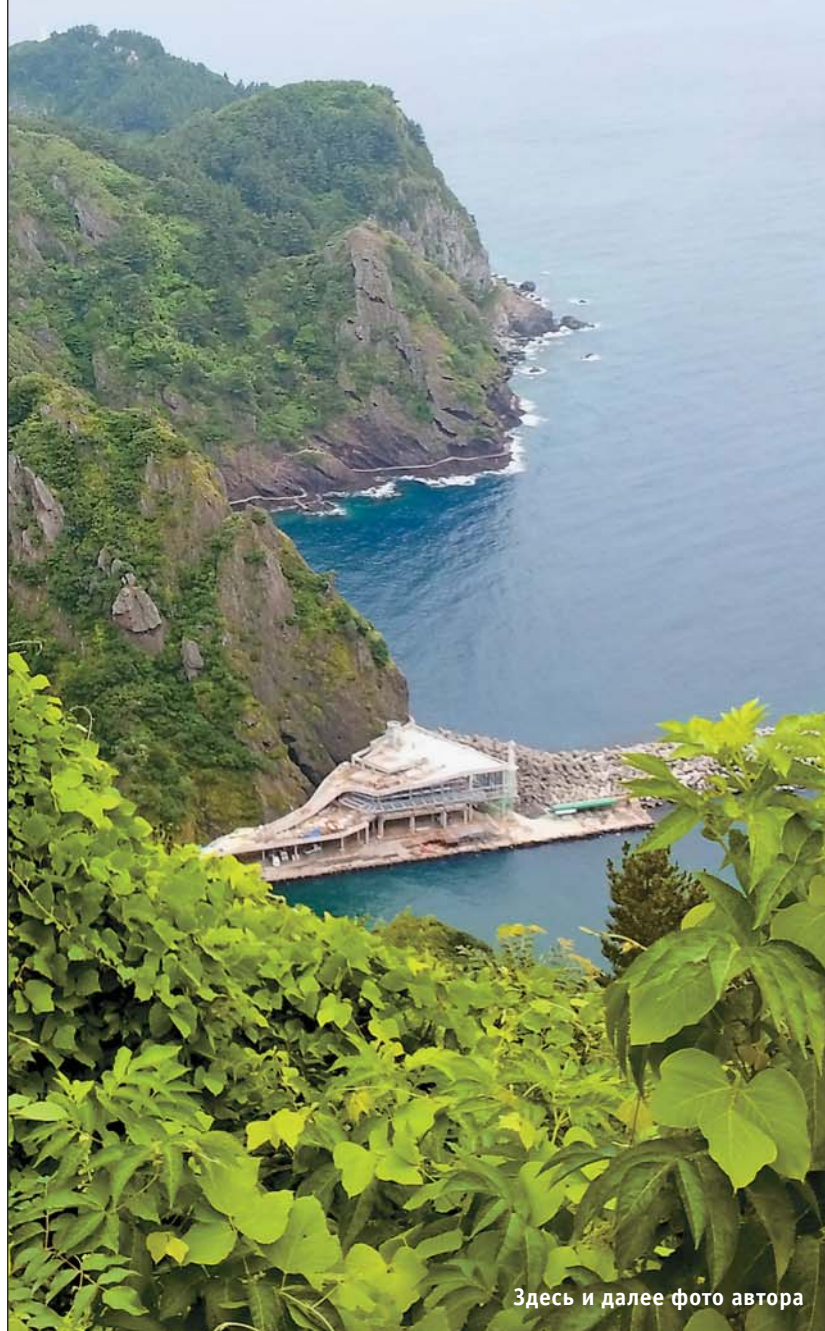
## Post Scriptum

С 1994 по 2013 г. в пяти томах вышел уникальный труд отечественных ученых «Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов» [13] — не имеющий аналогов источник материалов, который включает в себя данные мониторинга космоса, биосферы, литосферы, атмосферы, гидросферы, социальной и техногенной сфер и сферы, связанной со здоровьем и качеством жизни человека. В тексте подробно приводятся данные и результаты их обработки, сопоставляются особенности динамики временных рядов и их фрагментов. Унифицированное представление результатов дает возможность получить сопоставимые результаты для выявления общих и индивидуальных черт динамики процессов и причинно-следственных связей между ними. На экспериментальном материале показано, что процессы в разных сферах, во-первых, схожи, а во-вторых, в большей или меньшей степени связаны друг с другом.

Итак, атлас обобщил результаты междисциплинарных исследований и представил сравнительный анализ совершенно различных данных в широчайшем диапазоне времени и пространства. Книга показывает, что «протекающие в земных сферах процессы обусловлены большим числом взаимодействующих факторов, которые в разных областях (и в разное время) вызывают разную реакцию», что говорит о «необходимости комплексного подхода к анализу геодинамических, космических, социальных, экономических и медицинских наблюдений». Остается выразить надежду на то, что эти фундаментальные по значимости работы будут продолжены. ■

# На острове Уллындо

В.В.Глушков,  
доктор географических наук  
Российский университет дружбы народов  
Москва



Здесь и далее фото автора

В июле 2013 г. мне посчастливилось стать участником российско-корейской экспедиции на острова Уллындо и Токто, расположенные в Японском (или Восточном\*) море, к востоку от Корейского п-ова. Экспедиция была организована южнокорейским Фондом истории Северо-Восточной Азии, я участвовал в ней как эксперт по территориальным вопросам в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Результатом работы стала серия статей по истории, географии и современной жизни на этих уникальных островах.

Остров Уллындо (англ. Ulleungdo) протянулся на 9.5 км с севера на юг и на 10 км с востока на запад. Длина его береговой линии составляет 56.5 км, а площадь — 73.2 км<sup>2</sup>. С геологической точки зрения это вулкан, возникший в конце третичного — начале четвертичного периода (примерно 1.5—2.0 млн лет назад). Остров изобилует крутыми горными склонами, отличается причудливо изрезанными берегами с почти отвесными утесами. На Уллындо всего одна равнина — Нарибунджи. Она находится в северной части острова на месте застывшего вулканического кратера. Самая высокая точка — горная вершина Сонгынбон (986.7 м). Живописные горные виды здесь неповторимо гармонируют с изумительной красотой морских пейзажей.

Среднегодовая температура воздуха на острове составляет примерно 12°C. Зимой выпадает много снега. В ветренные зимние дни движение вдоль побережья часто затруднено, поэтому жизнь на Уллындо в это время замирает. Летом тоже нередки осадки, но дожди не становятся помехой жителям острова. Ясных дней в году совсем немного — около пятидесяти.

\* См.: Глушков В.В. Японское (Восточное) море — акватория противоречий // Природа. 2013. №9. С.68—74.





Остров Уллындо и расположенный северо-восточнее небольшой островок Чукто.  
www.google.com/earth



Схема взаимного расположения Корейского п-ова и островов Уллындо и Токто [1].

В одном из путеводителей по острову приведена любопытная местная примета: «На Уллындо говорят, если кошка ложится на пол и смотрит на небо или потолок, то это значит, что либо будет сильный ветер, либо пойдет сильный дождь или снег в течение трех дней...» [2].

На острове постоянно проживают около 10.5 тыс. человек. Их основные занятия — рыболовство и туристический бизнес, а также сфера обслуживания того и другого.

## История Уллындо

Согласно археологическим исследованиям, о.Уллындо (его прежние корейские названия — Мурындо, Урындо, японские — Уцурё, Исотакэсима, Такэсима) был заселен около 1-го тысячелетия до н.э. До 512 г. он, вместе с близлежащими островами Чукто и Токто, входил в состав небольшого государства Усангук. Затем, как свидетельствует «Самгук саги» (летопись периода Трех государств Кореи), был фактически бескровно завоеван военачальником Исабу — знаменитым полководцем государства Силла, правителем области Хасылла (Каннын) [3].

Военная хитрость Исабу состояла в том, что при осаде острова на его кораблях были выставлены заранее изготовленные фигуры львов. Полководец предупредил защитников острова, что, если они не сдадутся,

голодные львы их растерзают. После недолгих раздумий островитяне покорились. Одержав победу и обложив данью местных жителей, Исабу «предложил дорогие подарки правящей династии, отправив пэкиль и тоду с Уллындо» [2]. За это он получил новое высокое назначение\*.

Первые исследования на предмет возможности массового заселения острова провел в 1157 г. Ким Ю-рип — чиновник из провинции Мёнчжу. Он сделал вывод, что остров для проживания человека не вполне подходит «из-за множества камней и скал». Тем не менее несколько рыбацких семей на Уллындо все-таки жили.

В 1273 г. первым главой о.Уллындо был назначен чиновник королевского двора некий Хо Гон. Он был отправлен туда для службы и постоянного проживания [2].

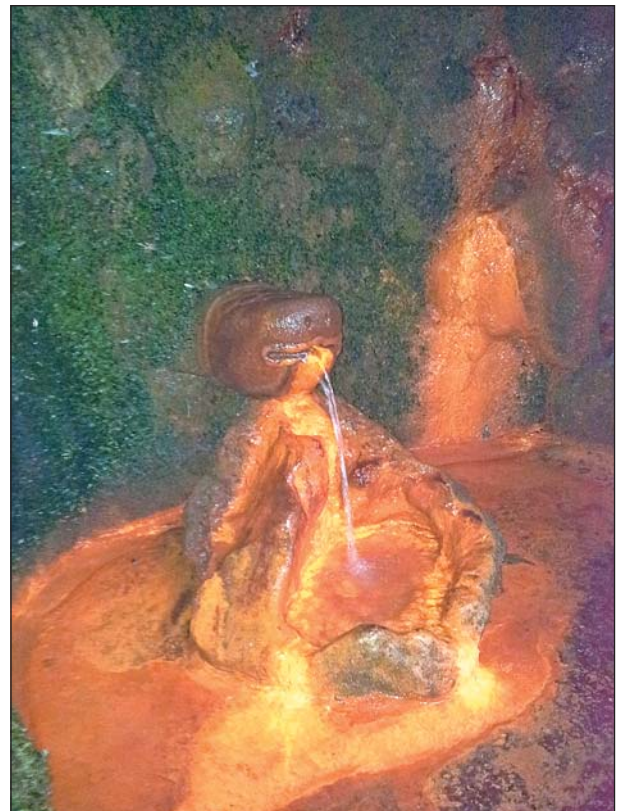
В 1379 г. на Уллындо вторглись иностранные захватчики, но, пробыв там две недели, покинули остров [2]. Однако спокойствия на Уллындо все равно не было: японцы и чжурчжэни (предшественники маньчжуров) продолжали держать в страхе местных мирных жителей. В конце концов эти пиратские налеты вынудили короля Чосона в 1403 г. издать указ, согласно которому всем жителям острова предписывалось выехать на материк.

В 1417 г. дворцовый чиновник Ким Ин-ву побывал на острове, исследовал его и привез оттуда для королевского двора кожу буйволов, семена хлопка, образцы некоторых растений и другие дары.

\* Герои Токто. Материалы Исследовательского института Токто (<http://www.dokdohistory.com/?sidx=205&stype=5>).



Исабу — искусный полководец государства Силла. Экспонат Музея Токто.



Один из множества источников минеральной воды на острове Уллындо.

В том же году Уллындо был разграблен японскими пиратами, и король Тхэчжон был вынужден издать очередное распоряжение — «Тхэчжон силлок» (Хроники короля Тхэчжона), в котором вновь разъяснялась политика незаселения острова [2].

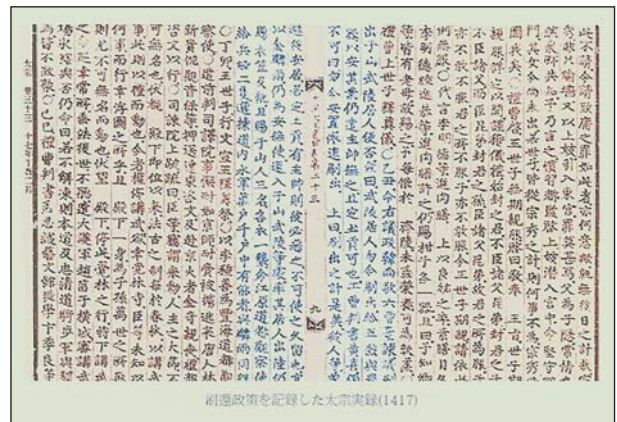
В 1436 г. прокурор провинции Канвондо Ю Гемун обратился к королю с просьбой переселить часть его подданных на плодородные и богатые земли Уллындо. Но разрешения на это прокурор не получил [2].

А земли Уллындо и вправду были уникальны. Остров отличался исключительно плодородной почвой (нередко там урожайность риса была выше, чем в других регионах), множеством источников питьевой, в том числе минеральной воды, приобретающей кристальную чистоту в природных фильтрах — застывших вулканических породах. Местные жители и теперь утверждают, что на острове можно пить из любого ручейка.

«Земля на острове плодородна, бамбук размером в колонну, мышь размером с кошку, семя персика огромно, и все вещи там такие большие», — отмечено в 1454 г. в «Сечжон силлок чиричжи» — географических записках из «Исторической хроники короля Сечжона» [2]. К этому следует добавить, что остров и сегодня — сокровищница дикой природы, здесь очень разнообразен животный мир, известно более 650 видов растений, в том

числе редких и охраняемых (таких как китайский можжевельник, особый сорт женьшеня и др.).

Со временем на Уллындо снова стали поселяться рыбаки, создавались новые поселения, а с 1511 г. за островом стали присматривать чиновники из провинции Канвондо. Но во время Имчжинской войны 1592—1598 гг. японцы захватили остров и уничтожили много мирных жителей. Ос-



Документ «Тхэчжон силлок» (1417), в котором объявлялось о незаселении Уллындо.

[www.dokdohistory.com/?type=5&sid=196](http://www.dokdohistory.com/?type=5&sid=196)





Памятник Ан Ён-боку.



Камень для контрольных отметок чиновников, патрулирующих остров.

тавшиеся в живых корейцы были эвакуированы на материк. Обезлюдившие Уллындю, Чукто и Токто японцы удерживали за собой почти столетие. Однако, как свидетельствуют архивные документы, разрешения на временное пребывание на островах (секретные указы сёгуната, распространяющиеся на его подданных, выезжающих за границу) за этот период были выданы только трем семьям рыбаков: двум в 1618 г. для проживания на Уллындю и одной в 1656 г. — на Токто [4, 5]. Хотя японцы и захватили острова, но по-прежнему считали их заграничными, корейскими.

В 1693 г. на Уллындю произошло столкновение японских купцов с местными жителями. Корейцы Ан Ён-бок и Пак О-дун были взяты в плен, увезены в Японию, но через некоторое время отпущены и с оказией возвращены [2]. Этот инцидент имел продолжение, ведь корейцы — люди упорные и настойчивые в достижении своих целей. Три года спустя Ан Ён-бок в сопровождении 10 земляков, в их числе пятерых буддийских монахов, прибыл на японский остров Оки с тем, чтобы выразить территориальный протест тамошнему генерал-губернатору Тэсу.

Как гласит обнаруженный в 2005 г. в архивах «Документ с записями допроса чиновником острова Оки Ан Ён-бока...», последний представил «Карту восьми провинций Кореи» (1531 г.) и дал показания, согласно которым острова Уллындю, а также видимые с него Чукто и Токто территориально входят в корейскую провинцию Канвондо\* [1]. После этого обоснованного заявления корейский суверенитет над островами был признан официально. Японским рыбакам запретили вести здесь промысел [6].

Памятник корейскому патриоту Ан Ён-боку в виде каменной глыбы с описанием его подвига ныне установлен в одном из живописных мест на Уллындю.

В 1697 г. указом корейского короля Сукчона были объявлены основные положения «Государственной системы патрулирования острова Уллындю». В них было предписано определенного ранга чиновникам каждые два года посещать остров, осматривать его, а результаты «патрулирования» фиксировать не только на бумаге для доклада королю, но и записью на специальном камне, расположенном на остро-

\* Japan's MOFA's 2008 Takeshima Propaganda Brochure (<http://www.dokdo-takeshima.com/japans-mofas-propaganda-brochure.html>).



ве. Этот более чем 300-летний камень с выбитыми на нем иероглифами стал предметом гордости островитян и хранится как музейный экспонат [2].

В 1702 г. на Уллындо отправился военный чиновник «низкого ранга» Ли Чун-мён. Там он добыл «красное» дерево (из него и сейчас делают посуду и украшения), ароматический бамбук, оранжевую охру, кожу рыб, дикий женьшень, а также изобразил карту острова в виде схематического рисунка с весьма достоверными очертаниями береговой линии. Все это в качестве подарка было передано королевскому двору. Судя по официальным документам, военные чиновники «низкого ранга» посещали, исследовали и картографировали остров в 1711, 1735, 1794 и 1831 гг. [2].

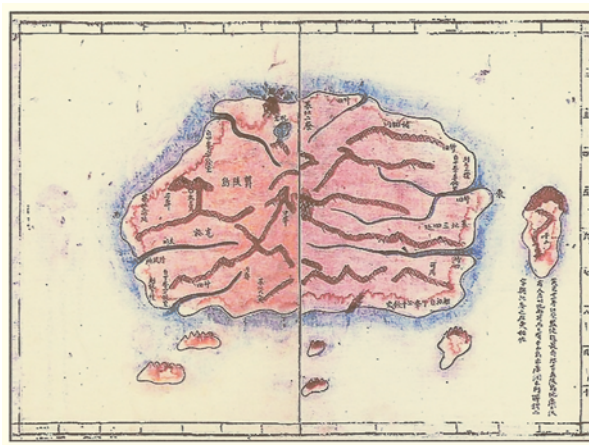
В 1787 г. экспедиция французского морского офицера графа Ж.Ф.Лаперуза, описывая побережье Кореи, обнаружила к востоку от него неизвестный крупный остров и назвала его Дажелет (Dagelet) в честь безвременно скончавшегося от болезни астронома экспедиции Ж.Дажелета. С тех пор под таким названием о.Уллындо стал обозначаться на европейских навигационных и географических картах.

В 1789 г. английское судно под командованием капитана Дж.Колнетта вышло на остров Уллындо, тогда еще морякам не известный. Они назвали его островом Аргонавт и астрономически определили его местоположение. Но определение было выведено небрежно, с грубейшими ошибками, поэтому на некоторых европейских картах с тех пор появилось два изображения острова Уллындо — одно под названием Дажелет, а другое (к северо-западу от него) — Аргонавт. К 1855 г. эта ошибка была исправлена — несуществующий Аргонавт исчез. Тем не менее на отдельных японских картах (копиях европейских) он еще некоторое время оставался и вносил путаницу: под островом Уллындо подразумевался мнимый остров Аргонавт, а под Токто — реальный Дажелет\*.

В 1847 г. смотрителем Уллындо стал Чон Че-чхон — основатель города Самчхок, расположенного на восточном побережье Корейского п-ова [2].

В 1882 г. указом короля Кочжона была образована провинция Улын, а ее главой назначен Чон Сок-кю. Через год после этого первые 16 семей корейцев (54 человека) переселились с материка на Уллындо [2].

\* 19th Century Mapping Errors and Dokdo — Takeshima (<http://www.dokdo-takeshima.com/19th-century-mapping-errors-and-dokdo.html>).



Старинная корейская карта о.Уллындо.

[www.dokdo-takeshima.com/japans-mofas-propaganda-brochure.html](http://www.dokdo-takeshima.com/japans-mofas-propaganda-brochure.html)

Первым поселенцам острова, которые занимались главным образом лесозаготовками и рыболовством, были предоставлены некоторые льготы. Так, на первые пять лет проживания на острове они освобождались от уплаты налогов [7].

В 1887 г. на Уллындо побывал русский корвет «Витязь», совершавший кругосветное путешествие под командованием капитана I ранга С.О.Макарова — в недалеком будущем легендарного адмирала российского военно-морского флота. Офицеры корвета сделали описание и топографическую съемку острова, по которым позднее в Санкт-Петербурге была составлена и издана географическая карта.



«Пароход-корвет "Витязь" адм. С.О.Макарова в Юго-Восточной Азии». Картина художника В.И.Шилева, 2008 г.

В апреле 1900 г. к о.Уллындо подошел российский транспорт «Ермак» из состава Гидрографической экспедиции Восточного океана (начальник — подполковник Корпуса флотских штурманов М.Е.Жданко). Пользуясь хорошей погодой, гидрографы уточнили положение острова, отображенное на недавно изданной карте. Он оказался смещенным к востоку почти на 4 мили [8].

В конце XIX в. на Уллындо участились случаи незаконной вырубке леса. По состоянию на 1900 г. вблизи нынешнего города-порта Тодон нелегально проживали около 200 японцев-лесорубов, а всего их поселений на острове «насчитывалось около восьми»\*. В связи с этим корейское правительство выразило официальный протест и потребовало от японской стороны «убрать их граждан с острова». Одновременно было принято решение «о более строгом применении законодательства местной администрации Уллындо» [1]. Однако японское правительство не разделяло точку зрения корейских властей, поэтому незаконные поселения иммигрантов сохранились и вырубке деревьев продолжалась.

В 1896 г. русский подданный (швейцарец по происхождению) Ю.И.Бринер подписал с корейским правительством соглашение об образовании Корейской лесной компании, согласно которому она получала преимущественное право вырубке лесов в верховьях р.Туманган, в бассейне р.Ялу, а также на о.Уллындо сроком на 20 лет. Но развернуть реальную деятельность Бринеру по разным причинам не удалось, и он решил продать компанию. Ее покупателями, а затем и учредителями Русского лесопромышленного товарищества стали высокопоставленные чиновники российского императорского правительства во главе с великим князем Александром Михайлови-

чем. Спустя некоторое время на упомянутых корейских территориях бригады российских подданных приступили к вырубке леса на законных основаниях и взаимовыгодных для России и Кореи условиях.

26 мая 1898 г.\*\* указом №12 императора Кочжона, правителя Великой Корейской империи (или Тэхан Чегук, как страна официально называлась с 12 октября 1897 г. по 29 августа 1910 г.), было объявлено об учреждении поста правителя о.Уллындо. На эту должность назначались только местные жители, а их тогда насчитывалось около 5 тыс. человек\*\*\*.

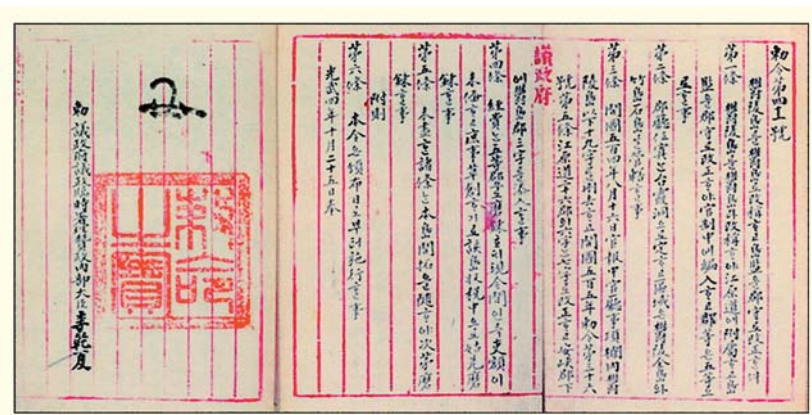
27 октября 1900 г. был обнародован императорский указ №41 о реструктуризации системы административного управления островов Уллындо, Чукто и Токто. Теперь губернатор о.Уллындо (его новое название — Ульдо) наделялся полномочиями уездного начальника, а в состав уезда под названием Ульдогун включались все перечисленные острова. Уезд разделялся на два района — Пунмён и Наммён (в 1949 г. Наммён был упразднен, а его центральная часть стала городом Уллын).

Между тем количество японцев — незаконных поселенцев — на острове к 1901 г. составляло 300—400 человек, а в сезон интенсивного рыболовства достигало тысячи. Японцы были демонстративно грубы, невежественны, все споры решали только с позиции силы, с местным корейским населением постоянно враждовали. Такое положение дало повод японскому правительству разместить в 1902 г. (без всякого согласования с корейскими властями) на Уллындо свой полицейский участок и фактически контролировать жизнь не только своих подданных, но и корейского населения острова.

8 февраля 1904 г. японская эскадра из состава Соединенного флота адмирала Х.Того атаковала корабли русской Тихоокеанской эскадры Балтийского флота, стоявшие на внешнем рейде Порт-Артура. В тот же день японские войска высадились на Корейском п-ове (в Чемульпо, Кунсане и Вонсане), а на следующий день передовые силы японской армии вошли в Сеул.

С началом Русско-японской войны деятельность Русского лесопромышленного товарищества на Уллындо и на границе Кореи с Китаем была прекраще-

\* Why Japan Can't Have Dokdo — Takeshima Part II (<http://www.dokdo-takeshima.com/why-japan-cant-have-dokdo-ii.html>).



Императорский указ №41 от 27 октября 1900 г.

<http://russian.korea.net/Government/Current-Affairs/Others/view?affairId=136&subId=233&articleId=1022>

\*\* Здесь и далее все даты приведены по новому стилю.

\*\*\* Why Japan Can't Have Dokdo — Takeshima Part II (<http://www.dokdo-takeshima.com/why-japan-cant-have-dokdo-ii.html>).



на, а 18 мая Япония объявила все соглашения между Россией и Японией недействительными\*.

23 февраля японские войска окружили дворец императора Кочжона и, угрожая его семье расправой, принудили подписать Корейско-японский протокол. Согласно его четвертой статье, японцы могли свободно использовать в своих целях любые корейские территории, имеющие, по их мнению, военно-стратегическое значение [7].

Вскоре японцы начали разворачивать военные базы на Уллындо, а в сентябре была построена первая (из трех) наблюдательная башня, предназначенная для обнаружения кораблей неприятеля.

Сегодня на Уллындо печально известно место, находящееся всего в километре от острова, где во время войны был затоплен легендарный российский броненосный крейсер I ранга «Дмитрий Донской». В последнем морском сражении Русско-японской войны 1904—1905 гг. он отразил атаки 10 японских боевых кораблей. Погрузившийся на глубину 300 м крейсер стал братской могилой для троих офицеров и 70 матросов. Оставшиеся в живых 780 человек были высажены на берег. Посильную помощь в эвакуации русских моряков оказали местные корейцы, среди которых был дед сопровождавшего нас в поездке по острову доктора Хон Сон-гына. Какого-либо памятного знака, повествующего о гибели героического корабля, на Уллындо пока не установлено.

После окончания Русско-японской войны Корея была полностью оккупирована японскими войсками, а 22 августа 1910 г., согласно акту ан-

нексии, присоединена к Японской империи. Иго японского колониализма было сброшено только в конце Второй мировой войны 1939—1945 гг., в том числе и при активном участии советских войск. По соглашению между союзниками анти-японской коалиции Корея была разделена по 38-й параллели (38° с.ш.) на две части, на их территориях в 1948 г. образованы Республика Корея (Южная Корея) и Корейская Народная Демократическая Республика (Северная Корея). Остров Уллындо отошел к южанам.

### Остров мечты, романтики, загадок

В состав нашей экспедиции вошли научный сотрудник Фонда истории Северо-Восточной Азии, уроженец Уллындо доктор Хон Сон-гын, преподаватель Школы востоковедения Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» южнокореец Чан Бом-сок, переводчица Ли Чжи-су и студентки Ксения Андрющенко, Екатерина Квитко и Герел Минкеева, которые проходили языковую практику в столичном Университете Корё.

Дорога из Сеула в Каннын — город-побратим Иркутска — заняла почти четыре часа. Утром следующего дня мы были на борту небольшого пассажирского теплохода, который через три с половиной часа прибыл в Тодон — главный порт и административный центр Уллындо. На острове установилась ясная солнечная погода, и это можно было считать везением, так как рейсы из Каннина нередко отменяют из-за сильного ветра, шторма и других неблагоприятных погодных явлений.

\* История захвата Токто. Дневник оккупации Токто (<http://www.dokdohistory.com/?stype=5&sidx=198>).



Тодон — главный порт и административный центр о.Уллындо.

Фото Хон Сон-гына



Уллындю сразу поразил нас круто уходящим вверх изумрудно-зеленым берегом, ярко-синим морем и бьющимися о скалы пенистыми волнами. В порту было оживленно и, казалось, празднично. На пути встречались приветливые лица корейцев — местных жителей. Впечатление было такое, что нас тут давно ждут и потому радостно встречают.

Тодон оказался небольшим городком. Его узкие, мощные улицы с невысокими жилыми домами и многочисленными магазинами и ресторанами довольно круто забирались вверх по склонам гор. По улочкам степенно, не спеша ходили люди и, подобно слаломистам, с лихими разворотами носились автомобили-внедорожники — основное транспортное средство островитян.

На улицах часто можно было встретить забавные изображения кальмара — своеобразного символа и талисмана Уллындю. Здесь эти лакомые для корейцев морские животные пользуются огромной популярностью, поскольку служат источником заработка примерно 70% населения острова: одни их вылавливают в море, другие сушат, перерабатывают и продают.

В водах Уллындю отлавливается почти две трети всех кальмаров Южной Кореи. Промыслом занимаются целые флотилии маломерных рыбацких судов. По ночам прибрежные воды озаряются яркими огнями: это выстроенные в ровные ряды суда ловят кальмаров «на подсветку». Моллюсков привлекает электрический свет, поэтому корабли оснащаются целыми гирляндами галогеновых

ламп. Пойманных ночью кальмаров сдают торговцам, которые ловко и быстро, точно фокусники, разделявают улов и раскладывают его сушиться прямо на берегу.

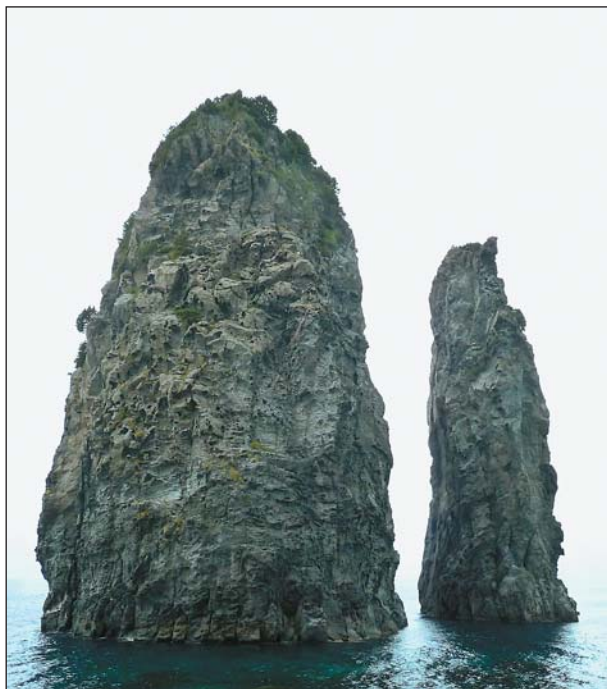
Уллындю славится своими кальмарами. Чистая вода, свежий ветер, незагрязненный воздух, солнечные дни — идеальные условия для того, чтобы получался замечательный хрустящий продукт. Хорошо высушенные кальмары становятся почти прозрачными и приобретают красноватый оттенок. Они радуют глаз, но самое главное — у них изумительные вкус и аромат, а еще идеальная соленость, именно такая, какая нужна ценителю этого лакомства.

По словам местных жителей, на острове готовят около десятка разных блюд из кальмаров. Из них делают колбасу, их едят в сыром виде, фаршируют, жарят и т.д. А туристы, прибывающие на остров в середине августа, могут попасть на фестиваль кальмаров\*.

Надо сказать, что остров вообще знаменит своей национальной кухней. Здесь популярны диковинные для европейца рыбные и овощные закуски с острыми приправами, в их числе кимчи — острое блюдо из капусты или других овощей с красным перцем. Заслуживает внимания и мясо огромного быка, выращиваемого только на Уллындю на особом разнотравье, приготовленное с помощью специальных жаровен с вытяжными трубами. Довольно необычен ароматный, освежающий слабоалкогольный напиток цвета молока под названием макколли. Культура питания у современных корейцев, несомненно, высока. Для них прием пищи — целый ритуал. Каждое блюдо имеет свое предназначение: для восстановления сил, поддержания здоровья, лечения, удовольствия и т.д. У нас, европейцев, местные кулинарные традиции вызвали чувство глубокого уважения.

Первые впечатления об Уллындю можно получить, путешествуя по автомобильной дороге, проложенной вдоль всего побережья острова (она, правда, пока не замыкается). Ее длина около 50 км, и с нее открываются великолепные виды, в числе которых морские пейзажи с близлежащим островом Чукто, а также прибрежные причудливые скальные образования с весьма оригинальными и отражающими их внешний облик названиями: Лев, Слон, Черепаха, Три Феи, Муж и Жена и др.

В одном из красивейших уголков Уллындю, куда мы добирались сначала на машине, потом на специальном лифте, а затем пешком по горным тропинкам, находится подвесной пешеходный мост, переброшенный на необитаемый островок Кванымдо. Издалека мост кажется небольшим, но вблизи поражает величиной, изяществом и совершенством конструкции. С него, как со смотровой площадки, открываются красивейшие виды на



Скалы Муж и Жена.

Фото автора

\* Остров Уллындю. Radio Korea International (<http://www.koreana.ru/?pg=2&id=5520&type=17&page=0>).



Подвесной мост между островами Уллындо и Кванымдо.

Фото автора

море и скальные острова вблизи ярко-зеленых берегов. Вода под мостом чистая, прозрачная, сквозь нее видно необычного изумрудного цвета морское дно.

Еще один интересный географический объект на Уллындо — равнина Нарибунчжи. Как уже говорилось, это бывший кратер и единственное горизонтальное место на острове. Его диаметр составляет примерно 3 км.

Здесь, на равнине, сохранились традиционные поселения жителей острова — деревянные домики *новачип* и более скромные соломенные хижины *тхумакчип*. Крыши для первых изготавливались из тонких сухих дубовых досок. В жаркие дни они отлично пропускают воздух, обеспечивая хорошую вентиляцию внутренних помещений. Во время дождей доски впитывают влагу и предотвращают протечку крыши. Тхумакчип же, несмотря на то, что строились из соломы, отличаются достаточной прочностью, весьма уместной и необходимой в суровом климате острова. В настоящее время новачип и тхумакчип стали достопримечательностями и входят в музейные комплексы Уллындо.

Рядом с этими старинными жилищами, а также на некотором удалении от них расположено несколько христианских храмов современной добротной постройки. Есть также немногочисленные православные и мусульманские общины. Буддийские храмы здесь по-восточному яркие и красочные. У подножья горы Сонкатсан, особенно почитаемой местными жителями за мощный выход живительной энергии ци, будто бы вливающей силы усталым и даже безнадежно больным людям, расположен недавно построенный буддийский

храм Сонбульса. На его территории установлена статуя Будды, изготовленная из цельного камня. Лицом она обращена в сторону островов Токто и считается их хранительницей. Другой грандиозный буддийский храм находится вблизи культурного центра Тондо, он также может считаться



Хижины тхумакчип на равнине Нарибунчжи.

Фото Хон Сон-гына





Буддийский храм в центре острова.

Фото автора

произведением высокого искусства корейских архитекторов и зодчих.

Еще один небольшой храм традиционно посещают местные моряки — представители экипажа каждого вновь построенного морского судна — перед его спуском на воду. Храм возведен в память о двоих детях, погибших на этом месте. По леген-

де, мальчик и девочка были специально оставлены на безлюдном тогда острове командой корейского корабля в качестве жертвы злым духам во имя благоприятной погоды и успешного плавания на материк.

На Уллындо можно встретить остатки японских наблюдательных башен и других вспомогательных строений времен Русско-японской войны. После освобождения Кореи в 1945 г. большая часть таких объектов была разобрана местными жителями. На их месте построены маяки, оснащенные современной аппаратурой связи, видеонаблюдения и мощного освещения, а также научные обсерватории и метеостанции. Фундамент наблюдательной башни сохранился, например, вблизи деревни Сокпхо. Рядом с ним теперь установлены памятные плакаты с фотографиями и описаниями событий того далекого времени.

На вершине горы Манхянбон, куда ведет канатная дорога от парка «Тодон якусу», находится смотровая площадка. С нее открывается великолепный вид, здесь можно встретить рассвет, а в ясные дни даже увидеть на



Изваяния мальчика и девочки внутри небольшого буддийского храма — священное место для корейских моряков.

Фото Хон Сон-гына



горизонте острова Токто. Кстати, с японского острова Оки Токто не видно, поскольку расстояние между ними примерно в два раза больше, чем между Ульиндо и Токто. А видимость острова издавна выступала в качестве весомого аргумента при определении его принадлежности той или иной стране\*.

На улицах и площадях населенных пунктов Ульиндо нередко встречаются стелы, скульптуры и другие произведения, так или иначе связанные с островами Токто, а также фотомонтажи с надписями типа «Прекрасные острова Токто — исконно корейская территория». На центральной улице Тондо есть ресторан под названием «Токто». А одна из самых значимых достопримечательностей Ульиндо — это Музей Токто, о котором я был слышан еще перед поездкой.

Музей размещен в здании, построенном фондом культуры «Самсунг», на земельном участке, предоставленном администрацией уезда Ульингун. Его строительство началось в 1995 г., в год 50-летия освобождения Кореи от колониального правления Японии. Торжественное открытие состоялось 8 августа 1997 г.

Путеводитель по музею издан на трех языках: корейском, английском и русском. В нем говорится, что музей «был создан с целью нахождения,



Современная инфраструктура связи на месте японской наблюдательной башни времен войны.

Здесь и далее фото автора

\* Barber SJ. An Introduction to Dokdo — Takeshima.com (<http://www.dokdo-takeshima.com/gallery>).



Вид на Музей Токто со смотровой площадки на горе Манхянбон.





Вход в Музей Токто.

сбора и изучения материалов, относящихся к островам Токто и морю Чосон. Данные составят теоретическую базу для опровержения территориальных притязаний со стороны Японии на острова Токто и наименования Восточного моря Японским. Также предполагается, что это послужит хорошим стимулом воспитать сознание корейского народа через выставки, образование и публикации результатов исследования...»\* [2].

Трехэтажное здание музея привлекает внимание своей необычной архитектурой: оно построено в виде трех скал (или Самбондо), которые эффектно смотрятся с горы Манхянбон. Площадь музея около 1600 м<sup>2</sup>. В его выставочных залах представлены редкие архивные материалы и личные вещи людей, имеющих отношение к истории Токто, старинные книги, оригиналы и копии географических и военных карт, собранные в Республике Корея и за ее пределами первым директором музея, замечательным библиографом Ли Чжон-хаком. В музее есть макеты островов Токто, модели домов новачип, осколок американской авиабомбы, сброшенной на Токто во время учебного бомбометания в 1950 г., и даже серии почтовых марок, выпущенных в 1954, 2004 и 2007 гг. Привлекает внимание посетителей и картина, на которой изображена сцена изгнания японцев с Токто.

\* Русский текст путеводителя приводится без изменения.



Композиция «Острова Токто», установленная вблизи Музея Токто.

Музей, наряду с историческими экспонатами, располагает и современными техническими средствами. Так, посетители могут в режиме реального времени взглянуть на острова Токто с высоты. Видеотрансляция на мониторы музея ведется с удивительным звуковым сопровождением, позволяющим слышать крики чаек и шум прибоя.

Отдельная экспозиция посвящена первым защитникам островов Токто. Хроника гласит, что 18 января 1952 г. первый президент Республики Корея Ли Сын-ман — активный участник движения против японского господства на Корейском п-ове — объявил о создании «линии мира». В результате вся акватория, находящаяся на расстоянии 60 миль от корейского побережья, а также острова Уллындо и Токто объявлялись неприкосновенными для представителей других стран.

Спустя 10 дней, 28 января, японское правительство поспешило объявить острова Токто своей территорией, назвав их «скалой, у которой нет хозяина». После этого Япония заключила с США административный договор, согласно которому американской авиации разрешалось использовать Токто в качестве полигона для учебного бомбометания. Одновременно правительство США издало документ, в котором говорилось, что «Токто признается японской территорией и именуется Такэсима».

В ответ на это весной 1953 г. из молодежи уезда Уллындо был сформирован небольшой отряд, который несколько лет охранял острова Токто от возможного японского вторжения. Позже обязанности охраны островов были возложены на специальный отряд, а затем — на морскую полицию.

Во главе первых защитников островов Токто стоял Хон Сун-чхил — дядя доктора Хон Сон-гына. Его фотография, две наградные президентские грамоты и личный жетон хранятся в музее.



Фотография, наградные президентские грамоты и личный жетон Хон Сун-чхила — командира защитников Токто.

Завершая рассказ об Уллындо, хочется отметить, что благодаря отличной организации и завидному энтузиазму нашего проводника доктора Хона, мы за короткое время успели многое увидеть на острове и узнать о нем немало интересного. А перед тем как поставить точку, приведу запомнившееся мне высказывание местных жителей: «В старину говорили, что на Уллындо есть пять вещей, но нет трех. Есть красивые женщины, ветер, можжевельник, камень и вода, но нет воров, змей и грязи!». С этим нельзя не согласиться. ■

## Литература

1. Прекрасный остров Кореи Токто. Сеул, 2012.
2. Музей Токто. Путеводитель. Тодонг-ри, 2012.
3. Dokdo is Korean Territory. Suwon, 2008.
4. Ким Ё.Г. Почему не утихает территориальный спор относительно о.Токто // Koreana. 2005. Т.1. №1. С.14—19.
5. Ким Е.У. Споры о Токто и Когурё: мотивы и национальное самосознание // Корея на стыке времен: проблемы истории и современности. М., 2006.
6. Ли Ч. Проблема о.Токто с позиции норм международного права // Koreana. 2005. Т.1. №1. С.20—23.
7. История Токто. Сеул, 2008.
8. Глушков В.В. История военной картографии в России (XVIII — начало XX в.). М., 2007.



# Шоколадные глины Северного Прикаспия

А.А.Свиточ,

доктор географических наук

Р.Р.Макшаев

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Вести из экспедиций

В геологическом строении отложений, слагающих Прикаспийскую низменность, выделяется особенный горизонт. Это плотные коричневые глины с плитчатой структурой, которые ни с чем нельзя спутать: всем своим видом они отчетливо напоминают шоколад, за что и названы шоколадными. За последние 100 лет их изучению было посвящено множество работ. Установлено, что шоколадные глины образовались 11–15 тыс. лет назад [1] и целиком укладываются в стратиграфический интервал нижнехвалынских отложений, т.е. накапливались во время хвалынской трансгрессии — крупного повышения уровня Каспия, случившегося во второй половине позднего плейстоцена. Море тогда затопило весь Северный Прикаспий, его уровень достигал 50 м абс. высоты (превышал современный почти на 80 м), а площадь бассейна составляла около 950 тыс. км<sup>2</sup>. Береговые линии хвалынского моря хорошо сохранились и явно выражены в современном рельефе, а осадки трансгрессии залегают с поверхности на обширных пространствах каспийских побережий.

Для шоколадных глин характерно сплошное либо прерывистое (мозаичное) залегание. Они часто приурочены к разнообразным по происхождению понижениям дохвалынского рельефа. В речных долинах это палеоврезы и устья крупных притоков, на водоразделах — ложбины, лиманы, солянокупольные депрессии (Эльбон, Баскунчак) и древние дефляционные котловины. Кроме того, в сводном разрезе нижнехвалынских отложений шоколадные глины могут находиться в основании, в средней части (чаще всего) либо вверху. Например, в долине Нижней Волги они часто располагаются в основании разреза, а на самых северных участках их распространения слагают всю хвалынскую толщу. Шоколадные глины обычно не содержат раковин моллюсков, по которым они могли бы быть отнесены к самостоятельному стратиграфическому горизонту. Тем не менее это, несомненно, одна из фаций осадков раннехвалынского моря, оригинальная (экзотичная) и присущая только этому бассейну. В ее происхождении остается загадочным вопрос: почему



Точки расположения опорных разрезов на территории приергенного уступа.

в эпохи других каспийских трансгрессий, столь же масштабных, как хвалынская, с неизменным положением источников сноса (морен, красноцветов пермо-триаса) и относительно сходными климатическими условиями (похолоданиями Русской равнины) шоколадоподобные глины не образовывались, а случилось это только единожды, в самом конце позднего плейстоцена?

Участки распространения шоколадных глин известны в районах Среднего и Нижнего Поволжья, долине р.Урал (на междуречье Волги и Урала они отсутствуют), а также в Калмыкии, где глины вскрываются в бортах обширных сорочных и дефляционных котловин, широко развитых в низменных приволжских районах республики и Черных землях. Однако, согласно материалам исследователей конца XIX — начала XX в., шоколадные глины были известны и на севере Калмыкии [2, 3].

В 2014 г. палеогеографы Московского университета, сотрудники Лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, организовали экспедицию, целью которой стали поиск

и изучение шоколадных глин в северной части Калмыкии, в Приергенинском р-не, на участках приклонения хвалынских отложений к неогеновому уступу Ергеней.

В геоморфологическом отношении территория Калмыкии делится на две относительно пологие поверхности: ергенинское плато (>50 м абс. высоты) и хвалынскую равнину (<50 м абс. высоты). Между ними находится приергенинский уступ — пологий склон высотой 15–25 м, прорезанный целой сетью небольших степных речек, оврагов и балок, которые вскрывают исключительно разнообразное строение хвалынской равнины. Мы посетили и описали большое количество таких обнажений. Результаты работ ждут камеральной обработки, но уже сейчас можно сделать ряд предварительных выводов об истории формирования шоколадных глин на севере Калмыкии.

Установлено высокое гипсометрическое залегание шоколадных глин. Их кровля здесь достигает и даже, возможно, превышает отметку 40 м абс. высоты. В других районах Северного Прикаспия этот горизонт обычно находится на отметках 20–25 м [4–6].

Шоколадные глины обнаружены в основном в разрезах нижней, выположенной части приер-

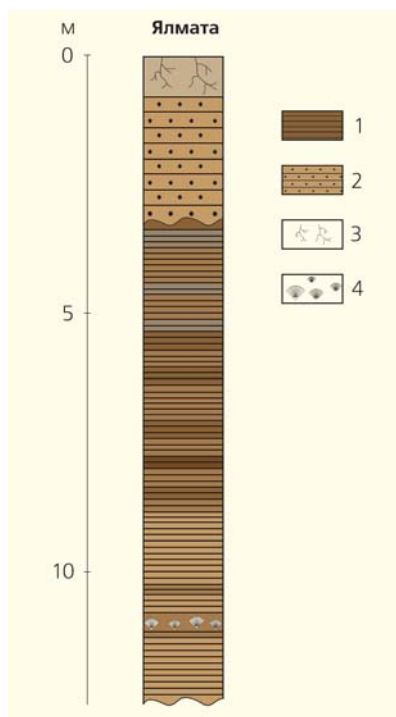


Эрозионные формы, прорезающие приергенинский уступ и естественным образом вскрывающие строение хвалынской равнины.

Здесь и далее фото Р.Р.Макшаева

генинского уступа. Их строение говорит о том, что накопление глин происходило в максимум хвалынской трансгрессии в спокойных гидрологических условиях, в прибрежных, но относительно глубоких участках моря.

В разных речных долинах и балках, прорезающих приергенинский уступ, установлено различное строение разрезов. В некоторых из них практически полностью отсутствовали хвалынские отложения (например, в долине р.Грязная). В других разрезах слой шоколадных глин оказывался крайне



Разрез в левом борту долины р.Ялмата (35 м абс. высоты) и схема его строения. Вскрывается мощная толща нижнехвалынских осадков с чередованием крупных горизонтальных пачек темно-коричневых и светло-серых глин, характеризующая спокойные условия осадконакопления в прибрежных районах хвалынского моря. Условные обозначения: 1 — глина; 2 — супесь; 3 — корни растений, 4 — фауна.



Карьер по добыче глин на левом берегу р.Грязная. Хвалынские глины широко используются в строительстве.

маломощным (разрез Аршань-Зельмень). И наконец, встречались разрезы (в левом борту долины р.Ялмата), где шоколадные глины преобладали, были представлены несколькими (до пяти) пачками общей мощностью более 5 м. Такое распределение хвалынских отложений указывает на разный возраст эрозионных форм. В первом случае это совсем молодой врез, сформировавшийся сразу после хвалынской трансгрессии. Во втором случае вскрыта приграничная часть, выполненная хвалынскими отложениями депрессии. И только в третьем случае врез вскрывает глубокую дохвалынскую эрозионную форму, заполненную шоколадными глинами.

При изучении строения и условий накопления шоколадных глин в глубоких эрозионных депрессиях приергенинского уступа интересным представляется также установление источников поступления глинистых частиц. Для этого экспресс-

Таблица

## Состав тяжелой фракции ергенинских песков и хвалынских отложений

Минералы	Хвалынские отложения	Ергенинские пески
Сильно измененные железные минералы	50.7	
Биотит	3.1	22
Хлорит	6.2	2
Эпидот	1.3	
Касситерит	1.2	
Ставролит	1.3	6
Дистен	6.2	47
Магнетит	7.9	
Альмандин	3.5	
Циркон	2.6	12
Турмалин	2.2	6
Апатит		
Лимонит	8.8	
Гематит	2.6	

методом был выполнен минералогический анализ ергенинских песков и хвалынских отложений. Результаты получились неожиданными. Так, в составе тяжелой фракции песков преобладают минералы дистен и биотит, лишь в малых количествах присутствующие в хвалынской толще. Следовательно, ергенинские отложения, слагающие береговой уступ хвалынского морского бассейна, практически не принимали участие в сложении его осадков (в том числе и шоколадных глин). Их накопление, по-видимому, контролировалось волжским стоком.

У нас впереди длительная обработка обширного фактологического материала, полученного в экспедиции: построение схем разрезов и их корреляция, фаунистический и минералогический анализ собранных образцов, выполнение палеогеографических и климато-гидрологических реконструкций. Несомненно, все это позволит нам в недалеком будущем приблизиться к окончательному пониманию условий образования шоколадных глин — интересного природного феномена в истории Прикаспийской впадины. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 12-05-312081, 13-05-00086 и 13-05-00625.

## Литература

1. Свиточ А.А., Янина Т.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. М., 1997.
2. Барбот-де-Марни Н.П. Геологическо-орографический очерк Калмыцкой степи и прилегающих к ней земель // Записки Императорского Русского географического общества. 1862. Кн.3. С.1—128.
3. Православлев П.А. Каспийские осадки в низовьях р.Волги // Известия Центрального гидрометбюро. 1926. Вып.6. С.1—77.
4. Карандеева М.В. О новой трансгрессии Каспийского моря // Вопросы географии. 1951. №24. С.144—153.
5. Брицина М.П. Распространение хвалынских шоколадных глин и некоторые вопросы палеогеографии Северного Прикаспия // Труды Института географии АН СССР. 1954. Вып.62. С.5—27.
6. Васильев Ю.М. Хвалынские отложения Северного Прикаспия // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1961. Вып.3. С.70—84.



# Как помочь Аральскому морю?

Жаңылықтар

М.М.Танклевский,  
доктор технических наук  
Димона (Израиль)

**А**ральское море — бессточное озеро в Центральной Азии, расположенное на территории двух государств — Узбекистана и Казахстана. До 1960 г. оно было четвертым по величине в мире (после Каспийского моря, Великих озер в Северной Америке и оз.Виктория в Африке). Площадь водной поверхности Арала составляла 63 тыс. км<sup>2</sup>, ее уровень находился на отметке 53 м над ур.м., а ежегодный сток впадавших в него рек, главные из которых Сырдарья и Амударья, составлял 63 км<sup>3</sup>.

С 1960 г. началось интенсивное использование вод Сырдарьи и Амударьи в сельском хозяйстве, в основном для полива хлопка. Море стало мелеть. В 1989 г. оно распалось на два изолированных водоема — Северное (Малое) Аральское море и Южное (Большое).

Малое Аральское море находится на территории Республики Казахстан. В 2011 г. его площадь составляла 3300 км<sup>2</sup>. Основной источник пополнения водой — р.Сырдарья, сток которой за последние полвека сократился более чем в 10 раз. Вследствие сброса в реку дренажных вод, содержащих пестициды и удобрения, соленость воды в ней выросла с 0.6 до 2–3‰. Отмечались периоды, когда река практически не доходила до Аральского моря.

В последние годы правительством Казахстана при помощи Всемирного банка предпринимаются меры по сохранению Малого Арала. Построена Коккаральская дамба, преградившая путь воде, ранее утекавшей в Большое Аральское море, а также по многочисленным протокам в пустыню и испарявшейся там. Уровень воды удалось поднять до 42 м (2011 г.), однако г.Аральск, стоявший некогда на берегу моря, все еще отделяют от него десятки километров.

Большое Аральское море расположено в основном на территории Республики Узбекистан. В 1990 г. его площадь составляла 33.5 тыс. км<sup>2</sup> (при общей площади моря в то время 36.5 тыс. км<sup>2</sup>). В 2003 г. оно разделилось на восточную и западную части, которые соединялись узким проливом Узун-Арал, находившимся на высоте 29 м над ур.м. Амударья — единственная большая река, питавшая Большой Арал, — сейчас практически не дотекает до него. Восточная часть моря высохла, а западная, благодаря относительно большой глубине (сред-



Каспийское и Аральское (до его высыхания) моря.

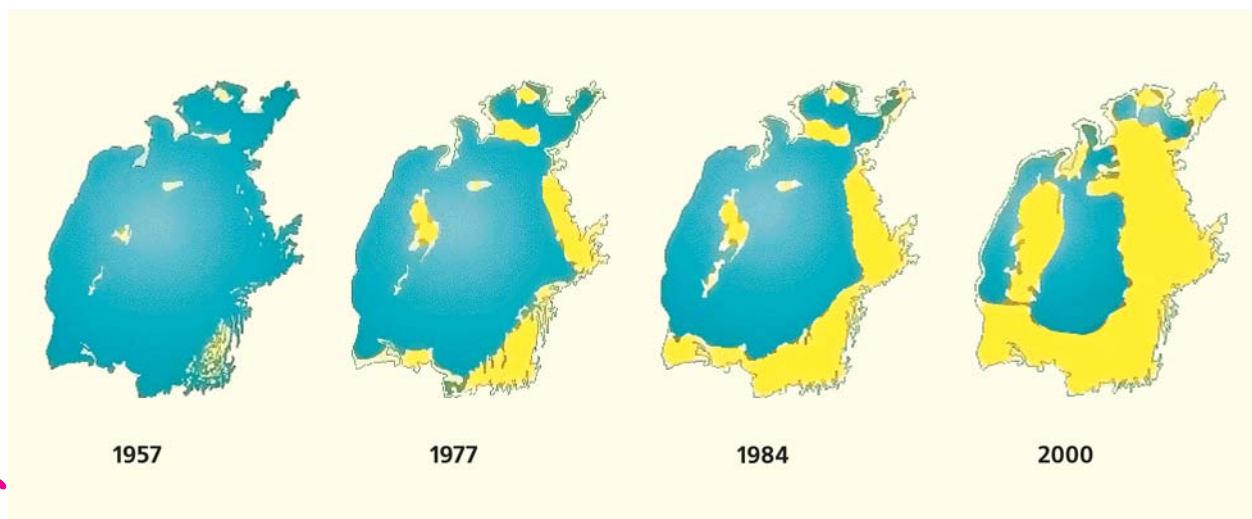
няя 14–15 м, максимальная 37–40 м) и пополнению грунтовыми водами (в среднем до 2 км<sup>3</sup> в год), пока еще заполнена водой. Однако, если не будут приняты меры, ее тоже может ожидать участь восточной части. К 2014 г. Большое Аральское море почти сравнялось по площади с Малым.

С высохшей акватории ежегодно разносятся свыше 100 тыс. т соли и тонкодисперсной пыли с примесями различных химических веществ и ядов, пагубно влияя на все живое. Эффект загрязнения усиливается тем, что Арал расположен на пути мощного струйного потока воздуха с запада на восток, способствующего выносу аэрозолей в высокие слои атмосферы.

## Моря со сходной судьбой

Мертвое море, как и Аральское, — бессточное озеро, расположенное в зоне жаркого сухого климата. До 1960 г. оно существовало, подчиняясь законам природы\*. Его площадь 930 км<sup>2</sup> (примерно в 70 раз меньше Аральского), а глубина существенно больше — до 400 м, общий объем воды (рассола) — око-

\* Беленицкая Г.А. Жизнь соленосных недр Мертвого моря и его аналогов // Природа. 2013. №10. С.42–51.



Стадии высыхания Аральского моря.

ло  $150 \text{ км}^3$ , а соленость  $280\text{--}320\text{‰}$ . Основной источник воды, поступавшей в море, — р.Иордан, сток которой составлял около  $1 \text{ км}^3$  в год. Сейчас он едва превышает  $0.1 \text{ км}^3$ . В последние десятилетия уровень рассола в Мертвом море неуклонно



Аральское море. 2014 г. Контуром обозначены границы моря в 1960 г. Снимок спутника NASA Terra.

[www.priroda.ru](http://www.priroda.ru)

снижается, причем с все возрастающей интенсивностью, которая уже превысила 1 м в год. Общее падение уровня с 60-х годов прошлого столетия составило более 30 м. Полуостров Лашон превратился в перешеек, и море разделилось на две части: северную (основную) и южную. В последнюю для предотвращения высыхания вода перекачивается насосами\*. Не правда ли, похоже на происходящее с Аральским морем?

Для решения проблемы Мертвого моря и возрождения р.Иордан было предложено построить двоярный водовод для подачи средиземноморской воды в Мертвое море и опресненной воды в Иордан. Можно ли подобное предложить для Арала?

### Международная программа помощи Аральскому морю

Наряду с общностью судеб Аральского и Мертвого морей, обусловленной в основном антропогенными факторами, их размеры, геологическое строение, состав рассола и другие характеристики существенно различаются. Рекомендации, предложенные для сохранения Мертвого моря, нельзя полностью использовать для спасения Аральского. Тем не менее некоторые из них могут оказаться полезными. Предлагается для обсуждения следующая программа действий. Легких решений нет. Первоочередная задача — не допустить дальнейшего ухудшения экологической обстановки в районе Арала. Восстановление прежнего размера водной поверхности в ближайшем будущем нереально. Государства, расположенные в бассейне Сырдарьи и Амударьи, не планируют

\* *Танклевский М.М.* Как сохранить Мертвое море? // Природа. 2014. №8. С.49—53.



сокращения площади плантаций хлопка, орошаемой водой этих рек. Более того, в средствах массовой информации появляются сообщения о планах расширения там поливного земледелия. Следовательно, необходимо иметь постоянный и надежный источник пополнения водой Аральского моря, не зависящий от стока главных рек. Таким источником может быть водовод из Каспийского моря. Но необходимо принимать меры и по более рациональному расходованию водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи. Высохшее дно моря нужно по возможности привести в такое состояние, при котором оно не будет источником пылесоляных бурь, вредно отражающихся на здоровье людей. Не должна исключаться возможность пополнения моря в будущем достаточным количеством пресной воды.

Идея переброски воды из Каспийского моря не нова\*. Но ни один из предлагавшихся ранее проектов не был доведен до стадии реализации. Хочется надеяться, что у данной программы будет лучшая судьба.

Планируется провести сдвоенный водовод для морской и опресненной воды из северной (относительно малосоленой) части Каспия к Малому и Большому Аралу. На первом этапе предлагается забирать из Каспийского моря 3—4 км<sup>3</sup> воды в год, из которых 1 км<sup>3</sup> направлять в Малый Арал (как резервную стабилизирующую добавку), а остальные — в Большой, в качестве основного постоянного источника его пополнения. При существующей площади поверхности в море ежегодно будет добавляться слой толщиной до 1 м. Такое количество воды, может быть, полностью и не компенсирует ее испарение, но вместе с другими (имеющимися сейчас и возможными в будущем) источниками должно обеспечить начало возрождения моря. В дальнейшем количество подаваемой воды при необходимости можно изменить.

При ожидаемой средней солености 5‰ в Аральское море будет поступать из Каспия до 20 млн т соли в год (можно рассчитывать, что в действительности соленость будет ниже). При-

нимая общую массу воды в Малом и Большом Арале за 75 км<sup>3</sup>, получим увеличение солености менее чем на 0,3‰ в год. Но уже сейчас соленость Большого Арала превышает 70‰, что делает его непригодным для развития рыболовства. Для восстановления отрасли западную часть моря (куда будет подаваться опресненная морская вода) можно сделать проточной. Это позволит сохранить постоянный уровень и стабильную соленость воды. Ее избыток (преимущественно в период пылевых бурь) для предотвращения уноса с поверхности пыли и сухой соли предлагается сливать в восточную часть моря. Такое решение, насколько нам известно, выдвигается впервые. Кроме того, вдоль трассы водовода и у самого моря нужно создать систему проточных водоемов, специально предназначенных для разведения ценных пород рыб. Жилые поселки там и связывающая их автомобильная дорога будут содействовать освоению западного Приаралья. Все это позволит ожидать экологическое возрождение Большого Аральского моря и прилегающего региона.

По аналогии с расчетами, сделанными при разработке программы сохранения Мертвого моря, можно сугубо приближенно оценить стоимость работ в 10 млрд долл., необходимое для ре-

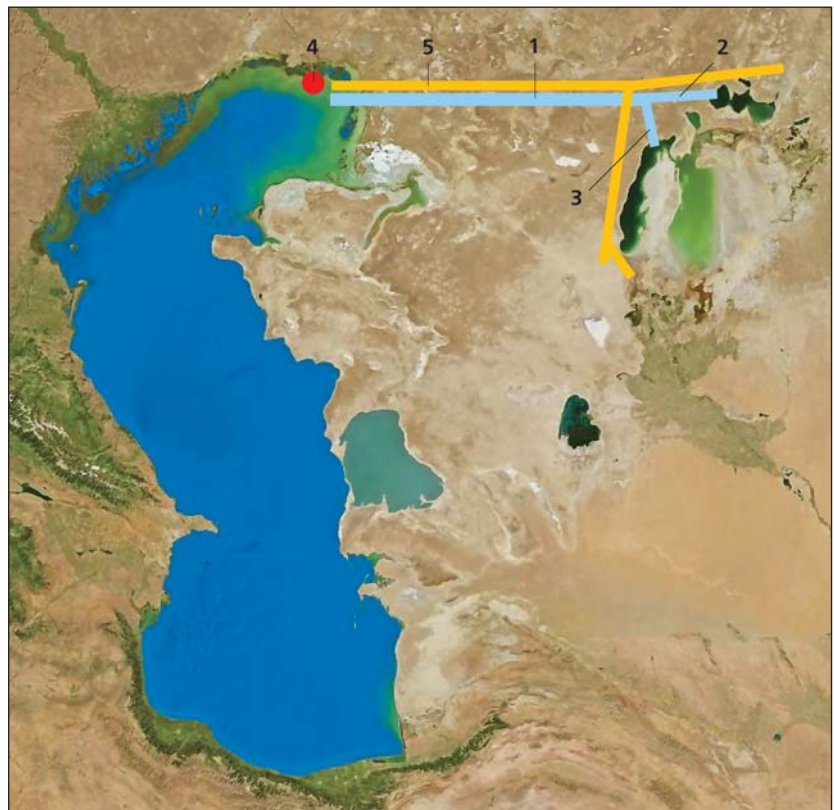


Схема предлагаемого водовода Каспийское море — Аральское море: 1 — водовод для подачи морской воды с ответвлениями: 2 — к Малому Аральскому морю, 3 — к Большому, 4 — опреснительная установка, 5 — трубопровод для подачи опресненной воды.

\* Пындак В., Айтмуратов М. Как спасти Арал, наполнить Амударью, Каракумский канал и Сарыкамыш, оживить Кара-богаз-гол // Передовые технологии России. 2006. [www.ptechology.ru/NewExper/NewExper3.html](http://www.ptechology.ru/NewExper/NewExper3.html)



лизации проекта время — в 7–8 лет, а требуемые энергетические ресурсы — в 500 МВт. Естественно, что все приводимые здесь рекомендации и расчеты — предварительные, в дальнейшем они должны уточняться.

Возможное количество опресненной воды, подаваемой в район Аральского моря, определяется энергетическими и экономическими факторами и по мере строительства новых опреснительных установок будет постепенно возрастать. Опресненную воду в первую очередь следует подавать в города Аральск и Муйнак, а также использовать для полива (по израильской технологии капельного орошения) пылезащитных кустарниковых полос. На начальном этапе строительства опреснительная установка должна иметь производительность 120 млн м<sup>3</sup> воды в год (по образцу предложенной для опреснения средиземноморской воды). Впоследствии при достаточном количестве опресненной воды она сможет подаваться вместо морской.

При дальнейшей работе над проектом предстоит решать ряд проблем. Как отразится забор воды на экологическом состоянии Каспия? Каспийское море занимает площадь в 370 тыс. км<sup>2</sup>. Следовательно, каждый кубический километр отобранной воды понижает уровень моря приблизительно на 3 мм. Учитывая значительные колебания уровня воды в Каспии (в том числе из-за нагонных ветров в северной части), можно полагать, что на общем состоянии моря планируемый забор существенно не скажется. Другая проблема — мелководье. Средняя глубина Северного Каспия составляет 4–8 м, максимальная не превышает 25 м. Как может отразиться течение, вызванное новым водозабором, на состоянии этой части моря? Этот вопрос надо тщательно проработать. По-видимому, для облегчения поступления воды в головные сооружения водовода и минимизации нарушения экологического баланса (в том числе защиты рыбных богатств) следует рассмотреть и возможность сооружения канала и специальных водозаборных устройств, расположенных вне акватории моря.

Опреснительные установки предлагается ставить у берегов Каспия. Если их разместить у Аральского моря, то придется в него сбрасывать рассол, что увеличит поступление соли. А морскую воду для опреснения все равно нужно подавать по водоводу. Ее транспортировка на большие расстояния — вынужденное решение. Естественные и надежные в прошлом источники пресной

воды в регионе — Сырдарья и Амударья — перестали играть эту роль. Они загрязнены пестицидами и другими ядовитыми веществами, а Амударья, как уже отмечалось, значительную часть года вообще не доходит до Аральского моря.

Необходимо провести и мелиоративные работы в дельте Амударьи. Ее сток нужно направить в западную часть моря, которую предполагается сохранить для будущего. Такие предложения выдвигались неоднократно, и настало время их реализовать. Это позволит использовать, в частности, паводковую воду, до сих пор периодически заливавшую восточную часть моря и испарявшуюся без всякого прока для него.

Для предотвращения ветрового уноса пыли наилучшим способом представляется посадка полос из зеленых кустарников. Надо подобрать соответствующие породы кустов и деревьев, пригодные для капельного орошения и не боящиеся сильных ветров и морозов. В Израиле, естественно, нет опыта эксплуатации подобных систем при отрицательной температуре, поэтому необходимо исследовать этот процесс. Следует проверить и эффективность установки изгородей для защиты от пыли (как практикуется в северных районах для задержания снега).

Создание искусственных плотных солончаков также может стать эффективным средством защиты от запыления бывшего морского дна (например, в восточной части Большого Арала, которую предполагается периодически заливать водой). Однако, в отличие от Мертвого моря, более низкая концентрация солей в рассоле Аральского не позволяет рекомендовать создание соляных пластов без проведения специальных исследований. Целесообразно рассмотреть и возможность использования пленкообразующих веществ (в частности, отходов нефтепереработки) для защиты почвы от пыли.

\* \* \*

Аральское море постигла экологическая антропогенная катастрофа, и долг человечества — не допустить его гибели. Восстановить прежнее состояние Арала в ближайшем будущем нереально. Но принять срочные меры по предотвращению дальнейшего высыхания моря и сохранению существующих водоемов — Малого и Большого Арала — необходимо. Подготовка к реализации программы должна включать разработку технико-экономических обоснований и проведение необходимых исследований. ■

# Насекомые в палеозое: этапы большого пути

Д.С.Аристов,

кандидат биологических наук

А.П.Расницын,

доктор биологических наук

Палеонтологический институт им.А.А.Борисяка РАН

**Н**асекомые, как известно, составляют не менее половины всего разнообразия жизни на Земле, если считать по количеству видов. История их эволюционного успеха весьма назидательна\*, ведь они пережили один из самых драматических этапов — переход от палеозоя к мезозою, когда, по мнению некоторых палеонтологов, жизнь на Земле «почти умерла».

Информация, накопленная за более чем вековую историю палеоэнтмологии, и целенаправленные экспедиции позволили проанализировать изменения в составе насекомых, оказавшиеся совершенно неожиданными. Выяснилось, что никакого массового вымирания насекомых просто не было. Разнообразие семейств (анализ велся именно на этом, давно зарекомендовавшем себя уровне) действительно падало, но падало в течение долгого времени. А главное — более внимательный анализ показал, что вымирание все время оставалось на фоновом (обычном) уровне, а снижалась скорость возникновения новых семейств. Более того, рост формообразования (возникновения новых семейств) начался на самом пермотриасовом переходе, т.е. на пике кризиса. Многие из, казалось бы, вымерших семейств воскресли, как библейский Лазарь, в палеонтологической летописи среднего и позднего триаса. Кризис в развитии насекомых, тем не менее, состоялся, но это был не коллапс, а реорганизация, в результате которой начался новый неудержимый рост разнообразия, который, судя по всему, продолжается и поныне. Непосредственные причины и детали открывшихся процессов далеко не все понятны\*\*.

Описанная картина преобразования мира насекомых показалась нам столь важной и нежиз-

данной, что невозможно было не поддаться соблазну расширить ее, продолжив анализ в глубь веков. А именно — проследить динамику состава семейств насекомых в перми и карбоне (изучение более далекой мезозойской истории энтомофауны — представлялась нам весьма трудной и менее реалистичной задачей). Что же удалось узнать о предыстории пермотриасового кризиса биологического разнообразия насекомых? Детальный отчет с подробным изложением материала, методов и результатов вскоре будет опубликован в профильном журнале [1]. Здесь же мы ограничимся изложением того, что нам кажется наиболее важным и интересным.

Как и в предыдущем цикле наших исследований [2, 3], мы сравнивали списки семейств насекомых по возможности в более крупных и лучше изученных местонахождениях (или их разновозрастных группах) карбона и перми мира. Принципы отбора и объединения местонахождений, если они производились, соответствовали принципам, изложенным в перечисленных работах, и будут подробно изложены в упомянутой будущей публикации; то же относится и к методам анализа материала. Полученные результаты отражены в основном в двух схемах (рис.1, 2), которые мы и обсудим.

На первой из них показано соотношение числа первых и последних находок насекомых, относящихся к определенным семействам, в ископаемых комплексах\*\*\* на фоне общей динамики изменений. Число первых находок, в первый раз зафиксированных в палеонтологической летописи, взято как приближенный показатель их возникновения (реальное возникновение семейств летописью не фиксируется: в начале своей истории любой таксон редок и шансы его обнаружения малы). Точно так же число последних находок принято считать отражением интенсивности вымирания (выпадение группы из летописи аналогичным образом предшествует настоящему вымиранию). Более того, группа, однажды выпавшая из летописи, впоследствии может снова в ней объ-

\* Подробнее см.: Расницын А.П. Стратегии эволюционного успеха насекомых // Природа. 2015. №2. С.14—20.

\*\* Обсуждению возможных причин посвящена отдельная публикация одного из авторов этой статьи: Расницын А.П. Когда жизнь и не думала умирать // Природа. 2012. №9. С.39—48.

\*\*\* Подробные данные об ископаемых комплексах см. в [1].

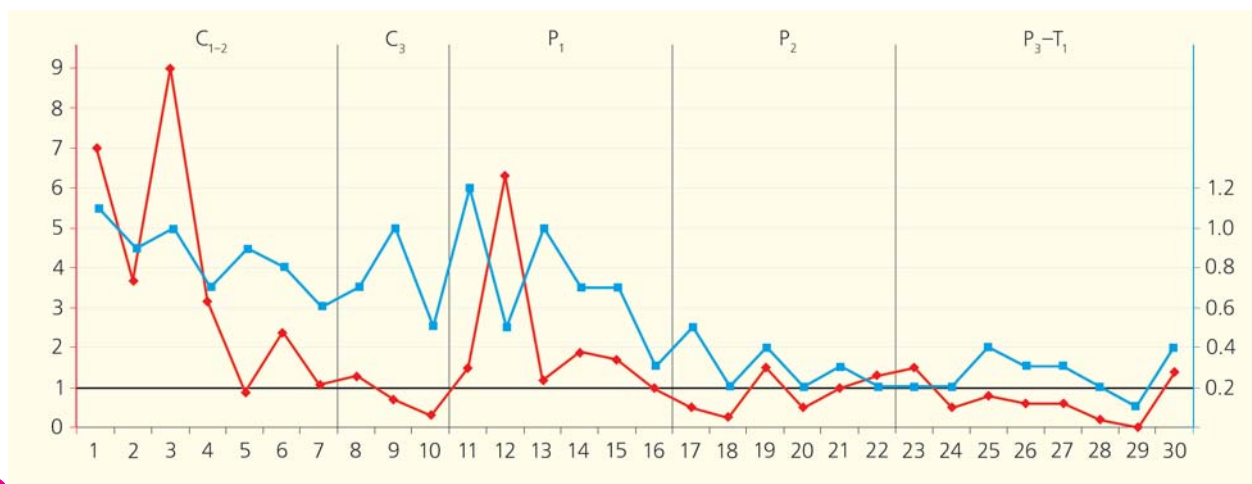


Рис. 1. Динамика состава семейств насекомых в последовательных ископаемых комплексах в течение палеозоя. Красная кривая и ось ординат слева — отношение числа первых и последних находок семейств как показатель направления изменений разнообразия: его роста или падения относительно нейтрального уровня (отмечен черной горизонтальной чертой), который соответствует равному числу первых и последних находок семейств в последовательных ископаемых комплексах насекомых. Синяя кривая и ось ординат справа — показатель интенсивности изменений независимо от их направленности (сумма первых и последних находок семейств, отнесенная к общему числу семейств в соответствующем комплексе). Геологическое время: C<sub>1-2</sub> — конец раннего и средний карбон; C<sub>3</sub> — поздний карбон; P<sub>1</sub> — ранняя пермь; P<sub>2</sub> — средняя пермь; P<sub>3</sub>-T<sub>1</sub> — поздняя пермь и ранний триас. Местонахождения и комплексы ископаемых насекомых: 1 — Намюр А-В (Бельгия); 2 — Хаген-Форхалле и Кюхенберг (Германия); 3 — свита Тупо (Китай); 4 — Вестфал А-В (Германия); 5 — Вестфал С; 6 — Мазон-Крик (США); 7 — Вестфал D; 8 — кассимовский ярус (Россия); 9 — Коммантри (Франция); 10 — Монсо-ле-Мин (Франция); 11 — Каризо Аройо (США); 12 — Обора (Россия); 13 — сакмарский и артинский ярусы Южной Америки; 14 — Эльмо и Мидко (США); 15 — Кошелевская свита (Россия); 16 — Уфимский ярус (Россия); 17 — Сояна и Тихие Горы (Россия); 18 — Китяк (Россия); 19 — Калтан и Сарбала (Россия); 20 — Чепаниха и Костоваты (Россия); 21 — Каргала (Россия); 22 — Бор-Тологой (Монголия) и Караунгир (Казахстан); 23 — Ново-Александровка (Россия); 24 — Сурикова (Россия); 25 — Исады (Россия); 26 — Нормандиен (Южная Африка); 27 — Бельмонт (Австралия); 28 — Вязники (Россия); 29 — Вохминская свита (Россия); 30 — Бабий Камень и Тунгуска (Россия).

витель, но такие случаи сравнительно редки (эти группы называют Lazarus taxa — таксоны-Лазари). В итоге все количественные данные, основанные на палеонтологическом материале, носят приближенный характер, но иных данных у нас нет. Однако мы оперируем достаточно большим объемом наблюдений, поэтому результаты подтверждают друг друга и оказываются в итоге достаточно надежными. Действительно, в начале геологической истории разнообразие (число семейств насекомых) еще мало и роль случайных пропусков и находок велика, поэтому кривая в левой части графика неустойчивая (зубчатая), но дальше становится все более спокойной. Интенсивность изменений (оборот фауны) оценивается как сумма первых и последних находок, отнесенная к общему числу семейств в соответствующем комплексе ископаемых.

В общих чертах можно предположить, что в самом начале истории насекомых, до вестфальского века по европейской шкале, смена фаун носила позитивный характер — первые находки гораздо многочисленнее последних (высокое положение кривой). Затем следует постепенное снижение (относительный рост числа последних на-

ходок, свидетельствующий об интенсивном вымирании). При этом оборот фауны остается высоким гораздо дольше — до конца или почти до конца ранней перми. Если же приглядеться к деталям, можно заметить еще один короткий, но сильный всплеск формообразования в начале перми. Кроме того, отчетливо различаются периоды, когда преобладали умеренно позитивные и негативные смены (кривая проходит выше и ниже нейтрального уровня, соответственно). Умеренно позитивный характер смен наблюдался в среднем карбоне и, возможно, захватывал начало позднего (данные недостаточно надежны), и далее в ранней перми (включая уже упомянутый скачок в ее начале). Негативные смены замечены преимущественно в период средней и поздней перми. Новый этап позитивных смен намечился в конце изученного интервала в комплексах, датируемых в непосредственной близости границ перми и триаса. В первом приближении позитивная направленность смен (рост разнообразия насекомых) происходит на фоне общей интенсификации изменений (высокий оборот фауны), а негативная (обеднение фауны) — при ослабленной динамике.



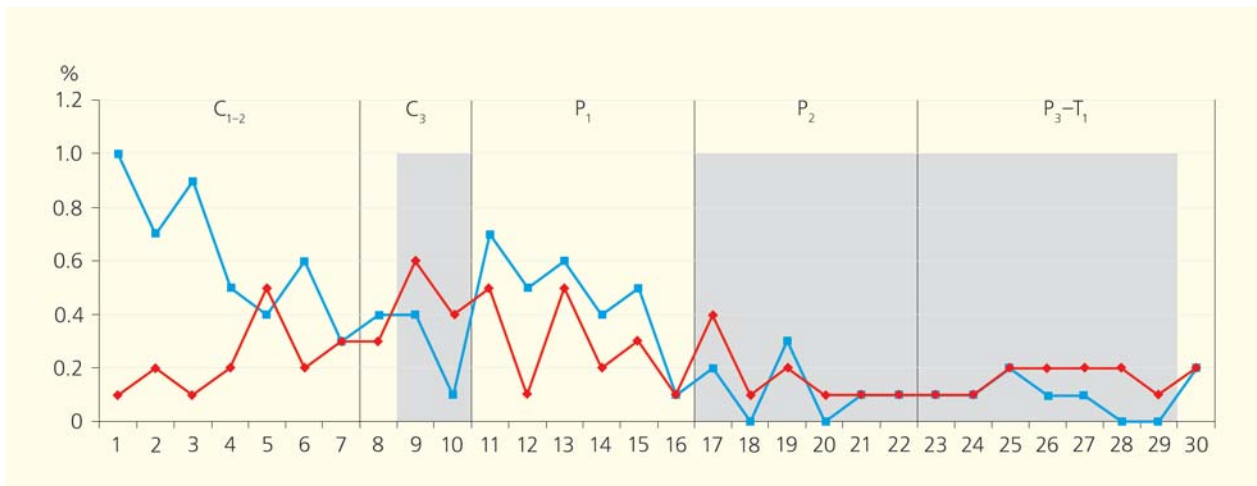


Рис. 2. Динамика появления и вымирания семейств насекомых в палеозое. Синяя кривая — доля первых находок семейств в составе последовательных ископаемых комплексов, красная — доля последних находок. Заливкой выделены этапы преимущественно негативной динамики, когда доля последних находок была выше доли первых.

Полученная картина оказалась не слишком понятна и потребовала более детального анализа. С этой целью процессы появления и вымирания семейств насекомых были рассмотрены отдельно (рис.2) и получены парадоксальные результаты. Если отвлечься от зубчатости кривой (обусловленной не всегда достаточным материалом и, вероятно, влиянием локальных условий), мы увидим низкий уровень вымирания в самом начале истории насекомых и в течение средней-поздней перми (кроме самого начала этого интервала). А более высокий уровень последних находок столь же стабильно поддерживался приблизительно с середины среднего карбона до начала средней перми. Уровень позитивных изменений (нормированное число первых находок) устойчиво снижается к концу карбона, подсказывает в начале перми, снова постепенно падает к концу ранней перми и остается на минимальном уровне до ее конца, чтобы снова немного подняться на самом пермотриасовом переходе.

Так, мы в очередной раз убедились, что знаменитое пермотриасовое событие по крайней мере в случае насекомых было, во-первых, не событием, а длительным процессом, занявшим примерно

20 млн лет (начало средней перми датируется  $272.3 \pm 0.5$ , а конец поздней —  $252.2 \pm 0.5$  млн лет\*). Во-вторых, состояло оно не в массовом вымирании насекомых, а наоборот, в длительном торможении их диверсификации (дивергентной эволюции — образования в процессе исторического развития нескольких новых групп от одной предковой). В-третьих, кризис биоразнообразия из-за торможения диверсификации в конце перми оказывается не уникальным событием. В конце карбона, опять-таки на пороге серьезных изменений в фауне насекомых, когда появляется много новых отрядов и надотрядов [4], произошел такой же, только более кратковременный этап преобладания негативных тенденций в эволюции класса. Уж не с общим ли правилом мы столкнулись?

Здесь, конечно, напрашивается вопрос — почему?! Что может затормозить дивергентную эволюцию организмов, если усиленного вымирания не происходит, т.е. нет серьезных оснований предполагать ухудшения условий и вообще какого-то внешнего давления? Пока на этот счет существует только гипотеза, основанная на эпигенетической теории эволюции и предложенная одним из авторов этих строк (А.П.Расницыным), о чем уже рассказывалось три года назад в статье «Когда жизнь и не думала умирать». ■

\* stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01.pdf

## Литература

1. Rasnitsyn A.P., Aristov D.S., Rasnitsyn D.A. Dynamics of the taxonomic diversity of insects in the Early and Middle Permian // Paleontological Journal. 2015. V.49. №12. (in press).
2. Aristov D.S., Bashkuev A.S., Golubev V.K. et al. Fossil Insects of the Middle and Upper Permian of European Russia // Paleontological Journal. 2013. V.47. №7. P.641—832.
3. Расницын А.П., Аристов Д.С., Расницын Д.А. Насекомые у рубежа перми и раннего триаса (уржумский — оленекский века) и проблема пермотриасового кризиса биоразнообразия // Журн. общ. биол. 2013. Т.74. №1. С.43—65.
4. History of Insects / Eds. A.P.Rasnitsyn, D.L.J.Quicke. Dodrecht, 2002.

# К 70-летию Победы

Времена и люди

Эта небольшая подборка – дань памяти участникам Великой Отечественной войны, среди которых были и авторы нашего журнала. Мы публикуем воспоминания о войне геохимика К.П.Флоренского, герпетолога И.С.Даревского, рассказ дочери математика А.А.Ляпунова о боевой награде отца, а также очерк сотрудников Зоологического института РАН о своем коллеге, гибробиологе В.В.Кузнецове.

## «Наука — войне»

Из воспоминаний К.П.Флоренского

Кирилл Павлович Флоренский (1915–1982), кандидат геолого-минералогических наук, геохимик и планетолог, до Великой Отечественной войны работал под началом В.И.Вернадского в биогеохимической лаборатории Института геохимии, минералогии и кристаллографии им.М.В.Ломоносова АН СССР (в 1937 г. Ломоносовский институт вошел в состав Института геологических наук АН СССР).

После начала Великой Отечественной войны Кирилл Павлович работал под руководством академика А.Е.Ферсмана в Оборонной комиссии «Наука — войне» Отделения геолого-географических наук АН СССР. В декабре 1941 г. он создал дешевую маскировочную краску, которая позволила сделать «невидимыми» обмундирование и военную технику. Зимой 1941/1942 гг. Кирилл Павлович занимался созданием белых маскировочных красок и изучением их свойств с помощью изготовленного им портативного фотометра.

В сентябре 1942 г. Флоренский был призван в армию, так как было отменено освобождение от военной службы по зрению. Прошел от Сталинграда до Берлина через Курскую дугу, Украину, Белоруссию и Польшу. Участвовал в обороне Сталинграда, форсировании Дона, Днепра, Западного Буга, Вислы и Одера, в освобождении Варшавы и взятии Кёнигсберга и Берлина. Закончил войну командиром топографо-вычислительного взвода артиллерийской разведки дивизиона. После демобилизации в апреле 1946 г. вернулся к научной работе.

В 1950-х годах Флоренский заинтересовался проблемой Тунгусского метеорита. Возглавлял три экспедиции Комитета по метеоритам АН СССР по изучению места Тунгусской катастрофы в 1953, 1958 и 1961 гг.

Кирилл Павлович — один из основателей сравнительной планетологии. Заведовал лабораторией сравнительной планетологии в Институте геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского АН СССР (ГЕОХИ). Участвовал в исследованиях Луны, Марса и Венеры. Лаборатория Флоренского была ответственной за выбор участков посадки автоматических станций, представляющих научный интерес для геологических исследований Луны и планет и в то же время имеющих безопасный для посадки рельеф местности. В честь Кирилла Павловича названы кратер на Луне и минерал флоренскит, найденный в метеорите Kaidum.

Работам в Оборонной комиссии «Наука — войне» посвящены воспоминания Кирилла Павловича, которые впервые публикует наш журнал.



Перед войной я был признан негодным к военной службе по состоянию зрения. У меня был военный билет, в котором значилось: *негоден, необучен*, т.е. я относился к категории лиц, которых тогда выразительно называли «негодьями».

Война застала меня в экспедиции, в глухом уголке Восточного Казахстана, где не было ни радио, ни газет. По слухам было крайне трудно представить себе истинное положение вещей. Карт не было, а сообщения были очень оптимистичными, вероятно, под влиянием кинофильма «Если завтра война», в котором в ответ на удар агрессора наши танки мгновенно прорывали боевые порядки противника, и вся война шла на его территории.

Когда я уловил нечто знакомое в исковерканных и перепутанных казахами названиях белорусских городов и высказал предположение, что мы отступаем, меня обвинили чуть ли не в измене и заставили замолчать.

Поэтому я старался закончить порученную мне работу, а настоящий размер бедствия начал осознавать лишь на железной дороге, когда навстречу нашему полупустому вагону, шедшему в Москву, двигались переполненные эшелоны с ранеными и эвакуированными.

В Москве оказалось, что БИОГЕЛ\*, помещавшийся на третьем этаже в здании Ломоносовского института\*\* (ныне здесь располагается ИГЕМ\*\*\*), в Старомонетном переулке, эвакуирован в Казань и во всём здании оставалось несколько человек.

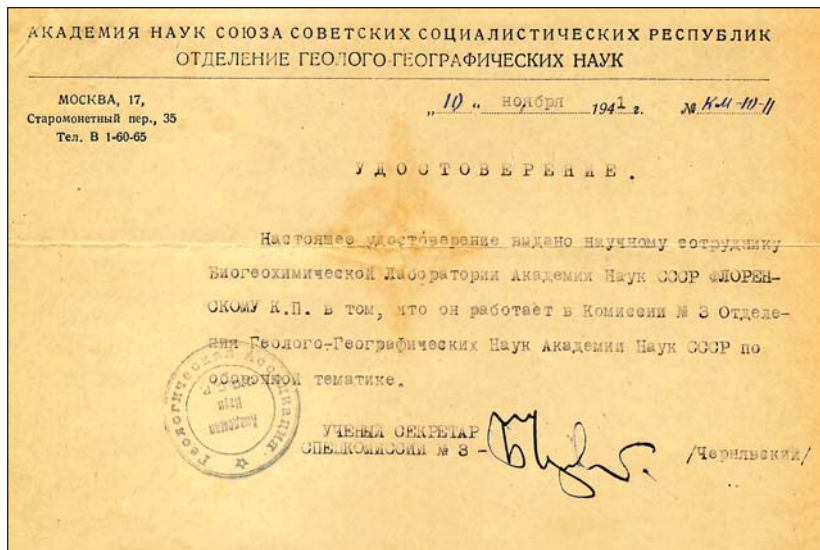
Я сдал экспедиционное снаряжение единственному представителю БИОГЕЛа — А.П.Троицкой. Все мои товарищи были или в армии, или в эвакуации. Московское ополчение уже ушло. Что я должен делать дальше?

Тут меня радушно встретил Б.В.Залесский: *Кирилл Павлович, А.Е.Ферсман организует ряд спецкомиссий Отделения геолого-географических наук АН СССР для нужд обороны. Его сейчас нет, но он придет. Мы подбираем людей, и Вы нам очень нужны в Комиссии по маскировке. Ваше откомандирование оформим потом.*

\* Биогеохимическая лаборатория, которой руководил В.И.Вернадский. — *Здесь и далее примеч. ред.*

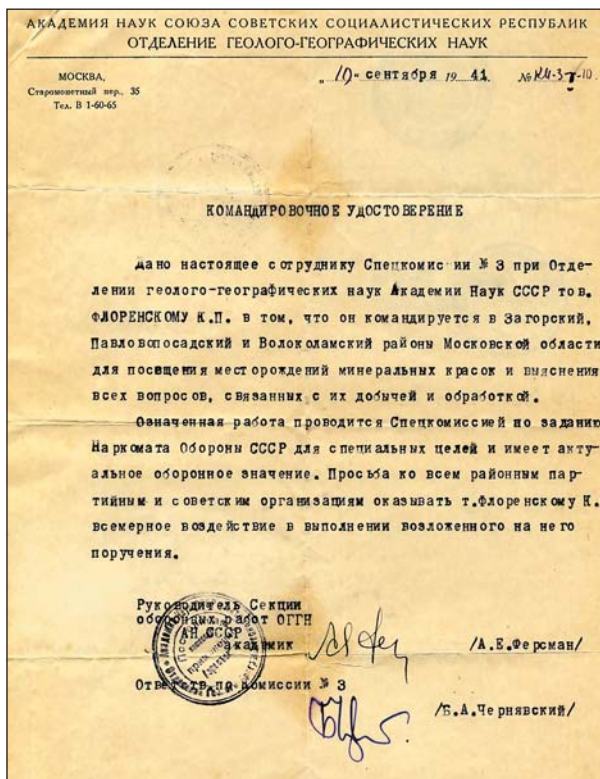
\*\* Институт геохимии, минералогии и кристаллографии АН СССР им.М.В.Ломоносова.

\*\*\* Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН.



Удостоверение Флоренского о работе в Комиссии №3 Отделения геолого-географических наук АН СССР по оборонной тематике. 1941 г.

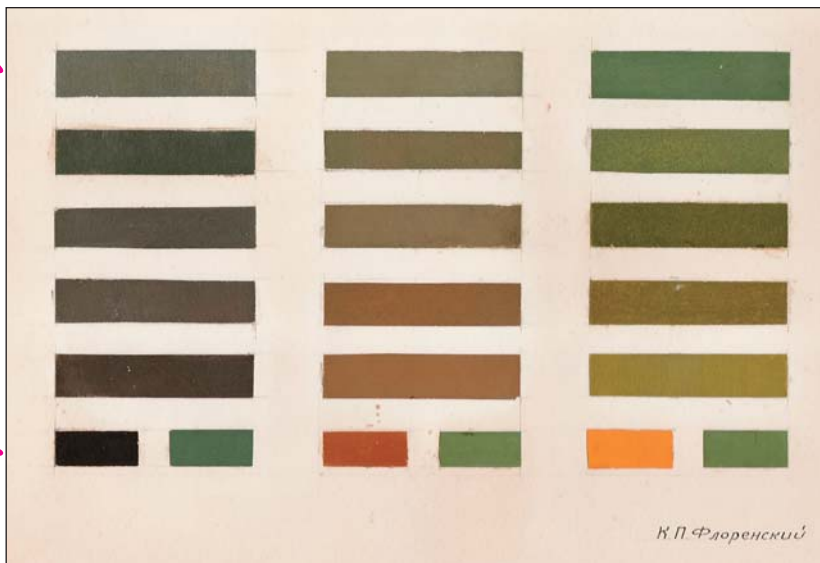
Организовался небольшой, но дружный коллектив, в задачу которого входило проведение всего круга вопросов, связанных с маскировочной окраской на основе местного сырья. Нужно было изыскивать подходящие материалы, опреде-



Командировочное удостоверение, выданное Флоренскому для проведения работ на месторождениях минеральных красок в Московской обл. 1941 г.

Времена и люди





**Таблица III**  
смеси глауконитовой зелени

Черная Павлово-Посадская	Кудиновская железная	Крон желтый
10%	10%	5%
20%	20%	10%
30%	30%	17%
40%	40%	25%
50%	50%	35%
Черная П.-П. «Финляндская сажка» № 26	Кудиновская железная № 27	Крон желтый № 27

Таблицы с подбором цвета маскировочных красок из отчета Флоренского о глауконитовой краске. 1942 г. Таблица с расшифровкой состава маскировочных красок из того же отчета. 1942 г.

лять их маскировочные и технологические свойства, режим обработки и использования. Источниками сырья могли быть как месторождения минеральных красок в пределах Московской области, так и разные виды отходов сырья и продукции, которые имелись в Москве и могли быть использованы — пиритные огарки, отвалы глауконита на Воскресенском химкомбинате, запасы красителей на Трехгорной мануфактуре и т.д. Технологию мы разрабатывали сами.

Москва становилась прифронтовым городом. Участились налеты авиации, улицы перекрывались баррикадами и противотанковыми ежами, взад и вперед шли солдаты. Ночью было переполнено метро, на станциях и в туннелях которого

укрывались от бомбежек оставшиеся в городе москвичи.

Рельсы пригородных железных дорог снимались для оборонительных сооружений. По Курской дороге осталась одна колея, по которой паровозик, топившийся шпалами, довозил до Подольска. Дальше пути не было.

В октябре 1941 г. я полностью перешел на казарменное положение. Мы с женой заняли темную сероводородную комнату БИОГЕЛа, которая не имела вылетающих при бомбежках окон, а тамбурные двери позволяли лучше сохранять тепло в холодном здании. Прямо на рубильниках вили нихромовые спирали, которые согревали комнату и подсвечивали ночью.

В декабре у нас родилась дочь, и первой колыбелью для нее был химический стол в сероводородной. Весной нам нарезали огородные участки, как раз там, где сейчас воздвигнут Дворец пионеров, и наша дочь дышала воздухом, лежа на меже, пока мы с женой сажали картошку.

Работа чередовалась с дежурствами на чердаке и крыше. Наш район бомбили довольно часто, так как немцы охотились за станцией МОГЭС\*, находившейся поблизости. Всего в ближайшем расстоянии от Ломоносовского института упало 48 авиабомб.

В столовой собирался интересный народ, группировавшийся вокруг Оборонной комиссии А.Е.Ферсмана, в которые

было привлечено много сотрудников ряда неакадемических организаций.

Зимой стало туго с продуктами, и мы ухищрялись, как могли. Вспоминаю, что когда удалось добыть мельничные «обметки» — мучную пыль, содержащую много всякой грязи, мы принялись варить патаку. Для этого надо добавить в болтушку серную кислоту, варить около четырех часов, нейтрализовать мелом, отфильтровать и выпарить. Зато после этих трудов у нас появилось сладкое.

\* МОГЭС — Московская государственная электрическая станция №1, позже называлась ГЭС-1 им.П.Г.Смидовича, располагается на Раушской набережной, д.10.

У меня сохранилась папка с некоторыми бумагами и документами 1941—1942 годов. Каждая бумажка родит воспоминание.

Вот группа работ по созданию зеленой маскировочной окраски. Дело в том, что спектр отражения растительности имеет два максимума: один — в зеленой, а другой — в дальней красной области спектра. В целом спектральная кривая отражения напоминает фигуру рассерженного кота, изогнувшего спину в зеленой и задрывшего хвост в красной области. Подобную кривую имеет спектр окиси хрома. Естественно, что возить ее с Урала было невозможно, да и хром был нужен для металлургии. Обычная зеленая краска — «вагонка» — состоит из смеси желтой и синей красок, с использованием берлинской лазури. Но у этой краски нет максимума в ближней инфракрасной области в спектре отражения.

У немецких летчиков были специальные дешифровочные очки-светофильтры, которые имели узкую зеленую полосу пропускания и свободное прохождение света в дальней красной части. Через такие очки природная зелень окрашивается в кирпично-красные тона, а «вагонка» выделяется ярко-зеленым цветом и резко бросается в глаза. Мне удалось создать два варианта дешифруемой окраски. Для одного из них использовалась смесь с обычной бельевой ультрамариновой синькой, запасы которой еще были, а для другого важны были адсорбционные свойства зеленого глауконита, легко поддающегося окраске органическими красителями. Образующийся при этом фарблак\* имеет значительную светостойкость по сравнению с чистым красителем.

Другая история интересна тем, что пришлось выдержать значительную борьбу с тыловыми армейскими управлениями, которые все еще сохраняли благодушие мирного времени.

Мы настаивали, что зимой необходимо окрашивать танки, пушки и автомашины в белый цвет подручными материалами, не особенно заботясь об устойчивости покрытий, так как боевая жизнь машины очень коротка. Были составлены клеевые рецепты с использованием мела, гипса, известки и т.д. А от нас требовали покрытий по нормам мирного времени, с расчетом на длительное хранение на складах. Жизнь показала, что наши пред-



К.П.Флоренский в Германии. 1945 г.

ставления победили, и уже в декабрьском наступлении наши танки были покрашены в белый цвет.

Интересные работы велись по созданию полевого фотометра для оценки качества маскировки, камуфлированной окраски аэростатов, заграждений и т.д.

Я счастлив думать, что хотя бы десяток-другой танков или других объектов для бомбардировки и обстрела уцелел от поражения при помощи наших красок.

Уходящее прошлое на моем маленьком примере показывает, как тесно была увязана тыловая жизнь непосредственно с нуждами фронта. Позвольте мне выразить твердое убеждение, что если опять придет пора таких испытаний, наше молодое поколение не посрамит памяти своих отцов как на фронте, так и в тылу.

*22 февраля 1979 г.*

\* Фарблак — особый тип цветного лака.

# Математика в артиллерийском деле

Времена и люди

Из воспоминаний о А.А.Ляпунове

Н.А.Ляпунова,  
доктор биологических наук  
Медико-генетический научный центр РАН  
Москва

Член-корреспондент АН СССР Алексей Андреевич Ляпунов (1911–1973) по праву считается основоположником отечественной кибернетики. Под руководством академика Н.Н.Лузина он получил математическое образование и первые результаты в дескриптивной теории множеств – этой области математики посвящена его докторская диссертация, которую он защитил в 1949 г. в Математическом институте им.В.А.Стеклова. После войны Алексей Андреевич преподавал математику в Артиллерийской академии им.Ф.Э.Дзержинского (с 1945-го по 1951 г.), работал в Институте геофизики АН СССР (в 1949–1950 гг.).

С 1952 г. Ляпунов – профессор кафедр математической логики и вычислительной математики механико-математического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова. Семинар по кибернетике, организованный им в стенах университета, объединил ученых различных специальностей и стал центром зарождения кибернетической мысли в нашей стране. В 1953 г. по приглашению М.В.Келдыша Ляпунов возглавил отдел кибернетики в только что созданном в составе Математического института Отделении прикладной математики (ныне Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН).

С 1961 г. жизнь Алексея Андреевича связана с Сибирским отделением АН: он переехал в Новосибирск, где по его инициативе были организованы отдел кибернетики в Институте математики, кафедра теоретической кибернетики в Новосибирском университете, лаборатория кибернетики в Институте гидродинамики, которой он руководил до конца жизни, а также первая в нашей стране физико-математическая школа-интернат при Новосибирском университете.

В 1942 г. Алексей Андреевич добровольцем ушел на фронт и до конца войны находился в действующей армии – он был командиром взвода в артиллерии. Именно тому, как математические и естественнонаучные знания Алексея Андреевича оказались востребованы в боевых условиях, и посвящены воспоминания его младшей дочери Натальи Алексеевны Ляпуновой\*, фрагмент которых наш журнал посчитал необходимым воспроизвести.



\* Ляпунова Н.А. Несколько эпизодов из жизни отца // Алексей Андреевич Ляпунов. 100 лет со дня рождения / Ред.-сост.: Н.А.Ляпунова, А.М.Федотов, Я.И.Фет; отв. ред. Ю.И.Шокин. Новосибирск, 2011. С.365–374.



Среди папиных наград есть орден «Красная звезда», который он получил на фронте за освобождение Крыма. Так написано в наградном приказе. Но хотелось бы историю этой награды рассказать несколько подробнее — так, как папа мне сам рассказывал уже в Новосибирске, как-то глубокой ночью, у камина... Это эпизод, о котором папа говорил, что он по праву может гордиться орденом, что этот орден он по-настоящему заслужил.

А ситуация была такая. Летом 1943 г., после победы под Сталинградом, началось наступление Красной армии в направлении Крыма. К этому времени папа оправился после тяжелого сыпного тифа, был в резерве Сталинградского фронта и преподавал офицерскому составу фронтового резерва теорию стрельбы\*. В сентябре 1943 г. он попал в действующую армию, как раз к началу наступательных боев по освобождению Крыма. Он был сразу назначен командиром топовычислительного взвода артполка, располагавшегося в районе р.Молочной. Насколько я помню, в полку было девять батарей с дальнобойными орудиями. Функции топовычислительного взвода состояли в выдаче координат для стрельбы в ходе артподготовки, которая тогда только начинала применяться перед наступательными операциями. Проводилась мощная артподготовка по известным, разведкой донесенным целям, и только после этого начиналось наступление боевой техники, пехоты...

И вот началась артподготовка. Папа — на наблюдательном пункте. Точки намечены, идет стрельба, но... цели не поражаются. И он понимает, что линия фронта находится в сфере влия-

\* В конце 1944 г. полк, в котором служил Ляпунов, стоял в Прибалтике. Шли тяжелые бои за освобождение Шауляя, после чего был открыт путь в Восточную Пруссию. Однажды во время передышки между боями Ляпунова в полевой землянке отыскали два офицера, командиры соседнего артполка. Они с радостью и благодарностью показали блокноты с конспектами его лекций по баллистике и теории стрельбы, которые они слушали в 1943 г. под Сталинградом, и сказали, что эти конспекты оказались более полезными, чем все другие армейские инструкции. Они носили их в своих полевых сумках и использовали в боевой практике. Алексей Андреевич был очень доволен и написал нам об этом в письме с фронта.



Ляпунов на фронте. 1944 г.  
Здесь и далее фото из архива семьи Ляпуновых

ния Курской магнитной аномалии (КМА)\*\*, что нужны поправки на магнитное склонение, вызываемое КМА. Судьба распорядилась так, что, будучи изгнанным (или, точнее, уйдя) из университета\*\*\*, он стал работать у Петра Петровича Лазарева в Институте биофизики в должности лаборанта, и был участником экспедиции на КМА. Это — начало 30-х гг. Кроме того, папин отец, мой дед Андрей Николаевич Ляпунов, математик по образованию, после 1917 г. и до своей смерти в 1923 г. был ученым секретарем комиссии по КМА, председателем которой был П.П.Лазарев. Естественно, папа, будучи человеком очень любознательным, знал все о КМА: и географическое положение, и емкости залежей, и силу магнитного поля... Кроме того, еще до войны под руководством А.Н.Колмогорова он выполнял математические работы по теории стрельбы и баллистике. Все это позволило ему прямо в ходе боя внести достаточно корректирующую поправку в уставные расчеты стрельбы батарей.

Как только бой закончился, папу вызвали в штаб полка. Оказывается, уже по ходу боя в штаб поступили донесения от командиров батарей, что топовзвод дает неуставные координаты стрельбы. Дело в том, что командиры батарей были опытные артиллеристы, и они прекрасно знали правила определения координат прицельной стрельбы. У них на лафетах орудий для этого имелись специальные таблицы. Командир полка, опытный вояка, задает вопрос: «Топовзвод давал неуставные координаты. Дайте объяснение, что это значит?». И действительно, представьте себе: топовзвод дает неуставные координаты, значит — неэффективная стрельба, цели не поражены! Это — срыв наступления, со всеми вытекающими последствиями...

Как только бой закончился, папу вызвали в штаб полка. Оказывается, уже по ходу боя в штаб поступили донесения от командиров батарей, что топовзвод дает неуставные координаты стрельбы. Дело в том, что командиры батарей были опытные артиллеристы, и они прекрасно знали правила определения координат прицельной стрельбы. У них на лафетах орудий для этого имелись специальные таблицы. Командир полка, опытный вояка, задает вопрос: «Топовзвод давал неуставные координаты. Дайте объяснение, что это значит?». И действительно, представьте себе: топовзвод дает неуставные координаты, значит — неэффективная стрельба, цели не поражены! Это — срыв наступления, со всеми вытекающими последствиями...

\*\* Комиссию по изучению Курской магнитной аномалии создал и возглавил И.М.Губкин в 1922 г. В ее составе работал математик Андрей Николаевич Ляпунов, отец Алексея Андреевича. Магнитная аномалия вызвана богатейшими залежами железистых кварцитов (джеспелитов). Магнитное склонение может достигать десятков градусов.

\*\*\* В 1928 г. Ляпунов поступил на физико-математический факультет Московского государственного университета. Учеба в университете не сложилась: отказавшись подписать письмо о сносе в Москве очередных церквей (такие кампании были тогда в моде), он вступил в конфликт с сокурсниками и перестал посещать занятия, за что и был отчислен в конце 1929 г.



С артиллеристами. Ляпунов — в центре.

Папа пробует объяснить: «Видите ли, какая штука КМА, магнитное поле, отклонение стрелки компаса, траектория полета снаряда...». Командир не понимает, он военный командир и в таких вещах не искушен. Обстановка накаляется. В такой ситуации расстрел на месте был обычным решением вопроса. На счастье, рядом оказался замполит полка Павел Борисович Кацуба\*, до войны служивший инженером в Челябинске. Войдя в курс дела, он говорит командиру, что «здесь что-

\* Дружбу с П.Б.Кацубой и его семьей наша семья сохраняла все послевоенные годы, вплоть до кончины Алексея Андреевича в 1973 г.

то есть, надо разобраться, надо понять и найти какое-то решение вопроса. Давайте во время передышки проведем проверочные стрельбы. Возьмем цель, дадим уставные координаты и координаты с поправкой Ляпунова, посмотрим, что получится». Слава Богу, командир полка оказался человеком разумным. Предложение было принято. С мнением замполита в армии считались... Тогда многие партийные работники в армии были настоящими властителями душ, а не карьеристами. Это было одной из причин, почему вскоре после этого события папа вступил в армию в партию, причем сознательно, без «давления сверху».

Проверочные стрельбы провели. Для этого были выделены четыре батареи. Сначала дали уставные координаты — разрывы снарядов даже не попадали в поле зрения бинокля: дальноточные орудия, далекая цель... А когда дали координаты с поправкой Ляпунова, четыре снаряда легли один за другим прямо в цель. Больше вопросов не было. В кратчайший срок в штаб полка были вызваны командиры топовзводов всех ближайших к КМА дивизионов. Папа провел с ними занятие, дал необходимые инструкции. Но в целом аппарат был настолько сложен, что понять саму необходимость поправок командиры могли, но сами сделать их затруднялись. Тогда было принято мудрое решение: папе прислали в помощь дополнительных людей, усилили его

взвод. Когда известны были координаты каждой батареи и цели, он делал поправки уже не для дивизиона, а по всей линии фронта, гораздо более широко... Ему сообщали уставные координаты, он делал необходимые поправки, давал новые координаты, их передавали в штаб полка, а уже оттуда они рассылались на места. Понятно, что это обеспечивало успешную артподготовку и следующее за ней наступление. И папа говорил, что он, как ученый, чувствовал настоящее удовлетворение: «Вот ради такого человек должен познавать природу, знать ее законы, чтобы в нужных ситуациях действительно уметь поставить свои знания на службу человеку».

# Страшнее войны ничего нет!

Из воспоминаний И.С.Даревского

Воспоминания о войне, но без единого описания сражений, оставил Илья Сергеевич Даревский (1924–2009), всемирно известный герпетолог, профессор, член-корреспондент Российской академии наук. Его именем названы многие виды амфибий и рептилий. Еще в детские годы у Илюши зародилась страсть к «гадам», увлечение ими было заложено самой природой и никогда не оставляло его, даже на войне.

Жизнь Ильи Сергеевича была насыщена интересными событиями, наполнена научным творчеством и богатейшими впечатлениями от экспедиций. Он обладал несомненным популяризаторским даром, о котором можно судить хотя бы по публикациям в нашем журнале — их около двух десятков! Его легкое перо отразилось в «Моей биографии», фрагмент которой мы приводим с любезного разрешения Зоологического института РАН. Полная ее версия опубликована в специальном выпуске «Трудов Зоологического института» (2014. Т.318. №4), посвященном 90-летию И.С.Даревского; примечания и дополнения были сделаны Н.Б.Ананьевой и И.С.Дорониным.



Наступил 1941 год. Как всегда, весной пышно зацвели киевские каштаны. Мы с Николаем Васильевичем\* съездили на Днепровский разлив и вечером, у затухающего костра он впервые заговорил со мной о политике и о приближающейся войне с Германией. Я почти не интересовался тогда политикой, зная, что между нашими странами подписан договор о ненападении, и скорая война представлялась мне маловероятной. Газеты твердили о мире, а на экранах лишь накануне с успехом прошел шапкозакидательский фильм «Если завтра война». Николай Васильевич, напротив, считал скорое наступление войны неизбежным и легко отметил все мои наивные возражения на этот счет. В воскресенье 22 июня мы с Леней Пржебыльским\*\* от-

правились в ближайшие окрестности Киева — Пуща-Водица, я — в надежде найти там довольно редкую в этих местах неядовитую змею медянку, а он — достать из известного ему дупла несколько летучих мышей. Мы занимались своими делами, когда услышали вдруг необычно громкий самолетный гул, и над нашими головами в сторону Киева очень низко пронеслась эскадрилья немецких бомбардировщиков с хорошо видимыми свастиками на крыльях. Началась война, сразу же круто переменявшая всю нашу последующую жизнь. Мои старшие сверстники уже на следующий день стали получать повестки в военкоматы, а всех киевских допризывников, дабы сохранить их как потенциальных солдат, решено было эвакуировать поначалу на восток Украины. Где-то в начале июля повестку об обязательной эвакуации вручили и мне. Я поспешил в Институт зоологии и трогательно распрощался с Николаем Васильевичем Шарлеманем и другими сотрудниками, не подозревая, что со многими из них вижусь в последний раз. Игоря Александровича Цемша\*\*\* я на кафедре уже не застал.

Простившись с матерью, которой вместе с ее учреждением также вскоре предстояло эвакуироваться на восток, я с небольшим чемоданом

\* Шарлемань Николай Васильевич (1887—1970) — зоолог, зоогеограф и краевед, специализировался на птицах. С 1919 г. — сотрудник киевского Зоологического музея Украинской Академии наук, в 1921—1932 годах — директор заповедника «Конча-Заспа». Во время, о котором вспоминает И.С.Даревский, был профессором Института зоологии АН Украины. Шарлемань сыграл важную роль в жизни Даревского, и, несмотря на большую разницу лет, их связали теплые, почти дружеские отношения, как учителя и ученика. В оккупированном немцами Киеве сумел сохранить коллекции Института зоологии, которые намеревались вывезти в Познань.

\*\* Леонид Пржебыльский — один из юннатов, с которым особенно подружились Илья Даревский. Погиб в самом начале войны.

\*\*\* Цемш Игорь Александрович — талантливый молодой ученый, уже опубликовавший несколько интересных работ по герпетофауне южных районов Украины. По словам Даревского, Цемша, несомненно, ожидало большое будущее в науке, если бы не трагическая гибель на фронте в первые же месяцы войны.



и рюкзаком с несколькими книгами поспешил на сборный пункт, где формировались колонны допризывников для пешеходного следования из города. Колонна наша, провожаемая некоторое время родственниками и друзьями, спустилась к Днепру и далее по знаменитому цепному мосту мы переправились на его левый берег. Настроение у большинства было подавленное. Мы отправлялись навстречу неизвестности, оставляя позади прекрасный город своего детства — Киев. Многим ли из нас суждено будет возвратиться когда-либо назад к берегам Днепра? К вечеру мы погрузились в товарные вагоны и через день пути прибыли в конечный пункт назначения — небольшой город Артемовск в Ворошиловградской области на юго-востоке Украины. Первое время ничто здесь не говорило о войне и не верилось, что когда-либо она вообще сможет докатиться и до этих мест. Нашу группу из 20 человек поселили в просторном бараке в одном из местных совхозов и предложили каждому по выбору заняться какой-либо полезной сельскохозяйственной деятельностью. Без лишних раздумий я согласился пасти небольшое совхозное стадо, благо пастушью работу эту разделяли со мной две смешливые черноглазые девушки-хохлушки. Дойка коров проводилась здесь же на пастбище и всякий раз я с удовольствием выпивал большую кружку пахнущего травмами теплого парного молока. Через несколько дней, по договоренности со своими пастушками, я стал временами оставлять стадо под их присмотром и отправлялся обследовать близлежащие участки целинной степи и овраги на предмет возможной встречи с обитающими там видами пресмыкающихся. Из литературы я знал, что Донецкий угольный бассейн, в пределах которого мы находились, относится к числу наименее изученных в герпетологическом отношении районов Украины и не без основания надеялся своими наблюдениями каким-то образом восполнить этот пробел. Интуиция не обманула меня. В один из дней на берегу реки Бахмут я отловил неизвестную мне змею, которая при ближайшем рассмотрении оказалась четырехполосым полозом — видом, до этого времени на Украине практически неизвестном и встречающимся в основном на юге и юго-востоке России. Первым делом я постарался успокоить обеих девушек, которые при виде принесенной змеи бросились наутек, и успокоились лишь после того как я наглядно, позволив полосу больно, до крови себя укусить, объяснил им,



Н.В.Шарлемань.

что змея не ядовита. находка эта представляла определенный научный интерес, и ее следовало сохранить для передачи в какой-либо зоологический музей. Я раздобыл у совхозного фельдшера эфир и, усыпив змею, с нужной этикеткой, заспиртовал ее в банке с денатуратом.

Между тем, война все более давала о себе знать. Из магазинов стали исчезать продукты, хлеб отпускали только по карточкам и, в довершение всего, местное совхозное начальство предложило нам самим позаботиться о своей дальнейшей судьбе. С фронта приходили неутешительные вести, и с несколькими патриотически настроенными киевлянами я обратился в военкомат с просьбой о добровольном преждевременном зачислении в строй. Всем

нам, однако, было предложено не торопить события и дожидаться законного призыва в армию. Наступила осень, близилась зима, теплой же одежды практически не было ни у кого. Поэтому с несколькими киевлянами я выехал в Харьков, где остановился у проживавшей там дальней маминой родственницы. Я знал, что в Харьковском университете работает крупнейший отечественный герпетолог, профессор Александр Михайлович Никольский\* — автор нескольких капитальных монографий, которые еще в Киеве были проштудированы мною почти наизусть. Сблужив лично познакомиться со знаменитым ученым, недавно отметившим свое восьмидесятилетие, был слишком велик, тем более, что Николай Васильевич в одном из своих адресованных Никольскому киевских писем коротко упоминал обо мне. Незвизирая на суматоху военного времени я, очень волнуясь, отправился по известному мне адресу. К сожалению, любезно принявшая меня дочь Александра Михайловича сообщила, что отец ее болен и посетителей не принимает. Лишь после войны я узнал, что Александр Михайлович, оставаясь в Харькове, умер в 1942 году в возрасте 84 лет. В Харьковском военкомате мне рекомендовали обратиться в Ремесленное училище связи, которое готовилось к дальней эвакуации на восток. Другого выхода не было. В тот же день, написав нужное заявление, я был принят в состав этого училища, удостоив-

\* Никольский Александр Михайлович (1858—1942) — биолог, путешественник, педагог, популяризатор науки, герпетолог, профессор Харьковского университета, академик Академии наук Украины. В России учреждено Герпетологическое общество имени А.М.Никольского, первым президентом которого был избран Илья Сергеевич.

шись широко распространено в те годы полуофициального звания «ремесленник». Училище выдало мне, отличавшее «ремесленников» фирменное, черного цвета обмундирование, включая столь необходимые теплое белье и шинель. Выделенный для эвакуации училища товарный эшелон уже стоял на путях. С новыми товарищами я удобно устроился на широких нарах, и началась наша, длившаяся около двух недель, железнодорожная эпопея.

Конечный пункт назначения для нас оставался тайной и, насколько я сейчас помню, поначалу не был известен и самому сопровождавшему нас преподавательскому составу училища. Называли разные города, в том числе Алма-Ату и Ташкент, что особенно радовало меня, так

как именно из Средней Азии происходили многие уже известные мне по богатой университетской коллекции виды ящериц и змей. Между тем, пропуская встречные воинские эшелоны, наш поезд медленно, с частыми остановками в пути, двигался на восток. Из школьного учебника географии я теоретически усвоил, что страна наша велика и занимает одну шестую часть света. Однако истинный смысл этой расхожей фразы я стал постигать лишь теперь, когда в широко раскрытые двери вагона перед нашими глазами, одна за другой, стали разворачиваться обширные панорамы природы, вначале южной и центральной России, затем Поволжья, Урала и под конец — Западной Сибири. Я перезнакомился со своими спутниками, некоторые из которых, как и я, оказались в Училище чисто случайно. Длительная уже несколько месяцев война осталась далеко позади на западе. Все мы совершенно не сомневались в ее скором и победоносном для нашей страны окончании и сожалели, что видимо уже не успеем принять в ней участие. Глядя на пронесившиеся мимо непрестанно меняющиеся пейзажи, я мысленно спрашивал себя, какие именно пресмыкающиеся и земноводные могут населять эти незнакомые мне места.

Не обходилось и без приключений. На небольшой промежуточной станции, не доезжая Свердловска, я выбежал за покупками на привокзальный базар и был отрезан от своего поезда внезапно появившимся и загордившим пути длинным воинским эшелоном. Я попытался, как мы делали это в таких случаях неоднократно, пролезть назад под колесами, но эшелон внезапно сдвинулся с места и когда он прогрохотал мимо, товарного состава с нашим училищем позади него уже не оказалось. К счастью, я был тепло одет, а докумен-



А.М.Никольский.

ты и некоторая сумма денег были со мной. Необходимо было догонять своих и сделать это как можно скорее, пока прямая железнодорожная магистраль за Уралом не разделится на две, после чего разыскать наше училище я смог бы разве только случайно. Составы дальнего следования здесь не останавливались, ближайший же местный поезд ожидался лишь на следующее утро. К счастью, один из стоявших на путях паровозов стал разводить пары и суровый на вид пожилой машинист, выслушав мою историю, согласился подкинуть меня до ближайшей узловой станции, откуда, по его словам, до Свердловска будет «совсем уже близко». Действительно, сменив по дороге два попутных пассажирских состава, к утру следующего дня я

прибыл в Свердловск, как выяснилось, на несколько часов опередив задержавшийся где-то в пути и простоявший ночь на боковых путях наш эшелон с училищем. Велики были изумление и радость моих товарищей и собравшихся преподавателей, когда я, живой и невредимый, предстал перед ними на перроне вокзала. Дело в том, что за первые несколько дней от эшелона уже отстали и потерялись где-то на дорогах войны, как минимум, два наших «ремесленника».

Из Свердловска эшелон продолжил дальнейший путь на восток, и не оставлявшая меня слабая надежда на то, что мы повернем к югу в сторону Казахстана и Средней Азии, рухнула окончательно. Еще через три дня пути поезд прибыл в Новосибирск, и здесь выяснилось, что конечный пункт нашего назначения — столица Алтайского края город Барнаул, где для нас было выделено просторное общежитие одного из местных оборонных заводов. Официально училище готовило гражданских специалистов в области радио- и телефонной связи. Но война внесла свои коррективы, и после первых же теоретических занятий стало ясно, что большинству из нас уготовано будущее военных связистов. К весне 1942 года мы уже вполне удовлетворительно разбирались в устройстве многих типов войсковой радио- и телефонной аппаратуры. Положение на фронтах было тяжелое. Немцы, оправившись после поражения под Москвой, продолжили успешное наступление в глубь страны, и большинству из нас не терпелось как можно быстрее попасть на фронт и применить полученные знания на практике. Но так как мы все еще оставались «допризывниками», городские власти решили временно использовать училище как рабочую силу в сельском хозяйстве

и два летних месяца 1942 года мы провели в одном из совхозов в предгорных лесах на юге Алтайского края. Нужно ли говорить, что я был сразу же поражен величием и мощью сибирской природы, столь не похожей на хорошо знакомое мне с детства более скромное родное Украинское Полесье. Приятной неожиданностью стала для меня встреча на Алтае со своими старыми украинскими знакомцами — обыкновенной гадюкой и живородящей и прыткой ящерицами. Из литературы и киевских бесед с Н.В.Шарлеманем я уже имел некоторые представления о зоогеографии и географической изменчивости пресмыкающихся. Но встреча этих животных на расстоянии почти четырех тысяч километров от мест, где я впервые повстречал их на Украине, сильно поразили мое воображение, тем более, что по своему внешнему виду некоторые алтайские экземпляры ящериц и гадюк заметно отличались от своих украинских собратьев. Однако времени для серьезных герпетологических раздумий у меня не было. Положение на фронтах продолжало ухудшаться, и по возвращении в Барнаул я с несколькими своими товарищами по училищу обратился в военкомат с просьбой о преждевременном зачислении в действующую армию. На этот раз просьба наша была услышана и вскоре мы получили предписание явиться для прохождения службы в пехотное училище в сибирском городе Кемерово. Учеба здесь по нормам военного времени была рассчитана всего на три месяца и проводилась в полном соответствии со знаменитым Суворовским правилом «Тяжело в учении — легко в бою». В суровые сибирские морозы полевые занятия проводились при любой погоде, и ежедневно мы часами простаивали на стрельбище или на плацу, теоретически отрабатывая «тактику боя на открытой местности», или совершали стремительные марш-броски «в тыл врага» по пересеченной местности.

Накануне Нового, 1943, года под погрузку был подан воинский эшелон, и спустя неделю наша курсантская рота в полном вооружении высадилась в заснеженном прифронтовом лесу и заняла боевые позиции в районе города Смоленска. Началась моя фронтовая жизнь, завершившаяся спустя два с половиной года в победном 1945. Я был призван воевать рядовым, дослужился до лейтенанта — командира взвода связи, был дважды ранен в боях, получал боевые награды, длительное время лечился в госпиталях и только чудом остал-



Младший лейтенант И.С.Даревский.  
1945 г.

ся жив. Я встречался на фронте с героизмом и отвагой, трусостью и предательством, подлостью и обманом, и смог на собственном опыте убедиться, что война срывает все маски и беспощадно обнажает истинные лица захваченных ее орбитой людей. Страшнее войны на свете действительно ничего нет! Разумеется, во время войны мне было не до герпетологических занятий. Но я твердо верил, что, если останусь жив, то обязательно буду заниматься любимым делом. Случалось, что герпетология и сама напоминала мне о своем существовании. Так, выкапывая зимой блиндаж, солдаты выбросили однажды на снег клубок вяло извивающихся полусонных гадюк, которых своим вмешательством я спас от истребления. В небольшом немецком городке наш взвод посе-

лился в здании местной гимназии, где в биологическом кабинете сохранилась довольно приличная коллекция заспиртованных пресмыкающихся. Вспоминаю, с какой ностальгией я, к изумлению своих подчиненных, стал подробно рассматривать этих неожиданно оказавшихся у меня в руках ящериц и змей. Суровые тяготы войны очень скрашивали для меня встречи со многими интересными людьми и завязавшаяся с некоторыми из них настоящая фронтовая дружба, значение которой в боевых условиях трудно переоценить. Пережил я на фронте и свою первую юношескую любовь...

После освобождения Киева от оккупации, я сразу же отправил полевой почтой письмо Н.В.Шарлеманю и вскоре получил от него подробный, обрадовавший и в то же время очень печаливший меня ответ. В частности, я узнал о гибели на фронте И.А.Цемша и пожаре в Киевском университете, полностью уничтожившем один из крупнейших в стране знаменитый университетский Зоологический музей. Стали регулярно приходиться письма от матери, которая к этому времени перебралась в Москву, в квартиру своего брата, служившего во флоте и демобилизованного в начале войны после тяжелого ранения. Вскоре возобновилась связь и с С.А.Черновым\*, возвратившимся в Ленинград вместе с Зоологическим институтом из эвакуации в Таджикистан.

\* Чернов Сергей Александрович (1903—1964) — биолог, герпетолог. Ученик А.М.Никольского, учитель И.С.Даревского. В 1940—1960 годы — ведущий специалист в СССР по изучению пресмыкающихся. В честь его Даревский назвал новый вид голглаза *Ablepharus chernovi*.



День Победы застал меня в полевом госпитале города Кенигсберга, где я долечивался после осколочного ранения в ногу. После выздоровления я был направлен в офицерский запасной полк и в начале августа получил на руки долгожданный приказ о своей демобилизации из армии. Мои первоначальные планы, связанные с возвращением в Киев, пришлось круто переменить. Наша киевская квартира была полностью разрушена, а главное, моя мама переехала в Москву, где проживали также наши родственники со стороны отца. Так получилось, что в возрасте 21 года, жарким августовским днем, в новой офицерской форме, обремененный лишь небольшим трофейным чемоданом, я вышел из поезда в Москве на Белорусском вокзале и попал

в объятия плачущей матери и нескольких радостно улыбающихся родственников. Первейшей своей задачей в столице я видел поступление на биологический факультет Московского университета. Однако для этого требовалось иметь отсутствующий у меня школьный «аттестат зрелости» и потому осуществить свое намерение я смог лишь два года спустя, только в 1948 году. Демобилизованным офицерам выдавалась на руки довольно значительная сумма денег. Кроме того, они могли пользоваться талонами на 50% скидку при питании в ресторанах. Поэтому первое время я мог не заботиться о «хлебе насущном», просто отдыхать от войны: знакомился с Москвой и ее окрестностями, посещал театры и кино, встречался с девушками, проводил вечера в компаниях молодежи, среди которой превалировали бывшие фронтовики, в частности и некоторые мои однополчане. Неоднократно приходил я в Зоологический музей Университета, подолгу простаивая перед его герпетологическими витринами и много времени проводил в террариуме Московского зоопарка, славящегося богатой живой коллекцией экзотических пресмыкающихся и земноводных. Террариумом заведовал в то время Виктор Веницианович Черномордиков\*, талантливый зоолог-экспериментатор и очень сложный, чтобы не сказать странный, по своему характеру человек. Знаком-

\* Черномордиков Виктор Веницианович (1917—?) — биолог-экспериментатор герпетолог, террариумист. В 1940—1951 годах работал в террариуме Московского зоопарка.



Почтовая карточка, выпущенная к 90-летию И.С.Даревского.

ство мое с ним и наши последующие беседы завершились тем, что вскоре он пригласил меня на работу в качестве служителя террариума.

Между тем переписка моя с Н.В.Шарлеманем регулярно продолжалась, и настал день, когда весной 1946 года я вошел в вагон скорого поезда, отправляющегося в город своего детства и юности — Киев. Неопытным семнадцатилетним мальчишкой, не ведая, что ждет меня впереди, покидал я родной город четыре года назад, и возвращался сейчас совершенно другим, умудренным жизненным опытом и войной человеком. Сильно волнуясь, вышел я на перрон Киевского вокзала и, не скрывая подступивших слез, крепко обнял пришедшего встретить меня первого своего наставника и учителя. Николай Васильевич все годы войны оставался в Киеве, и в значительной мере благодаря его стараниям была сохранена целостность уникальной экспозиции Зоологического музея Академии наук, которую немцы планировали частично вывезти в Германию. Соответствующие наши органы огульно пытались обвинить его в сотрудничестве с оккупантами, он был арестован, но после недолгого разбирательства полностью реабилитирован и продолжил работу в Зоологическом институте. Большинство моих дворовых и школьных приятелей были выкошены войной, но из Армии возвратились некоторые бывшие киевские «юннаты», ставшие впоследствии известными украинскими зоологами. Радостной была наша встреча после лихолетья войны на с детства знакомом обрывистом берегу Днепра!

# Времена и люди Гидробиолог В.В.Кузнецов: Вся жизнь на передовой

А.В.Смирнов,  
кандидат биологических наук  
В.В.Хлебович,  
доктор биологических наук  
Зоологический институт РАН  
Санкт-Петербург

Лето 1942 года — тяжелейшее время для страны. Идут затяжные кровопролитные бои подо Ржевом. 28 июня прорван фронт между Курском и Харьковом, и немецкие войска на пути к Сталинграду в начале июля ведут бои в Воронеже. В мае войска под командованием Э.фон Манштейна разбили силы Крымского фронта, и в начале июля 11-я немецкая армия штурмом взяла Севастополь (3 июля Совинформбюро объявляет о потере города). После этого 11-ю армию перебросили для решающего штурма Ленинграда. А у города на Неве остатки Второй Ударной армии погибают в окружении у Мясного Бора. Город в блокаде, приходит в себя после холода и голода жесточайшей зимы. Дневная норма выдачи хлеба составляет 500 г для рабочих, 400 г для служащих и 300 г для иждивенцев и детей.

27 июня 1942 г., на 371-й день войны, в Зоологическом институте АН СССР (ЗИНе) проходила защита кандидатской диссертации на самую мирную и актуальную в научном отношении тему, которая и сейчас волнует морских биологов, — «Макрофиты как пища морских беспозвоночных». Состав ученого совета был неполон — ряд сотрудников эвакуирован, некоторые умерли зимой от голода; это притом, что полностью были сохранены спиртовые (!) коллекции животных. Защищался 30-летний лейтенант Ленинградского фронта Владимир Васильевич Кузнецов, отпущенный на несколько дней из воинской части, расположенной на Пулковском направлении. Год назад он, сотрудник этого института, ушел на фронт добровольцем, и дважды был ранен (15 сентября и 22 декабря



В.В.Кузнецов-фронтовик.  
После мая 1943 г.

1941 г.). В такое время сам факт защиты диссертации говорит о великой вере в справедливую победу и о глубочайшей преданности науке. Войну Владимир Васильевич закончил старшим лейтенантом, его последняя военная должность — помощник коменданта гарнизона г.Риги. Кузнецов награжден орденом «Красной звезды» и медалями «За оборону Ленинграда» и «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».

Довоенная жизнь Кузнецова складывалась нелегко и довольно типично для его поколения. Родился в Москве 11 января 1912 г. Отец, Василий Яковлевич, заведующий складом, умер от тифа в 1921 г. Мать, Клавдия Ивановна, всю жизнь проработавшая секретарем или кассиром в разных советских учреждениях, после смерти мужа переехала в Новосибирск, где Во-

лодя в 1930 г. окончил среднюю школу. Рано оставшись без отца, он начал работать в юном возрасте: сначала чернорабочим на различных стройках, затем в 1928 г. устроился подручным к частному граверу, с сентября 1929 г. по март 1930 г. работал слесарем-штамповщиком, с марта по октябрь 1930 г. — рыбаком на рыбных промыслах Главного управления Северного морского пути в устье Енисея. В 1930 г. Кузнецов переехал в Ленинград и почти год работал слесарем-разметчиком на Ижорском заводе.

В сентябре 1931 г. Кузнецов поступил на биофак Ленинградского государственного университета, где специализировался на кафедре гидробиологии у профессора Константина Михайловича Дерюгина. Параллельно с обучением в университете Владимир Васильевич два года преподавал зоологию и гидробиологию в Ленинградском гидро-

метеорологическом техникуме. В 1934 и 1935 гг. участвовал в исследованиях, проводившихся в губе Малая Пирья на Беломорской методической станции Государственного гидрологического института. Дипломная работа Кузнецова «Фауна губы Падан и условия ее существования» выполнена в классической манере дерюгинской школы. После окончания университета в 1936 г. Владимир Васильевич и его жена Татьяна Алексеевна Матвеева (1913—1983) стали первыми научными сотрудниками строящейся Мурманской биологической станции в Дальних Зеленцах\*, где Кузнецов проработал младшим научным сотрудником до декабря 1940 г. (с 15 мая 1938 г. станция вошла в состав ЗИНа) [1, 2]. Там он с присущей ему страстностью занимался и необходимыми хозяйственными работами, и изучением биологии массовых видов беспозвоночных. Затем перешел на ту же должность собственно в ЗИН, где продолжил обработку собранного на северных морях материала.

По окончании войны Кузнецов возвращается в ЗИН и продолжает свои исследования. В феврале 1948 г. Президиум АН СССР назначает его директором Мурманской биостанции, в создании которой он принимал активное участие в довоенные годы. На его плечи легли заботы по восстановлению хозяйства станции, сильно пострадавшего во время войны. И он «...с присущей ему пылкостью выполнял свои обязанности» [3, с.136, 137]. Изолированный береговой научный поселок был обеспечен электричеством и организовано снабжение, а к работе привлечены перспективные сотрудники. После печально известной сессии ВАСХНИЛ 1948 г., в результате которой многие видные ученые лишились работы, в Дальних Зеленцах нашли себе место и трудились известные эволюционисты. Это и проректор Ленинградского государственного университета, возглавлявший кафедру Ленинградского государственного педагогического института профессор Юрий Иванович Полянский (1904—1993), и заведующий лабораторией фенотипа московского Института эволюционной морфологии Михаил Михайлович Камшилов (1910—1979). Он сменил Владимира Васильевича на посту директора и руководил станцией до 1962 г. Еще со времен Кузнецова биостанция стала местом летней практики студентов кафедр зоологии беспозвоночных, гидробиологии, эмбриологии и физиологии Ленинградского университета и аспирантов Зоологического института. Здесь в начале 50-х прошли первую школу морской биологии будущие известные

исследователи. В романтических условиях сурового моря и белых ночей все молодые люди работали с полной отдачей, но их всегда поражал неумный труд директора. Не оставляя управления сложным хозяйством и коллективом, он возглавлял небольшую лабораторию гидробиологии и много и упорно работал по сбору массовых видов, привлекая студентов и заражая их своим энтузиазмом. Так и стоят перед глазами согнувшиеся фигуры, собирающие на литорали нужное живье.

В мае 1953 г. Кузнецов обратился в Президиум АН с просьбой о переводе его в Зоологический институт. Просьбу удовлетворили, а в сентябре 1954 г. его приняли в докторантуру ЗИНа. Предстояла обработка и осмысление большого материала, собранного в Баренцевом и Белом морях за довоенные и послевоенные годы.

Защита Владимира Васильевича была одной из самых содержательных докторских защит в жизни Зоологического института. Ей предшествовал отрицательный отзыв двух уважаемых ученых, Георгия Михайловича Беляева и Анатолия Ивановича Савилова, ссылавшихся на поддержку 28 коллег-москвичей. Ставился под сомнение фактический материал работы. Главный упрек — Кузнецов выражал доли изменчивости объектов не в процентах, а в промилле, т.е. в тысячных, а общее количество измерений иногда бывало меньше тысячи. Но проценты ведь тоже часто берут от количества менее сотни. Сравним этот подход Кузнецова с внедренным Л.А.Зенкевичем стандартом оценки биомассы бентоса Баренцева моря — один дночерпатель площадью менее метра на одну квадратную милю (!).

Защиту отложили. Все исходные материалы диссертации изучались специальной комиссией (Г.У.Линдберг, Ю.И.Полянский и Ю.Л.Горощенко), которая пришла к выводу «...что высказанное в рецензиях сомнение в достоверности цифровых материалов, положенных в основу диссертации, не подтвердилось и что умышленных искажений или подгонки цифровых данных Комиссия не обнаружила» [1]. Защита происходила 15 марта 1957 г. и длилась с 14 до 22 часов. Особенно ярко поддержал позиции диссертанта Полянский. С тезисом Кузнецова о том, что среди отрицательных черт Белого моря дефицит кислорода тоже можно признать корректным, согласился ведущий гидролог страны Всеволод Всеволодович Тимонов: «Анализ покажет, что в нашем переполненном зале и сейчас, после восьми часов заседания, еще много кислорода, но как хочется открыть форточку!». Голосование было единогласным. Однако ВАК после полутора лет молчания (!) был вынужден провести повторную защиту на своем заседании. Все члены ВАКа тоже единогласно проголосовали: В.В.Кузнецов — доктор. Но окончательно докторскую степень ВАК присудил Кузнецову более чем через два года после защиты диссертации и только в ответ на очень резкое письмо председателя Ученого совета

\* Мурманская морская биологическая станция была построена взамен закрытой в 1934 г. знаменитой одноименной биостанции в Екатерининской гавани, последние годы работы которой были омрачены необоснованными репрессиями. После закрытия станции в Екатерининской гавани в поселке Полярный организовали базу подводных лодок, которая сыграла большую роль в обеспечении безопасности арктических конвоев Второй мировой войны.





Дальние Зеленцы, 1937 г. Мурманская биологическая станция. Сидят: вторая слева — Т.А.Матвеева, далее — С.А.Зернов, Е.Ф.Гурьянова; стоят (слева направо): М.С.Зернов, В.В.Кузнецов, П.В.Ушаков.

ЗИНа академика Евгения Никаноровича Павловского Председателю ВАКа Всеволоду Николаевичу Столетову. В письме высказывалась просьба Ученого совета ЗИНа о принятии мер «для прекращения этой бессмысленной и возмутительной волокиты, происходящей вопреки положительному мнению о диссертации крупнейших специалистов, представленных как в Ученом совете ЗИН АН СССР, так и в экспертной комиссии ВАК». Предполагалось, что «в данном случае имеет место неофициальное противодействие» и было высказано требование Ученого совета ЗИН, который «настаивая на своем первоначальном решении о присвоении В.В.КУЗНЕЦОВУ ученой степени доктора биологических наук, просит немедленного завершения всей процедуры утверждения указанной диссертации» [1].

По материалам своей докторской Кузнецов, уже будучи онкологическим больным, подготовил к изданию три книги: «Белое море и биологические особенности его флоры и фауны»; «Биология массовых и наиболее обычных видов ракообразных Баренцева и Белого морей»; «Биологические свойства некоторых видов макрофитов Восточного Мурмана и Белого моря» [4, 5]. Только первую из этих книг автор смог подержать в руках. Вторая монография, подготовленная к печати по просьбе Президиума Карельского филиала АН СССР еще

в 1957 г., вышла через три года после смерти Владимира Васильевича, а третья, к величайшему сожалению, так и не была издана\*.

Вышедшие монографии мы до сих пор считаем примером для современников. Идея этих научных произведений и результаты просты и изящны. В Баренцевом и Белом морях обитает много общих видов. Белое море по сравнению с Баренцевым имеет много отрицательных черт — низкую соленость, ледовитость, отрицательную температуру на глубинах и т.д. Сравнение биологических черт здесь и там (скорость роста, время полового созревания, плодовитость, продолжительность жизни и др.) привело к выводу, что в Белом море преимущество имеют виды с коротким жизненным циклом. Отсюда и обоснованные рекомендации для хозяйствования. Напомним, все это было сформулировано до современных классических сходных выводов экологов. Кстати, нечто подобное происходит сейчас с Баренцевым морем, когда отрицательные черты дошли до него тоже. Очевидно также, что такого рода исследование ждут пары других морей: Азовское—Черное и Черное—Средиземное.

Причина коллективного неприятия Кузнецова большинством московских гидробиологов вполне объяснима. В 1947 и 1951 гг. Зенкевич опубликовал в двух томах книгу «Фауна и биологическая продуктивность моря» [6], на которую Кузнецов отреагировал нелицеприятной рецензией [7].

В отличие от Зенкевича, он считал, что биомасса не есть синоним продуктивности. Если вид

\* В 1960 г. заместитель директора ЗИН Б.Е.Быховский обращался к председателю Президиума Карельского филиала В.П.Дадькину с просьбой разъяснить причины задержки с опубликованием рукописей и предпринимаемых в связи с этим мерах [1].

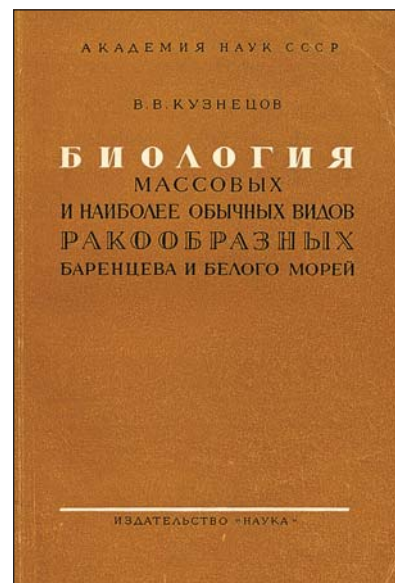
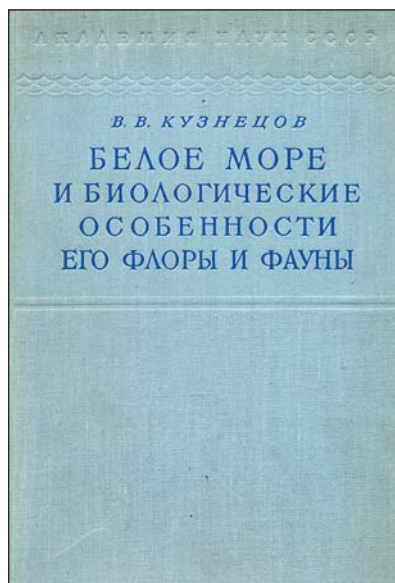
при небольшой биомассе размножается круглогодично, его годовая продуктивность может превысить продукцию вида с большой биомассой, размножающегося раз в год. По сути, Владимир Васильевич выступил предтечей нового направления продукционной гидробиологии. Но справедливая по существу рецензия в соответствии с духом времени и темпераментом жадно живущего фронтовика была написана с использованием грубой, официозной тогда лексики. У нас перед глазами два образа: порывистый и, может быть, грубоватый фронтовик-труженик и респектабельный глава столичной кафедры. Как было бы правильно, если бы второй простил первого.

Еще работая в Дальних Зеленцах и выезжая на Белое море для сравнительных исследований, Владимир Васильевич мечтал о создании современного круглогодичного стационара на Белом море. Формально Беломорская биологическая станция существовала с 1949 г., но имела лишь судно «Профессор Месяцев» и помещения в Петрозаводске. Парадокс — станция без стационара (оба слова от лат. *statio* — место). Предложение Карельского филиала АН, поддержанное Зоологическим институтом, о создании беломорского биологического стационара очень быстро было принято Президиумом АН СССР.

Руководство Карельского филиала обратилось в ЗИН с просьбой прикомандировать к филиалу Кузнецова на год для управления организацией и деятельностью станции. Владимир Васильевич согласился возглавить эту работу, но только «...если в задачу этого учреждения не будет входить решение прикладных вопросов рыбной промышленности» [1]. И это писал человек, который сам настойчиво «продвигал» в Министерстве рыбного хозяйства предложение о преимущественной добыче в Белом море рыб с коротким жизненным циклом (горбуши, например) именно потому, что таким был вывод его диссертации! Кузнецов, откомандированный с 18 июня 1957 г. в распоряжение Карельского филиала АН СССР, выбрал место для станции на мысе Картеш. Участник комиссии по выбору места для будущей биостанции член-корреспондент АН СССР Анатолий Николаевич Световидов рассказывал о мудром и хитром ходе Кузнецова, давно знавшего многие преимущества мыса Картеш — близость к большим глубинам, к нерестилищам сельди и семги, великое разнообразие биотопов, соседство с удобным озером и особая даже для Беломорья красота. Несколько дней судно с комиссией на борту хо-

дило вдоль Карельского берега Белого моря и как бы ненароком, когда все уже спали, пристало к заброшенному геологами причалу в закрытой со всех сторон Кривозерской бухте губы Чупа. Напротив был величественный скалистый мыс Картеш. Солнышко. Тишина. Только журчит текущая из близкого озера по деревянному лотку вода. Комиссия, очарованная, высыпала на палубу. Кузнецов молчал. А каждый член комиссии с этих минут был уверен, что именно он нашел место для станции.

Однако состояние здоровья не позволило Кузнецову с прежними силами выполнять свои обязанности руководителя станции, и он обратился в дирекцию ЗИНа с просьбой о восстановлении его с 1 января 1959 г. в должности старшего научного сотрудника института. О том, насколько ценили и уважали Владимира Васильевича как ученого и организатора и как его помощь была необходима, свидетельствует один факт. Уже после возвращения Кузнецова в Ленинград Председатель Президиума Карельского филиала Всеволод Сергеевич Слодкевич в марте 1959 г. просил директора ЗИНа «...выделить доктора биологических наук В.В.Кузнецова в качестве постоянного консультанта Беломорской биологической станции для оказания научной и организационной помощи последней» [1]. Владимиру Васильевичу была разрешена работа по совместительству на станции, и в июне—августе 1959 г. он выезжал на Картеш. В октябре Кузнецова избрали руководителем проблемы «Теоретические основы рационального использования и повышения промысловых богатств Белого моря и внутренних водоемов Карелии». Поскольку научные результаты Владимира Васильевича легли в основу общего направления исследований на станции, в январе 1960 г. Карельский филиал вновь просил руководство Зоологического института разрешить



Обложки книг В.В.Кузнецова.



Судно «Профессор Владимир Кузнецов».

Кузнецову участвовать в работах станции в летний период, научном консультировании и научном редактировании ее «Трудов».

Еще в начале научной деятельности у Владимира Васильевича проявился интерес к постоянным гидробиологическим наблюдениям. Организовать и систематически проводить их ежедневно ему удалось в 1940 и в начале 1941 гг. на литорали в районе Мурманской биологической станции. При этом параллельно велись метеорологические наблюдения и определялась температура грунта, водорослевого покрова, соленость и температура в литоральных ваннах и т.п. Результаты этих наблюдений были опубликованы в 1944 г. в журнале «Природа» [8]. 19 июля 1957 г. (т.е. через два дня после Постановления Президиума АН СССР о создании Беломорской биостанции на новом месте) неподалеку от Кривозерской бухты с борта судна «Профессор Месяцев» были взяты пробы планктона, собраны данные о температуре и химизме воды

на глубинах от 0 до 63 м. Это была первая декадная станция. С тех пор ежедекадный мониторинг (тогда еще этого слова у нас не знали) ведется 58-й год. Ясно, какую ценность имеют получаемые материалы для анализа многолетних изменений в море.

Не стало Владимира Васильевича 6 июля 1961 г., ему еще не исполнилось и 50 лет. Он похоронен на Казанском кладбище г.Пушкина. В память о своем первом директоре сотрудники станции соорудили из гранитных камней обелиск на острове Феттах у входа в Кривозерскую бухту. Верный спутник Владимира Васильевича его жена Татьяна Алексеевна в 1936—1954 гг. работала рядом с ним на Мурманской биологической станции.

После его ухода поступила на работу в ЗИН, в котором была младшим научным сотрудником и старшим лаборантом лаборатории морских исследований с 1961 по 1977 г.

Сегодня биостанция на мысе Картеш имеет очень солидный послужной список, о чем можно говорить отдельно. А коллектив биостанции чтит память своего первого директора — яркого ученого, труженика и борца. В зале заседаний висит его портрет, а главное станционное судно носит его имя — «Профессор Владимир Кузнецов».

Воспоминаниями о Владимире Васильевиче поделился П.В.Ушаков [3, с.136, 137]. Его же перу принадлежит краткая биография Кузнецова, предваряющая книгу «Биология массовых и наиболее обычных видов ракообразных Баренцева и Белого морей» [5]. Две небольшие биографические заметки издали авторы настоящей статьи [9, с.12—14; 10]. Серьезный анализ трудов Владимира Васильевича Кузнецова еще ждет своего исследователя. ■

## Литература

1. Архив Зоологического института РАН. Личное дело Кузнецова В.В.
2. Фокин С.И., Смирнов А.В., Лайус Ю.А. Морские биологические станции на Русском Севере (1881—1938). М., 2006.
3. Ушаков П.В. Из воспоминаний о прошлом // Тр. Зоологического института. 2002. Т.292: Отечественные зоологи. С.98—139.
4. Кузнецов В.В. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М.; Л., 1960.
5. Кузнецов В.В. Биология массовых и наиболее обычных видов ракообразных Баренцева и Белого морей. М.; Л., 1964.
6. Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря. Т.2: Моря СССР, их фауна и флора. М.; Л., 1947; Т.1: Мировой океан. М.; Л., 1951.
7. Кузнецов В.В. Против остатков формализма в биологии // Зоол. журн. 1953. Т.32. Вып.2. С.315—320.
8. Кузнецов В.В. Ежедневные гидробиологические наблюдения // Природа. 1944. №2. С.71—73.
9. Хлебович В.В. Картеш и около. М., 2007.
10. Смирнов А.В. Владимир Васильевич Кузнецов (1912—1961) // Экологические исследования беломорских организмов / Ред. В.Я.Бергер, А.Д.Наумов. СПб., 2007. С. 121—124.



# Новости науки

## Космические исследования

### Водные ресурсы Марса на карте

Российские ученые из Института космических исследований (ИКИ) РАН и Московского физико-технического института (МФТИ) А.Ю.Трохимовский, А.А.Федорова, О.И.Кораблев и А.В.Родин, работающие в кооперации с коллегами из французской Лаборатории атмосферных и космических исследований (Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales — LATMOS) и американского Центра космических полетов им.Годдарда (Goddard Space Flight Center — GSFC, NASA), провели анализ наблюдений за водяным паром в атмосфере Марса на протяжении пяти марсианских (10 земных) лет и составили карту его распределения на Красной планете. Это исследование расширяет наше представление о марсианском гидрологическом цикле — важнейшем климатическом механизме, который потенциально может поддерживать существование биологической активности на планете.

Столь обширный объем данных удалось собрать благодаря многофункциональному оптическому спектрометру SPICAM (Spectroscopy for Investigation of Characteristics of the Atmosphere of Mars). Первоначально прибор предназначался для российского зонда «Марс-96», который был потерян из-за аварии ракеты-носителя. Новая, существенно переработанная версия инструмента создана в рамках соглашения между Роскосмосом и Национальным центром космических исследований Франции (CNRS) для автоматической межпланетной станции Европейского космического агентства «Марс-Экспресс». Запущенная 2 июня 2003 г. с космодрома Байконур, она в конце декабря того же года вышла на околомарсианскую орбиту и приступила к своей задаче: сбору данных о планете и ее окрестностях.

В составе спектрометра SPICAM, созданного специалистами России, Бельгии и США, шесть научных приборов. Три из них разработаны и изготовлены в ИКИ РАН, в том числе спектрометр ближнего ИК-излучения, предназначенный для определения количества водяного пара в атмосфере Красной планеты. Прибор состоит из двух каналов, двух различных спектрометров: УФ-диапазона (118—320 нм) и ближнего ИК-диапазона

(1—1.7 мкм). Российский ИК-канал создан под руководством Кораблева с применением новой технологии: фильтрации излучения при помощи акустооптического перестраиваемого фильтра.

SPICAM проводит измерения на лимбе планеты: аппарат наблюдает за Солнцем, заходящим за горизонт Марса. Часть солнечного излучения в определенном диапазоне, проходя через атмосферу, поглощается ее компонентами, и по тому, волны какой длины отсутствуют в приходящем спектре, можно судить о наличии и количестве определенных веществ в атмосфере. Таким образом строят профили атмосферы — графики, отображающие количество вещества в зависимости от высоты.

За 10 земных лет наблюдений SPICAM смог изучить годовой цикл колебаний концентрации водяного пара в марсианской атмосфере, а также определить количество воды на Красной планете. Из-за низкого атмосферного давления и сильных морозов на Марсе нет открытых водоемов. Однако там существуют мощный слой вечной мерзлоты и большие запасы водяного льда, сосредоточенные в полярных шапках. Водяной пар есть также в атмосфере, хотя и в ничтожно малых по земным меркам количествах. Если весь его объем распределить по поверхности планеты, то толщина водяного слоя не превысит 10—20 мкм, тогда как для земной атмосферы это значение в тысячи раз больше. Содержание водяного пара в атмосфере, согласно полученным данным, достигает максимальных значений 60—70 мкм осажденной воды в северных широтах во время летнего сезона. Летний максимум в южном полушарии значительно ниже — около 20 мкм. Специалисты обнаружили также заметное — на 5—10 мкм — снижение концентрации водяного пара во время глобальной пылевой бури. Скорее всего, это связано с поглощением паров воды аэрозолями.

Картину сезонных колебаний концентрации водяного пара в атмосфере Марса ученые наблюдают давно, с конца 1970-х годов. Однако до сих пор эти исследования в основном базировались на математических моделях. Появление предельно экспериментальных данных, полученных в ходе миссии SPICAM, очевидно, должно повлечь за собой и более глобальные выводы о климате Красной планеты.

По сообщениям пресс-служб Роскосмоса, ИКИ РАН и МФТИ

**Астрофизика**

**«Радиоастрон» заглянул в центр нашей Галактики**

Астрофизики, работающие в международном космическом проекте «Радиоастрон», возглавляемом Россией, обнаружили структуры, которые связаны с процессами в сверхмассивной черной дыре в центре нашей Галактики. Результаты эксклюзивных наблюдений были опубликованы в научном журнале «Astrophysical Journal Letters».

Согласно современным представлениям, в центре галактик находятся сверхмассивные черные дыры — мощнейшие источники электромагнитного излучения, которые поглощают межзвездную пыль и газ, попутно разогревая их до миллионов градусов. Черная дыра нашей Галактики массой примерно 4.5 млн масс Солнца закрыта от Солнечной системы плотными облаками пыли и газа, поэтому о ее существовании можно догадываться только благодаря наблюдаемому рассеянному излучению. Современные радиотелескопы позволяют увидеть место ее нахождения в созвездии Стрельца в виде мутного пятна, получившего название «Радиосточник Sagittarius A\*» (Sgr A\*). Однако до сих пор ученым не удавалось сделать полный анализ этого объекта. Астрономы изучают его лишь на длинных волнах, которые не позволяют точно определить границы и другие детали Sgr A\*. Но с запуском в 2011 г. уникальной космической обсерватории «Радиоастрон» с 10-метровой рефлекторной антенной, образующей вместе с крупнейшими наземными радиотелескопами и станциями слежения систему, которая позволяет изучать структуры различных объектов Вселенной с разрешением до десятков микросекунд дуги (в миллионы раз лучше разрешения человеческого глаза), шансы разглядеть и исследовать Sgr A\* существенно увеличились.

Ученые Астрономического центра Физического института им.П.Н.Лебедева РАН Ю.Ю.Ковалев и В.А.Согласнов и их американские коллеги К.Гвинн из Университета Калифорнии и М.Джонсон из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики на основе результатов изучения пульсаров\* предсказали, что на длине волны 1.3 см «Радиоастрон» может увидеть неоднородности в пятне Sgr A\*. В среде, окружающей черную дыру, подсчитали они, неоднородности размером всего в 300 км могут создавать на газопылевом «экране» пятнышки размером около 1 миллионной доли угловой секунды.

В ходе первого из запланированной серии сеансов наблюдений, когда были соединены в один

комплекс система апертурного синтеза VLBA (Very Long Baseline Array) и 100-метровая антенна радиотелескопа Грин-Бэнк (США), ученым удалось подтвердить наличие таких точек, названных субструктурами. Об их существовании было известно с 1980-х годов, но обнаружили их только теперь. Правда, следы субструктур в изображении были очень слабыми. Во время следующего сеанса работы интерферометра «Радиоастрон» астрофизики предполагают получить изображение с большей детализацией и точнее определить границы Sgr A\*. Возможно, им удастся ответить и на другой вопрос, проливающий свет на тайны формирования нашей Галактики: затягивается ли в зоне эмиссии газ в черную дыру или, наоборот, выбрасывается? До сих пор ученые по-разному интерпретируют этот процесс.

По материалам Агентства научной информации «ФИАН-информ» <http://www.fian-inform.ru>

**Энергетика**

**Экономичные топливные элементы для автономных энергоустановок**

В последние годы в связи с обострением экологических проблем растет интерес к твердооксидным топливным элементам (ТОТЭ), служащим основой для создания компактных безопасных и экономически выгодных энергоустановок. ТОТЭ представляет собой электрохимическое устройство, преобразующее энергию реакции соединения водорода с кислородом напрямую в электричество, минуя малоэффективные для этой цели процессы горения. Поэтому у топливных элементов энергетический КПД значительно выше, чем у традиционных энергоустановок, и может достигать 60%.

Химические реакции в ТОТЭ, включающих газонепроницаемый слой керамического электролита, идут на пористых электродах (аноде и катоде). Водород, полученный из природного газа, биогаза и других источников, поступает на анод, где под действием электрохимических сил и температуры (около 800°C) диссоциирует на атомы водорода. Аналогичным образом O<sub>2</sub> диссоциирует на катоде до ионов O<sup>2-</sup>, присоединяя к себе электроны, возникающие при образовании воды на аноде и подводимые из внешней электрической цепи. Затем под действием градиента концентрации ионы кислорода O<sup>2-</sup> устремляются через электролит к аноду, где происходит их соединение с атомами водорода с образованием воды и электронов. Электроны поступают во внешнюю цепь, создавая электрический ток.

Таким образом, продуктами реакции оказываются тепло и водяной пар. Напряжение, возникающее при этом на единичном топливном элементе, обычно не превышает 1.1 В. Для его увеличения топливные ячейки соединяют последовательно

\* Smirnova T.V., Shishov V. I., Popov M.V. et al. RadioAstron studies of the nearby, turbulent interstellar plasma with the longest Space-Ground Interferometer baseline // Astrophys. J. 2014. Doi:10.1088/0004-637X/786/2/115

в батарее. Мощность батареи зависит от числа и площади составляющих ее топливных ячеек.

Воздействие ТОТЭ на окружающую среду минимально, и этим они привлекательны. Однако высокие рабочие температуры устройств (800—1000°C) порождают две основные проблемы. Во-первых, для выхода на такие параметры их приходится нагревать с небольшой скоростью (менее 300°C/ч) во избежание разрушения керамических элементов конструкции вследствие разницы коэффициентов термического расширения. Во-вторых, высокая температура приводит к окислению или коррозии большинства металлов, диффузии материалов электродов в электролит с образованием непроводящих соединений и возникновению механических напряжений. Поэтому для промышленного использования ТОТЭ необходимо улучшать долговечность конструкционных материалов и снижать их стоимость.

Самая перспективная конструкция топливной ячейки — пористая металлическая пластина (основа), на которую наносят тонкие слои катода, анода и электролита. Топливные элементы с несущей металлической основой обладают лучшей механической прочностью, термической стойкостью, они дешевле в изготовлении. Специалисты Института сильноточной электроники СО РАН с коллегами из отдела структурной макрокинетики Томского научного центра СО РАН предложили использовать в качестве основы интерметаллид Ni<sub>3</sub>Al — материал, обладающий сходным с другими слоями топливного элемента коэффициентом термического расширения, низкой скоростью окисления при высоких температурах и относительно небольшой ценой.

Ноу-хау разработки состоит в способе изготовления пористых Ni<sub>3</sub>Al-подложек методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)\*. Порошки Ni и Al нагревают до температуры, при которой начинается химическая реакция, сопровождающаяся саморазогревом смеси. Особенность данного способа заключается в том, что иницирование реакции идет не с поверхности, а осуществляется за счет прогрева всего реагирующего вещества. Метод СВС имеет значительные преимущества по сравнению с традиционно используемой в таких случаях порошковой металлургией, так как позволяет формировать интерметаллические подложки с пористостью 40—50% и размером пор от 3 до 10 мкм. Они обладают хорошей газопроницаемостью, что обеспечивает беспрепятственный доступ газов-реагентов к пористым электродам ТОТЭ.

Кроме того, методом СВС можно изготавливать структуры «металлическая основа — Ni/YSZ анод».

На спрессованную из порошков Ni и Al подложку наносят толщиной 30—40 мкм слой анодной пасты, состоящей из NiO и ZrO<sub>2</sub>:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (диоксида циркония, стабилизированного иттрием — YSZ) в равных пропорциях. После этого проводят СВС-синтез. Процесс формирования анодного слоя происходит в инертной (аргоновой) атмосфере. Это исключает появление оксидного непроводящего слоя между анодом и металлической основой.

Полученная в итоге двухслойная структура имеет гладкую поверхность размером пор менее 1—2 мкм, что позволяет формировать на ней методом магнетронного распыления газонепроницаемую пленку YSZ-электролита толщиной 3—5 мкм с характеристиками, соответствующими требованиям массового крупносерийного производства.

Топливные ячейки с несущей Ni—Al-пластиной не уступают лучшим мировым аналогам. Изготовленные из них батареи ТОТЭ можно использовать в энергоустановках малой мощности (0.7—2 кВт). Имеющие высокий КПД и скромные размеры (не больше домашнего бойлера), они способны работать на любом углеводородном топливе (на природном газе, биогазе, жидком топливе), обеспечивая электроэнергией и теплом поселки, отдаленные районы, фермы, коттеджи, больницы, супермаркеты и т.д. До конца 2015 г. сотрудники Института сильноточной электроники СО РАН совместно с коллегами из Томского политехнического университета намерены изготовить ряд батарей ТОТЭ мощностью несколько киловатт для энергоустановок одной из российских газовых компаний. Газопроводы часто прокладывают по нежилой местности, где нет линий электропередачи. Для питания таких инженерных сооружений нужны системы, позволяющие преобразовывать часть трубного газа в электроэнергию.

© Соловьев А.А.,

кандидат технических наук

Институт сильноточной

электроники СО РАН

г. Томск

## Палеоантропология

### Антропологические открытия на Алтае

На Алтае, расположенном на границе Северной и Центральной Азии, сосредоточены археологические комплексы, характеризующие древнейшую историю огромного пространства от Урала до Тихого океана и от Монголии до Северного Ледовитого океана. Наиболее интересные результаты археологи получили на северо-западе края в ходе междисциплинарного изучения палеолитических памятников долины верхнего течения р.Ануй. В этом районе исследованы многослойные объекты нижнего, среднего и верхнего плейстоцена, соответствующие развитию культуры первобытного

\* Соловьев А. А., Сочугов Н. С., Ионов И. В. и др. Синтез и исследование пористых Ni—Al-подложек для твердооксидных топливных элементов // Перспективные материалы. 2013. №4. С.31—38.



человека и окружающей природной среды от ранней до заключительной стадии палеолита. На стоянке Карам в отложениях возрастом 600—800 тыс. лет обнаружены древнейшие в Северной Азии орудия раннепалеолитического человека, характерные для так называемой олдувайской культуры. В Денисовой пещере прослежено развитие палеолитических культурных традиций в течение как минимум 280 тыс. лет и автохтонное становление культуры верхнего палеолита в хронологическом интервале 50—40 тыс. лет назад без заметных признаков внешних влияний. При этом наборы каменных и костяных орудий, а также предметы символической деятельности из кости и поделочного камня свидетельствуют о достаточно высоком уровне материальной и духовной культуры обитателей Алтая в начале верхнего палеолита. Кроме того, новейшие антропологические открытия здесь связаны с основными проблемами формирования человека современного физического облика.

Изучение находок из культурного слоя ранней стадии верхнего палеолита в Денисовой пещере уже много лет ведут специалисты Института археологии и этнографии СО РАН (г.Новосибирск) под руководством академика А.П.Деревянко и доктора исторических наук М.В.Шуныкова. Долгое время раскопки не давали антропологического материала. Наконец в 2008 г. в 11-м слое — там, где обнаружили фрагмент браслета и другие верхнепалеолитические изделия, — была найдена ногтевая фаланга человека, предположительно девочки 5—8 лет. Анализ этого материала сибирские ученые проводили в кооперации с коллегами из Института эволюционной антропологии Макса Планка (г.Лейпциг, Германия) под руководством профессора С.Паабо. Расшифровка сначала митохондриальной, а затем и ядерной ДНК из костных образцов показала, что они принадлежат ранее неизвестному науке ископаемому гоминину (*Homininae*), который по месту обнаружения антропологических останков назвали человеком алтайским, или денисовцем\*. Анализ секвенированного генома представителей новой группы древних гоминин убедительно подтверждал их сестринскую близость неандертальцам, т.е. сначала ветвь их предков отделилась от общего с человеком современного физического вида эволюционного ствола, а потом произошло и их разделение.

Популяция денисовцев, утверждают А.П.Деревянко и М.В.Шуныков, существовала в северо-западной части Алтая вместе с восточной группой неандертальцев, установленной по данным палео-

генетического анализа останков ископаемого человека сначала из пещер Окладникова и Чагырской, а затем из Денисовой пещеры. Иными словами, 50—40 тыс. лет назад на этой территории обитали две разные группы первобытных людей. При этом неандертальцы пришли на Алтай, скорее всего, из западных районов Центральной Азии, а корни культуры, носителями которой были денисовцы, прослеживаются в древнейших горизонтах Денисовой пещеры. Способы и приемы жизнедеятельности денисовцев не уступали, а в некоторых аспектах превосходили поведенческие характеристики человека современного физического облика, жившего в одно и то же время с ними на других территориях.

Новейшие палеогенетические данные показали также, что от 1.5 до 2.1% генома современного человека «принадлежит» неандертальцам. Это свидетельствует, как полагают авторы, о возможном скрещивании двух видов на определенном эволюционном этапе. Что касается денисовцев, то 3—6% их генома несут современные жители Южного полушария: коренное население Австралии, островов Меланезии и Филиппин. Таким образом, делают вывод сибирские специалисты по палеолиту, и неандертальцы, и денисовцы получили право войти в число наших предков. Эти открытия позволяют говорить о новой модели становления человека современного физического облика в противовес теории моноцентризма, согласно которой единственным очагом формирования современного человека была Восточная Африка, откуда потом и произошло его расселение по территории Евразии.

Новая версия полицентризма, или мультирегиональной эволюции человека\*\*, основана прежде всего на данных археологии — если бы коренное население везде замещалось человеком разумным, пришедшим из Африки, то и культурные проявления ранней стадии верхнего палеолита должны были быть достаточно однородными на территории всей первобытной ойкумены. Однако археологические материалы свидетельствуют, что это далеко не так: каменные индустрии начальной поры верхнего палеолита в Африке, в западной части Евразии, на юге Сибири и на востоке Азии принципиальным образом отличаются друг от друга, что подразумевает культурную и, следовательно, генетическую непрерывность у первобытного населения в каждом из этих регионов.

Труды IV (XX) Всероссийского археологического съезда в Казани 2014. Т.1. С.5—7.

\* Krause J, Fu Q, Good J, et al. The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia // Nature. 2010. V.464. №7290. P.894—897.

\*\* Деревянко А.П., Шуныков М.В. Новая модель формирования человека современного физического вида // Вестник РАН. 2012. Т.82. №3. С.202—212.

# Освоение Сибири: природа и люди

К.Г.Михайлов,

кандидат биологических наук

Зоологический музей Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова

**Б**ольшая обзорная книга по истории Сибири давно необходима. Автор, биолог по образованию и первой профессии, выросший и проработавший много лет в Магадане, написал книгу по истории покорения сибирских регионов. С природой и животным миром азиатской части России читатель сталкивается буквально на каждой странице книги. Особую прелесть изданию придают иллюстрации Николая Фомина, созданные специально для книги; жаль, что не все они вошли в печатную версию. Почти на каждом рисунке можно увидеть какого-либо представителя сибирской фауны: сову-сипуху, ворона, кабаргу, соболя, амурского тигра, гнуса, красную рыбу, идущую на нерест...

Под термином «Сибирь» автор понимает всю зауральскую территорию современной России, вплоть до побережья Тихого океана, включая Северо-Восток с Чукоткой и Камчаткой, но без юга Дальнего Востока. Временные рамки исследования ограничены XVI — началом XVIII в., т.е. до установления стабильной царской администрации в каждом регионе. История распространения русских на юго-восток, по Амуру и за Амур, заканчивается Нерчинским договором 1689 г. между Россией и цинским Китаем. Русская Америка и Приморье не вошли в данное исследование.

В небольшой вводной части автор дает (единственный раз!) общую оценку покорения рус-

скими Сибири, считая это положительным фактором, прекратившим войну «всех племен против всех», не говоря уже о технологической и культурной экспансии. Книга написана в традиционном ключе, без идеологических прикрас советской истории; привлечены интересные новые материалы; в каких-то мелочах возможны ошибки, которые практически неизбежны при такой обширности охвата и обобщения.

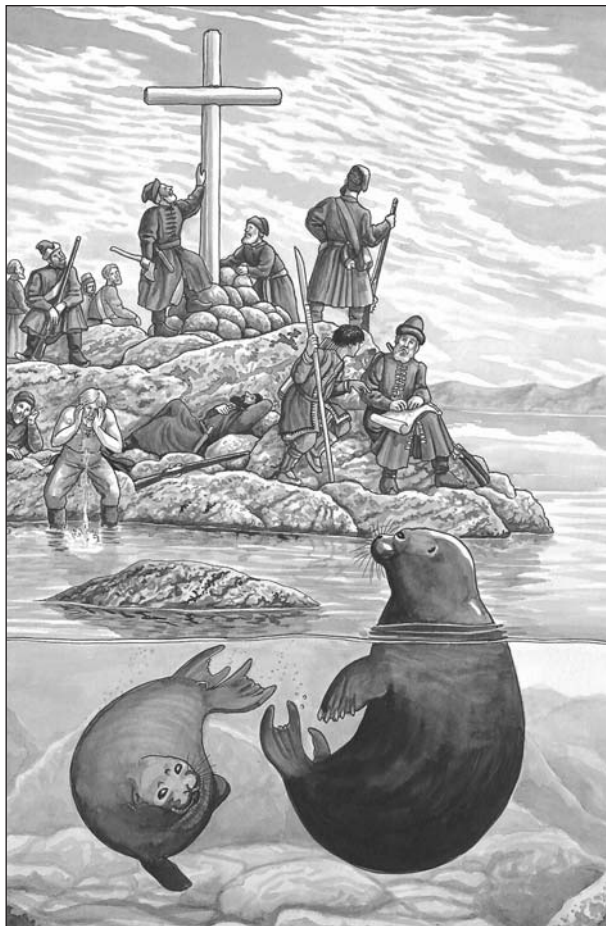
Композиционно книга состоит из двух больших разделов: «История с географией» (хронология покорения регионов Сибири) и «Пути, города и люди» (биографические очерки первопроходцев и местных лидеров, транспорт, вооружение, строение крепостей, положение женщин и многое другое). В первом разделе присутствуют также три «интермедии» (скорее, справочно-информационного свойства): «Боярские дети и остальные», «Институт аманатов» и «Сибирское управление».

В начале первого раздела представлена геополитическая картина расширения территории России. Главный фактор, сделавший восточное направление приоритетным, — это отсутствие там мощного противодействия со стороны сложившихся государственных образований. Первыми этапами расширения стало постепенное покорение огромной территории Западной Сибири, вплоть до основания знаменитой Мангазеи на восточном краю региона, практически в тундровой зоне. После периода недолгого расцвета в самом на-



**М.А.Кречмар.** СИБИРСКАЯ КНИГА. ИСТОРИЯ ПОКОРЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ И НАРОДОВ СИБИРСКИХ.

М.: ИД «Бухгалтерия и банки», 2014. 413 с.



Здесь и далее фронтисписы к главам (иллюстрации Н.Фомина) из рецензируемой книги.

начале XVII в. город зачах: небогатая приполярная природа не могла прокормить большое население. Из-за транспортной отдаленности даже подвоз хлеба (зерна, муки) в Мангазею случался не каждый год. Рубеж XVI—XVII вв. стал началом похолодания, названного «малым ледниковым периодом». Проливы в Северном Ледовитом океане все чаще забивали ледовые торосы. Плавание по океану, самое простое для доставки грузов в город в теплую эпоху, было запрещено царскими указами в первой трети XVII в., перекрыты также и некоторые сухопутные направления. А главного «золота» Сибири — соболиного меха — окружающее население, отдав одно-разово многолетние запасы, далее почти не предоставляло. Довершили дело распри между мангазейскими воеводами, дохо-

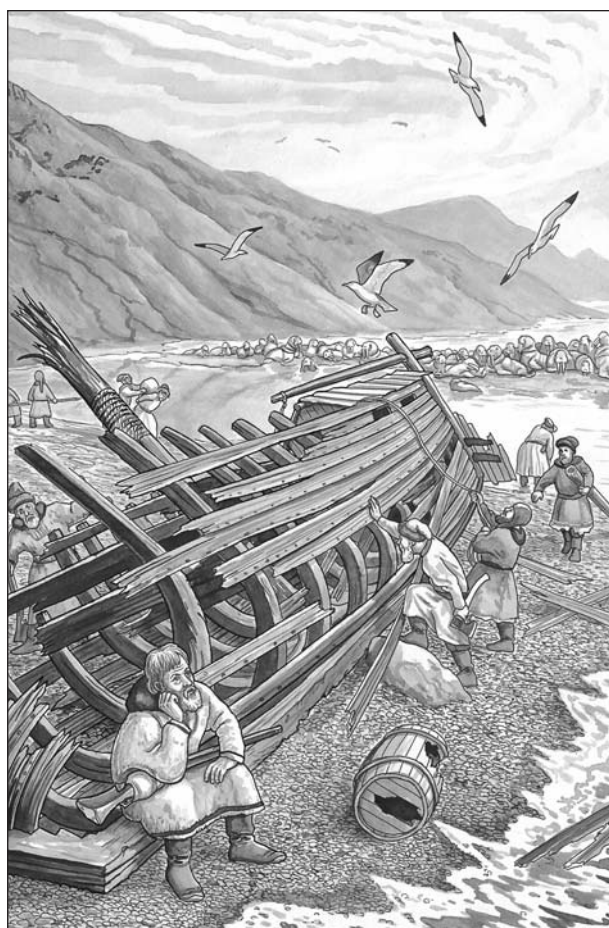
дившие до регулярной осады города и стрельбы из пушек, а также большой пожар 1642 г.

Далее освоенная территория придвинулась к «стране тунгусов» (автор везде использует наименования народностей, принятые в XVII—XVIII вв.) и захватила енисейские территории. В борьбе с воинственными тунгусами был применен эффективный институт «аманатов» — заложников, который далее использовали во многих регионах Восточной Сибири и, как добавляет автор вскользь, отменили только в конце «просвещенного» XVIII века. Юг енисейской Сибири — «страна киргизов» — также был освоен русскими. Местное население, однако, сопротивлялось довольно долго, вплоть до конца XVII в., осуществляя набеги на Красноярск и его окрестности. Чуть позже

все «киргизы» были переселены джунгарами — одним из влиятельных, наряду с маньчжурами и монголами, народов Азии того времени — в южные районы их ханства, и плодородная территория Минусинской котловины практически опустела, тем самым оставшись за русскими.

Сильное сопротивление русским оказали и буряты, населявшие в те времена Прибайкальский регион. На руку бурятам сыграли и внутренние свары между русскими, которые безуспешно надеялись разыскать в регионе золотые и серебряные месторождения. Но в конечном итоге, уже в середине XVII в., коренные народы из окрестностей Братского острога переместились далеко на юг, «к монголам», и земля опять опустела... Возвращение бурят в Забайкалье произошло уже в более поздние времена.





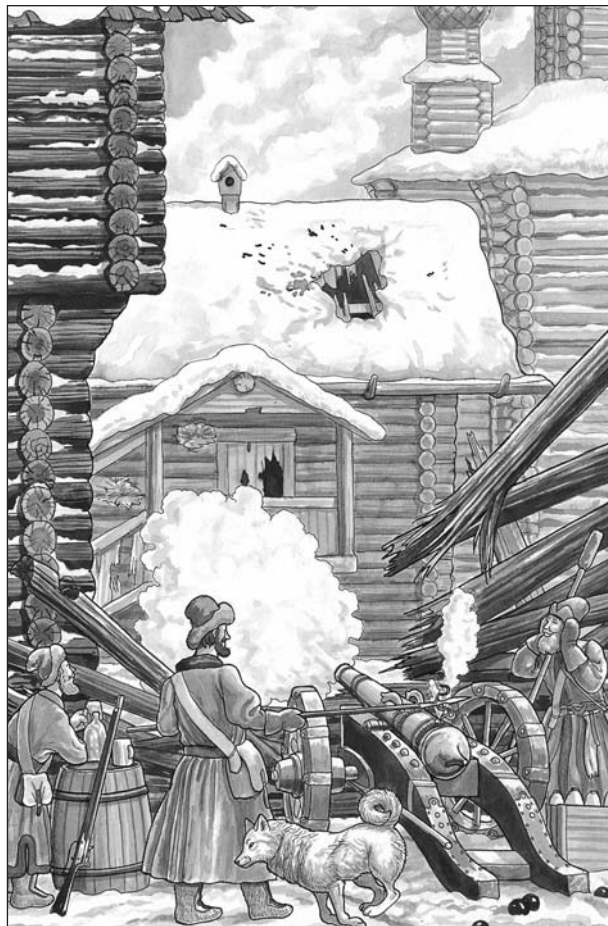
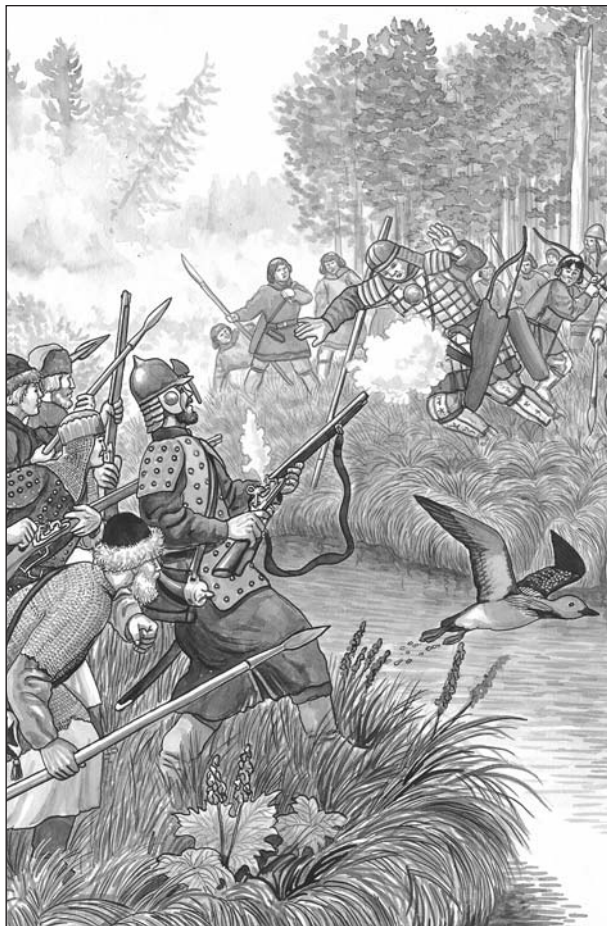
Еще один вектор движения — в сторону Лены — через «страну тунгусов» в «страну якутов»; при этом якуты сами лишь недавно освоили новый для себя регион поймы р.Лены и ее крупных притоков. Якуты были покорены довольно быстро, уже к 1642 г., и в дальнейшем во всем поддерживали русских. Дальнейшее продвижение на восток шло через земли тунгусов (или эвенков — охотников, мало практиковавших оленеводство) и ламутов (или эвенов — преимущественно оленеводов), проживавших в гористых районах правобережья Лены. Сражения на побережье Охотского моря с многочисленными немирными ламутами продолжались вплоть до 1680-х годов.

Следующее направление — северо-восточное — в тундру, в район Колымы, в земли «ламутов и юкагиров», привело к со-

прикосновению с чукчами, коряками и обитателями Камчатки. В этом регионе общее замирение произошло уже в XVIII в., но с воинственными чукчами удалось окончательно договориться ближе к XIX в., регулярно выделяя им подарки из казны в обмен на плохо выделанные оленьи шкуры. Особо кровопролитные действия происходили на Камчатке, в результате чего местное население там к середине XVII в. сократилось, по мнению Г.Стеллера, чуть ли не в 30 раз! Освоение Забайкалья (Даурии) и Приамурья привело к столкновениям с войсками маньчжурской династии Цин. Русский город Албазин, заложенный на правом берегу Амура, по условиям Нерчинского договора пришлось разрушить. Другие русские поселения были перенесены на левый берег великой реки.

На этом заканчивается первый раздел книги. То, что изложено выше — скучно и конспективно, рассказано в книге подробно, с множеством потрясающих деталей. Тут и переписка, и взаимные кляузы, и царские указы, и свидетельства «главного историка» Сибири — Г.Ф. Миллера.

Второй раздел не менее интересен. Главный денежный эквивалент Сибири, так привлекавший торговых и государевых людей, — это соболиные шкурки, меха. Немаловажно, что область распространения (ареал) соболя почти целиком ограничен территорией России. Именно в места его обитания устремлялись в первую очередь первопроходцы, и эти территории становились российскими. Только в редких случаях «соболям» (как меры стоимости и средства платежа и обращения) нашли эквивалентную замену в моржовых



кляках и мехе других, менее ценных животных. Забавно, что за пределами Московского царства скоропортящиеся меха вовсе не были ликвидным товаром; в России же отношение к ним стало более скептическим только со времени «царя-технократа» Петра I.

В начале главы «Странники-завоеватели» автор пытается провести что-то вроде социологического анализа. Основное ядро землепроходцев составляли казаки — разноплеменная группировка лиц мужского пола, покинувших свои земли из-за неладов с законом и проживавших на полунечейных территориях, куда не распространялась власть соседних сильных государств. В промежутках между военными действиями (на службе у любой из противоборствующих сторон, лишь бы платили) казаки жили разбоем. Служилое население

Сибири складывалось далее из военных, переселявшихся из Европейской России, крестьян, казаков, разноплеменных татар, иностранцев (поляков, литвы, даже немцев). Личная прибыль была доминирующим мотивом первопроходца, равно как и простое человеческое любопытство, но была и государственная поддержка. А без хлеба и оружия, поставляемых из центральной части страны, сибирская Россия существовать тогда не могла, зависимость была велика. Поэтому и не отмечены среди сибирской казацкой вольницы случаи самозванства и очень немногочисленны прямые выступления против государственной власти, хотя примеров всяческих безобразий и распущенности немало, их описания рассыпаны буквально по всей книге. С другой стороны, несомненно присутствовало стремление оторваться от на-

чальства и погулять, «пошалить» в свое удовольствие... Далее в той же главе приведены краткие биографии первопроходцев.

Отдельная, более краткая глава посвящена местным вождям сопротивления: татарскому хану Кучуму, «киргизу» Еренаку, «князю» Гантимуру и др. Тяжелый осадок оставляет чтение следующей главы — «Женщины Присоединения». Случаи захвата в рабство женщин и девушек из местного населения были почти нормой в течение всего XVII в. Далекая московская власть боролась с этим, предписывая воеводам следить, чтобы их люди не владели «ясырем» (т.е. рабами из инородцев). Крещеных «ясырок» полагалось выдавать замуж, некрещеных — отправлять назад, к родичам.

Глава «Вооружение и тактика сторон» выдает большие познания автора в этой области. Разо-



браны типы луков, ножей, варианты огнестрельного оружия. Обсуждаются причины русских побед, и главная из них — большая опытность и смекаливость завоевателей. Да и в отношении роста и телосложения преимущество оставалось обычно за русскими. Отдельные, очень интересные главы посвящены транспорту и снабжению, городам и крепостям.

Но одним из главных врагов русского завоевателя был... другой русский завоеватель, и этому противостоянию посвящена подробнейшая глава «Между своими», одна из важнейших в книге. Трудно пересказать множество красочных эпизодов, поэтому я адресую заинтересованного читателя к оригинальному авторскому тексту. Главу завершают краткое приложение (заметки Г.Стеллера о безобразном поведении казаков на Камчатке) и список литературы.

Автор сравнивает покорение Сибири с завоеванием Северной

Америки. Сопrotивление народов у нас было менее ожесточенным, чем отпор американских индейцев. Первопроходцы Сибири не обогатились, в отличие от испанских завоевателей Нового Света. Там и там покорение новых областей производили не большие армии, но малые отряды, обычно численностью в несколько десятков солдат, стрельцов или лучников. Интересно, что во многих случаях «торговые, промышленные люди» (добытчики соболя, в первую очередь) проникали в новые, неизведанные области на 10—20 лет раньше государевых людей-первопроходцев, но никаких записей эти первые не вели и ясак (натуральный налог) не собирали. Посему письменные свидетельства о ранних путешественниках практически отсутствуют, и в большинстве случаев исследователю приходится довольствоваться легендами.

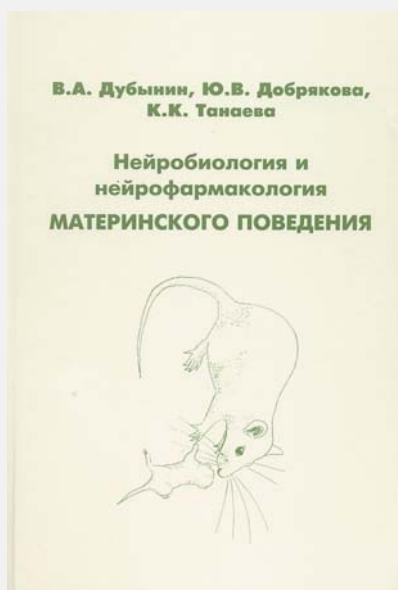
Книга написана хорошим современным языком с приведе-

нием множества цитат из старинных книг и летописей. Иногда буквально невозможно оторваться от увлекательного чтения. Помимо иллюстраций Фомина книга снабжена также и несколькими художественно оформленными картами с указанием годов основания русских крепостей-поселений. Хотелось бы меньшего количества опечаток, но это претензия почти к любому современному изданию; институт корректоров практически перестал существовать. Печально, что отсутствует именной указатель.

Издана книга неплохим тиражом в 3100 экземпляров, но в магазинах ее нет. Только очень заинтересованные, упрямые читатели могут раздобыть это издание (и ряд других интересных книг) в редакции «Русского охотничьего журнала», где ныне работает автор. А ведь на самом деле «Сибирская книга» задумана как широкодоступный обзор-справочник...■

### Физиология. Медицина

**В.А.Дубынин, Ю.В.Добрякова, К.К.Танаева.** НЕЙРОБИОЛОГИЯ И НЕЙРОФАРМАКОЛОГИЯ МАТЕРИНСКОГО ПОВЕДЕНИЯ. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 191 с.



При очевидной общебиологической и социальной значимости, как ни странно, особенности материнского поведения изучаются существенно меньше, чем такие проблемы, как тревожность, депрессивность или способность к обучению. Самый распространенный способ изучения материнской мотивации у грызунов — наблюдение в условиях клеточного содержания. Авторы использовали оригинальный метод оценки поведения крыс с использованием арены открытого поля. Нейроанатомические и нейромедиаторные основы материнского поведения и мотивации показаны на основе как собственных, так и литературных данных. Особое внимание уделено вкладу дофаминергической и опиоидной систем мозга. Дан анализ различных экспериментально вызванных нарушений материнского поведения, в том числе развития состояния послеродовой депрессии. Рассмотрены фармакологические постнатальные модели послеродовой депрессии, а также модель пренатального нейротоксического воздействия вальпроевой кислоты. Проведенные эксперименты открывают возможности для отработки потенциальных способов коррекции и терапии этого заболевания.



**Геофизика. Океанология**

**В.Н.Малинин.** УРОВЕНЬ ОКЕАНА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ. СПб: РГГМУ, 2012. 260 с.

Уровень Мирового океана — важнейший индикатор глобального климата. Изменения его определяют как многие гидродинамические процессы в самом океане, так и характер взаимодействия океана с атмосферой. В течение XX в. уровень Мирового океана рос со скоростью примерно 1.7–1.8 мм/год, в последние два десятилетия скорость возросла до 3.2 мм/год. К концу столетия ожидается затопление территорий, где сегодня проживает примерно 130 млн человек. Монография отражает современное состояние изученности и предлагает варианты решения такой фундаментальной проблемы, как выявление закономерностей межгодовых колебаний уровня Мирового океана в условиях глобального изменения климата. В книге дан сравнительный анализ вкладов уровнеобразующих факторов в подобные изменения уровня океана. Определяющее значение имеют гидрометеорологические факторы (эвстатические колебания, возникающие за счет пресноводного баланса, и стерические, обусловленные изменениями плотности морской воды). Автором проведены расчеты за различные многолетние периоды всех компонент пресноводного баланса океана, которые не учтены в подходе Межправительственной группы экспертов по изменениям климата. Предложен комплекс методов прогноза глобального уровня: на длительную перспективу (столетия), на ближайшую перспективу (несколько десятилетий) и на текущий период (несколько лет).

**Организация науки**

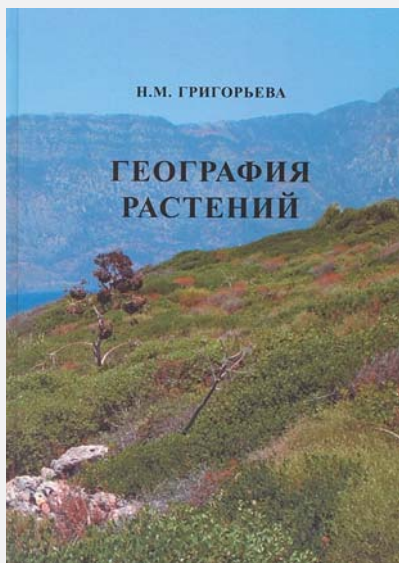
**П.П.Федоров.** АРХАИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА. 2-е изд. М.: Книжный дом «Либроком», 2015. 176 с.



Архаическое мышление широчайшим образом распространено среди людей. Оно предшествовало возникновению научного метода мышления, стало его источником, а сегодня — в обыденном сознании — продолжает мирно или немирно сосуществовать с наукой. Основу цивилизации составляют открытия и изобретения, сделанные в архаический период. Каковы особенности архаического мышления? Оно не знает логики, в том числе закона исключения третьего, не чурается и не замечает противоречий, нет и самого понятия «противоречие». Это образное (правополушарное) мышление. Дикарь вместо механизмов ищет организмы, он не знает сведения сложного к простому — ему вообще не известны эти категории. Единство мира воспринимается непосредственно, а все явления — взаимосвязанно. В книге проанализированы особенности этого метода мышления (в том числе на примерах творчества Джордано Бруно, Леонардо да Винчи и др.), показаны возможности и продуктивность использования некоторых его черт. Автор книги — химик-технолог по образованию, профессор кристаллографии и физики кристаллов, заведующий лабораторией Института общей физики им.А.М.Прохорова РАН — анализирует особенности этого метода мышления, показывает его возможности и продуктивность использования некоторых его черт для научного познания.

**Ботаника. Биогеография**

**Н.М. Григорьева.** ГЕОГРАФИЯ РАСТЕНИЙ. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 400 с.



Пособие для студентов биологических и географических факультетов основано на цикле лекций, прочитанных автором в Московском педагогическом государственном университете. Рассмотрены общие вопросы и отдельные проблемы ботанической географии: учение об ареалах, флоре и флористических царствах, о ботанических зонах. В разделе «География растений» содержатся данные о современном распространении растений и их ископаемых остатков, обсуждаются принципы классификации, рассмотрены вопросы эндемизма и прерывистости ареалов с точки зрения истории развития континентов. Здесь же затронуты теоретические вопросы становления флоры Земли. При описании флористических царств приведены данные о родине полезных растений. В разделе «География растительности» рассмотрены вопросы зависимости растительных зон и биологических особенностей растений от свойств климата. Особое внимание уделено растениям, которые важны для сельского хозяйства и промышленности: дана информация об их лекарственной, пищевой или технической ценности и области применения, об истории открытия; приведен перечень стран-производителей и стран-экспортеров таких растений и полученных из них продуктов.

**Ботаника. Зоология. История науки**

**И.В. Гёте.** НАУЧНЫЕ СОЧИНЕНИЯ: В 3 Т. С ПРИЛОЖЕНИЕМ БИОГРАФИЧЕСКОГО И ФИЛОСОФСКОГО ВВЕДЕНИЯ Р.ШТЕЙНЕРА. Т.1: ОБРАЗОВАНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СУЩЕСТВ (МОРФОЛОГИЯ). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 696 с.

Издание раскрывает читателю малоизвестные стороны гения Гёте. Автор «Фауста» предстает перед нами как ученый и мыслитель. В первый том собрания сочинений вошли трактаты, статьи и черновые наброски, посвященные различным вопросам ботаники, зоологии и отчасти анатомии человека. В этих работах морфология растений и животных возведена на уровень теоретической науки, именно они заложили основы учения об архетипе и представлений об организме.

Читатель впервые получает возможность познакомиться с корпусом переводов работ ученого, подготовленных в 1930-х годах под руководством академика В.И.Вернадского. В книгу также включены работы, публиковавшиеся на русском языке ранее, и переводы, выполненные заново специально для настоящего издания.

В приложении помещены статьи немецкого философа и ученого, основоположника антропософии Р.Штейнера (1861—1925), обосновавшего гётевский тип естествознания, методы феноменологии Гёте и его научно-исследовательскую программу. Том сопровождает основательный справочный аппарат: только примечания составляют почти 150 страниц, а есть еще и перечень публикаций в журнале «О естествознании вообще, преимущественно о морфологии» (где Гёте следил за набором и держал корректуру), а также указатели — именной и терминологической. Многие материалы тома на русском языке изданы впервые.



# Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

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**

Выпускающий редактор

**Л.П.БЕЛЯНОВА**

Литературный редактор

**Е.Е.ЖУКОВА**

Художественный редактор

**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией

**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Перевод:

**С.В.ЧУДОВ**

Корректоры:

**М.В.КУТКИНА**

**Л.М.ФЕДОРОВА**

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 16.04.2015  
Формат 60×88 1/8  
Бумага офсетная. Офсетная печать  
Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2  
Тираж 416 экз.  
Заказ 163  
Цена свободная  
Набрано и сверстано в редакции

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

[www.ras.ru/publishing/nature.aspx](http://www.ras.ru/publishing/nature.aspx)

При использовании материалов ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.