

ПРИРОДА

3 05



В НОМЕРЕ:**3 Филатов Ф.П.**
Вирусная безопасность переливания крови

Реальную опасность при переливаниях крови представляют, главным образом, инфекции, протекающие бессимптомно и сопровождающиеся вирусосоносительством. Именно поэтому очень важно знать такого «врага» в лицо и уметь вовремя его распознать.

9 Берштейн Л.М.
Эндокринная функция жировой ткани, или Как Вас теперь называть, мистер Ж..?

Одновременное наступление эры трех эпидемий: неинфекционной, инфекционно-вирусной и «поведенческой» ставит изучение эндокринологии жировой ткани в центр той площадки, где пересекаются интересы медицины и биологии современного человека.

15 Решетников В.П.
Эти странные галактики с полярными кольцами

Обычно галактики выглядят плоскими, так как их звезды и межзвездная среда вращаются в одной плоскости. Но встречаются и такие, в которых вращение компонентов происходит относительно двух осей.

23 Новицкая Л.Л., Кушнир Ф.В.
Узорчатая древесина карельской березы

Развитию этой красивой и ценной, но все же аномальной древесины, оказывается, способствует избыток сахарозы, а не фитогормоны, как считалось ранее.

Научные сообщения**30 Сурдин В.Г.**
Космическое послание в «бутылке»?**Лекторий****34 Карпов В.Л.**
От чего зависит судьба гена

Почему в печени, например, работают одни гены, а в почках другие, хотя генетическая информация в этих тканях одинакова? За счет чего гены могут включаться и выключаться? Некоторые ответы уже есть, но многое еще предстоит выяснить.

43 Калейдоскоп

Древнейшие бусы и серьги из Южной Африки (43). «Растителный» карантин в США (43). Андский кот пойман (44). Таксономия трупной лилии (44). Секрет скрипок из Кремоны (44). Гигантская черепаха из Ханоя (44).

45 Рогожин Е.А.
Землетрясение в Иране**47 Никонов А.А.**
По следам Калининградского землетрясения**54 Чарлиер Р.**
От богатства к упадку и вновь к процветанию, или История залива Зуин и портов Брюгге

Судьба бельгийского города Брюгге в средние века висела «на волоске» нерукотворного канала Зуин, который стал несудоходным. Получивший в прошлом веке новый выход к морю город восстановил утраченные позиции не только как туристический центр и курорт, но и как современный порт.

Заметки и наблюдения**63 Булавинцев В.И.**
Степь да степь... кругом ли?**66 МУЖЕСТВО И ЖЕНСТВЕННОСТЬ З.С.НИКОРО**
Никоро З.С.
Из жизни Центральной генетической станции (67)**Голубовский М.Д.****Светозарность (74)****78 Памяти Бориса Исааковича Силкина****79 Новости науки**

Нужен ли человек в космосе? (79). Проблема темной материи не стала ясней (79). В поисках далекой жизни (80). Сверхпроводящий алмаз (81). Нижний Новгород на пороге терагерцового лазера (81). Транзистор-невидимка (81). Чтения памяти Б.Л.Астаурова. **Озернюк Н.Д.** (82). Состав пигментов цианобактерий и планктонный парадокс. **Гиляров А.М.** (82). Океанические водоросли жаждут железа (83). Величайшее гидростроительство требует величайшей осторожности (83). Климат Европы и субполярный гир (84). Арктические льды распадаются (84). Вид ящериц, съеденных на островах Тонга. **Семенов Д.В.** (85). **Коротко (33)**

Рецензии**86 Зеленин А.В.**
Четыре жизни, прожитые одним человеком**90 Новые книги****92 Смирнов А.В.**
Друзья называли его «Гри-Гри»

CONTENTS:

3 **Filatov F.P.** **Viral Safety of Blood Transfusion**

The real danger of blood transfusion comes mainly from asymptomatic infections associated with virus persistence. Consequently, it is of prime importance to know this enemy and be able to recognize it in time.

9 **Bershtein L.M.** **Endocrine Function of Fat Tissue, or How to Call You Now, Mr. Fat?**

Simultaneous advent of three epidemics – non-infectious, viral-infectious and «behavioral» places investigation of fat tissue endocrinology at the center of intersection of medicine and modern human biology.

15 **Reshetnikov V.P.** **These Strange Galaxies with Polar Rings**

Galaxies usually look flat because their stars and interstellar medium rotate in the same plane. But there are also those in which rotation of these components take place around two different axes.

23 **Novitzkaya L.L., Kushnir F.V.** **Patterned Wood of Karelian Birch**

It turned out that development of this beautiful and precious, but still anomalous wood is promoted by excess of sucrose rather than by phytohormones as was believed earlier.

Scientific Communications

30 **Surdin V.G.** **Message to Space in a «Bottle»?**

Lectures

34 **Karpov V.L.** **What Define the Destiny of a Gene?**

Why in the liver, for example, one set of genes is expressed, while in kidneys is another one, in spite of the fact that genetic content of these tissues is identical? By what factors genes can be switched on and out? Some answers are already present, but there is a lot to find out.

43 **Kaleidoscope**

The Most Ancient Beads and Ear-rings from South Africa (43). «Vegetative» Quarantine in USA (43). Andian Cat Is Caught (44). Taxonomy of Rafflesia (44). Secret of Violins from Cremona (44). Giant Terrapin from Hanoi (44).

45 **Rogozhin E.A.** **Earthquake in Iran**

47 **Nikonov A.A.** **Studying the Traces of Kaliningrad Earthquake**

54 **Charlier R.** **From Richness to Slumber and Back to Richness, or The Story of the Zwin Inlet and the Ports of Bruges**

The fate of Bruges in Middle Ages hung on a thin thread: the navigability of the Zwin, a tidal inlet connecting the town with the North Sea. The wealth of Bruges was undermined by sea transgressions, as accumulation of silt in the channel made it innavigable. With the creation of a harbor on the coast Bruges has regained an envied position not only as tourist center near seaside resorts, but also as deep water port with modern infrastructures.

Notes and Observations

63 **Bulavintzev V.I.** **Steppe and Steppe ... Is It All Around?**

66 **COURAGE AND FEMINITY OF Z.S.NIKORO** **Nikoro Z.S.** **From Life of the Central Genetic Station (67)**

Golubovski M.D. **Radiancy (74)**

78 **In Memory of Boris Isaakovich Silkin**

79 **Science News**

Is Man Needed in Space? (79). The Problem of Dark Matter Did Not Become Clearer (79). In Search of Distant Life (80). Superconducting Diamond (81). Nizhni Novgorod on the Brink of Terahertz Laser (81). Invisible Transistor (81). Readings In Memory of B.L.Astaurov. Ozernyuk N.D. (82). Composition of Cyanobacteria Pigments and Plankton Paradox. Ghilyarov A.M. (82). The Greatest Hydrotechnical Project Needs Supreme Caution (83). European Climate and Subpolar Gyr (84). Arctic Ice-Fields Are Coming Apart (84). Genus of Lizards Eaten At Tonga Islands. Semyonov D.V. (85). In Brief (33)

Book Reviews

86 **Zelenin A.V.** **Four Lives of One Man**

90 **New Books**

Encounters With Forgotten

92 **Smirnov A.V.** **Friends Called Him «Gri-Gri»**

Вирусная безопасность переливания крови

Ф.П.Филатов

На любые чрезвычайные ситуации (землетрясения, наводнения, террористические акты и т.п.), сопровождающиеся массовым травматизмом, наши сограждане, у которых сочувствие чужому страданию в крови, немедленно отзываются очередями в пункты приема этой самой крови. По медицинским показаниям донорская кровь требуется и во множестве других случаев, поэтому и существуют *кадровые доноры*, регулярно сдающие кровь, либо безвозмездно, либо за денежную компенсацию. В СССР до 90% крови заготавливалось благодаря безвозмездным донорам. Они пользуются определенными льготами, и Служба крови предпочитает иметь дело именно с ними, поскольку их здоровье и их кровь на протяжении многих лет тщательно проверяются. Кадровые доноры — золотой фонд любой национальной Службы крови еще и потому, что кровь требуется постоянно, а не только в дни катастроф.

Вместе с тем распространение СПИДа, вирусных гепатитов, а также экспоненциальный рост наркомании в нашей стране заставили специалистов обратить пристальное внимание на инфекции, которые могут переда-



Феликс Петрович Филатов, доктор биологических наук, заведующий лабораторией вирусологической диагностики Института переливания крови Гематологического научного центра РАМН. Научные интересы связаны с молекулярной вирусологией, детекцией вирусов, вирусной безопасностью переливаний крови, генной противовирусной вакцинацией, общими проблемами биологии.

ваться с кровью. В свою очередь и у людей возникли вполне резонные опасения в отношении любого травмирующего вмешательства — от хирургических операций до банальной инъекции. На этом фоне во всем мире стала сокращаться сырьевая база Службы крови. В России, где со сменой общественного строя были разрушены совершенно необходимые институты прежнего государства, прекратилось массовое донорское движение, а Служба крови и Красный Крест тоже стали жертвами национальной традиции начинать все с нуля. Массовое обнищание, снижение культурного и образовательного уровня вместе с сокращением кадрового донорства отчасти компенсировалось у нас ростом разового донорства. Сегодня у платных разовых доноров (нередко это — солдаты, сдающие кровь в индивидуальном или в «организованном» порядке) мотивы донации (так называется акт сдачи крови) не обязательно совпадают с нуждами реципиентов (тех, кому переливают кровь). Вместе с разовыми *добровольными* донорами, сочувствие которых чужой беде превышает трезвую оценку качества того, чем они готовы поделиться, платные разовые доноры могут представлять серьезную инфекционную угрозу здоровью тех, кому переливание крови требуется по лечебным, а не по жизненным показаниям.

© Филатов Ф.П., 2005

Бактериальная инфицированность гемотрансфузий

Попытаемся коротко рассказать об опасностях переливания крови и о возможных нежелательных последствиях гемотрансфузий. Речь пойдет об инфекционной опасности, причем лишь о той, которая вызывается вирусами, не рассматривая такие заболевания, как малярия, бруцеллез, болезнь Лайма, и проч. Для российской Службы крови вирусы представляют неизмеримо большую опасность, нежели клеточные инфекционные агенты. В определенной мере риск инфекции зависит от ареалов распространения патогенных микроорганизмов и от национальных правил. Так, в США предписывают сохранять эритроцитарную массу на холоде (+4°C) в течение почти полутора месяцев (у нас — половину этого срока, а на деле еще короче; для тромбозитов до 5 дней). За это время могут развиваться некоторые *холодолюбивые* патогенные микроорганизмы (например, *Yersinia enterocolitica*). Опасность этой бактерии связана с ее бессимптомным носительством. В Соединенных Штатах до 16% случаев гибели реципиентов в результате переливаний крови приходится на бактериальное заражение.

Несмотря на периодически распространяемые мифы о сифилисе, трансфузионный (т.е. передающийся с донорской кровью) путь заражения не отмечается многие десятилетия ни за рубежом, ни в России (Советском Союзе). Возбудитель этой инфекции очень нестойкий и вне организма носителя живет несколько десятков секунд. Исторически сложилось, что только в нашей стране донорскую кровь именно на сифилис анализируют весьма скрупулезно, несколькими вполне чувствительными методами. Попытки вообще исключить исследования донорской крови на сифилис, например в США, наталкиваются на стойкое противодействие общественности. Сифилис может быть передан лишь при прямом переливании крови от донора реципиенту, *из вены в вену*. Но такой способ применяется сейчас очень редко, только по жизненным показаниям и при нехватке запасов проверенной донорской крови.

Другое дело — малярия и болезнь Лайма, приобретающие все большую известность в наших краях. Российские нормативные документы не предписывают анализ донорской крови на возбудителей этих инфекций, возможно, потому, что случаев заражения донорской кровью пока немного.

Вирусная опасность трансфузий

Вирусы ответственны более чем за 80% инфекционных заболеваний человека, и это число

неуклонно растет. Вопрос, разовьется ли инфекция при переливании донорской крови, содержащей вирус, зависит от двух обстоятельств: дозы вируса и способности организма реципиента ему сопротивляться. Поскольку здоровому человеку, скорее всего, кровь не переливают, такая способность по определению ниже средней. В отношении вируса многое зависит от его вида. Так, для гепатита В заражающая доза составляет 10—100 вирусных частиц, которые могут содержаться в 0,5 мкл крови носителя (и даже то, что останется после высыхания этого объема, сохраняет инфекционность для человека, поскольку этот вирус чрезвычайно устойчив во внешней среде), а переливают обычно литровые объемы плазмы (1 л = 10⁶ мкл)! Для большинства других вирусов инфицирующие дозы, как правило, выше. Но и здесь есть неприятные исключения — вирусы, распространяющиеся с укусами комаров или клещей, когда в русло крови накануне совершенно здоровой жертвы попадают следовые количества вируса. К таким вирусам относится, например, вирус Западного Нила, совсем недавно еще экзотический в нашей стране, а теперь ставший реальной угрозой в трансфузиологии южных регионов России.

Если человек заболевает, он, естественно, не сдает кровь, но иногда люди остаются здоровыми носителями опасного возбудителя, и тогда их кровь становится небезопасной.

Инфекции, проходящие бессимптомно и сопроваждающиеся вирусоносительством и следами пребывания патогенного вируса (так называемыми вирусными маркерами) в кровяном русле, наиболее опасны при переливаниях крови. Патогенность персистирующего вируса заключается в отдаленных последствиях инфекции, которая в случае ВИЧ-носительства приводит к СПИДу, а в случаях вирусных гепатитов — к циррозу и первичному раку печени.

Портрет «врага»

Вирусы сопутствуют клеточным формам жизни «с самого начала», т.е. миллиарды лет. Длительный путь развития и сосуществование их с клеточной жизнью привели к равновесию, которое должно иметь не только недостатки для одной из сторон, но и преимущества для обеих. Это — отдельная тема. Здесь лишь напомним, что из известных сегодня науке почти 2 тыс. видов вирусов вообще патогенных — ничтожная доля, патогенных для человека и того меньше, а патогенных, способных передаваться с *донорской кровью* (а не с кровью вообще), еще меньше. Главная особенность таких вирусов — способность формировать бессимптомное носительство, которое можно обнаружить лишь специальными средствами.

Какие же вирусы и вызываемые ими инфекции наиболее опасны при переливании крови или ее компонентов?

Прежде всего, это *вирус иммунодефицита человека 1-го и 2-го типов (ВИЧ-1, -2)*, и не надо пояснять, почему. Россия сегодня переживает пандемию СПИДа. С нашей точки зрения, очень важно знать время, прошедшее между заражением и появлением первых симптомов болезни, т.е. инкубационный период, в течение которого инфицированный человек может сдавать свою кровь, не осознавая ее опасности. При СПИДе он составляет от 6 мес до нескольких лет. Для Службы крови, проверяющей кровь каждого донора, еще большее значение имеет короткий период между заражением и возможностью выявления вируса современными методами, так называемое *негативное окно*. При использовании наиболее чувствительных тест-систем (ПЦР) оно составляет при СПИДе примерно 6 дней, а при стандартных методах в среднем — 3 недели. Поскольку инфицирующая доза ВИЧ не может быть настолько высокой, чтобы обеспечить его наличие в каждой пробе плазмы крови (от 200 до 500 мкл), поскольку самые современные методы (тестирование по нуклеиновым кислотам вирусов; Nucleic Acid Test — NAT) практически никогда не обнаруживают в ней меньше 50 частиц, и, наконец, поскольку стандартный объем сдаваемой крови — 350—400 мл, то *негативное окно* в принципе нельзя свести до нуля, и риск инфицирования реципиента донорской кровью всегда остается. В развитых странах регулярно публикуются данные по остаточным рискам вирусного инфицирования минимум за три года (у нас аналогичных сведений нет), в США — ~2 на 1 млн донаций в год; в Италии до NAT — ~1 на 450 тыс. в год; после введения метода — ~1 на 900 тыс. в год; в Австралии соответственно — 1 на 3 млн и 1 на 5 млн в год.

Для *гепатита В* инкубационный период — в среднем 90 дней (от 30 до 180). Заболевание опасно высокой вероятностью перехода в хроническую форму, цирроз и первичный рак печени; наиболее злокачественные формы (1% случаев) и присоединение гепатита «дельта» могут оказаться фатальными. Инфекционность на три порядка выше, чем у ВИЧ, длительность негативного окна — в среднем 59 дней (37—87). В США остаточный риск — ~15.8 на 1 млн донаций в год; в Испании — ~1 на 75 тыс.; в Австралии — ~1 на 520 тыс. В России эти показатели должны быть существенно выше еще и потому, что эпидемиологическая грамотность, в первую очередь тех, от кого может зависеть инфицирование за пределами станций переливания крови (парикмахеров, стоматологов, подчас даже хирургов), остается весьма невысокой. Соответственно стерилизация инструментария неадекватна, и число вирусоносителей растет.

Бич Службы крови — *вирус гепатита С*, поскольку до сих пор в основном его определяют по наличию специфических антител, которые появляются в среднем спустя почти три месяца (от 54 до 192 дней) после заражения. Все это время носитель (донор) может не знать о своем состоянии, а лаборатория не может выявить вирусные маркеры. Около 85% инфекций становятся хроническими и протекают бессимптомно; у трети инфицированных через 15—25 лет могут развиваться цирроз и первичный рак печени. В США остаточный риск заражения с донорской кровью — 9.7 на 1 млн донаций в год, после введения NAT — до 2.72 на 1 млн донаций в год; в Австралии до введения NAT риск заражения составлял 1 на 120 тыс., после — 1 на 1 млн; во Франции — 1 на 800 тыс и 1 на 10 млн соответственно. В России использование NAT донорской крови на вирус гепатита С пока не обязательно (в отличие от Европы, где такой анализ введен с 1999 г.), поскольку требует серьезных вложений, специальных лабораторий и весьма грамотного, ответственного и аккуратного персонала. Там, где находятся средства и понимающая администрация, NAT применяется даже в масштабах региона. Основная проблема этого метода — его предельная чувствительность (теоретически до 1 целевой молекулы в пробе), что при несоблюдении требований к проведению чревато ненадежностью результатов (в частности, ложноположительными). В такой ситуации выходом может стать только введение карантина, т.е. использование для трансфузии крови, сохраняющейся в течение негативного окна, и только если кровь того же донора, взятая по истечении этого периода, свободна от вируса.

Вирус гепатита А, вызывающий инфекционную желтуху, может передаваться с кровью носителя бессимптомной инфекции. Очень устойчив во внешней среде; описаны случаи инфицирования препаратами крови, производство которых хотя и сопровождается инактивацией вирусов, но она может оказаться неэффективной в отношении безоболочечных вирусов — таких, как вирус гепатита А и парвовирусы. Российской Службой крови не тестируется; заражение реципиентов крови редко.

Вирус гепатита Е также может передаваться с кровью, но для России он неактуален. Эндемичен для стран Центральной Азии (например, Афганистана).

Вирус гепатита «дельта» ассоциирован с вирусом гепатита В; опасен при переливании инфицированной крови, если у реципиента обнаружен маркер гепатита В — поверхностный антиген вируса (HbsAg). В российской Службе крови широко не исследуется. Вирус эндемичен для стран Центральной Африки, Амазонии и Ближнего Востока.

Вирусы Т-клеточного лейкоза человека (HTLV-I, -II) считаются неактуальными для России,

но внимательно изучаются отечественными специалистами. В США остаточный риск инфицирования с донорской кровью — 1.56 на 1 млн донаций в год.

Парвовирус В19 может передаваться с донорской кровью и вызывать патологическую симптоматику, например, аплазию эритроцитов. Актуален при переливании крови беременным, у которых может вызвать патологию плода. Очень устойчив во внешней среде. В нашей Службе крови не анализируется, в США обнаруживается с частотой 1 на 3300—40 000 доноров.

Герпесвирусы — большое семейство оболочечных возбудителей однотипной морфологии. Как правило, сопровождают человека с первых месяцев жизни; становятся опасными при поражении иммунной системы (СПИДе, заболеваниях крови и их химиотерапии). У человека описано восемь патогенных видов, из которых наиболее актуальны цитомегаловирус (ЦМВ) и вирус Эпштейна—Барр (ВЭБ). На фоне иммунного дефицита при переливании свободной от цитомегаловируса крови может реактивироваться собственный ЦМВ, если реципиент оказался бессимптомным носителем. В Службе крови вирусы герпеса анализируют в донорской крови для специальных целей (например, перед трансплантацией органов и тканей). Инфекция цитомегаловируса опасна и при беременности.

Вирус Западного Нила — новый для нашей страны. Первая серьезная вспышка с множеством смертельных исходов зарегистрирована в Волгоградской области в 1999 г. Передается с укусом комара: в 90% случаев инфекция остается бессимптомной; в 10% случаев развивается тяжелый менингит, больных госпитализируют, но 10% из них спасти не удается. Вирус одновременно появился и на территории США, где его изучают как модель для разработки средств борьбы с неожиданными и неизвестными инфекциями (например, в случае биотерроризма). Исследуют его и российские специалисты, но Служба крови специальных мер пока не предпринимает и кровь на этот вирус не тестирует.

Мы не будем продолжать перечень вновь открываемых вирусов, актуальных для национальных Служб крови (в том числе российской), просто в силу журнальных рамок настоящего обзора; кроме того, они и изучены недостаточно.

Стоит упомянуть только о совершенно новом классе инфекционных агентов, о *прионах*, передающихся через донорскую кровь. Это возбудители печально известного «коровьего бешенства», нейродегенеративной болезни Крейтцфельда—Якоба, которая зарегистрирована на территории Европы, и болезни куру, для нас географически неактуальной. Прионы обнаруживаются в белых клетках крови (лейкоцитах), и ВОЗ рекомендует освобождать от них предназначенную для трансфузий плазму. Любое подозрение на симптомати-

ку болезни Крейтцфельда—Якоба (той или иной степени деменция, например), а также предшествующее лечение препаратами гипофиза (гонадотропином или гормоном роста) должно служить поводом для отвода донора.

Меры по вирусной безопасности переливаний крови

Чем же обеспечивается вирусная безопасность гемотрансфузий? Хотя список соответствующих мероприятий не слишком длинный, в исполнении он не так уж прост.

В первую очередь, это грамотная организация Службы крови и ее элементов (по существу — восстановление), будь то на основе слияния или взаимодействия возникших на ее обломках в России ведомственных и других служб крови, создание баз данных в составе ЕДС (Единой донорской системы), организация системы карантина для компонентов крови и т.п., т.е. соответствующие административные меры.

Вторая задача — адекватная оценка необходимости трансфузии со стороны лечащего врача.

И, наконец, вопросы, непосредственно связанные с переливанием крови: это, во-первых, эволюция трансфузионных сред; изучение вирусов, представляющих инфекционную угрозу при гемотрансфузиях, методами молекулярной биологии, наиболее адекватно описывающей сегодня биологические объекты, их функции и поведение; и, во-вторых, совершенствование средств детекции (идентификации вирусов в материалах от доноров и в препаратах крови) на основе данных молекулярной биологии этих вирусов.

В силу своей специальности я не буду касаться административных вопросов. Вирусологи могут и должны привлекаться лишь для экспертной оценки предлагаемых чиновниками мер. К тому же часто задачи производителей препаратов крови (расширение масштабов производства) и вирусологов (контроль и выбраковка сырья, фактически ведущие к сокращению и без того небогатой сырьевой базы Службы крови) противоречат друг другу. К административным мерам надо отнести и общее оздоровление нашей жизни, борьбу с наркоманией, нищетой и проч., поскольку чем меньше вирусносительства в так называемых группах риска, тем меньше его и в популяции доноров.

По тем же причинам не буду рассуждать о медицинских показаниях к переливанию крови. Отмечу лишь, что, вопреки распространенному мнению, потеря крови в первую очередь требует выполнения не кислородоносителя, а объема жидкости и биологически активных белков, обычно растворенных в плазме крови.

И лишь три последних пункта приведенного выше перечня непосредственно касаются молеку-

лярной вирусологии. Один из них (портрет *врага*) мы уже обсудили.

Эволюция трансфузионных сред

Трансфузионные среды, т.е. то, что переливают реципиенту (здесь речь идет только о донорской крови), менее чем за столетие претерпели весьма заметную эволюцию.

Цельная кровь — наиболее вирусоопасный продукт, поскольку чаще всего вирусы либо сорбируются на поверхности клеток, либо, инфицируя их, проникают внутрь. Она давно перестала быть основной трансфузионной средой. Ее прямое переливание — анахронизм, его делают, только если нет другого способа немедленно вернуть пострадавшего к жизни. Тем не менее в некоторых странах (например, Аргентине) этот способ практиковался до недавнего времени.

Сегодня основная трансфузионная среда — компоненты крови: плазма и клеточные элементы (эритроциты, лейкоциты и тромбоциты). Из плазмы холодным осаждением получают белковый концентрат, так называемый *криопреципитат*, также используемый для гемотрансфузий.

Наиболее безопасный продукт — проверенная на наличие целевых вирусов *плазма*. Кроме того, ее можно хранить без потери активности белков вплоть до того момента, когда донор придет вновь сдавать кровь. Если его плазма будет свободна от вирусов, ее оставляют на хранение, а используют сохраненную. Так обеспечивается дополнительная гарантия безопасности продукта. Сроки карантина зависят от длительности негативного окна.

Клеточные элементы крови сохраняются хуже: эритроциты (по российским правилам) — до восьми дней, тромбоциты — сутки. Об использовании лейкоцитов (наиболее вирусоопасного компонента крови) идет дискуссия. Основная проблема с тромбоцитами: они весьма нестабильны вне естественной среды, но как терапевтическое средство часто совершенно незаменимы.

Дальнейшая эволюция трансфузионных сред идет в направлении выделения и использования *квинтэссенции, пятого элемента*, действующего начала, ради которого плазма и переливается. Это белки крови, которые выделяются в ходе специального фракционирования. В результате холодного разделения с центрифугированием (при получении криопреципитата) концентрируются не только белки плазмы, но и вирусы, оболочка которых также имеет белковую природу.

Для получения белков, обладающих специфическими функциями, — так называемых *факторов свертывания* (VIII и IX), необходимых для лечения больных с нарушениями системы тромбообразования, — требуется еще более глубокое фракционирование плазмы.

Вирусную безопасность препаратов обеспечивает вирусологический контроль плазмы крови, предназначенной для переработки, — *входной контроль*. Методически он повторяет процедуру выбраковки донорской крови. Но из экономических соображений образцы плазмы объединяют в пулы по несколько десятков. При объединении возможно разведение вируса, что в свою очередь предъявляет повышенные требования к чувствительности методов.

Следующий заслон на пути вероятного заражения препаратов крови — обработка промежуточных продуктов химическими (например, соль-вент-детергентными и др.) и физическими (например, нагреванием, облучением, фильтрованием и др.) методами. Заключительный этап по обеспечению безопасности препаратов крови — *выходной вирусологический контроль*.

Генноинженерные белки. В настоящее время эволюция трансфузионных сред идет по пути синтеза *действующего начала* (белка) методами генной инженерии. Биологические системы (например, дрожжевая) экспрессии генов для производства белковых препаратов хорошо изучены, а вирусы, сопутствующие им, либо ограничены естественными хозяевами, либо непатогенны для человека. Мы не один год имеем на рынке (в том числе российском) продукты дрожжевой генной экспрессии, например вакцину против гепатита В, которая в ряде стран применяется и у новорожденных. Сегодня генноинженерным методом получены оба фактора свертываемости — VIII и IX. Пока они еще слишком дороги, но в перспективе должны стать существенно дешевле экстрагируемых.

Генная терапия. Генноинженерные белки, полученные в результате экспрессии генов в неестественном молекулярном контексте (например, белки *человека* в *дрожжевой* системе), могут оказаться не строгими аналогами «природных». В первую очередь это касается их пространственной структуры и постсинтетических модификаций (гликозилирования и т.п.), которые в чужеродном окружении не всегда точно воспроизводятся. Кроме того, белковая природа таких препаратов делает их особо чувствительными к окружающим условиям (например, температурным) и ограничивает срок годности. Вот почему особое внимание привлекает прямая доставка генов целевых белков, способных к экспрессии в клетках человека для синтеза необходимых продуктов. Эта технология, разрабатываемая лишь около 10 лет, на практике пока не применяется. Наиболее интересные препараты такого класса — ДНК-вакцины (наша лаборатория участвует в соответствующих проектах). Производство ДНК-препаратов обещает быть намного дешевле белковых. Кроме того, они существенно менее чувствительны к колебаниям условий хранения. Но их использование, если и будет называться гемотрансфузиями, то только по традиции.

Лабораторная диагностика вирусов

В лабораториях Службы крови вирусные белки анализируют методами иммуноферментного анализа (ИФА). Его чувствительность измеряется в единицах массы, нг, и несравнима с NAT (в том числе с полимеразной цепной реакцией — ПЦР), чувствительность которого измеряется количеством молекул, или в геном-эквивалентах. Тем не менее в ряде случаев иммуноферментный анализ — вполне адекватный метод. Например, при гепатите В анализируется поверхностный белок вируса (HbsAg), а при репликации вируса его синтез значительно превышает потребности сборки вирусной частицы. Иммуноферментный анализ может быть прямым, когда регистрируется вирусный белок, или косвенным, когда определяются антитела, возникающие в ответ на вирусное инфицирование. NAT и методы ИФА не конкурируют, но взаимно обогащают друг друга. Оба они остаются основными в арсенале прикладной вирусологической лаборатории, но непрерывно совершенствуются.

При определении вирусных нуклеотидов стандартную ПЦР-диагностику начинают усиливать (пока не вытеснить — из-за весьма высокой стоимости оборудования). Этот вариант, названный ПЦР в реальном времени (реал-тайм), обладает тремя серьезными преимуществами: он существенно свободней от ложноположительных результатов (поскольку сама реакция и регистрация результата происходят в одной камере), может сократить время анализа до 2–3 ч (стандартный лабораторный ИФА также требует 2–3 ч, стандартная ПЦР — не менее 8–10 и более часов) и позволяет количественно оценивать целевой микроорганизм.

Следующий шаг в совершенствовании лабораторной вирусологической диагностики — технология микрочипов. Она интенсивно разрабатывается более 10 лет и используется в основном в экспериментальной науке, но сегодня постепенно выходит и в практику. Микрочипы позволяют одновременно проводить десятки, сотни, тысячи

и сотни тысяч реакций — в микрокамерах, фиксированных на небольшой площадке — скажем, 4×4 мм. Если это микрочиповая модификация ПЦР, она объединяет преимущества метода реал-тайм (проведение реакции и регистрации результата в одной камере) с осуществлением множества анализов одновременно. Это, в свою очередь, делает результат более надежным и специфичным (идентифицируется несколько участков вирусного генома) и расширяет спектр одновременно анализируемых микроорганизмов до любого желаемого числа, сокращая время, материалы и проч. Первые отечественные диагностические чипы (*биочипы*) уже разработаны в Институте молекулярной биологии РАН, на очереди разработка вирусных биочипов для Службы крови. Наша лаборатория также участвует в этих проектах.

Существенный недостаток молекулярных методов идентификации вирусов заключается в том, что их результаты говорят о присутствии в образце белка или нуклеиновой кислоты, но не о наличии жизнеспособного вируса. Позитивные ИФА-и/или ПЦР-ответы свидетельствуют лишь о вероятности инфекционной опасности крови. Утверждать наличие вируса можно, лишь выделив его, а на это уйдет слишком много времени. Да и само выделение, требующее смены многих поколений вируса на клеточной культуре, может несколько изменить его, так что экстраполяции все равно неизбежны.

И еще одно важное обстоятельство: ни один из самых современных методов не может сегодня абсолютно точно указать на источник инфицирования реципиента. Ведь до развития первых регистрируемых признаков инфицирования проходит достаточно много времени, а разнообразия нуклеотидных последовательностей вирусов не всегда достаточно для их индивидуальной идентификации, которая всегда носит вероятностный характер.

Тем не менее резервы для совершенствования методов лабораторной диагностики вирусных инфекций существуют, а их реализация остается важнейшим инструментом в усилении вирусной безопасности гемотрансфузий. ■

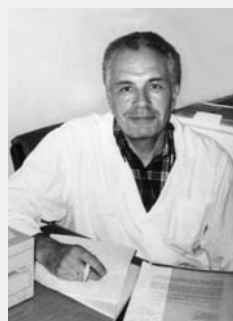
Эндокринная функция жировой ткани, или Как Вас теперь называть, мистер Ж..?

Л.М.Берштейн

Мистер Ж., или жир — объект, к которому, действительно, есть все основания относиться столь почтительно. На самом деле, это не он, а она — жировая ткань, образованная клетками различного типа. Такая, пусть лишь терминологическая, «двуполость» (он/она, жир/жировая ткань) своеобразно оттеняет тот аспект проблемы, с которым мы хотим познакомить читателя. Тем не менее, сначала несколько общих сведений.

Жировая ткань — важная часть так называемого состава тела, которое, упрощенно говоря, включает три компонента: жировую массу, «тощую» массу (мышцы, кости и т.д.) и воду. Люди с рождения и до последних дней жизни отличаются своими габаритами. Сказать, что габариты эти связаны только с долей жира в теле, — значит погрешить против истины. Тем не менее, несомненно, объем жировой ткани и его отклонения в ту или иную сторону от оптимума — важная составляющая многих нормальных и патологических процессов.

Помимо постоянно привлекающей к себе внимание белой жировой ткани (о ней и пойдет речь), в нашем теле есть и так



Лев Михайлович Берштейн, доктор медицинских наук, профессор. Руководитель лаборатории онкоэндокринологии Научно-исследовательского института онкологии им. профессора Н.Н.Петрова (Санкт-Петербург), ученик В.М.Дильмана. Основные научные интересы сосредоточены на проблеме «гормоны и рак», включая механизмы гормонального канцерогенеза, а также вопросы метаболической профилактики и эндокринологической терапии онкологических заболеваний. Автор семи монографий. Публиковался в «Природе».

называемая бурая жировая ткань. Доля ее в организме невелика, и располагается она только в определенных участках (например, между лопатками). Полагают, что бурый жир обеспечивает термогенез, т.е. поддерживает температурный баланс организма. Соответствующие биохимические реакции реализуются благодаря митохондриям бурого жира. Вопрос о том, свойственна ли бурой жировой ткани (и в какой степени) собственная эндокринная функция, еще обсуждается, хотя такая идея и высказывалась.

Накопление белого жира в теле в каком-то смысле напоминает школьную задачу о бассейне с двумя трубами, по одной из которых вода притекает, а по другой — вытекает. В данном случае речь идет тоже о двух разнонаправленных процессах: о расщеплении (липолизе) и новообразовании (липосинтезе) жира, которые катализируются несколькими ферментными системами. Среди них особое внимание привлекают липазы: липолитическая (гидролизующая триглицериды) и гормон-чувствительная, способствующая высвобождению свободных жирных кислот (СЖК). Эти кислоты, конкурируя с глюкозой, и составляют главный энергетический субстрат, поддерживающий работу мышечной и жировой ткани. Более 40 лет

© Берштейн Л.М., 2005

назад было показано, что влияние глюкозы на высвобождение СЖК из жировой ткани можно рассматривать как непрямой показатель интенсивности липосинтеза.

Заблуждается тот, кто думает, что жировая ткань состоит только из жировых клеток, адипоцитов. Им предшествуют преадипоциты, производные соединительной ткани. Наряду с ними и с истинными фибробластами в жировом конгломерате можно обнаружить значительное число тучных и нервных клеток, клетки сосудистой стенки, а также макрофаги, которые при ожирении усиливают инфильтрацию жировой ткани [1]. Способность компонентов жировой ткани быть мишенью для соответствующих аутоантител [2] свидетельствует о реальности иммунологического регуляторного и терапевтического воздействия на функции этой ткани, включая продукцию гормонов и гормоноподобных субстанций.

Специфический структурный элемент «жирового органа», адипоциты, различаются числом и размерами как у отдельных людей, так и в жировых депо (ягодицах, животе и т.д.). Расчеты показывают, что в среднем в организме взрослого человека приблизительно 30 млрд жировых клеток. Количество их определяется в основном полом и возрастом индивида. В свое время полагали, что адипоциты могут размножаться только в течение так называемых критических периодов (до 2 лет и между 10 и 16 годами). Позднее стало ясно, что под влиянием дополнительных факторов их количество может возрастать и у более взрослых людей. Тем не менее, представление о гиперпластическом (за счет числа адипоцитов) и гипертрофическом (за счет их размеров) ожирении все-таки базируется на том, что первое развивается преимущественно у лиц молодого возраста и воздействовать на него значительно сложнее, чем на второе, т.е. гипертрофическое.

Помимо размножения (пролиферации) адипоцитов важна их дифференцировка из преадипоцитов, в регуляции которой значительная роль отводится рецепторам пероксисомальных активаторов. Среди стимуляторов пролиферации и дифференцировки адипоцитов имеются и гормональные факторы, причем некоторые из них продуцируются самой жировой тканью. О «внеадипозной» гормональной регуляции этих процессов говорит тот факт, что у рожающих самок крыс число и размеры жировых клеток зависят от того, вскармливали они или нет свое потомство [2]. Адипоцитам присуща физиологическая клеточная гибель (апоптоз), но чаще она наблюдается при быстрой патологической потере веса (кахексии).

Помимо хорошо известных жировых депо имеются и другие области отложения жира, например параовариальная и параренальная, т.е. окружающие соответственно яичники и почки и,

возможно, выполняющие и иные функции, кроме чисто буферных. Так, маммарный жир, залегающий в области молочной железы, отличается в отдельных квадрантах специфическими свойствами, в том числе эндокринными [3]. Но особое внимание в топографии жира привлекает его преимущественное накопление в верхних или, наоборот, нижних отделах туловища. К верхнему (центральному или андройдному) типу часто тяготеют зависимые от возраста изменения по мере старения. Хотя полной аналогии между верхним и так называемым висцеральным (внутренним, в противоположность подкожному) типами жировотложения нет, именно с ними связывают комплекс симптомов инсулинорезистентности [1, 4–6]. В последние годы в развитых и особенно в развивающихся странах «нового мира» этот синдром наблюдается все чаще. Полагают, что он отражает быстро меняющийся в мировом масштабе образ жизни людей (диетические привычки, уровень физической активности и т.д.). Это явление получило условное название «глобализация», или «кока-колониализация» [7]. В то же время регистрируемая в течение последних десятилетий эпидемия ожирения уже сама по себе служит достаточным основанием для детального изучения различных функций жировой ткани.

Гормоны жировой ткани

Представление о том, что жировая ткань, или адипозный орган, — не только энергетический резервуар или объект, интересующий модельеров и косметологов, а выполняет иные, причем весьма существенные функции, привело к быстрому развитию самостоятельного направления, адипобиологии. Хотя в 1989 г. Дж.Хирш и соавторы [8] задавались вопросом о том, отвечает ли жировая ткань только на потребности системы, регулируемой какими-то факторами вне ее, или же способна сама генерировать сигналы, воздействующие, например, на потребление и усвоение калорий, на самом деле подобного рода проблемы обсуждались значительно раньше. В частности, еще в 50–60-е годы прошлого века Дж.Кеннеди, Г.Хервей и ряд других исследователей считали, что информация идет не только «от гормона к телу», но и «тело может быть источником гормона». На примере белого жира можно увидеть, как эти два принципа уживаются друг с другом: в этой ткани имеются рецепторы значительного числа гормонов, и в то же время продуцируются пептидные гормоны — адипоцитокины или адипокины. Кроме того, в белой жировой ткани присутствуют также ферменты, участвующие в образовании или метаболизме стероидных гормонов (табл.1), что заставляет еще с большим вниманием относиться к эндокринной функции адипозного органа.

Таблица 1

Экспрессия рецепторов и пептидов, ассоциированных с гормонами, в белой жировой ткани [2, 9]

Рецепторы	
мембранные	инсулина
	глюкагона
	гормона роста
	тиреотропина
цитокинов*	гастрина
	ИЛ-6
	ФНО
	лептина
катехоламинов*	α - и β -адренорецепторы
ядерные	эстрогенов
	андрогенов
	глюкокортикоидов
	прогестерона
	витамина Д
Пептиды	
системы цитокинов	ФНО
	лептин
	ИЛ-6
системы фибринолиза	ингибитор-1 активатора плазминогена (PAI-1)
системы комплемента	адипсин
	адипонектин
системы регуляции артериального давления	ангиотензиноген
	ангиотензин I и II
	ренин
системы стероидогенеза	ароматаза
	11 β -стероиддегидрогеназа

ИЛ-6 — интерлейкин-6, ФНО — фактор некроза опухолей.

* часть этих рецепторов располагается внутриклеточно.

Наряду с динамикой взглядов на жировую ткань за исторически короткое время иногда диаметрально противоположным образом менялись и представления о функциональном предназначении секретируемых ею факторов. Так, *фактору некроза опухолей* (ФНО) сначала приписывалась роль в резком похудании (кахексии), отсюда и его название — кахектин. Позднее же выяснилась патогенетическая роль ФНО в развитии ожирения и инсулинорезистентности. Правда, инсулинорезистентность почти в равной степени присуща и ожирению, и липодистрофии, наблюдающейся, в частности, после интенсивной терапии больных СПИДом, и, следовательно, точка зрения о функциональной значимости ФНО отчасти возвращается «на круги своя».

Другой пептид цитокинового ряда, *лептин*, обнаруженный в жировой ткани в 1994—1995 гг., первоначально рассматривали как ограничитель ожирения: его концентрация в крови возрастает пропорционально увеличению веса тела. Позже

оказалось, что лептин, скорее, служит метаболическим сигналом, свидетельствующим о достаточности энергетических ресурсов [9]. На самом деле при голодании даже у людей с ожирением его содержание в крови уменьшается наряду с повышением аппетита и ограничением расхода энергии. Однако эффективно лечить ожирение лептином не удалось.

Наибольший спектр разнообразных эффектов этого гормона продемонстрирован при его физиологических концентрациях в крови. Он влияет на функцию надпочечников, щитовидной железы и гонад. У мышей, например, ускоряет половое созревание; у людей в некоторых ситуациях восстанавливает нарушенную продукцию гонадотропинов. Благодаря собственным специфическим рецепторам этот пептид участвует в синтезе стероидов в яичниках, тестикулах и плаценте, а также модулирует функцию предстательной железы. Более того, он может повышать активность ароматазы (фермента, катализирующего синтез женских половых гормонов — эстрогенов) в нормальных и опухолевых эпителиальных клетках молочной железы. Это становится особенно важным, поскольку маммарный эпителий практически окружен жировой тканью. Иные эндокринные функции лептина связаны с его влиянием на костную ткань, иммунитет, на образование новых сосудов (ангиогенез) и стимуляцию кроветворного ростка (гемопоез). Существенно, что некоторые из этих эффектов, равно как и те, которые имеют отношение к энергетическому обеспечению, могут реализоваться не на периферии, а на уровне гипоталамических нейронов.

«Центральными» эффектами обладает и *интерлейкин-6* (ИЛ-6), концентрация которого в ткани центральной нервной системы обратно пропорциональна объему жировой массы. Это позволяет заподозрить наличие дефицита интерлейкина-6 при ожирении у людей [9, 10]. Напротив, в самой жировой ткани концентрация ИЛ-6 прямо пропорциональна весу тела, нарушениям толерантности к глюкозе и инсулинорезистентности. Это указывает на важную роль этого гормоноподобного цитокина в механизмах развития метаболических нарушений.

Секретируемый жировой тканью *ингибитор-1 активатора плазминогена* (PAI-1) принадлежит к семейству ингибиторов сериновых протеаз и, по определению, участвует в свертывании крови, нарушение которого провоцирует онкогенез и атерогенез. Отсюда вполне понятна особенность этого ингибитора — повышение его содержания в крови у больных ожирением и при синдроме инсулинорезистентности. Имеются данные о том, что степень риска сахарного диабета 2-го типа и сердечно-сосудистых заболеваний зависит от концентрации в крови PAI-1, а его секреция в жировой ткани усиливается под влиянием фактора некроза опухолей. С другой стороны, ряд ле-

карственных препаратов, устраняющих проявление метаболического синдрома инсулинорезистентности (бигуаниды, глитазоны и, отчасти, статины), снижают продукцию PAI-1 в крови.

Особое внимание привлечено к *адипонектину*, впервые описанному в 1995—1996 гг. Интерес к этому гормону жировой ткани в значительной степени определяется тем, что, в отличие от других факторов жировой ткани, его связь с инсулинорезистентностью носит обратно пропорциональный характер. Падение концентрации адипонектина в крови, с одной стороны, предшествует началу ожирения и, с другой — развитию инсулинорезистентности, присущей СПИД-ассоциированной липодистрофии и целому ряду других патологических процессов, включая заболевания сердечно-сосудистой системы. Иными словами, понижение содержания адипонектина нужно рассматривать не как маркер объема жировой массы, а как предшественник и элемент развития инсулинорезистентности. Эта связь прослеживается и на генетическом уровне: у людей с ожирением и проявлениями метаболического синдрома выявлено носительство определенных полиморфизмов гена адипонектина. При экспериментальном введении адипонектина наблюдаются антидиабетический, противовоспалительный, противоопухолевый и антиатерогенный эффекты, что подтверждает уникальность свойств этого пептида.

В начале 90-х годов был обнаружен другой фактор из семейства комплемента, *адипсин*. Его роль в развитии ожирения, гиперлипидемии и сердечно-сосудистой патологии хотя в настоящее время и не отрицается, но и не отстаивается с тем пылом, как ранее. Один из самых маленьких по молекулярному весу (12 кД) и «юных» (по сроку обнаружения) адипокинов — *резистин*. Его название отражает исходную точку зрения об участии этого пептида в утрате чувствительности к инсулину. Тем не менее, сегодня высказываются определенные сомнения в подобных свойствах резистина и подчеркивается изменение уровня его продукции в ходе дифференцировки адипоцитов [9].

Гораздо больше ясности в отношении пептидов так называемой ренин-ангиотензинной системы, которые обнаружены не только в почках, но и интенсивно секретируются жировой тканью. К ним относятся сами *ренин* и *ангиотензин I* и *II*, а также их *рецепторы*, *ангиотензиноген*, *ангиотензин-превращающий фермент* и некоторые другие протеазы. Суммарная функция данных пептидов сводится к регуляции сосудистого тонуса и водно-минерального обмена, что имеет непосредственное отношение к динамике артериального давления. Другая их особенность, которая обычно обсуждается значительно меньше, — влияние на развитие самой жировой ткани, включая превращение преадипоцитов в адипоциты.

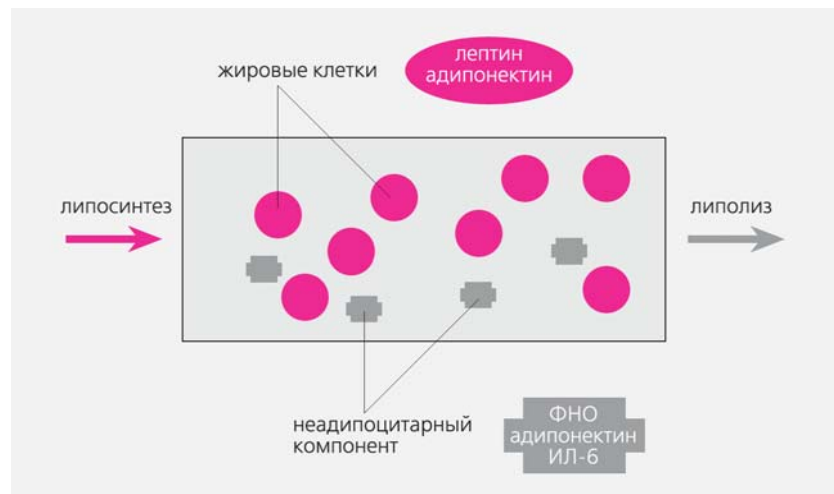
И жировая ткань, и факторы, секретируемые ею, так или иначе связаны с образованием и обменом стероидных гормонов. Липофильность стероидов объясняет их растворимость в жире и, соответственно, накопление в жировой ткани в весьма значительных концентрациях. С другой стороны, существует и иная сторона, в соответствии с которой стероиды образуются и взаимопревращаются в жировой ткани *активно*, т.е. за счет присутствующих в ней ферментов: *ароматазы* (превращающей андрогены в эстрогены), некоторых *гидроксистероиддегидрогеназ* (например, 11 β -, 17 β - и 3 β -ГСД) и *стероид-5 α -редуктазы* (конвертирующей мужской половой гормон тестостерон в его активное производное дигидротестостерон). Так, 11 β -ГСД 1-го типа катализирует в жировой ткани превращение биологически активного кортикостероида кортизона в более активный кортизол, а 17 β -ГСД — более «слабых» фракций андрогенов и эстрогенов в их более мощные в биологическом смысле производные. Одно из следствий усиленной экспрессии 11 β -ГСД и избыточного действия кортикостероидов — развитие инсулинорезистентности, гипертонии и ожирения печени. Напротив, мыши, лишённые гена этого фермента (нокаутные), обнаруживают хорошую чувствительность к инсулину и отсутствие перечисленных патологических состояний [9].

Наиболее заметна роль ароматазы в жировой ткани как «фабрики» эстрогенов во время менопаузы, когда продукция этих гормонов в яичниках существенно ослабевает. Отсюда следует, что ожирение у женщин в этот период, в частности, в силу подобного «эстрогенного эксцесса» становится фактором риска для развития карцином эндометрия и молочной железы. Другая причина возможных онкологических заболеваний (не только перечисленных, но и рака толстой кишки, пищевода, печени, желчного пузыря, поджелудочной железы, почки и т.д.) у людей, страдающих ожирением [2, 4, 11], — уже упоминавшийся синдром инсулинорезистентности. Он отчетливо ассоциирован с действием гормонов жировой ткани и предрасполагает не только к злокачественным опухолям, но и к большому числу других неинфекционных заболеваний человека.

С другой стороны, из приводившихся ранее объяснений понятно, почему, например, ингибитор-1 активатора плазминогена служит фактором риска возникновения патологий, а адипонектин, напротив, «защищает» от них. Часть адипокинов обладает и непосредственным влиянием на пролиферацию клеток-мишеней, что в совокупности с действием этих факторов «на» и «через» репродуктивную систему (пример — лептин) дополнительно объясняет их вовлечение в патогенез многих из перечисленных патологических состояний.

Если обобщить сведения о гормонах жировой ткани (в том числе и об упоминавшихся вскользь

Гетерогенность жировой ткани и топография секреции адипокинов.



или вовсе не упоминавшихся), видно, что часть из них продуцируется преимущественно адипоцитами, а часть — «нежировым» компонентом адипозного органа [9]. Так, продукция лептина адипоцитами значительно превышает таковую для «нежирового матрикса», секреция адипонектина теми и другими примерно одинакова, а продукция ФНО и ИЛ-6 в жировых клетках существенно (до 5—10 раз) слабее, чем в нежировых. Значит, степень гетерогенности жировой ткани (соотношения адипоцитов и неадипоцитов) далеко небезразлична для ее эндокринной функции.

Знание объема отдельных жировых депо и топографии жиросотложения также представляет не только академический интерес. Это связано прежде всего с тем, что концентрация некоторых адипокинов и активность ряда ферментов выше в висцеральном жире (имеющем выход на систему портальной вены), а других, напротив, — в подкожном жире, замыкающемся на общую циркуляцию (табл.2). Образование в жировой ткани пептидных и стероидных гормонов позволяет говорить о ней как о своеобразном аналоге яичника, который в равной степени служит источником и половых

стероидов, и пептидов (типа ингибина). «Двойное обеспечение функций» (пример — упоминавшееся разнонаправленное влияние лептина и PAI-1, с одной стороны, и адипонектина, с другой, на инсулинорезистентность) также может рассматриваться как важная характеристика гормоноподобных продуктов, секретируемых жировой тканью.

Quo vadis?

Итак, что дальше и куда идти? Во-первых, понятно, что «клуб адипокинов» еще далеко не закрыт, поскольку число найденных в жировой ткани работающих генов пока существенно превосходит соответствующий список идентифицированных в ней молекул. Ясно также, что прежде чем говорить о каких-то воздействиях, необходимо иметь более четкое и полное представление о физиологии и патологии эндокринной функции адипозного органа. Тем не менее очевидно, что многие из перечисленных факторов могут и должны использоваться как превентивные и терапевтические агенты, применимые в первую очередь для борьбы с основными заболеваниями человека, ассоциированными с ожирением, похуданием и инсулинорезистентностью (атеросклерозом, СПИДом, некоторыми онкологическими заболеваниями и т.д., см. выше). Среди них найдется место и соответствующим фармакологическим препаратам, и современным вариантам биотерапии (включая гено- и иммунотерапию), а также и самим гормонам жировой ткани и модификаторам их продукции. Здесь можно, по аналогии, сослаться на относительно недавно обнаруженный в мышечной ткани гормон миостатин: его положительное влияние продемонстрировано в эксперименте при лечении ряда миопатий. Какексия и прибавка веса, характерные для онкологических больных в различных клинических ситуациях (в том числе при химио- и гормонотерапии), очевидно, сопро-

Таблица 2
Секреция гормонов и активность ферментов в отдельных жировых депо [9]

Висцеральный жир (А)	Подкожный жир (Б)
Преобладает (в сравнении с Б) продукция PAI-1, ангиотензиногена, ИЛ-6, выше соотношение андрогены/эстрогены	Преобладает (в сравнении с А) продукция адипонектина и лептина
Выше активность 17β-гидроксистероиддегидрогеназы	Выше активность ароматазы

Расшифровку сокращений см. в табл.1.

вождаются изменениями в секреции адипокинов, которые могут иметь как маркерное, так и предсказательное значение.

Среди проблем, ассоциированных с эндокринной функцией жировой ткани, следует выделить и так называемое фетальное программирование (связь спектра заболеваний во взрослой жизни с особенностями внутриутробной динамики массы тела и с ее последующим «нагоняющим» приростом), секулярный тренд (акцелерацию развития) и децелерацию (снижение скорости прироста) ведущих заболеваний человека после достижения определенного возраста (обычно 80—85 лет). Во всех этих примерах доля жира в теле, а, следовательно, и соответствующие эндокринные особенности могут иметь важное, если не решающее значение.

* * *

История научного и клинического поиска нередко идет по кругу, поэтому и мы, описав определенную «жировую траекторию», вернемся к началу.

В объединенном королевстве человеческого организма мистер Ж., как видим, играет далеко не последнюю роль. Своеобразную «жировую подуш-

ку» (зачастую увеличивающуюся в размерах с возрастом, хотя и не по экспоненте), ни в коем случае нельзя назвать пассивным балластом, на что часто ссылаются в популярных изданиях. Именно «активная жизненная позиция» мистера Ж., его способность, как правило, с пользой для организма воспринимать гормональные регуляторные сигналы и производить собственные гормоны весьма примечательна.

Эффекты адипокинов, реализующиеся и местно, и на расстоянии, нередко превращают жировую ткань в «джина из бутылки», как только преодолевается верхняя или нижняя граница того, что принято называть нормой.

Одновременное наступление эры трех эпидемий: неинфекционной (прежде всего, ожирения, сахарного диабета 2-го типа, атеросклероза, гормонозависимых новообразований), инфекционной (СПИДа, возвращения туберкулеза и т.д.) и социальной (курения, алкоголизма, наркомании и др.) ставит изучение эндокринологии жировой ткани в центр той площадки, где смыкаются и пересекаются интересы различных разделов внутренней медицины, эпидемиологии и статистики заболеваний современного человека. ■

Литература

1. Wellen K.E., Hotamisligil G.S. // J. Clin. Invest. 2003. V.112. P.1785—1788.
2. Berstein L.M. Macrosomy, obesity, and cancer. N.Y., 1997.
3. Берштейн Л.М. Что изучает топоэндокринология? // Природа. 1991. №7. С.72—76.
4. Дильман В.М. Четыре модели медицины. Л., 1987.
5. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Фадеев В.В. Эндокринология. М., 2000.
6. Ожирение. Руководство для врачей / Ред. Н.А.Беляков, В.И.Мазуров. СПб., 2003.
7. Zimmet P. // J. Intern. Med. 2000. V.247. P.301—310.
8. Hirsch J. et al. // Med. Clin. North Amer. 1989. V.73. P.83—95.
9. Kershaw E.E., Flier J.S. // J. Clin. Endocrinol. Metabol. 2004. V.89. P.2548—2556.
10. Matsuzawa Y. et al. // Horm. Res. 2003. V.60. Suppl.3. P.56—59.
11. Calle E.E. et al. // New Engl. J. Med. 2003. V.348. P.1625—1638.



Эти странные галактики с полярными кольцами

В.П.Решетников

В любой науке есть закономерности, факты, объекты, которые выпадают из общей, сложившейся на данный момент картины этой области знания. Впоследствии иногда оказывается, что такие стоящие особняком явления были первыми указаниями на предстоящую смену взглядов, на зарождение новых парадигм и подходов. Яркие примеры тому — всем известные «облачка» на горизонте физики конца XIX века, из которых затем выросли основные представления физики XX века.

В астрономии таких «облачков» всегда было много. Например, в 1933 г. Фриц Цвикки отметил сильное различие в оценках массы скопления Волосы Вероники, найденных по дисперсии скоростей составляющих его галактик и по сумме их индивидуальных масс. Через десятилетия выяснилось, что это было первым свидетельством существования в галактиках и в их системах «скрытой», не излучающей в оптическом диапазоне массы. В 1943 г. Карл Сейферт описал группу необычных спиральных галактик, в ядрах которых наблюдаются широкие эмиссионные линии. Спустя много лет эти объекты оказались очень важным кирпичиком в современных представлениях об активно-



Владимир Петрович Решетников, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Астрономического института при Санкт-Петербургском государственном университете. Область научных интересов — происхождение и эволюция галактик, их взаимодействие.

сти ядер галактик. К числу таких странных, озадачивающих и очень красивых объектов, позднейшее исследование которых привело ко многим интересным открытиям, можно отнести и так называемые галактики с полярными кольцами (в дальнейшем — ГПК).

Что такое галактика с полярным кольцом?

Когда произносится слово «галактика», у большинства из нас в воображении возникают хрестоматийные изображения Туманности Андромеды (M 31), галактики Водоворот (M 51) или других столь же эффектных и красивых внегалактических

объектов. Все эти объекты в оптическом диапазоне выглядят плоскими — составляющие их звезды и межзвездная среда вращаются почти в одной плоскости. ГПК, в отличие от обычной галактики, демонстрирует *вращение относительно двух осей*: ее центральная часть крутится относительно своей малой оси, а в почти перпендикулярной плоскости вращается протяженная структура, называемая полярным кольцом (рис.1).

Для того, чтобы выделить ГПК из ряда сходных объектов (см. об этом далее), введем, следуя [1], определение «классической» галактики с полярным кольцом. Ее отличительные признаки: в галактике присутствуют две подсистемы, вращающиеся

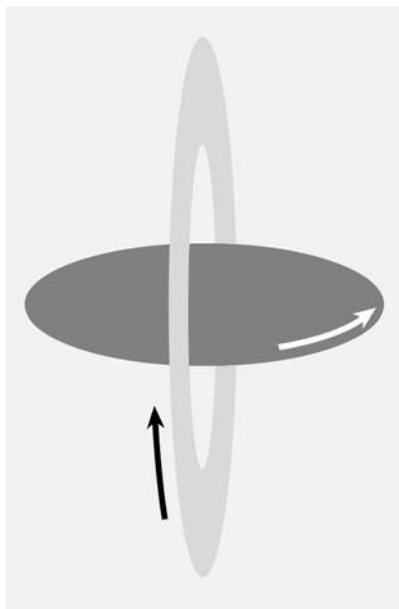


Рис. 1. Структура галактики с полярным кольцом: основная галактика (темный эллипс) вращается относительно своей малой оси, полярная структура вращается вокруг большой оси центральной галактики.

в почти ортогональных плоскостях и имеющие сопоставимые скорости вращения; обе кинематически выделенные подсистемы имеют близкие систематические скорости (т.е. они находятся на одном расстоянии, а не проецируются друг на друга), и их центры совпадают; полярная структура (кольцо или диск) сопоставима по размерам с центральной галактикой, светится в оптическом диапазоне (это значит, что она должна содержать значительное количество звезд, а не быть чисто газовой) и относительно плоская.

Характерная особенность большинства «классических» объектов — то, что их центральные объекты похожи на линзовидные (или, как они называются в астрономии, галактики типа S0) и эллиптические галактики без газа и пыли, а полярные структуры содержат много газа и в них идет процесс рождения новых звезд.

Как они были открыты?

Приведенное выше описание ГПК очень необычно. Кажется, что если такие объекты реально существуют, то они давно должны были привлечь к себе внимание астрономов. Однако галактики с полярными структурами исключительно редки и, вдобавок, обычно очень слабы. Вероятно, поэтому их начали активно изучать лишь в 80-е годы.

Первым объектом, достоверно отнесенным к ГПК, была галактика NGC 2685*. Внимание на нее впервые обратил, по-видимому, Алан Сэндидж. В конце 50-х годов он завершил подготовку к изданию Хаббловского атласа галактик и, наткнувшись на очень необычный объект, заинтересовал им Маргарет и Джеффри Бербиджей. Бербиджи получили изображение NGC 2685 на 2.1-метровом телескопе обсерватории МакДональд (Техас, США) и в 1959 г. составили первое описание ее озадачивающей морфологии. Как видно на рис.2, вытянутое главное тело галактики пересечено вдоль малой оси серией темных полос, которые вне его переходят в светящиеся образования, полуобхватывающие NGC 2685. Галактика и ее полярная структура окружены слабой протяженной оболочкой. Уникальность оптической структуры NGC 2685 позволила Сэндиджу назвать ее «возможно, самой необычной галактикой» среди всех относительно ярких внегалактических объектов.

Однако странности морфологии еще не доказывают, что в галактике присутствуют две ортогональные кинематические подсистемы. Поэтому лишь спектральные наблюдения середины 70-х годов однозначно показали, что главное тело NGC 2685

* Как это часто бывает, позднее выяснилось, что NGC 2685 сама по себе является не вполне типичным представителем класса объектов, прототипом которого она выступила. Полярное кольцо галактики оказалось слишком асимметричным и слабым.

вращается вокруг своей малой оси, а система волокон, пересекающих главное тело, вращается относительно большой оси центральной галактики** [2, 3].

Самая знаменитая галактика с полярным кольцом — конечно, NGC 4650A (рис.3). Именно ее часто называют прототипом данного класса объектов, хотя формально это и неправильно. Впервые галактика была описана в 1967 г. аргентинским астрономом Хосе Луисом Серсиком, который обнаружил ее на снимках южного полушария небесной сферы. Если бы этот объект был виден в северном полушарии, его, без сомнения, открыли бы раньше. Спектральные наблюдения NGC 4650A, проведенные в 70-е годы, показали, что видимая почти «с ребра» изогнутая структура, которая пересекает центральную галактику вдоль ее малой оси, вращается вокруг большой оси главной галактики. И, наконец, в 1984 г. было установлено, что центральный объект, выглядящий как линзовидная галактика, вращается вокруг своей малой оси [4]. Тем самым было подтверждено, что в NGC 4650A присутствуют две крупномасштабные подсистемы, вращающиеся в почти ортогональных плоскостях.

После открытия ГПК некоторое время было неясно, что представляют из себя их центральные объекты. Рассматривались два варианта: согласно одному, центральный объект — это вытянутая галактика, вокруг «тали» которой вращается кольцо; согласно второму, главная галактика — сплюснутый у полюсов и наблюдаемый почти «с ребра» звездный диск, в околополярной плоскости которого находится

** Любопытно, что первое сообщение о вращении околополярной структуры вокруг большой оси галактики было опубликовано Мари-Хелен Ульрих еще в 1965 г. (тогда она носила фамилию Демюлин) в относительно малодоступном издании и на французском языке. Вероятно, десять лет до следующей публикации [2] понадобилось для того, чтобы привыкнуть к этому результату и еще раз перепроверить его на другом телескопе.



Рис.2. Галактика NGC 2685 (по данным обзора SDSS).

кольцо. Дальнейшее фотометрическое и спектральное изучение первых ГПК однозначно показало, что реализуется именно второй вариант.

В 80-е годы предприняли систематический поиск ГПК, результаты которого были суммированы в Каталоге галактик с полярными кольцами и сходных объектов [1]. В каталог вошли шесть надежно установленных к 1990 г. ГПК, 27 хороших кандидатов и 73 возможных кандидата в ГПК. Планомерное изучение объектов этого каталога (например [5]) увеличило к настоящему моменту число «настоящих» ГПК, т.е. удовлетворяющих сформулированным в начале статьи условиям, более чем вдвое (см. несколько примеров на рис.3–4), хотя их число все еще остается очень небольшим.

Чем они интересны?

Чем же привлекают астрономов галактики с полярными кольцами? Они являются, без сомнения, одними из наиболее экзотических представите-



Рис.3. Галактики NGC 4650A (вверху, снимок Космического телескопа «Хаббл») и NGC 660 (SDSS). Оптический диаметр полярной структуры NGC 4650A составляет 20 кпк, а у NGC 660 — 30 кпк.

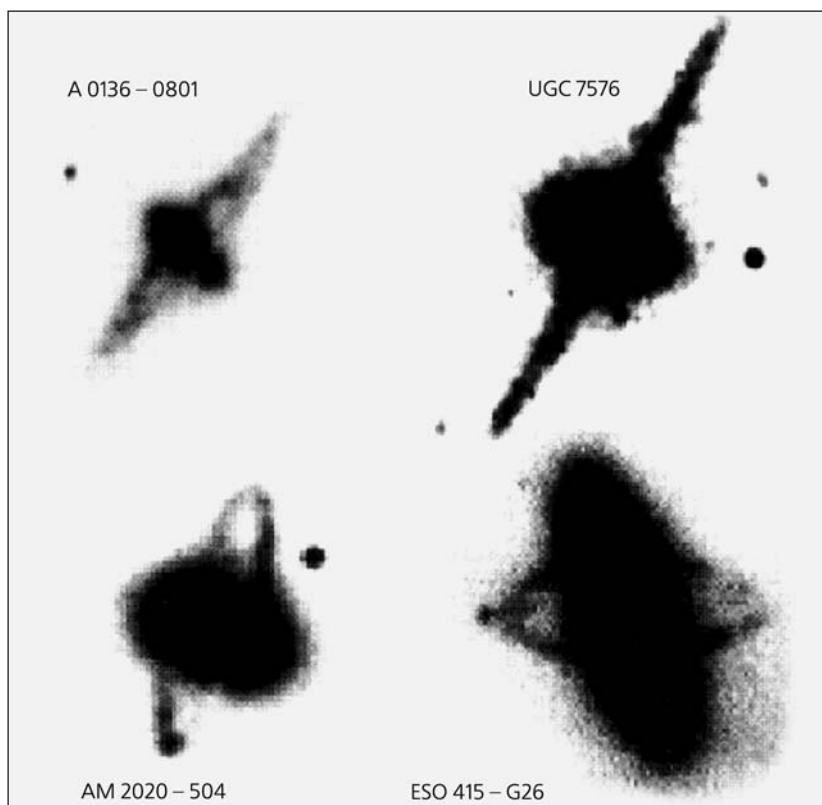


Рис.4. Изображения четырех галактик с полярными кольцами [1].

лей внегалактического «зоопарка», но интерес к ним связан, конечно, не только с созерцанием необычных картинок.

В первую очередь при изучении ГПК исследователи надеются получить новую информацию о неуловимой скрытой массе в звездных системах. На рис.3 и 4 видно, что полярные структуры бывают очень протяженными — их размер может в несколько раз превышать размер центральной галактики. Полярные кольца часто бывают тонкими, симметричными и, по-видимому, долгоживущими, относительно устойчивыми образованиями (рис.4). Следовательно, кинематика полярных колец может помочь оценить вклад скрытой массы в их пределах (по аналогии с тем, как это делается по протяженным кривым вращения спиральных галактик). Наблюдения и моделирование ряда ГПК показали, что скорости вращения вещества в полярных структурах невозможно объяснить, если предполагать, что распределение массы в этих объектах следует распределению звездной составляющей. Необходимо допустить, что ГПК окружены протяженными и довольно массивными темными гало. Например, для галактик UGC 7576 (рис.4) и UGC 9796 оказалось, что в пределах 20 кпк от их центров масса темного гало должна в 2—3 раза превышать «светящуюся» массу [5]. Это очень важный результат, поскольку центральные объекты ГПК — это галактики раннего типа (обычно линзовидные), для которых получить информацию о скрытой массе другими способами очень сложно.

Однако сам факт наличия скрытой массы — это не главное, что можно извлечь из анализа ГПК. Оказывается, уникальная геометрия ГПК позволяет оценить и форму темных гало! А форма темных гало галактик — это важнейший тест природы темного вещества. Небарионные темные гало в модели Вселенной с холодной скрытой массой должны быть трехосны-

ми и иметь умеренные сжатия ($\approx 0.5-0.7$), гало из взаимодействующих друг с другом частиц должны быть почти сферическими. Если же скрытая масса состоит из холодного молекулярного газа, то сжатие таких гало будет ≈ 0.2 .

В случае ГПК мы можем непосредственно сравнить скорости вращения вещества на устойчивых орбитах в двух почти ортогональных плоскостях и, тем самым, оценить сплюснутость гравитационного потенциала галактики. Реальная ситуация, конечно, не столь проста. К примеру, полярные структуры могут быть по массе сравнимы с центральными галактиками и существенно искажать общий потенциал ГПК. Но проблемы есть и у других — очень немногочисленных — современных методов оценки сжатия темных гало галактик. (Эти методы таковы: анализ расширяющихся к периферии слоев атомарного водорода HI в спиральных галактиках, изучение формы изотоп рентгеновских гало эллиптических галактик, гравитационное линзирование галактик друг на друге.)

Первые работы по оценке сжатия потенциала ГПК приводили к выводу о почти сферических темных гало. В девяностых годах усложнение моделей и уточнение наблюдательных данных вылились в заключение о сплюснутых (≈ 0.5) гало. И, наконец, несколько лет назад ситуация запуталась еще больше. Сначала оказалось, что наблюдательные данные о галактике NGC 4650A могут быть объяснены и в том случае, если сплюснутое гало связано не с центральной галактикой, а с полярным кольцом (т.е. большая ось гало совпадает с большой осью полярной структуры). Затем анализ соотношения Талли—Фишера (зависимость между светимостью и максимальной скоростью вращения) показал: скорости вращения «классических» ГПК примерно на 30% выше, чем у обычных галактик той

же светимости [6, 7]. Единственное объяснение такой особенности было найдено в ходе численного моделирования — темное гало ГПК должно быть сплюснутым и вытянутым вдоль полярной структуры. Но в таком случае может измениться традиционное представление о ГПК как о галактике раннего типа, окруженной кольцом. Быть может, объект с протяженной дискообразной полярной структурой — это спиральная галактика, в центре которой образовался вытянутый в перпендикулярном направлении вращающийся звездный диск?..

ГПК образуются при взаимодействиях и слияниях галактик (см. об этом далее) и поэтому они являются удобными «лабораториями» для исследования вопроса о связи между активностью ядер и взаимодействием галактик. С тех пор, как было установлено, что причиной нетепловой активности ядер галактик служит аккреция вещества на центральный массивный объект (скорее всего, черную дыру), стало понятно, что внешнее возмущение и перенос массы с одного объекта на другой могут в принципе облегчить доставку «питания» к ядру и стимулировать его активность. Позднейшие исследования показали, что эта связь, если она и есть, не однозначна. Наиболее сильные проявления ядерной активности — квазары — и в самом деле очень часто встречаются среди возмущенных галактик и членов взаимодействующих систем. Однако доля объектов с умеренно-активными ядрами (так называемых сейфертовских галактик) остается примерно одинаковой как среди одиночных, так и среди взаимодействующих галактик.

Спектральные обзоры ГПК и объектов, возможно, находящихся на стадии формирования полярных структур, показали, что среди них доля умеренно-активных ядер необычно велика — вплоть до $\approx 50\%$ [5, 8]. Это заключение, конечно, нуждается

ся в дальнейшей проверке, поскольку количество изученных ГПК пока еще очень невелико. Если же оно подтвердится, то это может означать, что наиболее благоприятные условия для питания «монстра» в ядре галактики складываются лишь при длительном взаимодействии и переносе массы.

Можно перечислить еще много интересных задач, которые ставит перед нами изучение ГПК. Например, каков механизм звездообразования в полярных кольцах? Мы знаем, что во многих полярных структурах процесс рождения новых звезд идет довольно интенсивно (например, изображение кольца NGC 4650A просто усыпано молодыми звездными скоплениями — см. рис.3). Но что служит спусковым механизмом звездообразования, существуют ли в этих структурах волны плотности и спиральные ветви?

Наконец, немалую роль в интересе, который вызывают галактики с полярными кольцами, играет и то, что они очень красивы. Это не только пристрастное мнение автора статьи, но и мнение, можно сказать, «астрономической общественности». Известно, что в Институте космического телескопа (STScI) выполняется проект «Наследие Хаббла», в рамках которого собираются наиболее впечатляющие снимки, полученные на телескопе «Хаббл». Коллекция пополняется как посредством архивных изысканий, так и с помощью оригинальных наблюдений. Авторы проекта сначала сами отбирали понравившиеся им объекты, а затем было решено провести интернет-голосование, в ходе которого все желающие могли высказаться за наблюдения одного из предварительно отобранных объектов. 44% из примерно 8000 проголосовавших отдали свои голоса за NGC 4650A. В соответствии с общественным выбором в апреле 1999 г. на телескопе «Хаббл» и был сделан снимок, приведенный на рис.3.

Как они образовались?

Образование столь странных объектов — одна из самых интригующих загадок, связанных с ГПК. Первые гипотезы были очень экзотическими. Например, супруги Бербиджи, описав структуру NGC 2685 (рис.2), предположили, что система полярных волокон удерживается в равновесии магнитным полем. Серсик, открывший NGC 4650A, считал, что главная галактика является вытянутым образованием («веретеном»), а кольцевая структура может быть результатом нестационарных динамических процессов в ее ядре. Высказывалось даже мнение, что в случае NGC 2685 мы наблюдаем результат взрыва в ядре спиральной галактики (центральное эллиптическое тело рассматривалось как результат этого взрыва)!

В конце 70-х было высказано не столь радикальное воззрение на природу ГПК, и принадлежало оно автору «гипотезы слияний» [9], пионеру численных расчетов взаимодействий галактик Алару Тумре. Он предположил, что полярная структура NGC 2685 есть результат разрушения богатой газом карликовой галактики вблизи главного тела NGC 2685. Сейчас такая точка зрения — внешняя аккреция — кажется совершенно естественной. Действительно, объект с двумя почти ортогональными кинематическими подсистемами не мог возникнуть в ходе коллапса одиночного протогалактического облака. Следовательно, в истории такой галактики должно было быть «вторичное» событие, в качестве которого лучше всего подходят аккреция части вещества сблившейся галактики или ее полное разрушение на околополярной орбите. Однако в конце 70-х подобная гипотеза звучала почти столь же экзотично, как и гипотеза взрыва в центре галактики. Идея о том, что взаимодействия и слияния галактик —

это очень важный фактор в их эволюции, тогда только пробивала себе путь. Галактики с полярными кольцами стали яркой и наглядной иллюстрацией «гипотезы слияний»!

Как сейчас представляют себе формирование ГПК? Самый простой и наглядный механизм — это аккреция части сблившейся галактики. Данный механизм можно поставить на первое место, поскольку он подтвержден не только численными расчетами (рис.5), но и наблюдениями. Конечно, далеко не каждое сближение галактик может привести к образованию полярного кольца вокруг одной из них. Это возможно лишь при выполнении ряда условий. Например, возникновение долгоживущего кольца наиболее вероятно, когда богатая газом галактика (потенциальный донор) пролетает в околополярной плоскости свободной от газа галактики раннего типа [10]. Если галактика-реципиент содержит протяженный газовый диск, то из-за взаимодействия двух ортогональных газовых потоков кольцо вокруг нее проживет недолго и быстро осядет в главную плоскость этой галактики. Если захват вещества произойдет не в околополярной плоскости (в случае сплюснутого у полюсов или трехосного потенциала в полярной плоскости существуют устойчивые орбиты), а под большим углом к плоскости диска, то из-за так называемой дифференциальной прецессии и диссипации энергии при взаимодействии газовых облаков кольцо относительно быстро осядет к основной плоскости галактики. Кроме того, необходимы вполне определенные относительные скорости пролета галактик, фиксированный диапазон расстояния их наибольшего сближения, определенная ориентация и структура галактик.

В близкой к нам области Вселенной найдено несколько двойных систем, в которых непосредственно наблюдается пе-

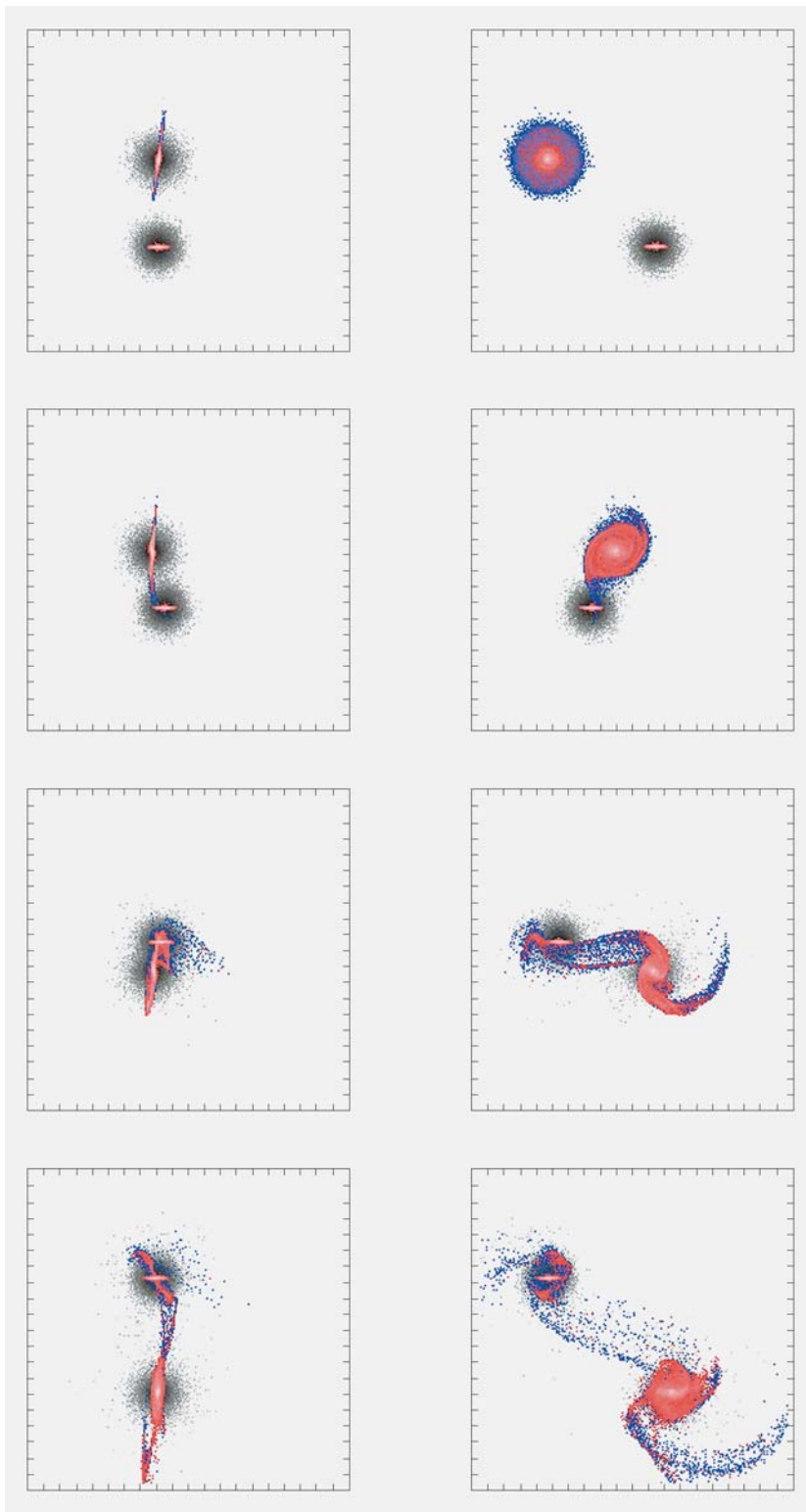


Рис.5. Пример численных расчетов формирования околополярной структуры при тесном сближении двух спиральных галактик. Изображены две разные проекции четырех фаз взаимодействия (сверху вниз). Шаг по времени — 225 млн лет, размер кадра — 400 кпк. Красным цветом изображена звездная составляющая каждой из галактик, синим — газ, черными точками показаны темные гало галактик.



Рис.6. Взаимодействующая двойная система NGC 3808A, B. Спектральные наблюдения свидетельствуют, что спиральная ветвь главной галактики не просто вытянута в сторону спутника, но реально наматывается вокруг его большой оси.

ренос массы с одной галактики на другую с закручиванием этого вещества вокруг большой оси спутника. Пример такой двойной системы показан на рис.6 (другие примеры — это NGC 1409/1410, NGC 6285/6286, NGC 7464/7465). К подвариантам этого сценария можно отнести разрушение относительно маломассивного спутника вблизи основной галактики, а также аккрецию облака межгалактического газа.

Другой возможный механизм — лобовое столкновение двух перпендикулярно ориентированных спиральных галактик [11]. Если столкновение произойдет с высокой относительной скоростью ($\Delta V \sim 500$ км/с), получится кольцевая галактика (самый знаменитый пример такого объекта — галактика «Тележное колесо»). Относительно медленное столкновение ($\Delta V \leq 100$ км/с) и последующее слияние могут привести к образованию гибридного объекта, подобного ГПК по структуре. Внешние области диска спи-

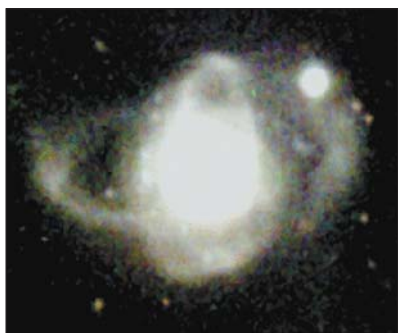


Рис.7. Галактика ESO 474-G26 (изображение получено автором на 1.6-метровом телескопе Обсерватории Пико дос Диас, Бразилия). Оптический диаметр галактики равен 70 кпк.

ральной галактики, в середину которой врезался менее массивный объект, будут выглядеть как полярное кольцо, а в центре при слиянии двух галактик и вспышечном звездообразовании может возникнуть ортогонально вращающийся и лишенный газа звездный диск. Возможно, именно так образовался удивительный объект, показанный на рис.7 [12]. В наблюдаемой структуре этой галактики выделяется не одно, а целых два ортогонально ориентированных кольца.

Описанные механизмы не исчерпывают весь предложенный для объяснения ГПК спектр моделей, но они представляются наиболее естественными. Кроме того, работоспособность обоих механизмов проверена реалистическими численными расчетами и, хотя бы отчасти, наблюдениями.

Стоит также отметить, что образование ГПК может в некоторых аспектах напоминать процесс формирования галактик в рамках популярного сейчас сценария иерархического скучивания. По этому сценарию галактики образуются в процессе аккумуляции массы извне — за счет слияний и внешней аккреции. Следовательно, появляется еще одна причина интереса к ГПК — исследование близких

объектов этого типа может помочь лучше разобраться и в образовании обычных галактик.

Много ли их?

Двадцать лет назад все достоверно известные ГПК можно было пересчитать по пальцам одной руки. Они рассматривались как некий исключительно редкий, предельный, вырожденный случай взаимодействия между галактиками. «Неубранные с шоссе остатки автомобильной аварии» — так определил ГПК один из пионеров их исследования Поль Шехтер.

Авторы каталога [1] попытались оценить частоту встречаемости ГПК и получили, что в окружающей нас области Вселенной примерно 0.5% всех галактик типа S0 окружены полярными структурами*. Если учесть, что линзовидные галактики составляют около 1/10 всех галактик, итоговая частота встречаемости ГПК оказывается удручающе маленькой — лишь ~0.05%. Позднее было открыто, что и спиральные галактики могут быть окружены подобными структурами (например, NGC 660 на рис.3) и, следовательно, встречаемость ГПК в действительности может быть несколько выше.

Однако если посмотреть на рис.3—4, легко заметить, что у известных ГПК кольцевые структуры и центральные галактики видны почему-то под большими углами к лучу зрения, почти «с ребра». Оказывается, на обнаружение таких объектов большое влияние оказывает так называемая «наблюдательная селекция». Смысл этого эффекта в применении к нашим объектам состоит в том, что их легче обнаружить, когда обе подсистемы (кольцо и галактика) видны «с ребра» и, тем самым, сразу видно, что галактика содержит

* У всех известных к началу 1990-х годов объектов этого типа центральные галактики классифицировались как линзовидные.

подсистему, не лежащую в ее основной плоскости. Если мысленно развернуть ГПК (например, NGC 4650A на рис.3) так, чтобы кольцо было видно «плашмя», то такой объект, вероятно, выглядел бы как спиральная галактика с баром и, скорее всего, не привлек бы к себе особого интереса. Следовательно, многие относительно близкие ГПК могут оставаться неизвестными из-за своей «неудачной» ориентации. Учет этого и других селекционных эффектов привел авторов каталога [1] к выводу, что примерно 5% всех галактик типа S0 имеют или имели в прошлом полярные структуры. Таким образом, реальная встречаемость феномена полярных структур должна быть раз в 10 выше, чем приведенные ранее оценки, и может достигать ~0.5%.

Являются ли ГПК изолированным, никак не связанным с другими галактиками классом объектов? Конечно, нет. Исследования последних лет свидетельствуют, что существует непрерывный и очень широкий спектр возможных последствий взаимодействий и слияний между галактиками. Очень часто эти слияния приводят к формированию так называемых кинематически выделенных подсистем в галактиках. В зависимости от характеристик галактик и от условий их взаимодействия может получиться почти все, что угодно. Скажем, известны многочисленные объекты, в которых звезды и газ вращаются под произвольными углами друг к другу и даже в *противоположных* направлениях. Есть примеры наличия в одной галактике двух контрвращающихся газовых подсистем. А в галактике NGC 4550 в разные стороны вращаются два звездных диска, имеющих сравнимые массы!

Иногда кинематически выделенные подсистемы могут иметь вид внешних по отношению к главному телу галактики кольцевых структур. К примеру, пло-

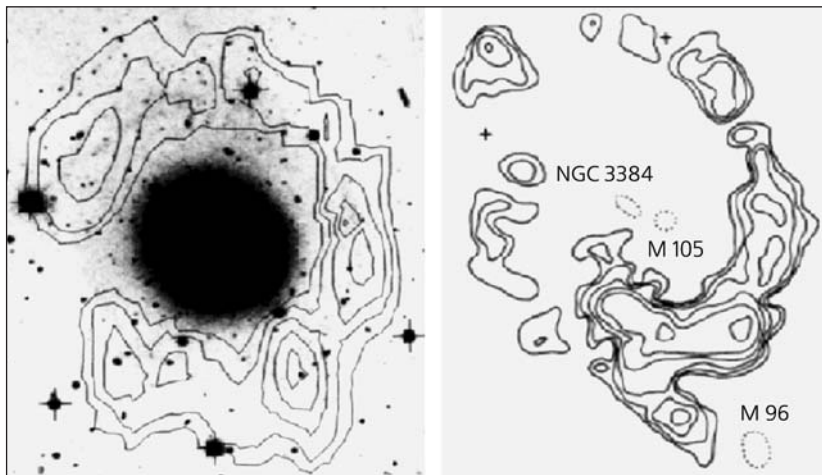


Рис.8. Слева: кольцо атомарного водорода (распределение HI изображено непрерывными линиями) вокруг эллиптической галактики IC 2006 [13]. Диаметр кольцевой структуры составляет 25 кпк. Справа: гигантская кольцевая структура HI (ее диаметр достигает 200 кпк) в группе галактик М 96 [14].

скость нашей Галактики — Млечного Пути — пересекает слабый звездный поток, созданный разрушающейся в ее гравитационном поле карликовой галактикой Sgr I. Этот звездный поток почти ортогонален плоскости Галактики и имеет форму гигантского эллипса (его большая ось равна 30 кпк). Есть указания на то, что облака HI в гало Млечного Пути образуют огромное (радиусом около 90 кпк) околополярное кольцо. Радиоастрономические наблюдения открыли газовые кольцевые структуры и у множества других галактик.

Например, на рис.8 показано кольцо вокруг IC 2006, а также кольцо вокруг целой группы галактик! Если бы плотность газа в кольце IC 2006 была достаточно высока и там начался процесс звездообразования, мы бы увидели это кольцо в оптическом диапазоне и, возможно, отнесли бы эту галактику к ГПК.

Итак, галактики с полярными кольцами — это не экзотика и не исключение из правил. Они — закономерный результат активной «общественной» жизни галактик, в ходе которой могут сближаться и захватывать

у других звездных систем часть вещества (рис.5 и 6) и даже сливаться с ними. При определенных условиях результаты такого взаимодействия могут привести к формированию квазиустойчивых конфигураций — ГПК, которые в силу необычности своей морфологии и привлекают особое внимание. При менее «удачных» параметрах взаимодействия части сблившихся галактик быстро сливаются, и следы активных событий в их прошлом или в прошлом остатка их слияния можно обнаружить лишь при очень детальном исследовании.

Заканчивая рассказ об удивительных галактиках с полярными кольцами, хочется обратить внимание на то, что в ходе повествования приходилось затрагивать очень широкий круг вопросов внегалактической астрономии. Здесь и природа скрытой массы, и звездообразование, и ядерная активность, и, наконец, взаимодействие и перенос массы между галактиками. Это наглядно показывает, что ГПК являются замечательными природными лабораториями для исследования того, как образуются и эволюционируют окружающие нас звездные системы. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 98-02-18178 и 03-02-17152.

Литература

1. Whitmore B.C., Lucas R.A., McElroy D.B. et al. // *Astronomical Journal*. 1990. V.100. №5. P.1489—1522.
2. Ulrich M.-H. // *Publ. Astron. Soc. Pacif.* 1975. V.87. P.965—967.
3. Schechter P.L., Gunn J.E. // *Astronomical Journal*. 1978. V.83. №11. P.1360—1362.
4. Schechter P.L., Ulrich M.-H., Boksenberg A. // *Astrophysical Journal*. 1984. V.277. №2. P.526—531.
5. Reshetnikov V.P., Combes F. // *Astron. Astrophys.* 1994. V.291. №1. P.57—73.
6. Iodice E., Arnaboldi M., Bournaud F. et al. // *Astrophysical Journal*. 2003. V.585. №2. P.730—738.
7. Reshetnikov V.P. // *Astron. Astrophys.* 2004. V.416. №3. P.889—900.
8. Reshetnikov V.P., Faundez-Abans M., Oliveira-Abans M.de // *Month. Not. Roy. Astron. Soc.* 2001. V.322. №4. P.689—694.
9. Пеушетников В.П. Взаимодействующие галактики // *Природа*. 2000. №6. С.13—21.
10. Reshetnikov V., Sotnikova N. // *Astron. Astrophys.* 1997. V.325. №3. P.933—942.
11. Bekki K. // *Astrophysical Journal*. 1997. V.490. №1. P.37L—40L.
12. Reshetnikov V., Bournaud F., Combes F. et al. // *Astron. Astrophys.* 2005. (в печати)
13. Schweizer F., Gorkom J.H.van, Seitzer P. // *Astrophysical Journal*. 1989. V.338. №2. P.770—788.
14. Schneider S.E., Skrutskie M.F., Hacking P.B. et al. // *Astronomical Journal*. 1989. V.97. №3. P.666—673.



Узорчатая древесина карельской березы

Л.Л.Новицкая, Ф.В.Кушнир

Внимание ученых биологических и медицинских специальностей к изучению структурно-функциональных нарушений клеток, тканей и органов у животных и человека оправдано, поскольку это позволяет разработать стратегию лечения многих заболеваний. Интерес к аномалиям роста и развития растений не столь велик и касается в основном отклонений от нормы у однолетних культурных растений. Между тем и у древесных растений существует немало структурных нарушений, многие из которых затрагивают развитие осевых органов дерева (побегов, ветвей, ствола). Их всестороннее изучение не менее важно по следующим причинам. Во-первых, любое отклонение от нормы позволяет глубже и всесторонней понять механизм нормального процесса, что в дальнейшем дает возможность более эффективно управлять им. Во-вторых, формирование структурных аномалий ствола часто становится причиной снижения общей продуктивности древесного растения и качества древесины. В-третьих, возникновение многих экзогенных и эндогенных аномалий связано с загрязнением окружающей среды промышленными отходами, пе-



Людмила Людвиговна Новицкая, доктор биологических наук, заведующая лабораторией физиологии и цитологии древесных растений Института леса Карельского научного центра РАН. Занимается изучением аномального роста и развития древесных растений.



Федор Васильевич Кушнир, сотрудник той же лаборатории. Автор технических разработок по постановке экспериментов и всех представленных в статье фотографий.

стицидами, радиоактивными веществами, и соответственно древесные растения могут служить индикаторами таких загрязнений. Наконец, в-четвертых, отклонение от нормального роста и развития осевых органов часто связано с изменением текстуры древесины и, таким образом, открывает пути для изучения закономерностей ее формирования.

Пожалуй, одна из самых распространенных в природе аномалий древесины — так называемый синдром ямчатости стебля [1], а самое яркое и известное проявление этого синдрома — узорчатая древесина карельской березы. Внешне ямчатость проявляется в виде разной формы и размеров углублений на поверхности древесины, которым



Поперечные спилы и поверхность древесины стволов обычной березы (слева) и карельской.

на внутренней стороне коры соответствуют аналогичные выступы. Помимо карельской березы существует немало и других примеров: ямчатость формируется у клена с текстурой «птичий глаз», на наростах на стволах и ветвях сосны обыкновенной, в комлевой части стволов березы повислой, у граба, ольхи серой и черной. Регулярные, но часто еле заметные углубления можно обнаружить на поверхности древесины орешника лесного, или лещины. Лещиновидная древесина периодически появляется как у хвойных, так и лиственных пород, что делает их древесину ценным сырьем для изготовления музыкальных инструментов, известным в мире под названием «Hazel wood».

Синдром ямчатости стебля может развиваться по разным причинам: в результате вирусных заболеваний у плодовых деревьев и винограда, в зоне несовместимых прививок или в зонах заживления механических повреждений, под действием радиоактивного излучения и т.д. По характеру микроструктурных изменений трудно установить, что именно их вызвало; независимо от причины у разных видов древесных растений происходят одни и те же изменения — меняется строение проводящих тканей дерева. Этот структурно-функциональный комплекс состоит из флоэмы, которая обеспечивает передвижение продуктов фотосинтеза из листьев к местам их потребления, и ксилемы, по которой осуществляется ток воды и растворенных в ней минеральных веществ. Обе ткани формируются в результате деятельности одной меристемы — камбия, центростремительные производные которого дифференцируются в элементы ксилемы, а центробежные — в элементы флоэмы. Движение веществ происходит вдоль оси ствола и по его радиусу. В первом случае растворы движутся по вытянутым в вертикальном на-

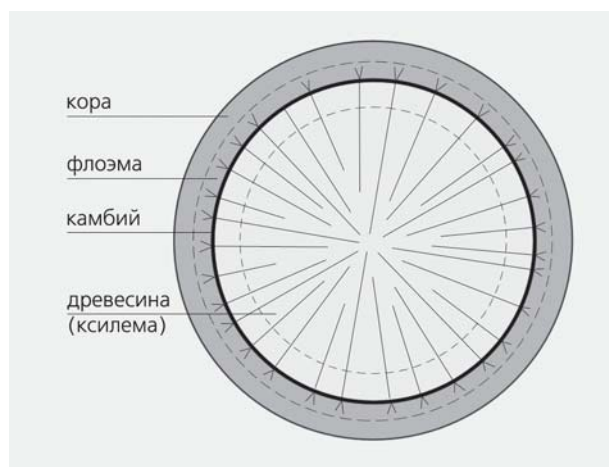
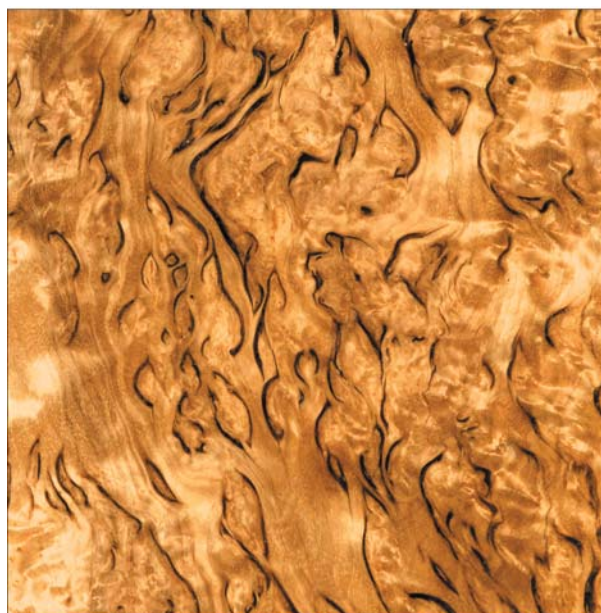


Схема расположения тканей в стволе дерева.

Вертикально ориентированный спил узорчатой древесины карельской березы.



правлении членикам сосудов — трахеидам ксилемы и ситовидным трубкам флоэмы (осевые элементы), во втором — по радиально вытянутым клеткам лучей, пронизывающих обе эти ткани.

При ямчатости стебля количество лучей увеличено, к тому же они расширены за счет увеличения числа и размеров составляющих их клеток. Лучи сливаются между собой и образуют скопления слабодифференцированных паренхимных клеток, основная функция которых — кратковременное или длительное запасание веществ. Все это сопровождается нарушением ориентации осевых структурных элементов, и древесина становится свилеватой. В зонах лучевых аномалий наблюдается локальное ингибирование радиального прироста древесины. Ярче всего это проявляется у карельской березы, у лещины же течение процесса не столь выражено и внешне слабо заметно.

Пытаясь раскрыть биохимические механизмы, определяющие микроструктурные отклонения от нормы, большинство специалистов исходит из того, что любым морфологическим преобразованиям клеток и тканей предшествуют изменения в обмене веществ. До недавнего времени все объяснялось лишь действием фитогормонов: формирование лучевых аномалий связывали с активностью ауксинов [2], а закладку новых радиальных лучей — ауксинов и этилена [3]. Повышенный интерес исследователей к фитогормонам, видимо, затмил результаты других специалистов, занимающихся изучением регуляторов роста и развития растений негормональной природы [4].

Целью наших исследований было найти ключевое звено в индукции лучевых аномалий у древесных растений. Мы обратили внимание на то, что именно в соке клена и березы, которые способны к образованию декоративной узорчатой древесины, содержатся наиболее высокие, по сравнению со всеми другими известными древесными породами деревьев, концентрации сахарозы [5]. В Канаде из сока клена сахарного даже получают знаменитый кленовый сироп, а у нас по весне собирают березовый сок.

Как известно, сахароза — конечный продукт фотосинтеза и важнейшая транспортная форма углеводов в растениях. Иными словами, у многих растений образующиеся при фотосинтезе углеводы в виде сахарозы поступают из зеленых листьев к местам их потребления — в семена, корни, клубни и луковицы, где превращаются в крахмал или инулин. У древесных растений основной потребитель сахарозы — камбиальная зона. В период роста раствор сахарозы поступает сюда по ситовидным трубкам проводящей флоэмы.

В качестве основных объектов исследования мы выбрали растения березы, отличающиеся по текстуре древесины — обычную березу повислую (*Betula pendula* var. *pendula*) с типичной для нее прямослойной древесиной и карельскую березу

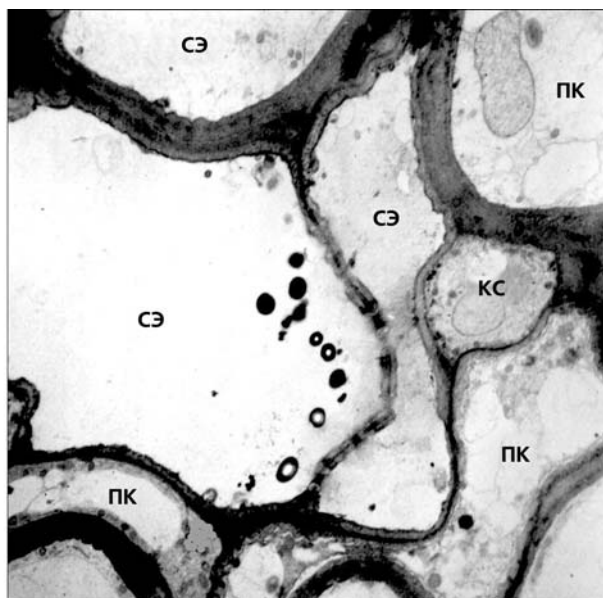
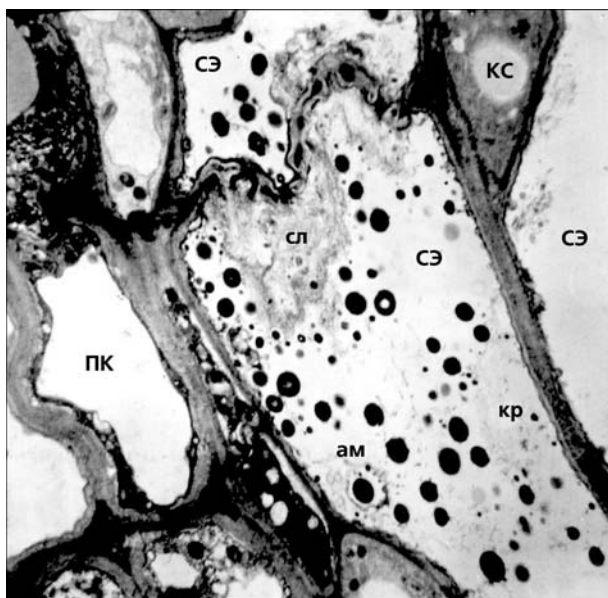
(*B. pendula* var. *carelica*) с узорчатой древесиной ствола. На поперечном спиле рисунок древесины карельской березы образуется за счет сочетания темноокрашенных включений прослоек паренхимных клеток в виде точек, «птичек» и запятых и перламутрового блеска, обусловленного свилеватостью осевых элементов.

Электронно-микроскопический анализ проводящей флоэмы карельской березы в зонах структурных аномалий ствола позволил обнаружить здесь участки с повышенным содержанием транспортной сахарозы. Полости ситовидных элементов были буквально забиты крахмалом, в который обычно превращается избыток сахарозы. Более того, в других клетках проводящей флоэмы в этих зонах накапливалось значительное количество питательных веществ, связанных с сахарозой через систему метаболических реакций (липиды, фенолы).

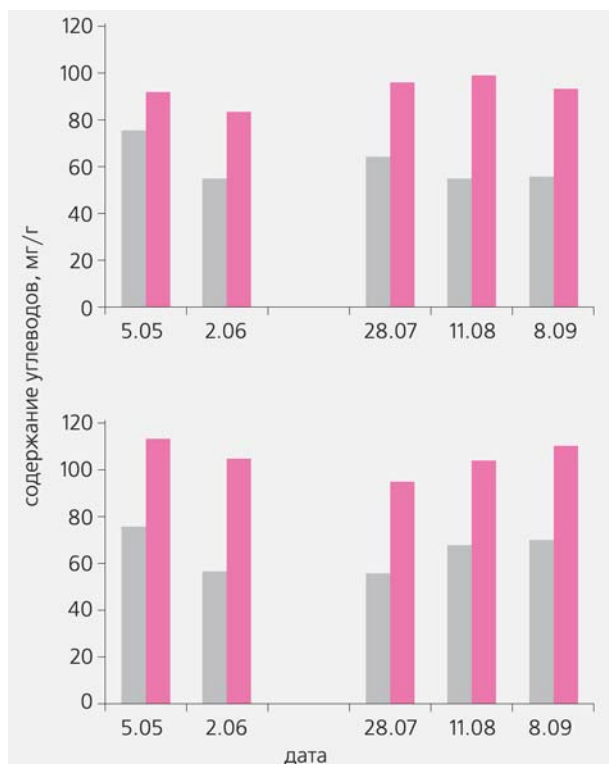
Вне специализированных транспортных каналов (ситовидных трубок флоэмы) сахароза распадается с образованием глюкозы и фруктозы. Сравнив суммарное содержание глюкозы, фруктозы и сахарозы в коре ветвей и ствола обычной и карельской березы, мы обнаружили, что в течение периода роста деревьев более всего сахаров содержит кора карельской березы. Логично было предположить, что сахароза играет важную роль в развитии аномалий ствола карельской березы [6, 7]. Для проверки гипотезы были придуманы различные экспериментальные подходы, с помощью которых можно было бы нарушить транспорт сахарозы и, соответственно, создать зоны ее избыточного содержания. Особый интерес представляли эксперименты на растениях обычной березы повислой, для которой в норме нехарактерно развитие узорчатой древесины.

В одних случаях на стволах березы мы удаляли небольшие участки коры, включая проводящую флоэму и камбий, а ствол в зоне ранения обматывали водонепроницаемым материалом, чтобы избежать высыхания обнаженной поверхности древесины. В созданном таким образом раневом окошке происходила регенерация поврежденных тканей, и можно было изучить закладку, структуру и деятельность вновь образованного (раневого) камбия в зонах, обладающих высокой аттрагирующей (притягивающей к себе вещества) способностью [8]. Возникшие структурные аномалии в раневой древесине обычной березы оказались сходными с узорчатой древесиной карельской березы, однако происходило это лишь на начальных этапах деятельности раневого камбия, по мере застывания раны строение тканей постепенно восстанавливалось.

Те же эксперименты, но проведенные на слабоузорчатых растениях карельской березы, привели к тому, что узорчатость стала более выраженной не только в зоне бывших раневых окошек, но и между ними.

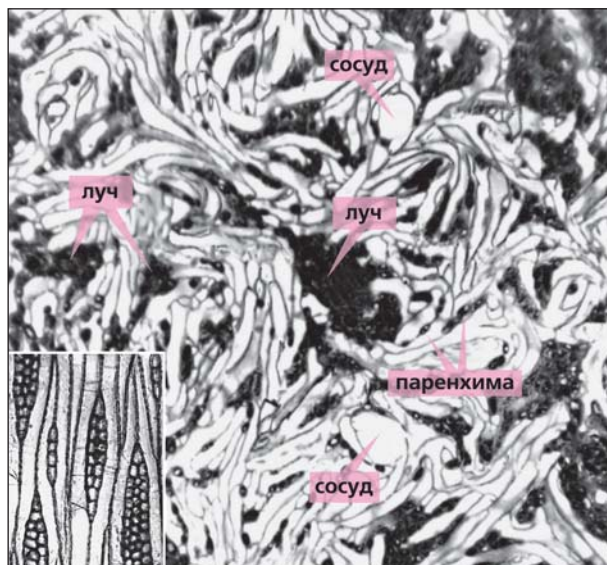


Фрагменты проводящей флоэмы карельской березы (слева) и обычной. Увел. 1500. ам — амилопласт, кр — крахмал, КС — клетка-спутник, лк — липидные капли, ПК — паренхимная клетка, сл — слизевой компонент содержимого ситовидной трубки, СЭ — ситовидный элемент.



Содержание углеводов (глюкозы, фруктозы и сахарозы) в коре ветвей (вверху) и ствола карельской березы (цветные столбики) и обычной.

Другая серия экспериментов была направлена на создание зон избыточного содержания сахара. Для этого ствол взрослых (15-летних) и молодых (двух-, трехлетних) растений обычной березы сильно перетягивали, причем молодые деревья выращивались в условиях фитотрона при режимах освещения, температуры и влажности, способствующих интенсивному развитию листьев. И в том, и в другом случаях над перетяжкой формировался наплыв тканей, но на взрослых деревьях, росших в естественных условиях, он был менее выражен, чем на интенсивно растущих молодых растениях с мощно развитым листовым аппаратом. Соответственно и степень ямчатости в зонах над перетяжками у молодых растений была намного сильнее. Поверхность древесины у них была покрыта типичными для синдрома ямчатости стебля точковидными и желобковидными углублениями. Более того, в данном случае впервые удалось у обычной березы индуцировать развитие всего комплекса структурных отклонений в строении древесины, характерных для карельской березы — появились темноокрашенные включения паренхимных прослоек, общая свилеватость тканей и сопровождающий ее перламутровый блеск. Разница в результатах эксперимента на молодых и взрослых деревьях вполне объяснима: хорошо развитый листовой аппарат в условиях специально подобранного светового режима фитотрона, очевидно, был источником



Микрофотография поперечного среза раневой свилеватой древесины обычной березы. Увел. 100. В нижнем левом углу для сравнения приведен фрагмент нормально ориентированных элементов древесины обычной березы на поперечном срезе.

большого количества сахарозы, поступавшей в стволы молодых растений. По-видимому, для развития древесины по типу карельской березы имеет значение соотношение кроны дерева и его осевых органов. Подтверждение тому мы нашли в литературе и в результатах исследований, специально проведенных в нашей лаборатории. Действительно, у карельской березы на единицу массы ствола приходилась большая масса и площадь листьев, чем у березы с обычным строением тканей [9].

Казалось бы, приведенные примеры в той или иной степени уже свидетельствовали о влиянии сахарозы на формирование структурных анома-

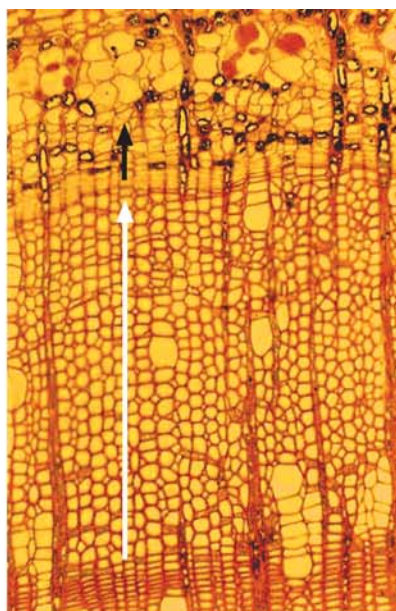


Поперечный спил ствола слабоузорчатой карельской березы в зоне раневых окошек через два года после ранения.

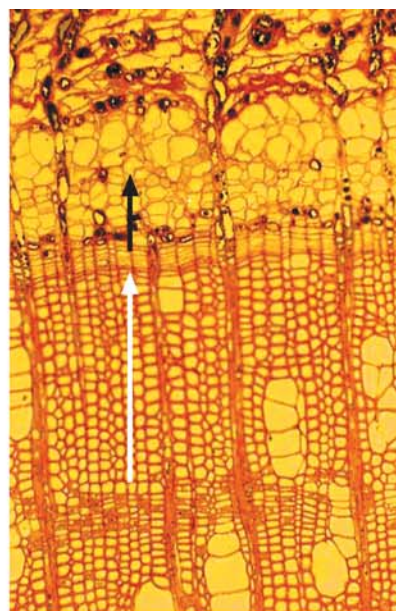
лий ствола. Однако это было лишь косвенным подтверждением нашей основной гипотезы. Необходимо было получить прямые доказательства того, что разные концентрации сахарозы могут индуцировать разные пути развития тканей. Для этих целей в 2002 г. был разработан новый эксперимент, схема которого заключалась в следующем [10, 11]. На стволе березы по окружности ствола в виде длинных узких полосок вырезали наружные слои коры, оставляя нетронутыми зону проводящей флоэмы и камбий. После удаления коры ствол в зоне ранения быстро изолировали водонепроницаемым материалом. В созданные таким образом камеры регенерации с помощью шприца вводили растворы сахарозы возрастающей концентрации (от 0% до 20%). Интенсивная транспирация листьев в период роста дерева обеспечивала всасывание растворов внутрь ствола. При низких концентрациях сахарозы происходит в основном формирование элементов ксилемы; с повышением концентрации во вновь сформированных тканях доля слоев ксилемы (древесины) снижается, но увеличивается доля

Стволики трехлетних растений обычной березы после перетяжки тканей. Слева направо: зона перетяжки, где видны следы от сжимавшей ствол проволоки; поперечный спил древесины в зоне наплыва над перетяжкой; поверхность древесины под снятой корой в зоне перетяжки. Стрелкой обозначена древесина, сформированная до помещения растения в фитотрон.

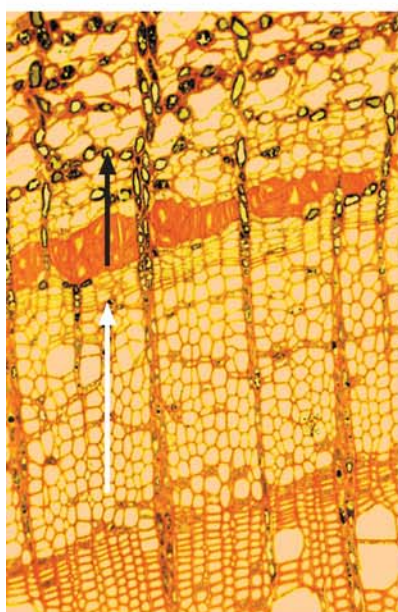




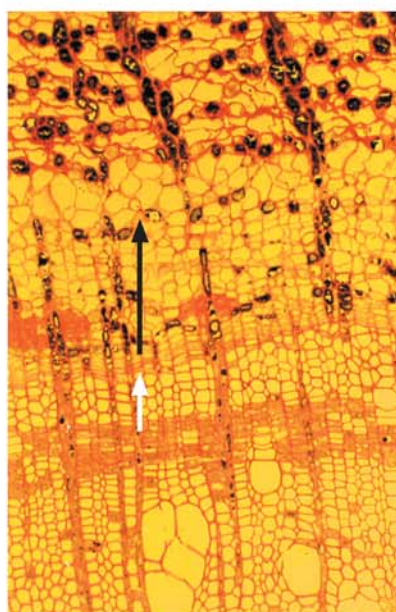
0 %



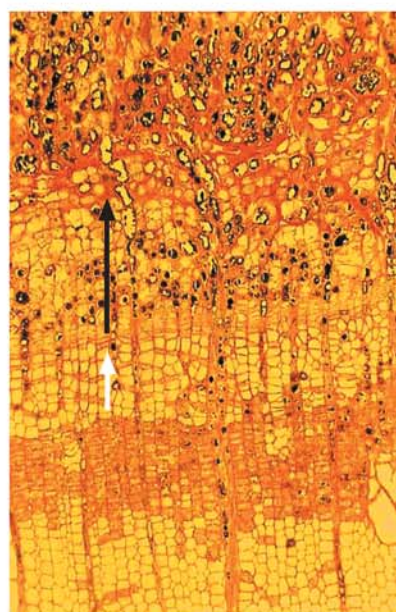
1 %



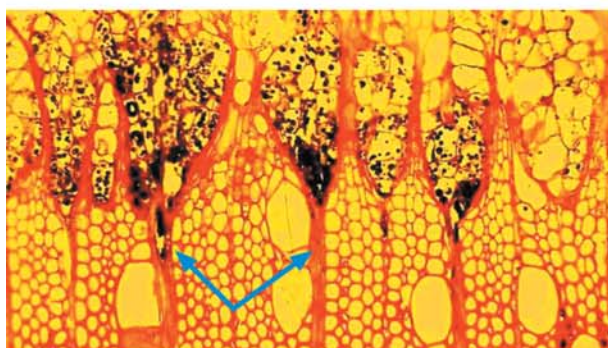
2.5 %



5 %



10 %



20 %

Введение раствора сахарозы в камеру регенерации и поперечные срезы тканей, сформированных после введения растворов сахарозы разной концентрации. Увел. 100. Белыми стрелками показаны слои ксилемы, черными — флоэмы, синими — радиальные лучи.

элементов флоэмы (коры). Все это происходит на фоне возрастания количества лучей. Наконец, при введении 20% раствора сахарозы наблюдается сильное увеличение количества и размеров клеток лучей, а также слияние лучей с образованием сплошного слоя паренхимных клеток.

Таким образом, было получено экспериментальное подтверждение того, что повышение концентрации сахарозы в камбиальной зоне ведет к ингибированию приростов древесины и преимущественному образованию элементов коры. Результатом локального повышения концентрации сахарозы будет ямчатое углубление на поверхности древесины, заполненное соответствующим ему выступом коры. Была установлена связь и между высокими концентрациями сахарозы и развитием аномалий лучей, результатом чего становилась прослойка паренхимных клеток. В целом по результатам многовариантных опытов с введением в ствол растворов сахарозы были установлены уровни и ритмы изменений ее концентрации, вызывающие переход камбиальной активности от обычной для березы повислой к той, которая характерна для карельской березы.

Безусловно, узорчатая древесина карельской березы — лишь частное проявление синдрома ямчатости стебля у древесных растений. Тем не менее есть все основания предполагать, что вывод о морфогенетической роли сахарозы в развитии тканей ствола распространяется и на другие примеры ямчатости стебля, т.е. имеет общеприродное значение.

* * *

В последние годы значительно увеличилось число работ, посвященных регулирующей роли сахаров в росте и развитии растений. Особенно

большие успехи были достигнуты в области молекулярной биологии. Теперь сахара принято рассматривать как важные сигнальные молекулы, влияющие на многие гены растительного организма. Этим вопросам посвящен ряд крупных обзоров [например, 12—16]. На травянистых видах продемонстрирован высокий потенциал к изменению программы развития растений в ответ на снабжение сахарами, в первую очередь сахарозой и глюкозой. Установлена роль глюкозы в индукции и поддержании клеточных делений, тогда как участие сахарозы оказалось очень важным в регуляции перехода от роста делением клеток к росту клеточным растяжением и формированию запасующих клеток и тканей. Регуляция обмена веществ и развития растений химическими аналогами сахарозы — палатинозой и туранозой — также подтверждает регуляторную роль сахарозы.

В заключение заметим, что полученные данные позволяют провести интересную аналогию между растительными и животными организмами. Как мы теперь знаем, одно из основных правил здоровья гласит — лучше недоесть, чем переест. Расплатой за переедание становится нарушение обмена веществ и, как следствие, нарушение структуры и функций тканей и органов организма. Карельская береза подтверждает, что это правило распространяется не только на человека и животных, но и на растения. Избыток питательных веществ (сахарозы) в тканях ствола карельской березы обочрачивается нарушением их структуры и функций. В результате формируется очень красивая, но все же аномальная древесина. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект № 02-04-49866.

Литература

1. Коровин В.В., Новицкая Л.Л., Курносков Г.А. Структурные аномалии стебля древесных растений. М., 2003.
2. Щетинкин С.В. Гистогенез узорчатой древесины березы (*Betula pendula* Roth var. *carelica* Merkl. и *Betula pendula* Roth) // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Воронеж, 1988.
3. Lev-Yadun S., Aloni R. // Bot. Rev. 1995. V.61. P.45—84.
4. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. М., 1983.
5. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. М., 1999.
6. Новицкая Л.Л. // Ботан. журн. 1997. Т.82. №9. С.61—66.
7. Новицкая Л.Л. // Лесоведение. 1999. №4. С.67—70.
8. Novitskaya L.L. // Trees: Structure and Functions. 1998. V.13. №2. P.74—79.
9. Николаева Н.Н. Формирование листового аппарата у форм березы повислой (*Betula pendula* Roth) с разной текстурой древесины // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. СПб., 2004.
10. Новицкая Л.Л., Кушнир Ф.В. Влияние различных концентраций сахарозы на формирование запасующих тканей ствола древесных растений // Тез. докл. V съезда Об-ва физиологов растений России и Международ. конф. «Физиология растений — основа фитобиотехнологии». Пенза, 2003. С.106.
11. Novitskaya L., Kushnir F., Nikolaeva N. // Acta physiol. plantarum. 2004. V.26. №3 Suppl. P.41.
12. Koch K.E. // Annual Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol. 1996. V.47. P.509—540.
13. Smeekens S. // Annual Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol. 2000. V.51. P.49—81.
14. Pego J.V., Kortstee A.J., Huijser G., Smeekens S.C.M. // J. Exptl Bot. 2000. V.51. P.407—416.
15. Rolland F., Moore B., Sheen J. // The Plant Cell. 2002. №14. P.185—205.
16. Gibson S.I. // J. Exptl Bot. 2004. №55. P.253—264.

Космическое послание в «бутылке»?

В.Г.Сурдин,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга
Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова

Стало почти аксиомой, что послание от внеземной цивилизации придет к нам по радио. Идею поиска радиосигналов иных разумных существ обосновали 45 лет назад Дж.Коккони и Филип Моррисон [1]. Они оценили существовавшие в те годы технические возможности радиотелескопов как достаточные для этой задачи и даже предложили начать поиски на конкретной волне длиной 21 см, на волне излучения межзвездного водорода. Свою статью молодые физики заключили так: «Трудно оценить вероятность успеха, но если не производить поисков совсем, то вероятность успеха равна нулю».

Эта идея вдохновила радиоастрономов; поиски разумных сигналов были начаты почти сразу же — сначала на волне 21 см, а затем и в других диапазонах. К сегодняшнему дню проделана немалая работа: только по программе SETI@home, которая позволяет всем желающим энтузиастам использовать свои личные компьютеры для анализа космических радиосигналов, на этот анализ затрачено в сумме более 2 млн лет процессорного времени. Предпринимаются попытки поиска и в других диапазонах излучения, например в оптическом, где передат-

чиком может служить мощный лазер, а приемником — крупный телескоп. Эта работа, безусловно, будет продолжаться, но ее отрицательный (на сегодняшний день) результат заставляет рассматривать и другие стратегии поиска.

Нельзя сказать, что до сих пор эта проблема не обсуждалась. Не раз высказывались сомнения в эффективности космической радиосвязи. Межзвездное пространство заполнено естественными радиопомехами, поэтому двусторонний обмен радиограммами подходит лишь для коротких сообщений типа «Мы существуем! Мы здесь!», но и при этом возможен лишь на небольших по межзвездным масштабам расстояниях. Даже к ближайшей звезде радиосигнал добирается четыре года. Если вести диалог в режиме коротких вопросов и ответов, то на продуктивный диалог уйдут тысячелетия. Поэтому лучше уж сразу сообщить ИМ все, что мы знаем (отправить суперэнциклопедию), и ждать аналогичного послания от НИХ. Но для пересылки объемистых файлов по радио требуются либо невероятно мощные передатчики, либо неприемлемо большая длительность передачи. Анализ этой проблемы на современном технологическом уровне предприняли американ-

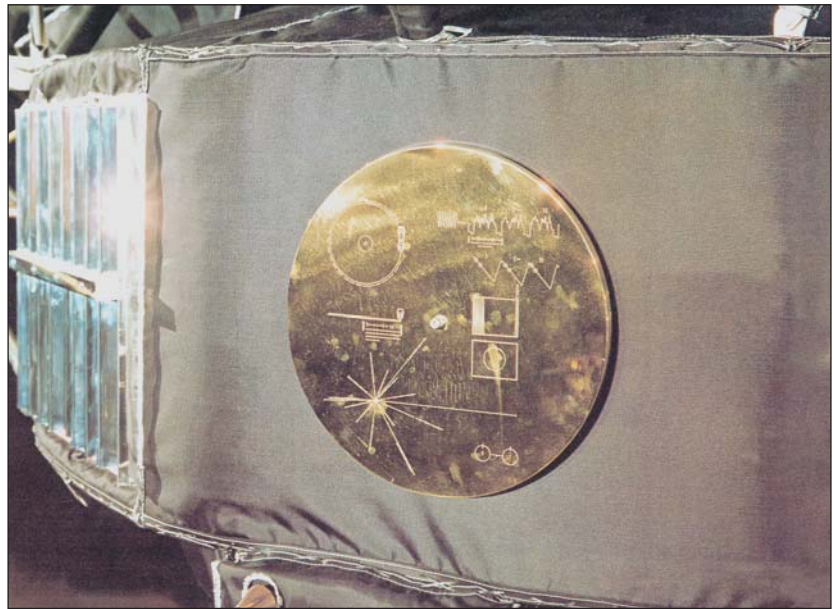
ские специалисты по связи К.Роуз и Г.Райт [2].

Они обратили внимание на то, что методы записи сообщений ушли сегодня далеко вперед по сравнению с 1970-ми годами, когда были поставлены первые и до сих пор единственные эксперименты в области космической «бутылочной почты». В те годы, как известно, четыре американских межпланетных зонда покинули пределы Солнечной системы: «Пионер-10 и -11», запущенные в 1972—1973 гг., и «Вояджер-1 и -2», запущенные в 1977 г. Облетев внешние планеты, они вырвались из поля притяжения Солнца и теперь удаляются в глубины Галактики. В принципе есть шанс, что они когда-нибудь попадут в руки разумных существ. Поэтому каждый из них несет на себе специальное послание.

Внутри «Пионеров» заложены небольшие металлические пластинки с выгравированной на них «визитной карточкой» землян, содержащей наш галактический обратный адрес. По сути, это одна картинка размером с мобил-фото. Послание, отправленное через пять лет с «Вояджерами», значительно более объемное: каждый из аппаратов несет на себе круглую алюминиевую коробку, внутри которой лежат позолоченные для сохранности видеодиски.

На них классическим эдисоновским способом записаны 118 статических изображений (слайдов), на которых собраны важнейшие научные данные: изображения Земли, ее материков, различные ландшафты, сцены из жизни животных и человека, их анатомическое строение и биохимическая структура, включая молекулу ДНК. Кроме того, на них есть звуки: шепот матери и плач ребенка, голоса птиц и зверей (например, «песни» китов), шум ветра и дождя, грохот вулканов и землетрясений, шуршание песка и прибой океана. Есть даже звук поцелуя, который с вдохновением произвели участники создания видеодиска под руководством К.Сагана. Человеческая речь представлена на диске короткими приветствиями на 58 языках народов мира. Существенную часть послания составляют музыкальные записи: на диске соседствуют Бах, Моцарт, Бетховен, Луи Армстронг, Чак Берри и народная музыка многих стран.

Авторам послышки на «Вояджерах» потребовалось изрядное напряжение сил, чтобы составить и уместить в объеме одной грампластинки емкое и уравновешенное послание неведомым братьям по разуму от лица всех землян. (При этом внутренний цензор заставил их отказаться от какого-либо упоминания о войнах в надежде, что когда их послание доберется до неведомых адресатов, — а это десятки тысяч лет, — с войнами на Земле уже будет покончено.) Но за прошедшие три десятилетия плотность упаковки информации повысилась на много порядков. Поэтому сегодня уже можно не ломать голову над содержанием послания, а просто отправить ИМ всю письменную и электронную информацию, созданную человечеством. Это не так уж и много — всего 10^{19} битов, или 10^{18} байтов. Пусть читают, смотрят, слушают и узнают о нас все, что захотят. Если ОНИ при этом не потеряют к нам уважения, то можно наде-



Контейнер с посланием на борту «Вояджера». На крышке контейнера изображена инструкция по воспроизведению видеопластинки.

яться на ответное послание того же рода.

Предвидя реакцию скептиков, Роуз и Райт оценили возможность создания и стоимость такого послания. Они понимают, что современный человек, привыкший к быстрым и дешевым сообщениям в форме SMS и E-mail, уже с недоверием относится к материальным носителям информации, например к глиняным табличкам и даже к бумажным письмам. Но легкость и дешевизна современной электронной коммуникации в пределах Земли не должна вводить нас в заблуждение: она есть прямое следствие сетевой структуры связи. Нам лишь кажется, что мы можем позвонить по крохотному мобильному радиотелефону на другой континент. В действительности мощности нашего карманного телефона хватает лишь на несколько километров — до ближайшей сетевой станции. А если бы мы задумали связаться с Австралией по радио, да еще при отличном качестве звука, то потребовались бы приемники и передатчики совсем иного масшта-

ба. При переходе к космическим расстояниям проблемы возрастают тысячекратно: вспомните гигантские радиотелескопы, которые необходимы для поддержания связи с межпланетными зондами.

Проблема в том, что качество радиопослания — плотность потока энергии — «девальвируется» по мере его удаления от Земли. Как бы ни был изначально узок радиолуч, он все равно расширяется, и к адресату доходит лишь мизерная доля посланной энергии. Зато сообщения, отправленные письмом, доходит до адресата целиком и может достаточно долго храниться. Адресная рассылка значительно экономичнее, чем постоянное разбрасывание писем с самолета в надежде, что одно из них случайно попадет в руки адресата (именно эта стратегия используется в радиопосланиях).

Чтобы на большие расстояния было выгоднее посылать материальные носители информации, а не эфирные, эти носители необходимо сделать по возможности компактными. Добравшись без особой спешки до

Научные сообщения

адресата, они принесут ему ответы сразу на все вопросы. Для таких посланий Роуз и Райт предлагают самый современный способ — сканирующий туннельный микроскоп, манипулирующий отдельными атомами. Он может делать записи, например, атомами ксенона на никелевой подложке. В принципе такой метод позволяет достичь плотности упаковки информации до $7.5 \cdot 10^{25}$ бит/кг (при использовании легких атомов лития и берилля). Это выше, чем в молекуле РНК вируса полиомиелита ($3.6 \cdot 10^{24}$ бит/кг). Но даже если использовать для пущей надежности по 1000 атомов никеля на бит, создавая элементарные метки размером в нанометр, все равно плотность упаковки получается невероятно высокая — около 10^{22} бит/кг. При этом всю информацию человечества можно упаковать в объеме менее 1 см^3 (в булавочной головке!). Представляете: вся культура человечества, размещенная в одной суперэнциклопедии весом в 1 грамм! Правда, чтобы ее прочитать, понадобится весьма дорогой сканирующий туннельный микроскоп.

Заметим, создание такой суперэнциклопедии было бы полезно не только для братьев по разуму, но и для нас самих. Разместив несколько экземпляров этой энциклопедии подалее от Земли, например на Луне, мы гарантировали бы сохранность плодов своего разума от всяческих катаклизмов. Если бы глобальная катастрофа произошла сегодня, то единственными памятниками нашей цивилизации остались бы несколько десятков автоматических аппаратов, достигших поверхности Луны, Марса и Венеры, летающих на околосолнечных орбитах и отправленных к звездам. Лишь последние из них — «Пионеры» и «Вояджеры» несут информацию не только об уровне нашей технологии, но и о самих людях, создавших эти высокотехнологичные изделия. И только плас-

тинки «Вояджер» содержат данные о нашей планете — ее географии и биосфере, — а также о строении и функциях человеческого тела. При этом в каждом послании «Вояджер» всего около 100 Мб информации, что при массе аппарата около тонны означает плотность упаковки всего 10^6 бит/кг.

Немаловажный вопрос: а долго ли придется писать такую энциклопедию? Даже если все материалы уже доступны, для их упаковки в миниатюрном носителе понадобится выложить мозаику из 10^{19} атомов. Подобный процесс в природе наблюдается при репликации молекул ДНК. Например, в геноме кишечной палочки (*E.coli*) содержится 4 639 221 пара оснований; деление этой бактерии происходит через каждые 40 мин, следовательно, скорость удвоения молекулы ДНК порядка 2000 оснований в секунду. При таком темпе на сборку нашей суперэнциклопедии понадобится 200 млн лет! Поэтому технологию атомарной записи придется ускорить в миллионы раз по сравнению с ее природными аналогами. В противном случае энциклопедия никогда не будет дописана, поскольку объем информации у нашей цивилизации удваивается примерно каждые 20 лет.

Итак, каким же образом лучше всего отправить нашу суперэнциклопедию к звездам? Как известно, среди конкурирующих проектов обычно побеждает тот, который решает задачу с наименьшими затратами. Поэтому Роуз и Райт рассчитали стоимость пересылки информации по радио и «письмом». При этом подсчитывались только затраты по отправке послания, без учета стоимости инфраструктуры (радиотелескопы и передатчики, пишущие туннельные микроскопы, космодроны или катапульты и т.п.), поскольку при массовой рассылке сообщений стоимость многократного оборудования сравнительно невелика.

Предполагалось, что кристалл памяти с суперэнциклопедией будет упакован в контейнер для защиты от космических лучей. Это существенно утяжеляет посылку: чтобы молекулярное послание сохранилось в течение миллионов лет, необходима «броня» не хуже земной атмосферы (1 кг/см^2); ее толщина составит несколько метров, а масса — сотни тонн. Если использовать помехоустойчивые коды записи, то можно снизить уровень защиты от повреждения космическими лучами, но тем не менее капсула будет весить не одну тонну. Для межзвездного перелета за разумное время ей необходимо придать скорость около 300 км/с.

Исходя из этих соображений, Роуз и Райт сравнили кинетическую энергию капсулы с письмом и энергию радиопульса, несущего тот же объем информации. Оказалось, что при использовании крупнейших из существующих радиотелескопов (например, диаметром 305 м в Аресибо) радиопослание остается выгодным лишь на межпланетных расстояниях, а на любых межзвездных расстояниях существенно уступает материальному посланию. Если не ограничиваться радиодиапазоном, то более эффективной была бы связь с помощью оптического лазера и 10-метрового телескопа, а еще более эффективной — с помощью рентгеновского лазера (которого пока не существует). Но и в этом случае электромагнитное «письмо» могло бы конкурировать с материальным лишь на расстоянии до нескольких ближайших звезд, а на просторах Галактики «бутылочная почта» по своей дешевизне не имеет конкурентов. К тому же у нее есть еще одно преимущество: капсула с суперэнциклопедией, попавшая в иную планетную систему, может долго дожидаться того момента, когда там возникнет цивилизация достаточно высокого уровня, чтобы обнаружить наше по-

слание и понять его. А неприятный электромагнитный сигнал (скажем, по причине отсутствия радиотелескопов у данной цивилизации) уже не вернется назад.

В связи с этим рождается интересный вопрос: если «бутылочная почта» так выгодна, то не пользуются ли ею развитые цивилизации уже давным-давно? Поэтому не следует ли нам повнимательнее поискать

в Солнечной системе? Быть может, на поверхности одной из планет или одного из сотен тысяч астероидов нас ожидает «письмо издалека»? Невольно вспоминается сюжет Артура Кларка из «Космической Одиссеи 2001 года»: на Луне обнаруживают монолит — послание, оставленное для нас неведомо когда и неведомо какой космической цивилизацией. Сроки, как видим, не оправдались. Что

же касается технических идей, инженер-фантаст Артур Кларк часто угадывает будущее. Во всяком случае, уже не первый год астрономы серьезно обсуждают стратегию поиска следов внеземного разума на Луне и других телах Солнечной системы [3]. Наблюдая величие Вселенной, астрономы не могут поверить, что мы — единственные зрители этого грандиозного «спектакля». ■

Литература

1. Cocconi G., Morrison F. // Nature. 1959. V.184. P.844—846.
2. Rose Cb., Wright G. // Nature. 2004. V.431. №7004. P.47—49.
3. Архипов А.В. // Астрономический вестник. 1994. Т.28. №4—5. С.211—214.

По оценкам американских и перуанских орнитологов, численность морских птиц, обитающих на островах близ побережья Перу, снизилась по сравнению с 1960 г. в четыре раза и теперь не превышает 5 млн особей. Баклан Бугенвиля, крачка инков, пеликаны, чайки погибают от голода, поскольку популяция анчоуса — их основной кормовой базы — сократилась в последние десятилетия на 85%. По мнению специалистов, главная тому причина — активный рыболовный промысел, однако свою роль играют и климатические изменения, из-за которых рыба оказывается в аномальных условиях обитания.

Sciences et Avenir. 2004. №688. P.42 (Франция).

Самое маленькое в мире позвоночное (длина 7 мм, масса менее 1 мг) — рыба из семейства бычковых *Schindleria brevipinguis*, обитающая среди кораллов Большого Барьерного рифа на глубинах 15—30 м. Ее открыли еще в 1979 г., но как вид описали только в 2004-м,

после изучения шести экземпляров. У *S.brevipinguis* нет ни зубов, ни чешуи, тело прозрачно. Самец несколько меньше самки (как это часто бывает у бычковых). Продолжительность жизни 2 мес. Ранее рекорд миниатюрности принадлежал другому виду из семейства бычковых — *Trimmaton nanus*.

Science et Vie. 2004. №1044. P.34 (Франция).

В Австралии неуклонно растет популяция коалы. Как известно, рацион этого сумчатого медведя составляет только листва некоторых видов эвкалиптов. Поскольку площадь эвкалиптовых лесов в последнее время постоянно сокращается, решено регулировать численность коалы с помощью противозачаточных средств.

Sciences et Avenir. 2004. №685. P.38 (Франция).

Ежегодно в Амазонии леса вырубают на площади около 23 700 км². Командующий вооруженными силами Бразилии генерал Ф.Р.Альбукерк заявил,

что защита окружающей среды — вопрос национальной безопасности, а потому заниматься ею должны не только экологи, но и армия. В 2004—2005 гг. на размещение в Амазонии воинских подразделений выделяется 5 млн евро. Это поможет научным работникам проводить лесоохранные мероприятия.

Sciences et Avenir. 2004. №691. P.48 (Франция).

Казуара (Casuariidae) недаром называют птицей-садовником: лучший способ успешно прорастить семена яванского ясеня — пропустить их через его желудок. Специалисты Мельбурнского университета (Австралия), высеяв обработанные таким образом семена на участках исчезающих влажных лесов на севере австралийского штата Квинсленд и юго-востока Азии, установили, что всхожесть семян этого дерева достигла 90%. Прежние методы в лучшем случае давали прорастание только 30% семян.

Sciences et Avenir. 2004. №691. P.44 (Франция).

От чего зависит судьба гена

Лекторий

В.Л.Карпов

Все клетки любого многоклеточного организма содержат одинаковую генетическую информацию, но во время его развития она считывается избирательно, одновременно все гены никогда не работают. Например, в клетках печени активны только те гены и синтезируются только те белки, которые нужны для ее функционирования, в клетках почек работают лишь гены, необходимые для выполнения функций этого органа, и т.д.

За счет чего же стабильно включаются и выключаются определенные гены и не теряется при этом остальная генетическая информация?

Оказалось, что избирательность считывания контролируют особые — эпигенетические — механизмы (греч. *επι* означает над, сверх). Наследование этого контроля называют эпигенетическим. Оно не затрагивает информацию, записанную в ДНК, тут действуют другие, «надгенетические», механизмы. Именно они определяют будущее клетки — какой ей быть, какие гены включать для синтеза белков, а какие — выключать.

Первая ступень контроля

Существует несколько уровней контроля активации генов. Один из них — модификация



Вадим Львович Карпов, доктор биологических наук, заместитель директора Института молекулярной биологии им.В.А.Энгельгардта РАН. Научные интересы связаны с изучением хроматина, его роли в эпигенетических процессах.

ДНК. Подобному изменению подвергаются гены, которые необходимо выключить в конкретном типе клеток, и оно должно быть таким, чтобы ДНК не теряла способности копироваться при делении клетки. Тогда эта модификация сохранится и в дочерней клетке, и в ней ген тоже будет выключен. В настоящее время известна только одна модификация ДНК, не нарушающая кодирование и копирование. Это — метилирование, присоединение к одному из четырех азотистых оснований, цитозину, метильной группы ($-CH_3$). Метилируется при этом не любой цитозин, а лишь тот, что находится в составе динуклеотида CG. В ДНК позвоночных животных такие динуклеотиды встречаются нечасто, и более половины их бывают метилированы специально предназначенным для этого ферментом — метилазой. Важно, что CH_3 -модификация копируется при удвоении ДНК. Если на старой цепи ДНК есть метилированные цитозины, фермент присоединяет метильные группы к таким же основаниям и на вновь синтезируемой цепи. Благодаря этому модификация передается в клеточных поколениях, т.е. сохраняется информация о том, что данный ген должен быть выключен.

Каким же образом действует модификация на ген? По-видимому, существует два основных механизма с противоположным действием: отталкивание белков, активирующих ген, и наоборот, привлечение к метилированному фрагменту белков, участвующих в очень плотной упаковке модифицированного гена за счет изменения структуры хроматина. Хроматин представляет собой чрез-

вычайно сложный и динамичный комплекс, состоящий главным образом из ДНК и белков. На уровне хроматина и осуществляется второй эпигенетический механизм контроля активности генов.

Не только для упаковки ДНК

Молекула ядерной ДНК, как известно, отнюдь не мала, ее линейный размер, например в клетке человека, достигает почти двухметровой длины, тогда как диаметр ядра не превышает 0.01 мм. Столь длинная ДНК упакована в нем таким образом, что из нее в нужный момент и в нужной комбинации извлекается необходимая информация. Совмещение плотной упаковки ДНК и избирательного извлечения из нее генетической информации обеспечено хроматином. Можно сказать, что именно он служит носителем генетической информации в клетках высших организмов, так как от него зависит избирательность работы генов. Огромное разнообразие фенотипического проявления наследственного материала — результат подобной избирательности и комбинаторики. Не удивительно поэтому, что почти при 80-процентной схожести геномов человека и мыши сами организмы сильно отличаются друг от друга. В настоящее время уже установлено, что на уровне хроматина, а не ДНК, наиболее эффективно работают многие ферменты, участвующие в избирательном считывании генетической информации, ее удвоении при делении клетки, исправлении возникающих ошибок и т.д.

Термин «хроматин» введен в научную лексику в 1888 г. Им стали называть окрашиваемое содержимое ядра, обнаруженное за восемь лет до этого. Истинная роль хроматина в жизнедеятельности клетки начала проясняться почти 100 лет спустя, после открытия в 1973—1974 гг. нуклеосомы — главного структурного элемента хроматина. Ученые пришли к выводу, что она представляет собой ту единицу, на основе которой строится сложнейший механизм, предназначенный для дифференциального включения генов в разных клетках и на разных стадиях индивидуального развития организма. Чтобы понять, почему одни гены работают в каком-то типе клеток, а другие — нет, и как целенаправленно управлять этим процессом, нужно обратиться к структурной организации хроматина.

Гистоны и нуклеосома

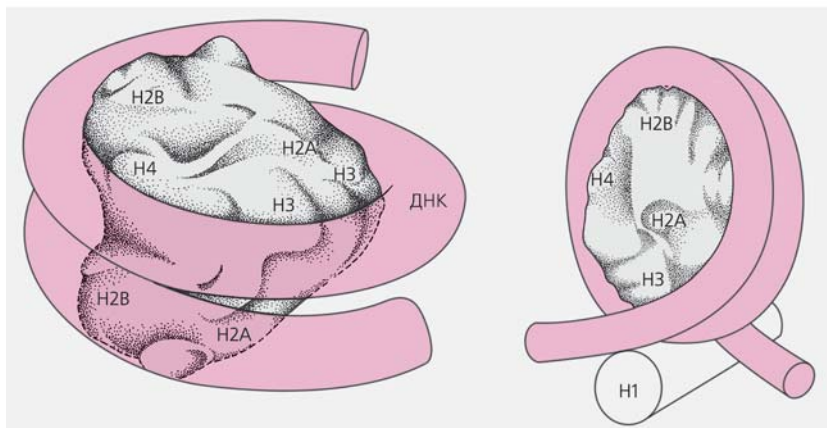
Здесь уже упоминалось, что хроматин — это очень сложный комплекс ДНК и белков. Большинство их составляют гистоны, обнаруженные в 1884 г. немецким биохимиком А.Косселем через 15 лет после открытия нуклеина (ДНК) И.Ф.Мише-

ром, швейцарским биохимиком и физиологом. Гистоны оказались универсальными компонентами хроматина. По массе они приблизительно равнялись ДНК, и некоторое время их считали носителями генетической информации. Но потом отвели роль регуляторов генной активности, однако позже выяснилась необоснованность этой точки зрения: огромное разнообразие гистонов, на которое она опиралась, было вызвано методом их выделения — эти белки интенсивно разрушались. В конце концов метод экстракции удалось усовершенствовать, и разнообразие гистонов свелось к пяти основным типам: Н1, Н2А, Н2В, Н3 и Н4 (Н — от англ. Histone).

Гистоны — белки небольшой молекулярной массы — относятся к наиболее консервативным по первичной структуре белкам в ряду от простейших эукариот до высших. Например, аминокислотная последовательность Н4 из вилочковой железы теленка и проростков гороха отличается только двумя остатками из 102, составляющих всю молекулу. Характерное свойство гистонов — высокое содержание лизина и аргинина, положительно заряженных аминокислотных остатков. Они находятся преимущественно в аминной (N-) и карбоксильной (C-) концевых областях белка, называемых «хвостами». Их функция долгое время оставалась непонятной, и существовало даже мнение, что они не очень важны для нормальной жизни клетки. Однако, как выяснилось позже, именно гистоновые «хвосты» играют главную роль в эпигенетических механизмах. В центральных, самых консервативных, участках полипептидной цепи гистонов преобладают остатки гидрофобных аминокислот. Именно эти центральные области участвуют в образовании специфических комплексов из молекул гистонов: тетрамера (Н3)₂-(Н4)₂ и двух димеров Н2А-Н2В. Из них формируется нуклеосомная сердцевина, ядро (англ. core), на которое и навивается ДНК.

В основе формирования нуклеосомы лежат несколько принципов, сформулированных А.Корнбергом [1]. В число восьми гистоновых молекул, составляющих нуклеосомное ядро, входят по два Н2А и Н2В с высоким содержанием лизина и по два Н3 и Н4, богатых аргинином. На этот октамер, как на катушку нитка, наматывается ДНК, образуя левозакрученную суперспираль с шагом 28 Å. Навиться может 1.75 витка (по 80 пар нуклеотидов в одном) или 2—2.5 витка. Первую нуклеосому называют минимальной, вторую — полной. Они отличаются количеством не только ДНК, но и гистонов: в минимальной нуклеосоме, как уже сказано, содержится восемь молекул гистонов, а в полной к ним добавляется еще один — Н1, который связывается с межнуклеосомной ДНК.

В нуклеосоме гистоны взаимодействуют с ДНК строго определенным образом. В начале 80-х годов в лаборатории А.Д.Мирзабекова был разработан метод анализа ДНК-белковых взаи-



Электронная микрофотография хроматина (вверху) и модели минимальной (внизу слева) и полной нуклеосомы.

На фотографии хроматин виден как нить с нанизанными на нее бусинками. Ядро нуклеосомы, или минимальная нуклеосома, состоит из восьми молекул гистонов — по две молекулы каждого вида: H2A, H2B, H3 и H4. Этот октамер обвит сегментом ДНК, делающим вокруг ядра 1.75 оборота (внизу слева), а гистон-1 (H1) в полной нуклеосоме «сшивает» ДНК в начале и в конце обвитого сегмента (внизу справа).

модействий, основанный на сшивках этих молекул, с помощью которого удалось расшифровать порядок расположения гистонов в нуклеосоме [2]. Оказалось, что он одинаков в организмах, принадлежащих не только к разным видам, родам и классам, но даже царствам живой природы — грибам, растениям и животным. Это открытие объяснило высокую консервативность гистонов, необходимую для формирования столь сложного комплекса, какой представляет собой нуклеосома.

Большой вклад в формирование идей о нескольких уровнях упаковки ДНК в составе хроматина внесли работы Г.П.Георгиева и Ю.С.Ченцова [3]. Первый уровень — образование фибриллы диаметром 100 Å; в ней ДНК становится компактнее в 6–7 раз. Далее при участии гистона-1 формируется 30-нанометровая фибрилла, в результате ДНК уплотняется еще в 20–50 раз. Существует огромное количество версий, объясняющих механизмы этих процессов, но до сих пор нет единого мнения на этот счет. Еще меньше известно об упаковке ДНК в петли и домены. Однако ни у кого нет сомнений в том, что структура нуклеосомы играет главную роль в укладке ДНК на всех уровнях. Именно взаимодействия между нуклеосомами определяют степень компактности ДНК.

Рентгеноструктурный анализ, позволяющий получать данные о пространственном расположении атомов в кристалле, для нуклеосомы особенно сложен в силу того, что этот комплекс состоит

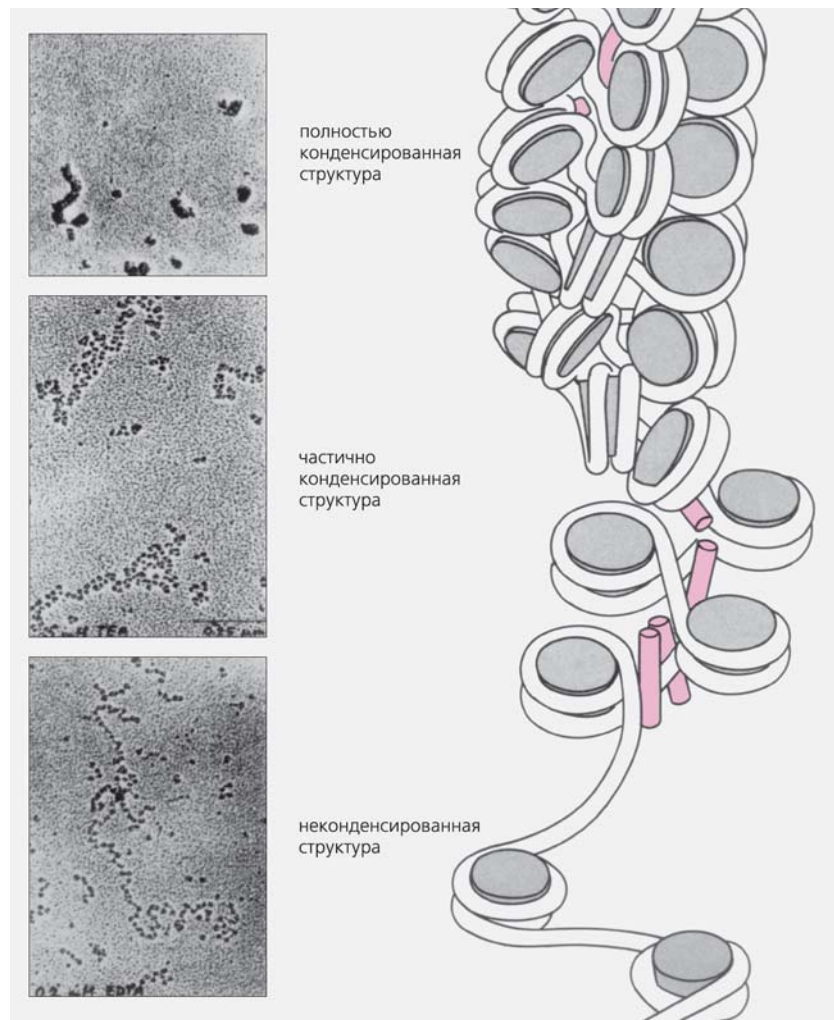
из многих компонентов. Но в конце 90-х годов в лаборатории Т.Ричмонда такой анализ был успешно осуществлен и получено «изображение» структуры нуклеосомы с высоким разрешением — около 2.8 Å [4]. Таким образом, появилась основа для более глубокого понимания тех механизмов, которые обеспечивают участие нуклеосомы в уплотнении ДНК и процессах регуляции генной активности на уровне хроматина.

Хвосты, хвосты, хвосты

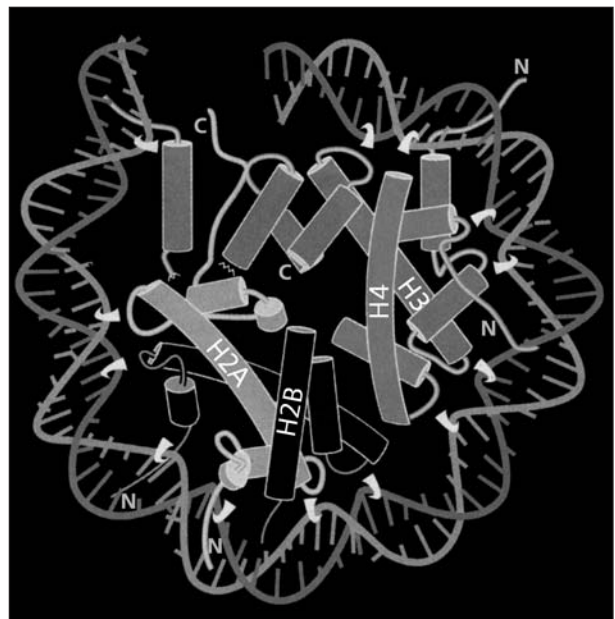
Нуклеосома формируется по принципу многоуровневого узнавания, обусловленного строением гистонов. Молекула любого из них содержит центральный структурированный трехспиральный домен и неструктурированные N- и C-«хвосты». Гистоны попарно узнают друг друга, и в этом важна роль особой гистоновой укладки. Спиральные домены взаимодействуют между собой, образуя структуры, названные рукопожатием, в результате чего возникают гетеродимеры — один H3-H4 и два H2A-H2B. Из первого димера в свою очередь образуется тетрамер (H3)₂(H4)₂. Таким образом, этот тетрамер и два димера H2A-H2B составляют гистоновый октамер, сердцевину нуклеосомы.

Интересно, что мотив гистоновой укладки обнаружен во многих белках, которые активируют или подавляют считывание информации с ДНК.

Хроматин в разной степени конденсации — на микрофотографии и на схеме. В растянутой форме (нижняя часть рисунка) хроматин имеет вид нити с бусинками-нуклеосомами. За счет гистона-1 (H1) он частично уплотняется, а затем конденсируется полностью (механизм остается неизвестным), и гены в этой части ДНК совершенно неактивны.



Структура минимальной нуклеосомы (вид вдоль оси суперспирали ДНК). Показана половина нуклеосомы с одним витком суперспирали (73 пары оснований) и четырьмя молекулами гистонов (H2A, H2B, H3, H4). Их спиральные сегменты изображены в виде цилиндров, неструктурированные участки между ними — в виде петель, буквами N и C обозначены «хвосты», т.е. аминные и карбоксильные концы молекул. Места, в которых ДНК контактирует с гистонами, указаны белыми крюками. Разрешение 2.8 Å.



Из этого следует, что между структурой хроматина и механизмом транскрипции существует эволюционная связь.

Формой гистоновый октамер напоминает клин, благодаря чему обеспечивается левое закручивание спирали ДНК. На поверхности октамера, обращенной к ДНК, из центральных доменов формируются особые структурные элементы, или мотивы, которые можно разделить на три основных типа. Мотивы первого типа образованы β -мостами — спаренными петлями гистоновых димеров. Мотивы второго типа — это спаренные N-концевые сегменты длинных спиральных доменов каждого гистона, образующего гетеродимер. Наконец, третий тип составляют два мотива из двух дополнительных α -спиральных участков гистона-3, расположенных вдоль суперспирали ДНК в месте ее входа в нуклеосому и выхода из нее. Поскольку перечисленные структурные элементы содержат положительно заряженные аминокислоты (в основном аргинины), октамер электростатически взаимодействует с отрицательно заряженными фосфатными группами сахарофосфатного остова ДНК. Таким образом, 14 малых бороздок ДНК втягивают в себя 14 содержащих аргинин мотивов гистонового октамера, расположенных на его поверхности. В результате ДНК жестко закрепляется почти независимо от нуклеотидной последовательности. Благодаря этому обеспечивается универсальность уплотнения ДНК на октамерах.

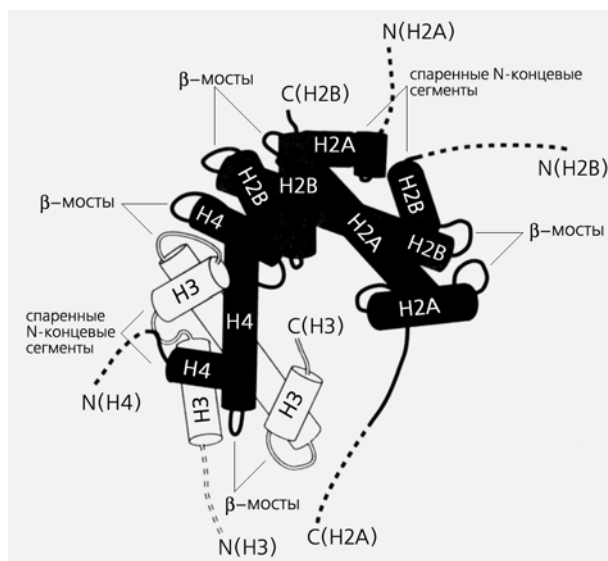
Итак, за счет консервативной центральной части гистонов формируется сам октамер и закрепляется ДНК, чем обеспечивается первый уровень ее уплотнения. ДНК оказывается на поверхности октамера и остается доступной для взаимодействия с другими белками.

Зачем же нужны гистоновые «хвосты»? Чтобы понять это, обратимся снова к нуклеосоме. Судя

по рентгеноструктурному анализу, все они выходят на ее поверхность, причем «хвост» гистона-3 особенно далеко простирается за пределы нуклеосомы.

«Хвосты» гистонов очень подвижны. Выступая поверх не только нуклеосомы, но даже хроматиновой фибриллы, они участвуют в межнуклеосомном взаимодействии и подвергаются многочисленным модификациям. Среди них можно отметить ацетилирование, фосфорилирование, метилирование, АДФ-рибозилирование и присоединение белка убиквитина [5]. Эти модификации изменяют заряд, гидрофобность и другие свойства поверхности белковых глобул. Гистоновые «хвосты», расположенные снаружи хроматиновой фибриллы, составляют до 25–30% от массы индивидуальных гистонов и различными заряженными группами мозаично «раскрашивают» поверхность монотонного хроматина. Кроме того, специализированные модифицирующие ферменты могут изменять эту мозаику, сочетая разные модифицирующие группы. Так формируется сложная матрица, которую узнают другие регуляторные белки, внешние сигналы. Более того, поскольку концевые домены гистонов участвуют и в межнуклеосомном взаимодействии, за счет модификаций хроматиновая фибрилла разрывается или, наоборот, уплотняется. Это, в свою очередь, облегчает или затрудняет доступ многочисленных регуляторов к ДНК.

Из результатов исследований, проведенных в последние годы, стало ясно, что все эти свойства гистоновых «хвостов» чрезвычайно важны для расшифровки механизмов функционирования хроматина — его поведения при активации генов, их репрессии и регуляции многих других процессов, связанных с доступом к ДНК. К настоящему времени создана не одна модель, объясняющая роль хроматина, самая разработанная и интригующая из них — модель «гистонового кода».



Схематическое изображение фрагмента нуклеосомы. На схеме видны: мотив гистоновой укладки в виде цилиндров, соединенных петлями и взаимодействующих между собой, и шесть регулярно расположенных β -мостов, связывающих спираль ДНК. Приблизительное положение гибких гистоновых «хвостов» изображено пунктирными линиями.

Под этим подразумевается разнообразный набор модификаций гистоновых «хвостов», определяющий функциональное состояние гена. Спектр модификаций можно целенаправленно менять, передавать по наследству, иными словами, управлять считыванием генетической информации. Именно «гистоновый код» являет собой тот второй и, видимо, основной эпигенетический механизм, который управляет включением-выключением генов и передачей контролирующей программы по наследству от клетки к клетке.

Язык, на котором ДНК разговаривает с клеткой

Довольно долго существовало мнение, что структура хроматина статична, что он отнюдь не главный игрок на поле генной регуляции. Гистонам же отводилась лишь пассивная роль в сворачивании чрезмерно длинной для ядра молекулы ДНК. Считали (так было проще думать), что контроль транскрипции в клетках эукариот независим от хроматина. Однако после того как была расшифрована структура нуклеосомы, в корне изменились представления о хроматине и о значимости гистонов, в частности. Они оказались непосредственно вовлеченными в процессы, происходящие на ДНК-матрице, такие как репликация (удвоение ДНК), транскрипция, репарация (исправление повреждений ДНК) и расхождение хромосом [6]. Стало ясно, что существует тщательная инструкция для факторов транскрипции, использующих различные ферменты, которые напрямую или опосредованно способствуют перестройке хроматина.

Участие хроматина в судьбе генов стало еще очевиднее, когда в составе активирующих и репрессорных белковых комплексов, управляющих работой гена, были обнаружены ферменты, вносящие или снимающие некоторые модификации в гистоновых «хвостах». От количества модификаций, их качественного состава и специфического набора зависело, быть гену активным или молчать. Выяснилось также, что мутации генов, кодирующих ферменты-модификаторы, приводят к полной потере клеткой способности развиваться и в конечном счете к гибели. «Гистоновый код» оказался идеальным эпигенетическим механизмом, с помощью которого пишется программа каскадного включения-выключения генов, а информация о белках, записанная в самой ДНК, остается в сохранности.

Места модификации гистонов весьма консервативны, специфичны и специализированы так, чтобы в клетке протекали необходимые для ее жизни процессы. В H3 и H4 модификациям подвергаются в основном аминокислоты с реакционноспособными боковыми группами, как правило, положительно заряженными. Чаще всего это ли-

зины. Если в опытах все лизиновые остатки, находящиеся в «хвосте» H4, заменяли на другие аминокислоты, терялась возможность модификации, и клетка погибала. Когда в этом гистоне место лизинов в «хвостовом» домене занимали глутамины (аминокислоты с другим суммарным зарядом), нарушалось распределение зарядов на поверхности нуклеосомы, необходимое для нормального деления клетки, и оно останавливалось. Однако если возвращали всего один остаток лизина на N-конец гистона, клетка продолжала делиться.

Поддержание генов в активном или неактивном состоянии обеспечивается комбинациями разных модификаций, причем по определенным аминокислотам и в определенном положении. Любой модифицированный остаток может способствовать или препятствовать «пришиванию» следующей химической метки.

Модификацией гистоновых «хвостов», естественно, занимают ферменты. Каждый из них присоединяет только определенную модифицирующую группу. Например, гистоновая ацетилтрансфераза переносит ацетильную группу на конкретные лизины в аминном конце, метилтрансфераза — метильную группу (на лизиновые и/или аргининовые остатки), а гистоновые киназы — фосфатные радикалы на серины и тирозины. Существуют также и многочисленные ферменты, которые снимают модифицирующие группы с гистоновых «хвостов». Такие ферменты входят в состав сложных белковых комплексов, участвующих в регуляции генной активности. Из сказанного следует, что в клетке достигается определенный баланс между различными ферментами, которые считывают «гистоновый код» и переключают его, меняя степень конденсированности хроматина и, соответственно, активности гена.

По гипотезе «гистонового кода», маркировки на модифицированных концевых доменах гистонов должны узнаваться регуляторными белками. И это уже подтверждено в экспериментах. Выяснилось, что белковые регуляторы содержат так называемый бромодомен (обнаруженный, кстати, первым), распознающий ацетилованные лизины. Присутствует он во многих регуляторах транскрипции генов. В одном из них — белке TAF_n250 (субъединице базального транскрипционного фактора TFIID) — имеются две последовательно расположенные копии бромодомена, и каждая узнает свою ацетильную группу. В этом тоже проявляется комбинаторный характер «гистонового кода». Бромодомен обнаружен более чем в 75 белках человека. В некоторых из них бывает по несколько — до шести — копий, и тогда они способны узнавать уникальную комбинацию ацетильных групп, сформировавшуюся на «хвостах» разных гистонов.

Следующим был обнаружен хромодомен; он реагирует на метильные метки в гистоновых «хвостах». Среди белков с хромодоменом лучше всего

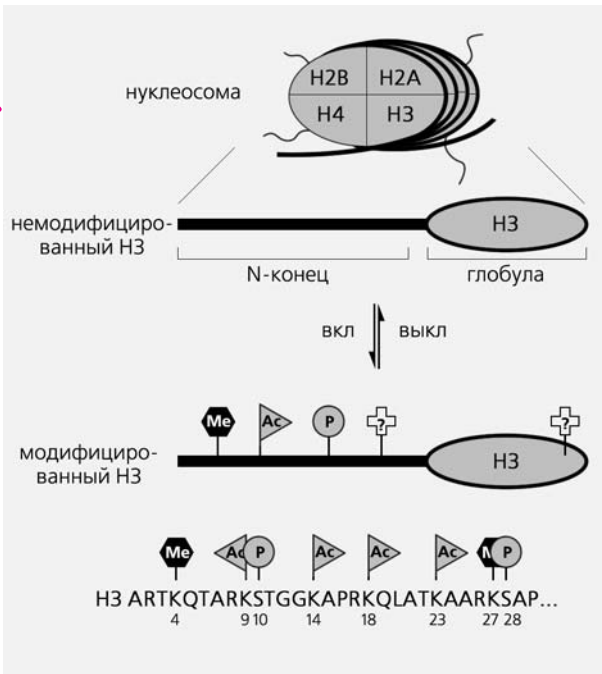
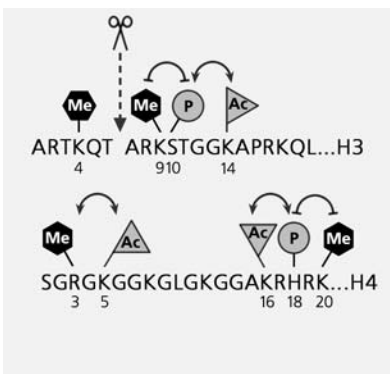


Схема расположения модифицирующих групп в N-концевой части гистона-3. Этот консервативный домен выходит на поверхность фибриллы и подвергается, как и «хвосты» других гистонов, разным модификациям: ацетилированию (Ac), фосфорилированию (P) и метилированию (Me). Вполне возможны и некоторые модификации в глобулярном домене. Внизу показаны точные места модификаций N-концевого фрагмента H3 человека (здесь приведены однобуквенные обозначения аминокислот). Остаток лизина (K-9) может быть как ацетилирован, так и метилирован.

изучен гетерохроматиновый белок — HP1 (англ. Heterochromatin Protein), участвующий в структурной организации гетерохроматина (так называют области хроматина, находящиеся в высококонденсированном состоянии), где ни один ген не работает. Следовательно, HP1 — это маркер неактивного состояния хроматина. Связываясь с метилированным по девятому лизину «хвостом» гистона-3 в одной нуклеосоме, гетерохроматиновый белок способствует метилированию H3 в соседней частице, и CH₃-метка «расползается» по хроматину [6]. В результате его протяженные участки переходят в высококонденсированное состояние. Гены, попавшие в эту область, перестают работать (генетики это часто называют эффектом положения).

Пока мало известно о белковых доменах, узнающих другие «ярлыки» на гистоновых «хвостах», такие как фосфатные группы, белок убиквитин, АДФ-рибозильный остаток. Сейчас интенсивно ведется поиск таких доменов.

Количество экспериментальных данных о связи модификаций гистонов и их комбинаций с работой или молчанием гена огромно. Однако «гистоновый код» не расшифрован — он оказался гораздо сложнее генетического кода. Современные лаборатории (к сожалению, не наши) оснащены инструментами, каких не было во время расшифровки генетического кода; исследователи владеют изощренными методами, которых тогда не знали, а мощные компьютеры обрабатывают экспериментальную информацию. Поэтому нет причин сомневаться, что и «гистоновый код» будет раскрыт и мы поймем механизм избирательного считывания информации с ДНК в составе хроматина. А пока...



Модели активации и угнетения генной активности на основе гипотезы «гистонового кода». Слева приведена схема модификаций N-концевых доменов H3 и H4, на которой видно, что ацетилирование и фосфорилирование оказывают взаимно усиливающее действие, так же как ацетилирование и метилирование, а фосфорилирование и метилирование блокируют друг друга. Стрелка с ножницами указывает на возможное протеолитическое расщепление. Справа приведена схема комбинаторной модификации гистоновых «хвостов», от которой зависит состояние гена — активен он или неактивен.

Инструкция к ДНК

Очень сложная программа последовательности включения-выключения генов записана в многочисленно модифицированных гистоновых «хвостах», выходящих на поверхность хроматиновой фибриллы, и комбинациях «ярлыков», огромном наборе специализированных ферментов, узнающих эти сочетания. Генетическая информация, заложенная в ДНК, оказывается недостаточной для развития полноценного организма. К ней нужна инструкция по использованию. Подтверждением этого служат сложности, которые возникают при клонировании животных. Чтобы получить таким искусственным способом новый организм, ДНК из клетки какого-либо органа переносится в яйцеклетку, из которой удалено ядро. Результат далеко не всегда бывает ожидаемым. Выясняется, что эпигенетические механизмы развития в исходной соматической клетке давно запущены, стереть эту информацию невозможно, и многие гены уже навсегда замолчали. Хотя ДНК соматической клетки идентична той, что была в ядре яйцеклетки, программа развития не срабатывает. Только в половых и эмбриональных стволовых клетках (они образуются на первых делениях оплодотворенной яйцеклетки) эпигенетические механизмы еще не включены, поэтому клетки могут дифференцироваться — стать и клеткой печени, и клеткой мозга, и клеткой кожи. Расшифровав структуру геномной ДНК, мы надеемся, что сможем управлять клеточными процессами. Однако выяснилось, что важна еще и эпигенетическая информация, но до ее полной расшифровки еще очень далеко.

Как реализуется «гистоновый код» в процессе включения-выключения генов? Что собой представляют белки, узнающие модифицированные концевые домены гистонов, какую функцию выполняют после узнавания хроматиновых маркеров? Точных ответов на эти вопросы пока нет.

Рассматриваются лишь возможные варианты. При модификации гистоновых «хвостов» меняется, как уже сказано, их суммарный заряд. За счет этого может, например, уменьшиться степень конденсации хроматиновой фибриллы (т.е. она делается более рыхлой), и ДНК станет доступной для регуляторных белков. В этом случае ферменты-модификаторы только расширяют зону своего влияния, усиливают деконденсацию (или, наоборот, как гетерохроматиновый белок-1, делают фибриллу еще плотнее). В пользу такого хода событий свидетельствуют данные о белках с бромом или хромодоменами; многие из подобных белков сами модифицируют гистоновые «хвосты» [6].

Еще один процесс, меняющий статус гена, осуществляют факторы перестройки хроматина. В 1992 г. этот механизм был впервые выявлен у дрожжей. В присутствии АТФ определенные белковые комплексы удаляли или сдвигали нуклеосо-

мы с регуляторных участков ДНК, в результате чего активировались молчащие гены [7]. Оказалось, что в состав комплексов входят белки, имеющие бром- и хромодомены. Благодаря их способности узнавать метильные и ацетильные метки на «хвостах» гистонов комплекс достигает регуляторного участка гена. Происшедшие вслед за тем структурные изменения хроматина облегчают доступ к ДНК белков, которые активируют транскрипцию этого гена [8].

Есть некоторые свидетельства того, что белки, узнающие «гистоновый код», выполняют еще и транспортную функцию — доставляют к необходимым генам комплекс других, регуляторных, белков. Они проводят целый каскад биохимических реакций в области хроматина, соответствующей регуляторному участку гена. В состав комплекса входят как белки-модификаторы, так и транскрипционные факторы, которые тоже могут подвергаться разным модификациям, если это необходимо для активности.

Перестройки в хроматине затрагивают главным образом небольшие регуляторные области генов. Основная же часть ДНК, накрученная на нуклеосомы (хотя и модифицированные при активации генов), остается недоступной для молекул РНК-полимеразы, осуществляющей транскрипцию. Тем не менее этот нуклеосомный барьер преодолевается. Каким же образом? В нашей лаборатории 20 лет назад был разработан метод гибридизации с «белковыми тенями», который позволяет понять, как открываются транскрипционные области ДНК [9]. По своей сути — это метод картирования мест в ДНК, где она контактирует с белковыми компонентами. Оказалось, что продвижение РНК-полимеразы обеспечивается структурным переходом в нуклеосомах: временно из них удаляются димеры H2A-H2B, а контакт гистонового тетрамера (H3)₂-(H4)₂ с ДНК сохраняется. Полимераза свободно проходит сквозь такую нуклеосому, после чего ее структура быстро восстанавливается. Эти данные соответствуют современным представлениям об организации нуклеосомы, согласно которым димер H2A-H2B в определенных условиях может исчезать [10].

Со структурными особенностями нуклеосомы связан еще один механизм изменения степени конденсации хроматина, а стало быть, и регуляции генной активности. Как уже неоднократно упоминалось, межнуклеосомные взаимодействия и распознавание хроматиновой фибриллы разными факторами определяются «хвостами» гистонов, выходящими на ее поверхность. Структуру хроматина можно нарушить модификацией «хвостов», но равнозначный результат достигается заменой какого-либо гистона на его вариант, отличающийся последовательностью аминокислот в N-концевом участке молекулы.

Уже давно из клеток многих организмов и разных тканей одного и того же организма выделяли

такие гистоновые варианты. У человека, например, известно как минимум пять вариантов H2A [11]. Из них наиболее изучен H2AZ. Этот чрезвычайно консервативный гистон обнаружен у всех эукариот — от дрожжей до человека. От нормального гистона-2A он отличается аминокислотной последовательностью в домене, который ответствен за взаимодействие димера H2A-H2B с тетрамером (H3)₂-(H4)₂, а также заменами в N-концевой части полипептидной цепи. Поэтому суммарный заряд на «хвосте» изменен по сравнению с зарядом на обычном H2A [11] и, как следствие, — изменены поверхностные свойства нукleosомы, содержащей Z-вариант. В результате этого нарушается степень конденсации хроматина — он переходит в более рыхлое состояние, необходимое для активации генов. Без Z-варианта клетка жить не может — мутации по его гену всегда летальны.

Другой хорошо изученный вариант того же гистона-2A — X-вариант. Его отличительная особенность — наличие фосфатной группы в одном из аминокислотных остатков на C-конце молекулы. Этой модификации гистон подвергается в ответ на двухцепочечный разрыв ДНК, вызванный ионизирующим излучением или другими причинами. Фосфорилированный H2AX моментально притягивает к себе комплекс белков, устраняющий дефект. Этот механизм используется клеткой не только при случайных повреждениях ДНК, вариант H2AX участвует в репарации естественно возникающих, нормальных для клетки разрывов ДНК. Такие разрывы происходят, например, во время созревания половых клеток, когда гомологичные хромосомы обмениваются участками; при выработке антител, чьи гены состоят из многих удаленных друг от друга фрагментов, которые должны быть вычленены из ДНК и затем воссоединены, и т.д.

В последние годы обнаруживаются все новые способы, которые меняют компактность хроматина, а следовательно, и активность генов. Видимо, в клетке «гистоновый код» распознается, считывается и переключается не единым механизмом, а комбинацией разных механизмов. Их поисками занимаются во многих лабораториях мира, и скорее всего в ближайшие годы нас ожидают очень интересные открытия.

Изучение эпигенетических процессов давно уже вышло за пределы фундаментальной науки и стало предметом исследований в медицине. Для этого есть немало оснований. Известно, например, что при онкологических заболеваниях и некоторых вирусных инфекциях нарушается свойственный нормальной клетке баланс между ацетилизацией и деацетилизацией гистонов. Так, аденовирусный онкобелок E1A ингибирует активность гистоновой ацетилтрансферазы, и, следовательно, гистоны остаются без ацетильной метки. А коли так, то гистоновой деацетилазой, удаляющей эти метки, нечего делать, а ведь от ее

взаимодействия с определенным белком зависит подавление роста клеток раковой опухоли. Еще один пример касается ретинобластомного белка (RB), который в норме синтезируется в сетчатке и многих других тканях. Если ген этого белка поврежден, образуется измененный RB, неспособный связываться с транскрипционным комплексом, а тот, будучи без RB, не может взаимодействовать с гистоновой деацетилазой. В результате молчащие в нормальной клетке гены начинают работать, что и приводит к онкопатологии. Такой ход событий выявлен при многих раковых заболеваниях. Более того, некоторые вирусные онкобелки способны целенаправленно блокировать взаимодействие нормального ретинобластомного белка с гистоновой деацетилазой [6].

Давно известно, что канцерогенез и старение сопровождаются отклонением от нормы в уровне и характере метилирования ДНК. Но связь этих процессов с посттрансляционными модификациями гистонов была выявлена всего два года назад. Оказалось, метилирование Lys-9 в гистоне-3 и метилирование ДНК взаимозависимы [12]. Иными словами, СН₃-модификация ДНК определяется ее эпигенетическим выключением (т.е. метилированием гистоновых «хвостов») в составе хроматина. Выключение генов, продукты которых подавляют раковые опухоли, и активация генов, необходимых для их роста, происходят одновременно. Расшифровка специфического эпигенетического «ракового кода» и «кода старения» на уровне метилирования ДНК имеет огромное практическое значение и уже сейчас может использоваться для диагностики онкологических заболеваний. Более того, правильно подобрав препараты, в идеале можно изменить «раковый код» и вернуть клетку к нормальному состоянию.

* * *

В последнее десятилетие взгляд на значение хроматина в считывании генетической информации, заложенной в ДНК, коренным образом изменился. Теперь хроматин представляется формой существования клеточного генома, на уровне которой действуют главные механизмы, программирующие развитие живого организма. Эти механизмы обусловлены структурно-функциональными особенностями нукleosомы, гистонов, образующих ее сердцевину, межнукleosомными взаимодействиями, тонко регулируемые внешними сигналами. Именно на уровне нукleosомы реализуется «гистоновый код», служащий основой эпигенетической наследственности и играющий ключевую роль в управлении сложнейшим каскадом биохимических реакций в клетке. Эпигенетические механизмы обеспечивают сбалансированную работу необходимых генов любой специализированной клетки организма, благодаря чему он приспосабливается к изменяющимся условиям внешней и внутренней

среды. Сейчас иными видятся причины многих изменений, происходящих в клетке при патологических процессах, вирусных и других инфекциях, раковых заболеваниях и старении. Расшифровка «гистонового кода» помогла бы нам кон-

тролировать генетический потенциал, чтобы создавать новые породы домашних животных и сорта растений, находить более эффективные средства борьбы с болезнями и, наконец, продлевать здоровую жизнь человека. ■

Литература

1. Kornberg R.D. // Science. 1974. V.184. P.868—871.
2. Mirzabekov A.D., Shick V.V., Belyavsky A.V., Bavykin S.G. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1978. V.75. P.4184—4188.
3. Георгиев Г.П., Ченцов Ю.С. // Докл. АН СССР. 1960. №132. С.199—202.
4. Luger K., Mader A.W., Richmond R.K. et al. // Nature. 1997. V.389. P.251—260.
5. Jenuwein T., Allis C.D. // Science. 2001. V.293. P.1074—1080.
6. Berger S.L., Felsenfeld G. // Molecular Cell. 2001. V.8. P.263—268.
7. Peterson C.L., Herskowitz I. // Cell. 1992. V.68. P.573—583.
8. Hayes J.J. // Nature Structural biology. 2002. V.9. P.161—163.
9. Karpov V.L., Preobrazhenskaya O.V., Mirzabekov A.D. // Cell. 1984. V.36. P.423—431.
10. Adelman K., Lis J.T. // Molecular Cell. 2002. V.9. P.451—457.
11. Redon Cb., Pilch D., Rogakou E., et al. // Current Opinion in Genetics and Development. 2002. V.12. P.162—169.
12. Jones P. // Oncogene. 2002. V.21. P.5358—5360.

Археология

Древнейшие бусы и серьги из Южной Африки

Международная группа ученых во главе с К.Хеншилвудом (С. Henshilwood; Бергенский университет, Норвегия) вела раскопки в пещере Бломбос (ЮАР). В слое возрастом свыше 70 тыс лет было обнаружено несколько бусин — мелких раковин моллюска вида *Nassarius kraussianus*, аккуратно проколотой рукой человека. Датировка методами оптически стимулированной люминесценции и термолюминесценции показала, что изделиям около 75 тыс. лет. Ранее в том же слое было найдено множество тщательно обработанных костяных орудий труда и два комка охры с нанесенными на них крестообразными царапинами¹.

В Танзании, на территории знаменитого национального парка Серенгети, в слое возрастом 45—110 тыс. лет четыре го-

¹ См. также: Когда возникло искусство? // Природа. 2003. № 5. С.88.

да назад исследователи, возглавляемые Дж.Боуэром (J. Bower; Университет штата Айова, США), нашли пару кольцеобразных украшений (по-видимому, сережек), вырезанных из скорлупы страусиных яиц. Однако сообщили они о находке лишь недавно, после скрупулезного ее изучения. Боуэр и его сотрудники считают, что украшениям примерно 110 тыс. лет, но скептики возражают: предметов всего два, к тому же они очень мелкие (диаметр 35 мм) и вполне могли попасть в более глубокие слои почвы из верхних пластов, так что необходима прямая, а не косвенная датировка. Боуэр приводит контраргументы: выше находки отложения археологически стерильны, в них нет рукотворных предметов. Определить возраст украшений по радиоактивному углероду невозможно: они немедленно разрушатся. Правда, рядом с обработанными скорлупками лежали и необработанные обломки страусиных яиц, а также остатки костей и примитивных орудий труда. Они вполне поддаются дати-

ровке современными средствами, эта работа еще предстоит.

Находки древних украшений говорят в пользу гипотезы, согласно которой способность человека создавать символические изображения начала зарождаться в Африке более 75 тыс. лет назад, на десятки тысяч лет раньше, чем появились пещерная живопись и отдельные украшения в Западной Европе. По мнению Хеншилвуда, накапливается все больше свидетельств того, что поведение и мышление наших отдаленных предков постепенно совершенствовались на протяжении около 200 тыс. лет.

Science. 2004. V.304. №5669. P.369, 404 (США).

Ботаника

«Растительный» карантин в США

В одном из крупнейших питомников штата Калифорния, где выращиваются предназначенные для экспорта саженцы, обнаружен грибок, вызывающий гибель дубов, рододендро-

Рамейдская

нов и других растений. В связи с этим Министерство сельского хозяйства США срочно ввело карантин на вывоз растений 59 видов, подверженных заболеваниям и предназначенных к отправке. Лишь после этого на растительный материал выдается сертификат. Существование патогена было обнаружено и в семи других штатах.

Первая из выполнявшихся проб нередко приводила к ошибочному заключению. Теперь фитопатологи пользуются более надежной, но и более длительной процедурой, поэтому карантин продлевается снова и снова.

Science. 2004. V.304. №5669. P.371 (США).

Зоология

Андский кот пойман

Среди индейцев северо-запада Южной Америки сомнений не возникало: в высокогорьях Анд существует довольно крупный вид диких кошек, которые, по мнению аборигенов, обладают магическими свойствами. Профессионалам-зоологам удалось увидеть труп такого животного, и уже одно это означало, что дикая андская кошка *Felis oreailurus jacobita* оказалась не мифом. Однако ученым необходимо было добыть живое существо. Этим в течение шести лет занимался Дж.Сандерсон (J.Sanderson). И лишь в мае 2004 г. его усилия, поддержанные южноамериканскими коллегами, увенчались успехом: в зарослях Боливийских Анд им удалось наконец изловить этого редкого зверя.

Кот весит 4,5 кг, тело, не считая хвоста, достигает 59 см в длину — таких крупных домашних кошек не бывает. После взвешивания и измерения коту «подарили» ошейник со встроенным радиопередатчиком. Теперь можно следить за его перемещениями и точнее опреде-

лить его ареал и особенности поведения. Вид следует отнести к числу угрожаемых в смысле возможного исчезновения среди кошачьих в обеих Америках: это животное не боится человека, так что боливийские индейцы довольно легко убивают их метко брошенным камнем.

Science. 2004. V.304. №5675. P.1239 (США).

Ботаника

Таксономия трупной лилии

Раффлезия (*Rafflesia*), или трупная лилия, впервые описана еще в 1820 г., но до сих пор мало изучена. Дело в том, что произрастает она в труднодоступных районах Юго-Восточной Азии, к тому же большую часть жизни проводит в тканях растения-хозяина (как правило, корнях виноградных) или в почве. На поверхности появляется только гигантский (до 1 м в диаметре) цветок, по окраске и зловонному запаху похожий на гниющее мясо.

Новое слово в дискуссии о таксономии этого растения сказали американский ботаник Т.Баркман (T.Barckman; Западно-Мичиганский университет в Каламазу) и его малайские коллеги. Изучив мтДНК раффлезии и нескольких родственных ей видов, они пришли к выводу, что род *Rafflesia* принадлежит к порядку Malpighiales (к нему же относятся мальва, гибискус, алтей и др.).

Science et Vie. 2004. №1038. P.10 (Франция).

Акустика

Секрет скрипок из Кремоны

Известно, что скрипки, которые делали в XVII—XVIII вв. мастера из итальянского города Кремоны (среди них особое место занимает А.Страдивари),

обладают исключительными акустическими качествами.

Американские исследователи, изучавшие годовые кольца трех видов деревьев, которые растут в 16 различных районах Альп, считают, что одна из причин этого феномена кроется в климатическом факторе. Между 1645 и 1720 г. в Европе господствовали жестокие холода, и рост деревьев замедлился. Годовые кольца стали очень узкими, и плотность древесины значительно возросла, это и позволило изготавливать скрипки высокой прочности и с прекрасным резонансом.

La Recherche. 2004. №372. P.12 (Франция).

Охрана природы. Зоология

Гигантская черепаха из Ханоя

Гигантскую кожистую черепаху, обитающую в глубинах оз.Хоан Кием, которое расположено в самом центре столицы Вьетнама — Ханоя, можно считать последним представителем черепах вида *Rafetus leloii*. Ее видовое название связано с древней легендой, согласно которой в 1428 г. на озере произошла встреча императора Ле Лои с гигантской золотой черепахой, вручившей ему волшебный меч, которым он победил китайских захватчиков.

Относительно этой черепахи, как и Лохнесского чудовища, — множество сомнений. Между тем в последние годы герпетолог Д.Бихлер (J.Behler; Общество по сохранению дикой природы) иногда наблюдал, как на поверхности озера появляется та или иная часть тела черепахи. Бихлер категоричен: этот вид находится на грани исчезновения, поскольку черепаха осталась жить в одиночестве, без спутника.

Terre Sauvage. 2003—2004. №190. P.19 (Франция).

Землетрясение в Иране



Е.А.Рогожин,

доктор геолого-минералогических наук
Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН
Москва

Разрушительное катастрофическое землетрясение с магнитудой $M = 6.8$ произошло в восточной части Ирана 26 декабря 2003 г. в 05 ч 26 мин местного времени. Эпицентр зарегистрирован непосредственно на территории уездного города Бам, относящегося к провинции Керман. Древний город с населением более 100 тыс. человек, расположенный в 180 км к юго-востоку от столицы провинции г.Керман, практически на 90% был разрушен в момент главного толчка. Жертвами стихии стали около 40 тыс. человек. Землетрясение случилось в выходной день, под утро, когда большинство жителей спали. Еще более

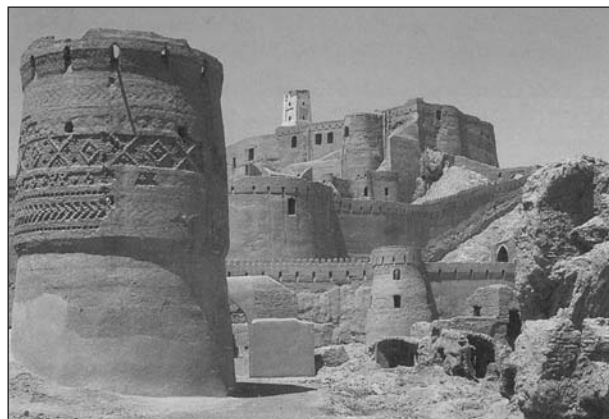
50 тыс. человек было ранено и около 75 тыс. остались без крова. Дома в городе построены из сырцового кирпича (самана) без всяких средств антисейсмической защиты.

Бам известен своей исторической крепостью Арг-Бам, которая простояла более 2000 лет и практически полностью разрушилась при землетрясении 26 декабря. Арг-Бам — самый большой саманный архитектурный комплекс в мире. Этот исторический памятник площадью около 2.4 км² располагался на так называемом Огненном холме, вблизи Шелкового Пути. Общая площадь застройки вокруг замка составляла около 6 км².

Исламская Республика Иран считается страной крайне высо-

коопасной с сейсмической точки зрения. На Карте сейсмической опасности мира [1] лишь 20% ее территории относится к зоне умеренной опасности, а остальные 80% располагаются в зонах высокой и очень высокой опасности. Это означает, что буквально в каждой точке страны возможны сотрясения интенсивностью выше 8 баллов (вплоть до 10). Землетрясение 26 декабря 2003 г. произошло в одном из наиболее сейсмически активных регионов [2]. Иранское плато с обрамляющими активными разломами, глубоко проникающими в земную кору, характеризуется многочисленными катастрофическими землетрясениями, унесшими в 20-м столетии жизни по крайней

© Рогожин Е.А., 2005



Крепость Арг-Бам до и после землетрясения.

Здесь и далее фото из архива Геологической службы Ирана



Разрушенный дом в г. Баме.



Провал грунта вблизи г. Баравата.

мере 126 тыс. человек. Наиболее сильные землетрясения [3] произошли 16 сентября 1978 г. ($M = 7.8$) и 20 июня 1990 г. ($M = 7.4$). В районе же самого г.Бама сильных землетрясений до последнего времени зарегистрировано не было. Но на территории в 50 км к северо-западу от города с 1981 до 1998 г. произошли четыре крупных землетрясения с магнитудой более 5.6, разрушившие города и деревни и унесшие человеческие жизни.

На расстоянии менее 1 км к востоку от г.Бама проходит активный одноименный разлом с близмеридиональной ориентировкой. Землетрясение 2003 г. было вызвано быстрым смещением блоков коры по этому разлому. Поверхностные разрывы, возникшие после главного

толчка в зоне разлома между городами Бам и Барават, свидетельствуют о выходе здесь сейсмического очага на поверхность. Кроме того, отмечаются и другие нарушения поверхности: обвалы каменных глыб на вертикальных уступах рельефа, оползни на крутых склонах, разжижение грунта и провалы грунта над древними подземными водосборными галереями — канадами. Провалы поверхности в форме карстовых воронок наиболее широко распространены вблизи г.Баравата.

Сведений о каких-либо значительных сейсмических событиях в этом районе за историческое время нет. Представляется, что землетрясение 26 декабря 2003 г. было первым после сейсмического затишья, которое фиксировалось на данном отрезке разлома Бам. Этот период сейсмического покоя соизмерим, по крайней мере, со временем существования замка Арг-Бам, т.е. составляет примерно 2000 лет.

Землетрясение породило сотрясения интенсивностью от 6 до 9 баллов. При этом девятибалльная зона заняла площадь всего 10×8 км², г.Бам оказался на ее территории. Изолинии равной силы сотрясений вытянуты в виде узких овалов в северо-северо-западном направлении вдоль разлома. Так же вытянуто и удлиненное в плане облако эпицентров повторных толчков. Сильные движения на поверхности земли при землетрясении были инструментально зарегистрированы Иранской национальной сетью приборов на сейсмической станции Бам. Запись (акселерограмма) показывает, что сильнейшие ускорения

составили до 0.8g для горизонтальных движений и 0.98g — для вертикальных. Это свидетельствует о преобладании вертикальных движений в направлении главного удара, соизмеримого по величине с ускорением свободного падения. Стены и перекрытия строений древнего г.Бама оказались неспособными противостоять вертикальным ударам из-под земли такой силы. Оставшиеся в живых жители сообщали, что чувствовали сильнейшие вертикальные смещения поверхности во время главного толчка, сбивавшие их с ног.

Землетрясение на юго-востоке Ирана произошло в результате накопления грандиозных напряжений в земной коре, которые генерировались на протяжении нескольких тысяч лет движением Аравийской литосферной плиты к северу, в сторону Евразийской плиты, со скоростью около 3 см/год. Деформация земной коры в ответ на движение плит происходила в широкой зоне сочленения Центрально-Иранского массива и его юго-западного горного обрамления.

Отмеченные здесь сейсмические события характеризуются либо вертикальной — взбросовой, либо горизонтальной — сдвиговой подвижкой в очаге. Предварительный анализ строения очага землетрясения 26 декабря 2003 г. свидетельствует в пользу правосдвиговой природы сейсмогенного смещения по пограничному разлому Бам. ■

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 02-05-64946.

Литература

1. Global seismic hazard map // *Annali di Geofisica*. 1999. V.42. №6.
2. Сайт Международного института землетрясений и инженерной сейсмологии в Тегеране. www.iiees.ac.ir.
3. Информационное сообщение о землетрясении 26 декабря 2003 года на юго-востоке Ирана. Геофизическая служба РАН. <http://www.ceme.gsras.ru>.
4. *Hessami Kb., Tabassi H., Abassi M. et al.* // *J. of seismology and earthquake engineering*. Tehran, I.R.Iran. In press.

По следам Калининградского землетрясения

А.А.Никонов

Все сколько-нибудь значительные землетрясения происходят неожиданно. В сейсмических областях, где землетрясения случаются нередко, люди к ним привыкают, на слабые вообще не обращают внимание, к умеренным относятся философски и способны предпринять необходимые меры.

Но что делать, когда землетрясение происходит в районе, где возможность буйства подземной стихии не подозревали ни старожилы, ни управленцы, ни даже наиболее осведомленные сейсмологи? Именно так случилось 21 сентября 2004 г. в Калининградской обл. Недоумение, растерянность, бессистемные действия, паника, слухи при отсутствии информации, отключение мобильной связи привели к спонтанным действиям, сумятице, дезорганизации обычной жизни. А ведь землетрясение по сейсмическим меркам оказалось умеренным, да и произошло в дневные часы. Правда, два толчка с разницей в 2,5 ч, сопровождавшиеся подземным гулом, случились в районе с преобладанием, с одной стороны, фонда ветхих зданий, а с другой — многоэтажных панельных домов. Оказавшиеся на улицах люди боялись заходить в дома, между тем метеослужба объявила штормовое предупреждение...

В напичканной военными арсеналами местности, конечно же, возникли слухи о взрыве на складе с оружием, официаль-



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

ным опровержениям долго не верили. При этом на всю область — ни одного сейсмолога.

Вот почему в Москве, в Институте физики Земли РАН, решили послать в Калининград бригаду специалистов. Еще до выезда на место нам было ясно, что предстоит ответить на многие вопросы. Где находились эпицентры толчков, сколько всего их было и как располагалась область наибольших сотрясений? За счет каких геологических условий, в каком геодинамическом поле случилось землетрясение и что произошло в очаге? Какие природные явления сопровождали собственно сотрясения, и образовались ли нарушения на поверхности? И наконец, в какой мере и почему подверглись повреждениям жилой и общественный фонды области, и каковы перспективы?

Обработка полученных материалов продолжается, и в свое время пойдут публикации в специальных журналах. Сейчас — только наиболее важное для общего понимания.

Ныне сведения о любом, даже умеренной силы землетрясении практически в любой точке земного шара становятся известны через Интернет не позже, чем через 1–2 ч. Этот случай не стал исключением. О первом толчке в 11 ч 05 мин (по Гринвичу) уже в 12 ч 39 мин появилось сообщение Американской геофизической службы. Затем параметры события с комментариями выдала Геофизическая служба России (Обнинск). Вскоре появились результаты обработки множества записей сейсмических станций, проведенной и другими мировыми центрами. В самой же Калининградской обл., да и в ее ближайшем окружении ни одной сейсмической станции нет. Это не могло не повлиять на точность определения параметров события. Оказалось, что разные сейсмологические центры по-разному определяют положение эпицентров толчков.

© Никонов А.А., 2005

Расчетная, по дистанционным оценкам, интенсивность первого толчка определялась в 5, второго — в 5–6 баллов макросейсмической шкалы. Да не забудем: событие произошло в самой что ни на есть сейсмически спокойной области — на Восточно-Европейской платформе и даже не на окраине соседнего Фенноскандинавского щита.

Что же произошло?

При работе на местности нам довольно скоро удалось определить, что толчков было не три, как следовало из записей сейсмических станций, а шесть-семь — обычные афтершоки убывающей силы. Всего сейсмическое возбуждение длилось примерно 13 ч. Этот факт с учетом силы максимального (до 6 баллов) толчка (2-го) позволил нам говорить о малой вероятности опасных толчков в дальнейшем.

Во время пребывания нашей бригады на месте событий были объявлены размеры понесенных убытков — 140 млн руб., цифра вполне значительная для небольшой области. Пострадало 2100 домов, среди них школы и детские сады. Основные виды повреждений — разрушение высоких дымоходов и труб, поломка черепицы на крышах. Специфика жилого и общественного фонда области заключалась в эксплуатации старых (столетней давности) немецких построек, которые, несмотря на их хорошее в свое время качество, конечно, давно стали ветхими. Формально разрушения и повреждения труб должны быть отнесены к сотрясениям силой 7 баллов. Но пришлось делать скидку на большую высоту труб и давность их возведения.

Самым интересным (и никакие дистанционные инструментальные записи не позволили бы это определить) оказалось, что область наибольших сотрясений состояла из двух частей. Одна, большего размера, располагалась на крайнем северо-западе Самбийского (Калининградского) п-ова, другая — на расстоянии 25–30 км южнее, примерно на широте Калининграда. Естественно было соотнести одну из них с первым толчком, другую — со вторым, более сильным. Ничего подобного! Каждая из них проявилась при обоих толчках и даже (хотя и при общей меньшей интенсивности) при следующем — третьем. А северная область больших сотрясений «работала» и при поздних афтершоках.

Этот факт можно объяснить двояко: или каждый раз происходило вспарывание одной и той же субмеридионально (СЗ–ЮВ) ориентированной структуры с усилением колебаний на ее концах, или лишь один участок принадлежит (приближен) к очаговой области, а другой — не более чем область усиления колебаний за счет местных условий. С этим еще предстоит разбираться. Но ряд важных особенностей заслуживает внимания уже сейчас. Во-первых, область наибольших

сотрясений (6 баллов) на севере образует узкую полосу вдоль северо-западного берега Самбийского п-ова, окаймляя и повторяя его прямоугольный контур. На юге подобная область вытянута в виде субширотной полосы. При таком рисунке никак не получается единый очаг северо-западного простирания. Во-вторых, обе зоны, скорее всего, отражают глубинную структуру территории, как это следует из геологических материалов.

При внимательном наблюдении других макросейсмических признаков выяснился ряд особенностей северного участка. Только там отмечался вертикальный толчок и «взрыв под землей», ужасный гул, вращательное движение труб. И толчки, и гул шли со стороны моря.

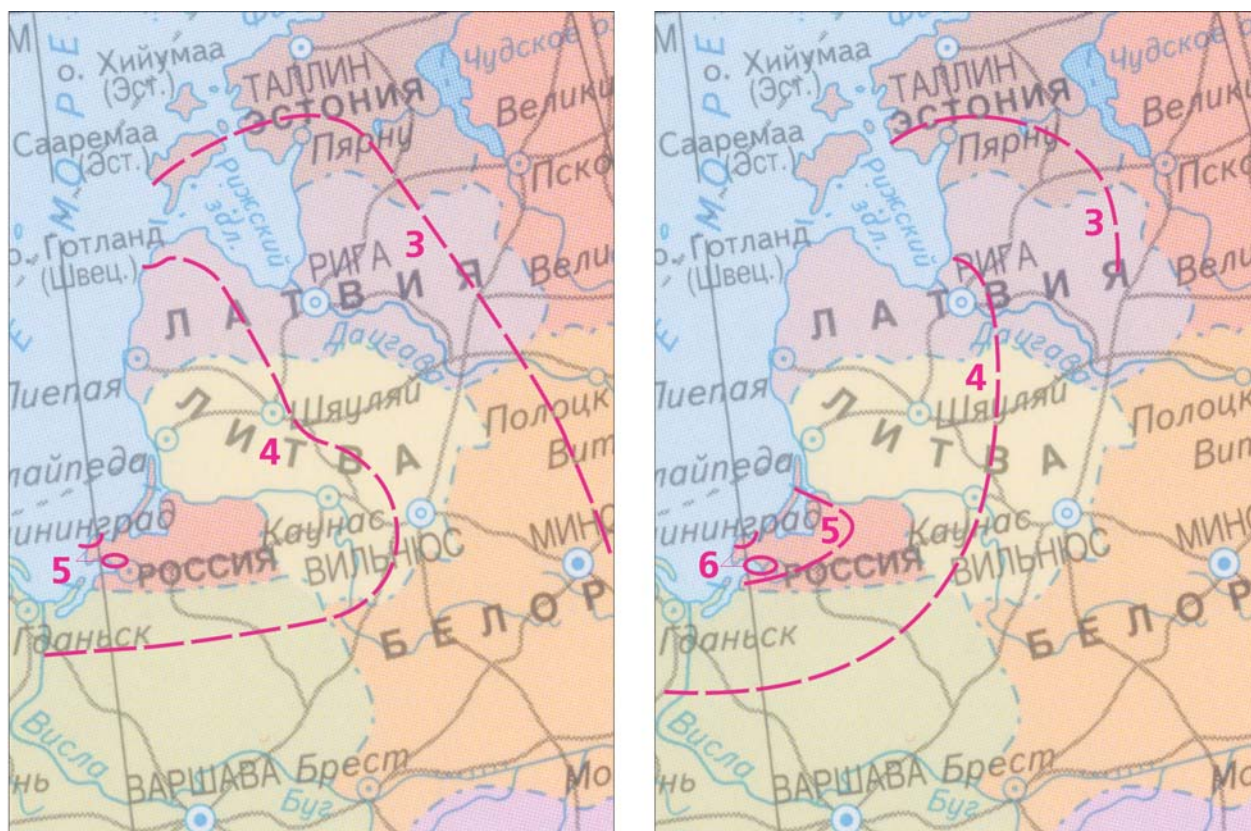
Возникла необходимость «окунуться» в море.

Явления в водной среде

Командование Балтийского флота сообщило, что находившиеся в море корабли отклонений от обычной обстановки не заметили. Однако неясно, находился ли хотя бы один корабль в это время на широте около 55°.

На северном берегу, на пляже субширотного направления в пос. Отрадном, западнее Светлогорска, с моря пришла волна. Интенсивность сотрясений здесь была до 6 баллов. В г. Зеленоградске, где берег экспонирован к северо-северо-западу, интенсивность сотрясений составила 4–5 баллов, гул шел с запада. После толчка (какого?) усилилось волнение и накатила волна высотой будто бы до 4 м (при том, что даже при сильном шторме она не превышает 1.5–2 м). В течение 10 дней (включая 21 сентября) мареограф на гидрометеопосту Пионерский не работал, и определить параметры волны по приборной записи невозможно. Порожденные толчками волны высотой не менее 0.5 м отмечались и на западном берегу Самбийского п-ова.

Конкретных сведений об оживлении разрывов на дне при землетрясении нет. Однако два наблюдения у западного берега истолковываются в пользу появления подводного разрыва. Начальник отдела по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям пос. Янтарный, А.Н. Машаро сообщил, что 21 сентября в 16 ч 40 мин (т.е. несколько минут спустя после третьего толчка) между поселками Янтарный и Синявино, в 150–200 м от берега, в восток-северо-восточном направлении (т.е. наискосок к берегу) шли небольшие волны высотой около 0.5 м с треугольными верхушками в виде языков пламени. Речь идет о таком известном при подводных землетрясениях явлении [1, 2], как толчея волн, порождаемом локализованными резкими разнонаправленными колебаниями дна над зоной возмущения (разлома). Берег здесь простирается меридионально, свал глубин от пляжа к 10-метровой изобате



Предварительные схемы распространения сотрясений (в баллах макросейсмической шкалы) при Калининградском землетрясении 21 сентября 2004 г. Слева — первый толчок, справа — второй.

очень крут, так что на расстоянии 150–200 м от берега глубины составляют около 5 м. Возникновение толчеи, скорее всего, связано с колебаниями и подвижками дна в узкой, вытянутой вдоль берега полосе за счет смещений по разрыву или внезапного после толчка сползания песчаных масс (отвалов прежних янтарных разработок) по крутому склону.

Другое явление наблюдалось на 7-километровом участке южнее пос. Янтарный, где берег простирается с ССЗ на ЮЮВ и 10-метровая изобата тянется вдоль него на расстоянии 0.7–1.5 км, а 5-метровая — на расстоянии 0.2–0.6 км. Спустя двое суток после основных толчков и в течение трех дней на берег в большом количестве стали выбрасываться крупные (до 100–120 г) куски и пластины янтаря. Несомненно, что шторм после землетрясения сам по себе не мог служить причиной их появления. Волны только перенесли их на береговую отмель. Появление крупных кусков янтаря произошло не иначе как в результате нарушений на дне недалеко от побережья. Тот факт, что выброс происходил на столь длинном (7 км) участке при поперечном (косом) к берегу накате волн, указывает на вытянутость источника янтаря, т.е. намечает субмеридиональную полосу пертур-

баций на дне. Последние могли быть обусловлены либо структурными нарушениями (подвижками по субширотному разлому) дна, либо гравитационным перемещением донных осадков в результате сотрясений.

Возникновение оползня длиной около 7 км или серии оползней на относительно пологом подводном склоне (тем более с захватом коренных пород дна) даже при 5–6-балльном толчке маловероятно. Протяженность янтарной зоны и появление неокатанных пластин (т.е. ранее не поступавших на поверхность дна) свидетельствуют в пользу серьезных нарушений дна, которые логично соотносить не с афтершоком, а с более сильным (1-м или 2-м) толчком. Трудно допустить и столь значительные нарушения дна в результате вертикального смещения по разлому. Иное дело, если подвижка под дном и пертурбации на нем имели линейный сдвиговый характер. Горизонтальная сдвиговая по субмеридиональной структуре подвижка в виде разлома в фундаменте и палеозойском (во всяком случае) чехле вдоль западного берега полуострова независимо доказана геологическими методами. Замечен и признак ее активизации до землетрясения — бурление моря недалеко от пос. Янтарный. Именно такое объяс-



Трещина на стыке потолка и несущей стены в школе пос.Люблино ($I = 6$ баллов).

Здесь и далее фото автора



Разрушенная кирпичная труба.

нение аномального выброса янтаря после землетрясения представляется наиболее логичным и соответствующим сейсмогеодинамической ситуации на западном берегу Самбийского п-ова.

В этой связи нельзя не рассказать еще об одном наблюдении, сделанном Машаро. В стаях перелетных птиц, обычно перпендикулярно пересекавших Янтарный берег, после первого толчка нарушился строй. Часть птиц повернула вдоль берега, к югу, часть — к северу, а некоторые даже полетели назад, к северо-востоку. Такая аномалия в поведении и необычная растерянность птиц перед невидимой преградой в тот день наблюдалась до темноты (т.е. в течение периода сейсмической активности). Объяснить это можно тем, что уже при первом толчке (не исключено, что и до него) произошло геомагнитное возмущение (особенно сильное вдоль зоны меридионального прибрежного разлома), которое нарушило заложенную у птиц магнитную ориентацию.



Трещина в водонасыщенных грунтах вдоль обрыва к искусственному водоему в пос.Веселовка ($I = 6$ баллов).

До землетрясения весьма примечательное явление случайно увидела жительница высокого дома с окнами, выходящими на море, в пос. Янтарный. Днем, в воскресенье 19 сентября, на расстоянии около 300 м от берега над гладкой морской поверхностью вспучилась вода в виде столба высотой 1.5 м. Наблюдательница решила, что во время учебных стрельб в море попал снаряд. Между тем никаких стрельб в тот день не происходило, да и снаряды никогда не ложатся столь близко к обитаемому берегу, и форма всплесков бывает совершенно иная. Подобное явление, сколько бы оно не продолжалось, могло возникнуть (и возникало, согласно наблюдениям в других подобных случаях) в результате фонтанного выделения флюидов (газа, воды) из внезапно открывшейся на дне полости малого диаметра в условиях общего повышенного давления. Известно, что на этом участке ко дну под покровом в несколько метров рыхлых четвертичных отложений выходят породы палеогена и неогена [3]. Выброс после землетрясения крупного и в большом количестве янтаря, который мы рассматривали в качестве результата линейного смещения на дне, также согласуется с представлением о сейсмоструктурной активизации меридионального вдольберегового разлома.

Все факты возмущений в открытом море у берегов Самбийского п-ова приобретают особое значение как контрастирующие с совершенно спокойным состоянием воды непосредственно перед и во время землетрясения.

О тектонической структуре очаговой области

Балтийская синеклиза, небольшую часть площади которой занимает Калининградская обл., характеризуется погружением кристаллического

фундамента на глубину 2.5—3 км, наличием мощного чехла палеозойских отложений, развитием мезозойских и небольшого, разорванного в пространстве, чехла слабоуплотненных кайнозойских отложений мощностью в несколько десятков метров. Во всех структурных этажах, как и в фундаменте, обнаруживаются разномасштабные и разновозрастные нарушения тектонического характера.

Новые специальные карты неотектоники Калининградской обл., по-видимому, отсутствуют. Однако отдельные данные по Самбийскому п-ову опубликованы. Приводятся сведения о приподнятости кровли палеогеновых отложений в пределах Самбийского выступа-горста и ограничении его с севера и юга новейшими сбросами. Документированные геологическими наблюдениями на суше разрывные нарушения зафиксированы на северном и западном берегах полуострова. На западном берегу у пос.Бакалино, к югу от пос.Донское, фиксируется крутой субширотного простирания взброс к северу нижнечетвертичных отложений на отложения палеогена и неогена с амплитудой не менее нескольких десятков метров [4]. Субвертикальное смещение, вероятно ВСВ—ЗЮЗ простирания, с такой же амплитудой отмечено у пос. Куликово в восточной части северного побережья. Расстояние между выходами этих нарушений менее 25 км, и не исключено, что речь идет об одном и том же нарушении с пропеллерным положением сместителя. Так или иначе, это новейшее, относительно крупное нарушение возникло в условиях субмеридионального сжатия, но не проявляло признаков активности в последние 25—20 тыс. лет. Связь нарушений с глубинной тектоникой определяется присутствием здесь разрывов в более глубоких горизонтах [4].

Кроме того, Самбийский п-ов (во всяком случае его северо-западная часть) представляет собой антиклинальное поднятие с осью СЗ—ЮВ простирания и погружением крыльев к СВ и ЮЗ под углами 3—5° [3].

Данные о новейших разрывных нарушениях в акватории еще более ограничены. Удалось найти лишь одну свежую публикацию с материалами сейсмоакустического зондирования. На сейсмоакустическом разрезе подводного склона поперек северного берега полуострова отчетливо фиксируются несколько уступов в рельефе склона [3]. Несмотря на плохое воспроизведение записи и отсутствие масштаба, выделяется средний уступ со смещением стратифицированных палеоген-неогеновых осадков примерно на 10 м. По-видимому, подобное нарушение большей амплитуды имеет место и у самой береговой линии, поскольку такие отложения слагают и надводный (высотой 30—40 м) уступ самого берега. Акустическим зондированием всего в 250 м севернее мыса Таран обнаружен широтный подводный обрыв в поле развития меловых и палеогеновых пород [3].



Остатки черепицы и трубы, сброшенные с крыши старого дома на западной окраине Калининграда ($I = 6$ баллов).

По приведенным сейсмоакустическим разрезам подводного склона, у западного берега Самбийского п-ова подобных нарушений обнаружить не удалось. Вместе с тем нельзя не обратить внимания на то, что вдоль западного берега фиксируются два подводных обрыва меридионального направления [3]. Один из них протягивается на 1.2—1.5 км в 2.2 км западнее береговой линии, севернее пос. Янтарный. Другой, примерно такой же длины, расположен севернее, на расстоянии 3 км от берега.

Вопрос о молодых (поздне- и послеледниковых) нарушениях в районе до конца не ясен. Но на основании выше приведенных сведений представляется вполне вероятной активность разрывных зон древнего глубокого заложения вблизи береговой линии Самбийского п-ова: на ее северном широтном и западном меридиональном отрезках длиной не менее 15—25 км каждый. А их пересечение (к северо-западу от мыса Таран) можно рассматривать в качестве тектонического узла сочленения ортогональных разломов с глубокими корнями. Если так, то вот и готовая очаговая область землетрясения.



Сползание после второго толчка высокой насыпи под железнодорожным полотном ($I = 6$ баллов).

Фото В.В.Сомкина

Очаг землетрясения

О положении очага, помимо инструментальных данных, можно судить по ряду признаков. В случае Калининградского землетрясения, мы обращали внимание на:

- распределение силы сотрясений при каждом из ощутимых толчков;
- направление толчков, распространение и характер колебаний;
- направление и распространение возмущений на водной поверхности;
- аномальное и заблаговременное поведение животных.

Использование всех полученных макросейсмических данных, последующее их сопоставление и синтез приводят к предварительному выводу о положении эпицентров толчков. Похоже, первый толчок связан с подвижкой по меридиональному разлому, второй — по широтному, которые ограничивают Самбийский п-ов соответственно с запада и севера.

Но если очаг землетрясения (источник всех толчков) располагался у северо-западной оконечности полуострова (в море), то как объяснить появление замкнутого участка сильных (до 6 баллов) сотрясений на площади около 40–50 км² на юге, у пос.Люблино (западнее Калининграда)? Причину усиления колебаний нужно искать в местных геологических и грунтовых условиях. По строению и мощности четвертичных отложений этот район не отличается от окружающих. Не выделяется он и по рельефу подошвы четвертичных отложений, составу и возрасту подстила-

ющих отложений. Иначе дело обстоит со структурой. Участок вытянут вдоль крупного краевого нарушения (по другим данным, параллельных разрывов) субширотного направления, протягивающегося севернее Калининграда полосой длиной в 100 км, а шириной в несколько десятков километров. Связь сотрясений на Люблинском участке с зоной нарушений в палеозойском чехле и фундаменте вполне возможна, но бросается в глаза резкое несоответствие размеров потрясенного участка и тектонического нарушения (10 и 100 км соответственно). Необходимо искать какой-то другой, более локальный фактор.

Калининградская обл. характеризуется наличием нефтяных месторождений, которые, несомненно, меняют физические и сейсмические свойства разреза. На карте в западной части области показано лишь одно эксплуатируемое нефтяное месторождение (кстати, относительно крупное), которое как раз находится в районе пос.Люблино [5]. Поэтому на сегодняшний день именно скопление флюидов в верхней части разреза представляется наиболее вероятной причиной усиления здесь сейсмических колебаний.

Эпицентры толчков, скорее всего, располагались на прилегающей акватории. Гул при каждом толчке, направление ударов и колебания шли с моря: на северном берегу — с запада и северо-запада, на западном — исключительно с запада. Как далеко от берега располагались эпицентральной области и эпицентры, мы пока сказать не можем. Но вытянутость эпицентральных зон вдоль северного и южного берегов и сложный характер очага и его последовательное развитие очевидны.

Землетрясения на Самбийском п-ове в прошлом

При любом значительном землетрясении, а тем более в неожиданном месте, естественно возникает вопрос, происходили ли здесь раньше сейсмические события и какой силы? После 21 сентября 2004 г. местные газеты упоминали о землетрясениях в Калининграде 4 марта 1977 г. и 8 октября 1803 г. Первое — известное глубокофокусное Карпатское землетрясение — широко распространилось по Русской равнине, слабыми колебаниями докатилось до Ленинграда, Минска, Тарту и, вполне возможно, до Калининграда. В октябре же 1803 г. землетрясения в Карпатах не было, как, впрочем, и в других частях Европы. Во всяком случае, попытка найти сообщение о сотрясениях в это время на восточных берегах Балтики в газетах Петербурга, Москвы, Риги того времени, не говоря уж о известных каталогах, оказалась безуспешной.

Со своей стороны отметим, что на восточно-балтийских берегах 23 октября 1904 г. ощущалось известное Скандинавское землетрясение. с эпицентральной интенсивностью $I_0 \approx 8$ и магнитудой

$M \geq 6$. Таким образом, можно констатировать, что сильнейшие глубокофокусные карпатские и нормальные (по глубине) землетрясения Скандинавии могут порождать слабые сотрясения (около 3 баллов) в пределах Калининградской обл.

Для оценки сейсмической опасности важнее, однако, прояснить вопрос с землетрясениями от местных очагов. Ни в одном из каталогов, изданных в России и Советском Союзе, не указаны землетрясения на территории Калининградской обл. (Восточной Пруссии). Именно на этом основании территория признана практически асейсмичной, т.е. подверженной землетрясениям с $I \leq 5$ баллов с возможным превышением 1 раз в тысячу лет.

За период инструментальных наблюдений, особенно в последние десятилетия, у берегов Самбийского п-ова и по его окраинам отмечен ряд землетрясений с магнитудой $M \leq 4$, но сведений о сотрясениях от них на берегу нет.

Тем не менее, в дескриптивном каталоге землетрясений Европы и Азии А.Перрея [6] находим сообщение о внезапном наводнении в Кенигсберге 27 августа 1822 г. в результате подъема воды в р.Преголя. К.Хофф [7], говоря о внезапном исчезновении в это же время «всей воды» р.Преголя в районе г.Кенигсберга, т.е. при впадении в Вислинский (нынешний Калининградский) залив, упоминает и землетрясение. Вероятно, вода в заливе и в устье впадавшей в него реки внезапно отхлынула на высоту, повидимому, не менее 2 м, как цунами в результате землетрясения интенсивностью около 6 баллов.

Значительно более ранние сообщения о землетрясениях дошли до нас из XV в. Хронист Петр из Дуйсбурга сообщает о землетрясении «по всей земле Прусской», когда «трижды потряслась земля с домами» [8]. Под Прусской землей понимается территория к востоку от Вислы, по-видимому, вплоть до Куршского залива. Так как о разрушениях не сообщается, можно считать, что на суше сотрясения не превышали 6 баллов, а в море интенсивность I_0 могла составлять и 7 баллов.

Тот же хронист пишет о землетрясении в заливе, в районе Мемельбурга (ныне Клайпеда) в 1328 г.

«Земля так страшно дрожала, что старые дома [второй половины XIII в. — А.Н.] грозили рухнуть». По сообщаемым признакам, интенсивность сотрясений там оценивается в 5–6 баллов.

Из этих, впервые вводимых в сейсмологическую литературу исторических сведений, ясно следует, что землетрясение 21 сентября 2004 г. в Калининградской обл. далеко не первое, и, скорее всего, не наиболее сильное. Возникает необходимость всерьез заняться оценкой потенциальной сейсмической опасности региона в долгосрочном аспекте.

Калининградское землетрясение публично и наглядно обнаружило, что научное сообщество недооценивает сейсмический потенциал Восточно-Европейской платформы и ее северо-запада в частности.

Отчего происходят наши промахи в оценке сейсмического потенциала и сейсмической опасности? Одна из серьезнейших причин — упование на инструментальную регистрацию событий. Такой подход, как показывает и зарубежный, и отечественный опыт, методологически односторонен и практически неэффективен даже для высокосейсмичных областей. Для таких густонаселенных, насыщенных уязвимыми коммуникациями, промышленно-энергетическими объектами регионов, как Европейская Россия, он просто не подходит. Только понимание этого на всех уровнях и равноценное внимание (с соответствующим распределением финансов и привлечением молодых специалистов) к методам неинструментальной сейсмологии может исправить положение.

Работы в районе землетрясения, которые частично отражает эта статья, успешно выполнены благодаря заинтересованным и дружным усилиям бригады в составе А.С.Алешина, Ф.Ф.Аптикаева, Б.А.Ассиновской, В.В.Погребченко и автора, а также разносторонней помощи администрации Калининградской обл. и г.Калининграда, сотрудников областного Управления гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций и многих местных жителей. ■

Литература

1. Никонов А.А. Крымские землетрясения 1927 года: неизвестные явления на море // Природа. 2002. №9. С.13–20.
2. Табулевиц В.Н., Потапов В.А., Черных Е.Н., Дреннова Н.Н. Влияние штормовых вибраций на землетрясения // Природа. 2002. №10. С.12–16.
3. Орленок В.В. Сейсмоакустическая структура кайнозойских отложений подводного склона юго-восточной Балтики // География на рубеже веков. Калининград, 2001. С.65–75.
4. Додонов А.Е. // Вестн. Московского Ун-та. 1971. №6. С.78–82.
5. Географический атлас Калининградской обл. Калининград, 2002.
6. Перрей А. О землетрясениях на севере Европы и Азии // Свод магн. и метеорол. набл. Николаевской главн. физ. обсерв. СПб., 1846. №2. С.205–235.
7. Hoff K.E.A. von. Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen Veränderungen der Erdoberfläche. Teil 5. Bd.2. Gotha, 1841.
8. Петр из Дуйсбурга. Хроника земли Прусской. М., 1997.

От богатства к упадку и вновь к процветанию, или История залива Зуин и портов Брюгге

Эту статью Р.Чарлиер написал для нашего журнала по мотивам нескольких материалов, представленных им на Международной конференции по истории океанографии (Калининград, сентябрь 2003 г.). Несмотря на камерный сюжет — история крошечного залива Северного моря и не слишком большого (население — 117 тыс., 2004 г.) бельгийского города Брюгге с его бывшими и нынешними портами — она имеет отношение к важным проблемам современности. Речь идет о районе Западной Европы, прибрежная часть которого находится ниже уровня моря, а значит здесь, как и в других низменных прибрежных районах мира, всегда имеется угроза затопления. В последние годы она становится все более очевидной из-за глобального потепления климата. Не случайно в феврале 2004 г. американские эксперты подписали обращение к собственной администрации, в котором утверждается, что самые современные методы защиты береговой зоны, применяемые, например, в благополучных Нидерландах, не смогут спасти этот район, и море прорвется здесь между 2006–2013 гг., если не будут предприняты меры ограничения выбросов CO₂ в атмосферу, предлагаемые Киотским протоколом. Бьют тревогу 11 500 жителей Вануату — страны, расположенной на девяти атоллах в Тихом океане. Они готовы предъявить иск Австралии из-за того, что Содружество не торопится присоединиться к соглашению. Вполне вероятно, что эти и другие острова могут оказаться под водой. Не подписали документ и США: «по экономическим причинам», в отличие от других стран мира (в их числе и Россия). Остается надежда, что разумный подход к решению глобальных проблем восторжествует и опыт освоения береговой зоны, о котором рассказывает Чарлиер, будет востребован.

Р.Чарлиер

Морские заливы очень разные — и по глубине, и по площади, и по происхождению. Некоторые из них возникли в результате чисто геологических событий: таковы, например, залив Сан-Франциско, американские и европейские фьорды. Другие сформировались при изменяющихся гидрологических условиях — это эстуарии Шельды, Мааса и притоков Амазонки. Существование большинства заливов зависит от перемещающихся осадков и ограничено во времени, поскольку накапливающиеся наносы,



Роджер Чарлиер (Roger H. Charlier), профессор Свободного университета г.Брюсселя, сотрудничает также в ряде европейских и американских научно-исследовательских учреждений. Область научных интересов — история океанографии, география и геоморфология, проблемы развития гидрографической сети, освоение и охрана береговой зоны морей и океанов (в частности, Северного моря).

© Чарлиер Р., 2005

если их регулярно не удалять драгированием, в конце концов могут полностью заполнить эти заливы. Так и случилось с нашим главным героем — заливом, который носит название Зуин (Zwin, флам.)^{*}.

По нему сегодня проходит граница, разделяющая Бельгию и Нидерланды. Очертания залива, его рукавов и расположение главного канала менялись несколько раз. Поэтому надпись на указателе на современной набережной Зуина гласит: «Меня сносили несколько раз, но воздвигали всякий раз вновь». Очевидно, что надпись была сделана после 1830 г., когда Бельгия, наконец, получила независимость и граница была установлена совместной голландско-бельгийской комиссией.

Сегодня Зуин невелик и практически не судоходен. Однако карта XIII в. показывает совсем другую картину: в районе залива существовала обширная сеть водотоков, многие из которых носят название Зуин: здесь и Старый Зуин, Первый и Второй Обманный Зуины, Новый Зуин, Зуин Черный Омут, который близко подходит к Западной Шельде. Все эти рукава свидетельствуют о частых и масштабных миграциях главной протоки.

В то время широчайшим из Зуинов был тот, что поворачивал к западу напротив современного города Слэйса и направлялся к Дамме (Damme) и Брюгге — городам, судьбы которых во многом определялись судоходностью канала. Мы вернемся к этому позже, а сейчас обратимся к береговой линии Северного моря.

Передвигающаяся береговая линия

Атлантическое побережье Франции и побережье Северного моря (Франции, Бельгии, Голландии) претерпели существенные изменения за историческое время. В середине 60-х годов при сильных отливах у Сен-Мало в Бретани отступающая на мили вода обнажала множество кораблей, утонувших во время Второй мировой войны, а также остатки галльских поселений, поглощенные некогда морской пучиной.

Наличие в осадках побережья торфосодержащих слоев, находки в них старинных монет и артефактов, датированных неолитом, свидетельствуют о том, что здесь происходило несколько повышений и понижений уровня моря. Эти слои простираются на дне современного моря на довольно большое расстояние и вновь обнаруживаются близ побережья Англии.

Прибрежные островные барьеры и дюны обрисовывают голоценовую береговую линию. При этом современные приливные и лагунные отложения окружают «молодые» дюны, которые

^{*} Здесь и далее некоторые географические названия, которых нет на картах, изданных в России, приводятся по фонетическому звучанию. — *Примеч. ред.*

иногда покрывают верхушки старых, разрушенных после галло-романского периода, когда море наступало на берег.

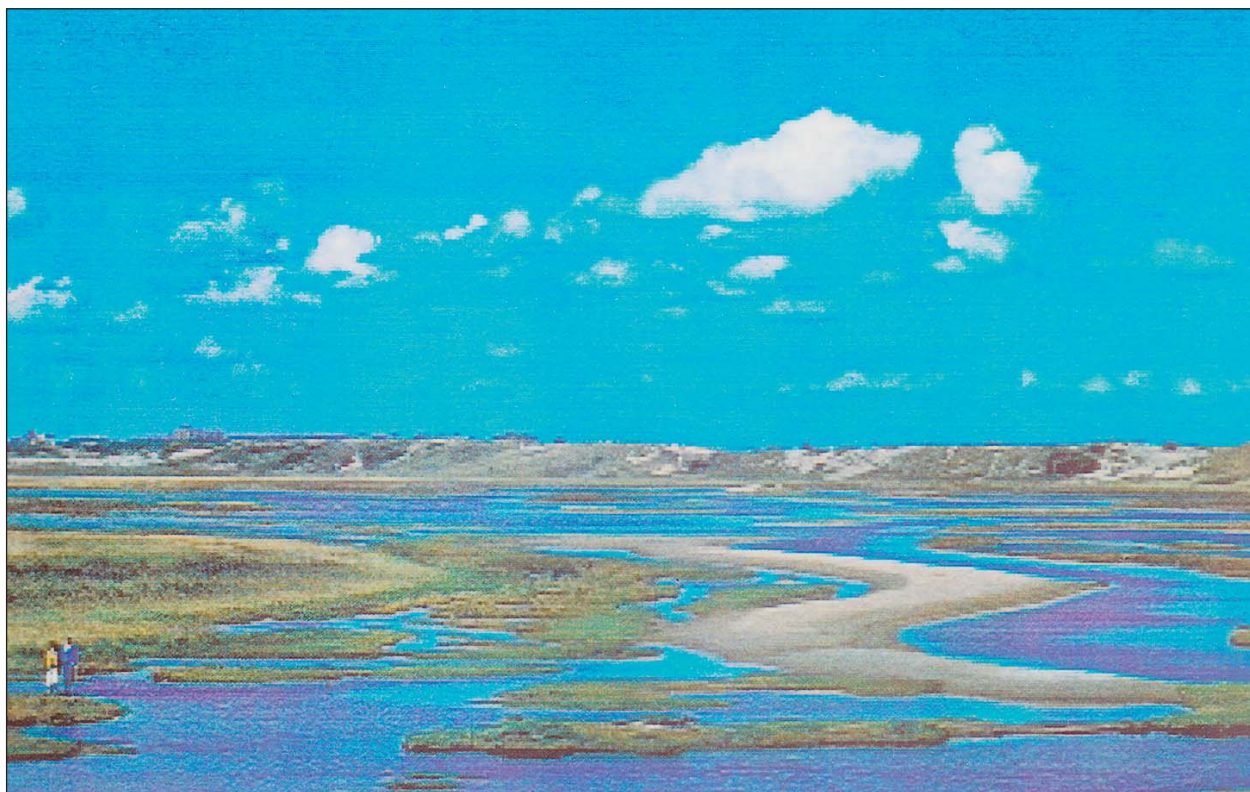
На атлантическом побережье Франции голоценовая трансгрессия местами стерла плейстоценовые пляжи; они, пожалуй, сохранились лишь там, где ныне находится терминал туннеля под проливом Ла-Манш. Большинство отмелей здесь, как и в других местах побережья, возникло в периоды низких приливов — именно они намывают бары и косы на побережье, в эстуриях рек и в заливах, покрывая все наносами, иногда значительной мощности, как, например, в бухте р.Соммы.

Расположенное напротив побережий Фландрии и Пикардии юго-восточное побережье Англии в древности подвергалось жесточайшему размытию. Хотя сильный шторм 1953 г. унес около 2000 жизней, а наводнение 1978 г. привело к значительному разрушению побережья, таких катастроф, как в предшествующие века, здесь не случилось. Во время одной из них утесы близ Холдернесса (Holderness) отступили почти на 200 м. (Пожалуй, столь же серьезно повлияли на всю систему распределения осадков в Северном море построенные у его берегов в течение двух последних веков волнорезы и молы, и везде с негативным результатом.)

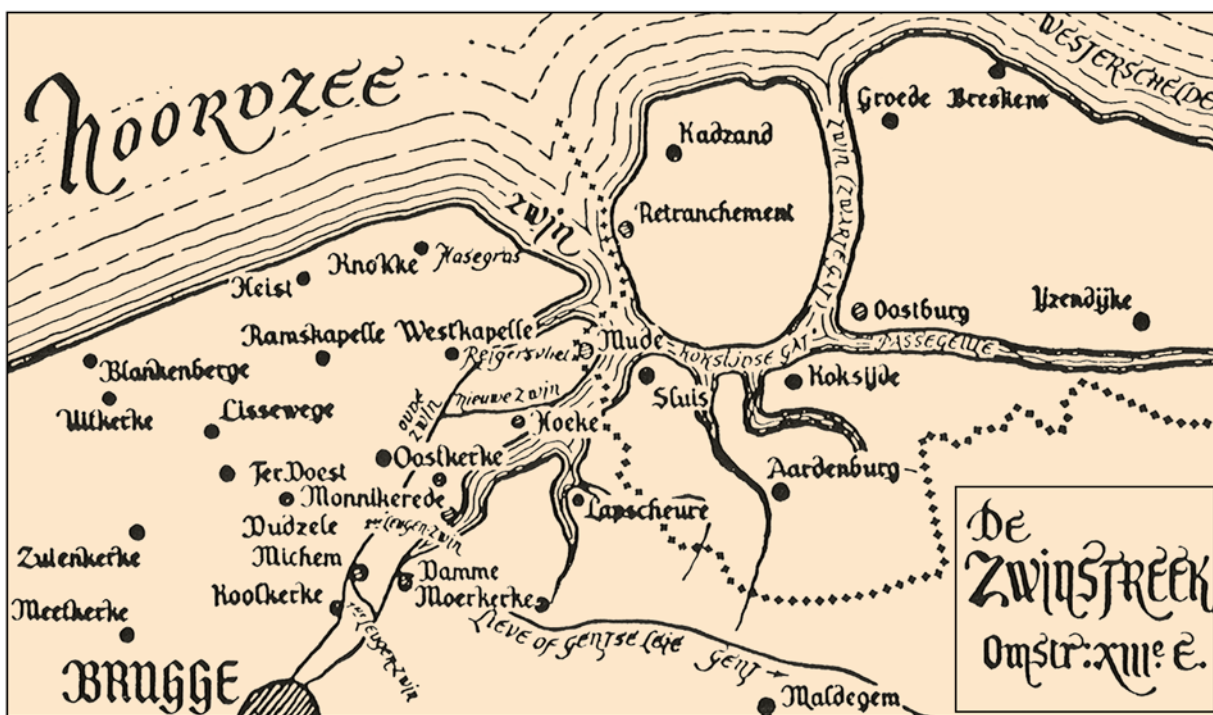
Берега размывались неравномерно, иногда сельскохозяйственные угодья и даже города отступали в глубь суши. Так случилось в XIV в. с Данвичем (Dunwich), портом в Саффолке, а в XX в. Селсей Бил (Selsey Bille), например, удалился от берега на 116 м с 1955-го по 1975 г.

Бельгийское побережье Западной Фландрии имеет все признаки современного поднятия территории. Пологий песчаный пляж примыкает к цепи дюн, распространенных на прибрежной равнине шириной от 5 до 10 км, где много речушек с песчаными берегами и небольших водоемов, ограничивающих линию распространения голоценовой трансгрессии. Эти озера часто становятся прибежищем для птиц.

В западной части этого района в торфяниках располагается несколько неглубоких понижений, заполненных соленой водой. Такие водоемы недолговечны и становятся частью суши. В восточной преобладают польдеры. Этот созданный руками человека вид ландшафта представляет собой окультуренные глинистые земли — марши, которые формировались в зонах, отгороженных косами и отмелями, или вдоль эстуариев, под защитой барьерных островов. Основное значение голландско-фламандского термина «польдер» — земляная стена, примитивная дамба, защищающая землю от затопления; еще одно — заиленная земля, территория, отвоеванная у моря или у рек. Первые настоящие польдеры датируются XI или XII в. Наш «герой» Зуин располагался именно на той территории, которую называют страной польдеров.



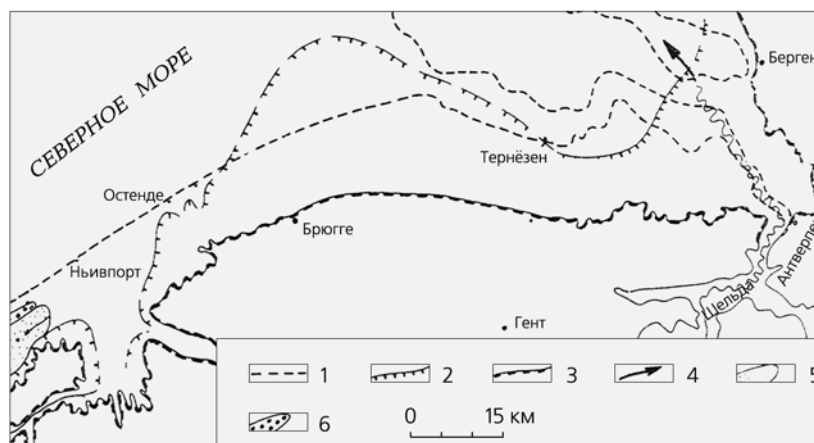
Современный Зуин.



Карта района Зуин XIII в.

Среднеголоценовая трансгрессия на побережье Фландрии и в эстуарии р.Шельды:

- 1 — современная береговая линия;
- 2 — береговая линия эпохи Кале;
- 3 — граница распространения приливных отложений;
- 4 — старое направление течения р.Шельды;
- 5 — современные выходы осадков эпохи Кале, обнажившиеся после добычи торфа;
- 6 — остатки барьерных островов этого времени.



Некоторые археологические находки показывают, что область, которая стала в дальнейшем называться Фландрией, заселялась уже в эпоху неолита. Представления о племенах, которые захватили нынешние территории Голландии, Бельгии и Северной Франции, и природе того времени достаточно расплывчаты. Но известно, что береговая зона, занятая лесами и маршами, причинила много неприятностей римлянам. Действительно, этот ландшафт представлял из себя настоящий лабиринт из маленьких водотоков, во время отлива обнажались глинистые берега, накрываемые потом высокой приливной волной.

В период от III до VIII в. береговые равнины были полностью залиты (кроме эстуария Шельды) и впоследствии преобразованы в защищенную островными барьерами приливо-отливную низину, прослеживаются также следы трансгрессий XI в. (в то время была затоплена территория от Диксмуда и Ньивпорта в эстуарии р.Изер до канала Зуин) и XIII в., во время которой оз.Флево соединилось с Северным морем и стало заливом Зейдер-Зе.

Поскольку наводнения постоянно угрожали эстуариям Рейна, Мааса и Шельды, а также морским побережьям района, известного как Фламандская Зеландия (ныне Нидерланды), их приходилось ограждать искусственными сооружениями — дамбами. Не потому ли и здешние дюны кажутся современнику творением рук человека XII—XIII вв.? (Впрочем, большая часть заливов и каналов была защищена дамбами по плану «Дельта», который был осуществлен после шторма и катастрофического наводнения 1953 г. Открытым остался только один канал, связывающий гавани Антверпена и Роттердама.)

Рождение и зрелость

В 1134 г. шторм небывалой силы опустошил побережье Фландрии, а к востоку от современно-го г.Кнокке-Хейст сформировался Зуин. (Заметим,

что хотя этот залив часто относят к приливо-отливным бухтам, иногда именуют рекой, а еще чаще каналом, на самом деле это протока, характеризующаяся двусторонним переносом воды и осадков. Когда перемещение наносов во время отлива в Зуине становится меньше, чем во время прилива, он начинает заиливаться. Зуин не образует барьерных лагун и не запруживает эстуарии Северного моря, но дренирует берега.)

В ту пору Зуин доходил почти до Брюгге, расположенного примерно в 20 км от береговой линии. Получив выход к морю, горожане немедленно построили на конце канала поперечную дамбу. Наряду с этим плотины возводили жители рыбацких деревень.

Хотя поселение на месте г.Брюгге существовало и раньше, его развитие обязано не только каналу и связи с морем, но и строительству здесь в IX в. замка графов Фландрии. Один из них, Филипп Алзасский (1165?—1191), пожаловал в 1180 г. статус города и Дамме, также расположенному на берегу Зуина, но в 5 км севернее, где водный поток в канале начинал ослабевать. Здесь морские суда перегружали товары на плоскодонные речные, следовавшие затем в Брюгге. Дамме получил права складировать бордоские вина и копченую сельдь, что по тем временам было высокой привилегией.

Во времена этого правителя Фландрии в береговом районе от Брескенса (Breskens) до Дюнкерка не было настоящих городов, но при его содействии было создано несколько, из которых Ньивпорт в устье р.Изер стал важным морским портом. Зуин же оставался центром района польдеров.

Брюгге в средние века приобрел широкую известность. Его называли городом мостов («брюгге» по-фламандски — мост) и даже Северной Венецией, впрочем не только из-за каналов, а скорее по причинам экономическим, финансовым и политическим, а также до некоторой степени благодаря международным связям. В XIII в., когда город стал главным морским портом Фландрии, дружба графов с английским королем Эдуардом III (1284—1327) позволила удачно торговать тексти-



Табличка с наименованием улицы, изображающая рыбака (ловца креветок) верхом на лошади.

Фото автора



Рисунок, представляющий Брюгге времен эпохи Возрождения. Показанные на нем дома до сих пор используются. Нюрнбергская школа архитектуры.



Современные улицы г.Брюгге. 1994 г.

Фото Е.Е.Жуковой





Фрагмент карты 1641 г. с изображением Земли Саафтинген. Справа современный взгляд на эту же землю с р.Шельдой на заднем плане.

Фото М.Диклеера

лем (в основном сукном из английской шерсти). Брюгге было даровано немало привилегий, среди которых права на рыбную ловлю (их и в XX в. поддерживал британский королевский двор). С колокольни, которая и сегодня возвышается над главной рыночной площадью, принимали сигналы о прибытии кораблей через Зуин и посылали за ними баркасы. В XV в. в Брюгге располагалась резиденция могущественных герцогов Бургундских.

Область между Брюгге и Северным морем в XIII в. была насыщена дамбами. Некоторые из них до сих пор играют первоначальную роль, другие стали дорогами и даже улицами.

Сооружение дамб было в средние века тяжелым делом. Сотни рабочих копали землю лопатами, собирали ее в корзины, перетаскивали на место, где создавалась «стена», которая становилась защитой для полей, пересекаемых сетью естественных и искусственных каналов, либо предохраняла от вторжения моря. Поляры и ограждающие их дамбы сооружались также на р.Шельде и даже более чем в 60 км от побережья.

В районе Зуина не было водяных мельниц, на которых энергию приливов превращали в механическую и использовали в процессе осушения полей, хотя они функционировали на Шельде, в Дюнкерке, в Зеландии.

Если наводнения приносили процветание Дамме и Брюгге, то в эстуарии Шельды они приводили к значительным потерям земли. Один из примеров — так называемая Затопленная Земля Саафтинген (Saafthingen, флам.), которая оказывалась под во-

дой не один раз. Но около 1600 г. была затоплена площадь в 3500 га, в центре которой в середине XIII в. располагалась деревня, ее жители занимались пастбищным животноводством, а также ткачеством, добычей соли и торфа.

Дважды в день приливная волна средней высоты около 4,5 м накрывает, а затем, отступая, обнажает полосу земли, которая могла бы использоваться как пастбище. Однако велик риск катастрофического затопления, поскольку вода может набегать со скоростью 7 км/ч. Повсюду здесь болота, неисчислимые ручейки и маленькие каналы. Основной геоморфологический фактор — приливная волна, но и человеческая деятельность сыграла свою роль. Плотины в этом районе, например, уничтожались, чтобы не допустить испанские войска к осажденному Антверпену. Теперь здесь даже растениям трудно бороться за существование, выживают только солянковы. В этом естественном заповеднике находят приют перелетные птицы.

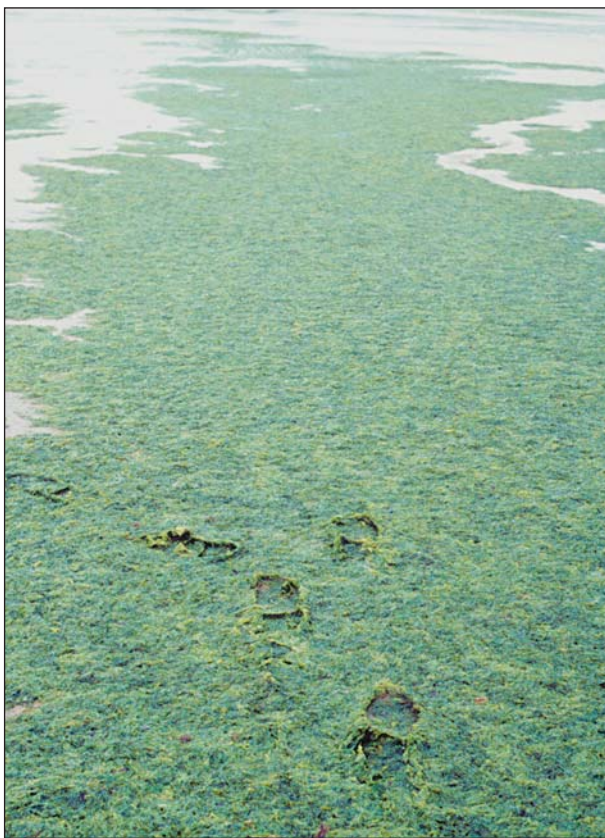
Но вернемся к нашим главным действующим лицам.

Закат и новое начало

Справедливости ради нужно сказать, что упадок Брюгге и Дамме произошел не только из-за заиливания Зуина, начавшегося после очередной трансгрессии моря в XIII в., но и в результате упадка текстильной промышленности в XVI в.



Вид на порт Зебрюгге.



Последствия зеленых приливов. Маты из водорослей покрывают Атлантическое побережье Франции.

Фото автора

В то время как эти города теряли свои промышленные и торговые позиции, Антверпен, расположенный в 87 км от устья р.Шельды, перехватил их функции. Брюгге стали называть мертвым городом.

Случай заиливания Зуина на протяжении XIII—XVI вв. — не самый масштабный на берегу Северного моря (этот процесс начался здесь приблизи-

тельно 7 тыс. лет назад). Так, за последние 400 лет бухта р.Соммы в Северной Франции сократилась с 400 до 70 км².

Побережье Фландрии пострадало и в XX в., во время крупного наводнения 1921 г., а в 1953 г. Зуин был наполнен опять и вода достигла окрестностей Дамме. Это наводнение, однако, положило начало гигантским работам в дельте Шельды, был даже отрезан один из рукавов реки. Правда, несмотря на блестящие технические решения, эти мероприятия имели негативные последствия для течения самой реки, до сих пор не преодоленные.

В 1908 г. Леопольд II (1835—1909), король Бельгии (1865—1909), способствовал сооружению на берегу Северного моря порта в 15 км к северу от Брюгге и примерно в 10 км к востоку от Зуина. Он получил название Зебрюгге и входит в состав муниципалитета Брюгге. Были прорыты каналы, построены шлюзы, и в конце концов морской путь связал обе части города. В течение последних десятилетий XX в. порт значительно расширился и стал использоваться как паромный и контейнерный терминал, возвратив Брюгге и всей Западной Фландрии былое процветание. Провинция, которая включает район современного Зуина, — второй производитель ковров в мире, поставщик кормов для скота в Ливию, производитель льна для США.

Главный туристический «полюс» — Брюгге с его многочисленными памятниками. Архитектурное своеобразие города, который и сегодня нередко называют Северной Венецией, обусловлено искусственно сохраняемым средневековым обликом, старинными узкими домами, готическими зданиями, церквями и башнями в сочетании с большим количеством каналов (из которых поднимаются стены домов) и горбатыми мостами. На главной площади Гроуте-аркт — Суконные ряды XIII в., на площади Бург — ратуша и капелла Святой крови XIII—XIV вв. Среди церквей — собор Синт-Салвадор (XII—XIII вв.), Онзе-ливе-Врауэкерк (1276—1549 гг.; с Мадонной Микеланджело и бронзовыми гробницами Марии Бургундской и Карла Смелого, XVI в.). В городе располагается несколько музеев нидерландского искусства, и в том числе известного живописца Х.Мемлинга (1440—1495). Дамме же привлекает туристов как центр легендарной земли благородного Тиля Уленшпигеля, символа борьбы против испанского правления XVI—XVII вв.

Менее чем за сто лет бельгийское побережье, включая Зебрюгге, преобразилось коренным образом. Традиционные направления экономики здешней береговой зоны — рыболовство, охота на китов (вошедшая ныне в предания), а позже сельское хозяйство. Многочисленные рыболовецкие хозяйства пришли в упадок в XX в., в то время как туризм стал основным источником жизни ме-

стного населения. Вместо вереницы рыбацких деревень, расположенных между дюнами и полями, очень близко к береговой линии, появились фешенебельные места отдыха на воде, а позднее, вслед за возникновением порта и промышленным развитием береговой зоны, — города-курорты. Привлекательность местного туризма возросла, когда в 1912 г. параллельно побережью была построена узкоколейная железная дорога, впоследствии электрифицированная. К тому же к середине XX в. количество туристов увеличилось, поскольку появились оплаченные отпуска, и теперь отдых на море могут позволить себе не только богатые люди. В последние годы прибавился так называемый туризм выходного дня — поездки на побережье на собственных автомобилях. В целом, если население Бельгии за 1860—1970 гг. выросло примерно в 1,5 раза, то население прибрежной зоны — почти в 3 раза, а самый близкий к Зуину город — Кнокке-Хейст — увеличился в 10 раз.

Из скромной гавани с единственным молот длиной менее километра Зебрюгге стал крупным портом с несколькими причалами и, вопреки ожиданиям, курортом, поскольку вдольбереговой поток наносов перегородили, и образовался более широкий, чем до строительства порта, устойчивый пляж. Правда, с другой стороны гавани он практически исчез — песок использовали при строительстве порта; в то время это был крупнейший в мире проект такого типа.

Однако в конце XX в. из-за расширения порта была создана грандиозная программа восстановления песчаных пляжей на соседних с ним участках. Дело в том, что при углублении акваторий порта и навигационных каналов добывается песок, который используется для подсыпки пляжей.

Брюгге, чей морской берег переместился в Зебрюгге, входит в когорту девяти бельгийских и голландских портов в так называемой «дельте» Рейна—Шельды. Они отличаются по размерам, важности, интенсивности перевозок и значению. На бельгийской стороне это Ньивпорт, Остенде, также соединенный каналом с Брюгге, Брюгге-Зебрюгге и речные порты Гент и Антверпен. На голландской стороне — два морских порта и три речных. Роттердам и Антверпен, расположенные в середине «дельты», соответственно первый и второй по величине из крупнейших портов Европы, первый и третий — мира. Через них проходят 300 млн т грузов в год, они обеспечивают занятость 250 тыс. человек.

Фламандские банки

Параллельно побережью Бельгии располагаются большие песчаные отмели—Фламандские банки. Обсуждается возможность создания на них искусственных участков суши, но места для них подобрать нелегко. Так, например, четыре вари-



В современном заповеднике Зуин.

Фото автора

анта были предложены для «полуострова» близ Остенде, на котором должно было быть построено новое казино. Защитники окружающей среды энергично выступили против этих планов, и они не были реализованы из-за близости поселений (менее 10 км), а также строительства морского курорта. (Сам Зебрюгге, правда, построен на молах и является прекрасным местом для развития яхтенного спорта, а также базой Бельгийского морского флота.)

Ближайшие к берегу банки — широкие, плоские и протяженные, дальше от берега — более узкие и крутые, поскольку поступление сюда песка ограничено. Некоторые, хотя и незначительные, изменения берегов происходят и здесь из-за переноса осадков рек Северной Франции и размываемых кайнозойских отложений, перемещающихся в зону банок. В тихую погоду эти отложения, состоящие в основном из песка, гальки и ракушечника, откладываются в проливах между банками, а при волнении моря чаще всего находятся во взвешенном состоянии. На некоторых банках возможна добыча песка. Такое месторождение, как, например, Апельзак, находится в конечном пункте переноса осадков, и добыча песка позволяет избежать заиливания ближайшей бухты.

Существует мнение, что некоторые банки подходят даже для строительства атомной электростанции (примерно в 7 км от берега на глубине от 3 до 6 м), поскольку достаточно стабильны, и около них тоже добывают песок. Еще один вариант — банка, расположенная в бельгийских территориальных водах, но вдали от маршрутов судов. Устойчивые слои глин толщиной от 120 до 180 м составляют здесь верхнюю часть кайнозойских осадков, перекрытых четвертичными отложениями, местами существует и слой голоценовых глин от 1 до 10 см.

Однако создание искусственных островов недалеко от побережья связано со множеством проблем. Прежде всего эволюция берега должна быть

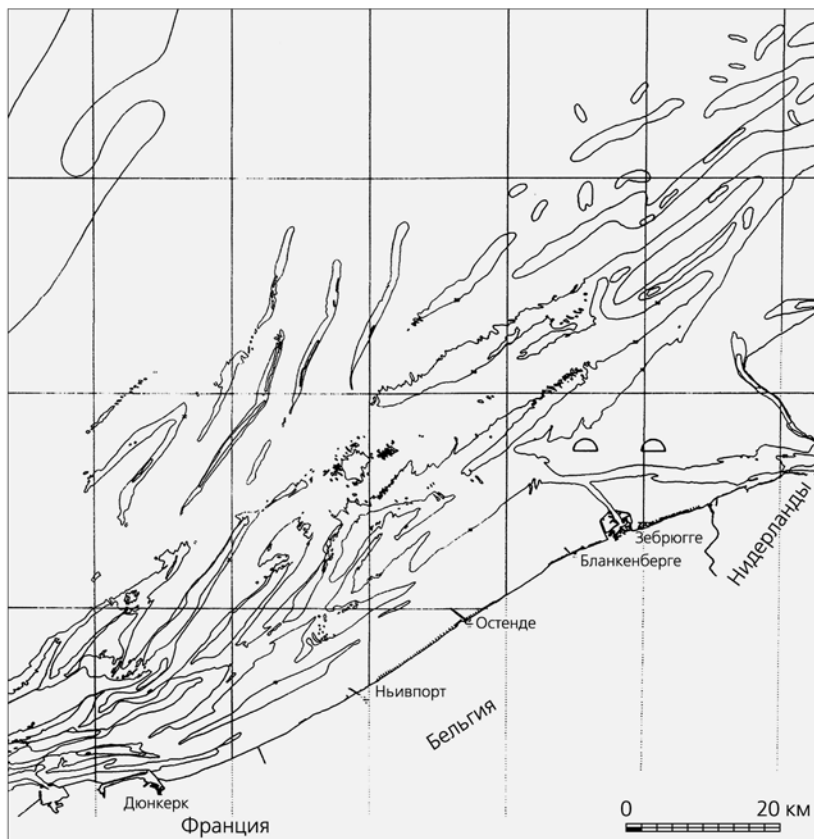


Схема расположения Фламандских банок.

рассчитана по крайней мере на 40 лет вперед. К тому же неизбежный размыв приведет к тому, что каждые пять лет понадобится около 40 тыс. м³ песка, чтобы искусственно поддерживать эти искусственные берега. Но, по мнению некоторых специалистов, создание вблизи берега атомной электростанции и связанных с ней тепломеханических производств пошло бы на пользу и Бельгии, и Великобритании.

Европейская комиссия поддерживает также идею расширения порта Зебрюгге на 282 га, но, к сожалению, эти мероприятия явно затронут заповедные территории. Пока что нет никакой информации о том, как будет компенсироваться возможный ущерб.

Что касается главного героя нашего повествования, приливно-отливного залива Зуин, то ныне это практически стоячий водоем

в 2 км от прибрежного городка Кадзанд-Бада, который вдается в сушу всего на 2—3 км. Он судноходен только при высоком приливе, но более всего подходит для лодок — каноэ и каяков (больше же всего здесь пловцов, берега оккупировали туристы из Кадзанд-Бада). Залив и окружающая его территория по соглашению Бельгии с Нидерландами объявлены заповедником, часть которого служит прибежищем для птиц (в основном перелетных) и морских животных. Он очень похож на национальный парк в бухте р.Соммы в Северной Франции, хотя побережье Фландрии не несет на себе следов зеленых приливов, которые так сильно проявляются на пляжах Бретани. Однако нельзя сказать, что на бельгийском побережье нет следов цветения воды. Еще одна экологическая проблема — создание настоящей охраняемой территории для диких птиц во Фландрии, на которую у правительства не хватает средств.

Нынешняя связь между Брюгге и Зуином не так значительна, как в средние века, поскольку порт Зебрюгге обслуживает не только пассажиров, но и выполняет функцию торгового порта, обладая всеми современными инфраструктурами. Воспоминания о старом Зуине остаются — они становятся культурной и исторической ценностью. ■

© Сокращенный перевод с англ. **М.Ю.Зубревой**

Степь да степь... кругом ли?

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН
Москва

Поездка в степь задумывалась еще в середине зимы. И вот весна.

Отстучали колеса по рельсам положенные двадцать часов, и ранним утром следующего дня — степь, та, что в двухстах километрах ниже Саратова по левобережью Волги. Раньше мне в этих местах бывать не приходилось. Значит, все будет впервые.

Вокруг простор и воля, песни жаворонков из поднебесья, много их здесь в степи, хотя где ж она, степь-то? Озимые, яровые, пашни, бахчи да по залежам бурьяны без конца и края. Где пониже, желтеют прошлогодним камышом лужи и озера. Местами вокруг полей — лесополосы, еще пятидесятих годов посадки. Степные накатанные дороги блестят в лучах вечернего солнца. Полевые станы, по большей части теперь необитаемые, до времени брошенные. Скотины — овец, коров и лошадей — в степи, говорят, сильно поубавилось. Ковыль и тот увидишь не часто, по неудобьям, где сеять и сажать резона нет. Стелится он седыми космами по ветру, кланяется порушенной земле, словно жалуется. Мало что от степи осталось. Даже многие пожилые люди теперь уже и не припомнят, какая она была.

Степные села не блещут изяществом построек. Приземистые, словно прижавшиеся к земле под этим необъятным степным небом, дома рассыпаны широко. На задах огороды, перед домами темная, лилово-малиновая сирень. На обширных пустырях, что в селах не редкость, по утру на восходе солнца можно спугнуть зайца, услышать бой перепелов. И, конечно, со всех сторон раздаются глухие крики удонов.

Так что не только люди освоили степные просторы. Многие дикие обитатели степи уживаются рядом с человеком. Приспособились. В отвесных стенках копанок, там, где в прошлом брали песок и глину для обустройства жилья, гнездятся щурки, хотя в природе они обычно роют норки по обрывам рек и оврагов. В брошенных щурками норках поселяются полевые воробьи и каменки. Дуплогнезники удоны здесь, в степи, часто устраивают гнезда на останках сельскохозяйственной техники, в торчащих из земли трубах, под шиферными крышами сараев, даже в старых брошенных автомобильных покрышках.

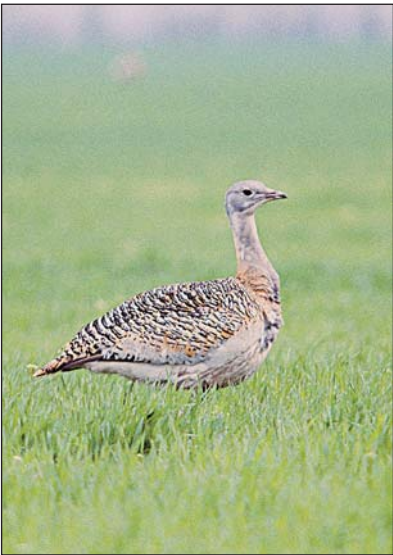
В балках, по буграм, нередко выводковые норы лис. По залежам, в бурьянах, обычны стрепеты и желтые трясогузки. Ближе к воде заливаются синегрудые

варакушки. В лесополосах гнездятся вяхири, кобчики, пустельги и вездесущие сороки. С вечера и ночь напролет с сырых низин доносятся трели и кваканье жаб, чесночниц и лягушек, заглушить которых даже голосистым соловьям не под силу.

Ворон в степи мало, больше грачей. Их гнездовые колонии возле водоемов, но много этих птиц и в селах. Местные жители грачей недолюбливают. Уж больно горланят, особенно поутру и вечером. Цыпят таскают, клубнику клюют, беда да и только. Однако есть за грачами грехи и посерьезней. Крепко достается по весне от черных разбойников дрофам, удивительным степным птицам.

Вот как писал о них в начале XX в. известный орнитолог М.А.Мензбир: «Каждый знающий дрофу согласится, что самцы, особенно старые, по манере держать себя кажутся весьма важными и преисполненными внутреннего достоинства, тогда как самки очень милостивы, и в выражении их глаз и в повороте головы, в особенной неровности движений у них сквозит какая-то робость».

Взрослая дрофа размером с индюка. Размах крыльев как у орла, около двух метров, да и в полете, когда птица летит невысоко над степью, неторопливой мерностью взмахов ши-



Обычные обитатели степных просторов. Щурки, дрофа, журавль-красавка (слева, сверху вниз) теперь приспособились жить по соседству с человеком, но ковыль остался только по неудобьям (справа вверху). Лисы нередко выводят потомство в норах по буграм.

Фото автора

роких, белесых с черной каймой крыл, орла напоминает.

Случилось так, что дрофы после распахши остепненных лугов — мест их исконного обитания в прошлом — стали охотно гнездиться на пашнях, в озимых, на картофельных полях. Главное, чтобы поля были обширными, тогда можно отлететь или отойти в случае опасности.

Нахожу вполне уместным снова обратиться к книге М.А.Мензбира «Охотничьи и промысловые птицы Европейской России и Кавказа», изданной в 1900 г. О дрофе там сказано: «Благодаря своему уму и осторожности умеет найти себе убежище даже в хорошо возделанных местностях и потому не так спешно отступает перед вторжением человека в ее коленную область. Особенно благоприятствует сохранению дрофы ее гнездование в озимых хлебах. Птица опытом познала, что гнездясь здесь, она имеет в своем распоряжении достаточный запас времени, чтобы вывести детей, и с этих пор преследования человека утратили для нее по крайней мере половину своего значения».

Гнездятся дрофы с начала мая. В эту пору на полях работает техника. Огромные «кировцы» и допотопные гусеничные

монстры методично уютжат поля, волоча за собой бороны, сепялки или приспособления для распыления жидких удобрений. Насиживающая самка подпускает трактор на несколько метров, с гнезда снимается в самую последнюю минуту, когда машина подходит чуть ли не вплотную. Вот тут и приходит время пира для черных степных бандитов — грачей. Они неотступно следуют за трактором, высматривают живность, вывороченную из земли техникой, или оставленные без присмотра гнезда. Расправиться с кладкой дрофы — с двумя-тремя крупными, как у гусей, оливково-серыми яйцами — дело несложное. Так и чистят от кладок поля одно за другим. Дрофам урон от этого немалый. Хорошо если успеет самка повторно, на уже обработанном поле, гнездо устроить. Тогда грачи ей не помеха. Самка дрофы — птица крупная, массой от четырех до восьми килограммов (самцы бывают и до 20), не только грача, но и лисицу от гнезда отводит. Через три-четыре недели появляются дрофята, покрытые густым охристым, в темных пятнах и полосках, пухом. Первые несколько дней самка кормит птенцов, но вскоре они начинают добывать пищу сами.

Примерно через месяц птенцы способны летать. Так что на полях два месяца покоя дрофам с птенцами требуется. Благо если покос трав или уборка хлеба с этим сроком не совпадают, а то снова беда. Гибнет затаившийся молодняк из поздних выводков под комбайнами и косилками. Не грачи, так машина изведет.

Люди птиц тоже губят, хоть и непреднамеренно, но они же их и спасают. Уже довольно давно организовали в степях под Саратовом дрофиную ферму. Весной собирают кладки, все

равно обречены они на гибель от грачей или под колесами и гусеницами. Яйца инкубируют, птенцов выращивают таким образом, чтобы людей они не видели. Подросших птиц метят, иногда даже радиомаяками, и выпускают на волю, в родные уголья.

Работа эта непростая, требует досконального знания образа жизни птиц. Но если люди любят свое дело, все получается как надо. Может, и не переведутся дрофы в Поволжье?

Только энтузиазма небольшой группы дрофиных благодетелей для этого мало. Заниматься сохранением дрофы необходимо на общероссийском уровне, тем более что она давно уже занесена в Красные книги не только России, но и мира.

В Западной Европе дрофа почти везде исчезла. В Англии о некогда обитавших здесь царственных птицах уже забыли напрочь. Есть еще дрофа в Испании, но от нашей она, возможно, отличается генетически.

На биологическом стационаре Академии наук (филиале нашего института), что в селе Дьяковка, совместно с англичанами ведется инкубация дрофиных яиц. Англичане планируют освоить полувольное разведение дрофы у себя на родине.

Широко раскинулись приволжские равнины. Многое изменилось в природе не без участия человека, зачастую не в лучшую сторону, но не все так уж печально. Жизнь степная продолжается. Гнездятся птицы, родятся лисята, барсучата, суслията, тушканчики, ежата и другая живность. Плодятся бесчисленные насекомые. Не сдается природа. Нам, людям, право же, стоит задуматься о судьбе окружающей нас дикой природы и себе же на пользу относиться к ней разумно и по возможности бережно. ■

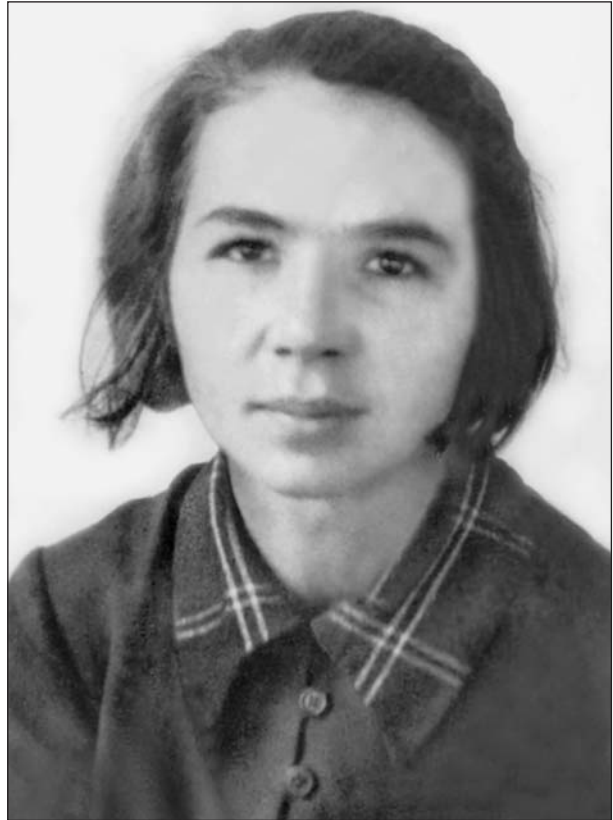
МУЖЕСТВО И ЖЕНСТВЕННОСТЬ З.С.НИКОРО

В прошлом году исполнилось 100 лет со дня рождения Зои Софрониевны Никоро (1904–1984), известного специалиста в области количественной генетики и теории селекции. Эта дата отмечена выходом в свет ее книги, получившей название «Это моя неповторимая жизнь. Воспоминания генетика» (М., «Academia», 2005). Как писал Николай Николаевич Воронцов, «поколение, к которому принадлежала З.С.Никоро, уходит. А вместе с ним уходит не только масса бесценных для истории науки фактов, но и теряется чувство эпохи. Как, в каких условиях в полуголодной Советской России возникли и развились несколько сильных генетических школ — школы Ю.А.Филипченко и Н.И.Вавилова в Ленинграде, школа Н.К.Кольцова в Москве? Каким образом, несмотря на многолетний перерыв в научных связях (мировая война, революция, гражданская война, блокада), несмотря на то, что в науку шли выходцы с рабфаков, советская генетика была в курсе всех событий мировой науки и могла информировать мировую общественность о своих достижениях? Как учили и как учились в школах, на рабфаках, в институтах и университетах? Как сохранялась в этих непростых условиях преемственность научных школ? Как выковывались личные качества того поколения, которое смогло сохранить, пронести сквозь тернии и передать следующим поколениям лучшие традиции отечественной генетики? Для ответа на эти вопросы воспоминания З.С.Никоро дают бесценный материал. Они вводят нас в круг ученых, оставивших неизгладимый след в науке, в ту неповторимую атмосферу, в которой росли и воспитывались наши учителя и старшие товарищи».

Мысли Н.Н.Воронцова созвучны взгляду М.Д.Голубовского на неординарную личность Зои Софрониевны. Его очерк «Светозарность» (также предоставленный нам издательством «Academia») мы печатаем в качестве дополнения к главе из книги Никоро, которая публикуется в сокращенном журнальном варианте.

За пределами представленных здесь текстов остались многие факты биографии Зои Софрониевны. Напомним некоторые из них, предшествующие описываемым ею событиям.

Зоя Софрониевна родилась в Санкт-Петербурге в семье рабочего — ее отец был мастером на заводе. В 1910 г. родители разошлись, и мать с тремя дочерьми переезжает в Молдавию, в г.Измаил, где и прошли детские и гимназические годы Зои. В начале 1920-х годов Молдавия входила в состав



Зоя Софрониевна Никоро.

Румынии. Между Румынией и Советским Союзом тогда не существовало дипломатических отношений, и граница между ними была закрыта. Переписка с отцом прекратилась. И все же в 1921 г. до семьи доходит из Петрограда одно из писем отца, в котором он приглашает Зою приехать к нему для продолжения образования. В 1922 г. Зоя Софрониевна и ее младшая сестра Нина с большими трудностями пересекают границу и добираются до Петрограда. Определение профессии сопровождалось выбором между четырьмя областями интересов: музыкой, философией, математикой и биологией. Движимая чувством долга русского интеллигента перед деревней, Зоя Софрониевна поступает на факультет агрономии и зоотехнии Ленинградского сельскохозяйственного института. В 1926 г. она получает диплом и специальность агронома-зоотехника.

Из жизни Центральной генетической станции

З.С.Никоро

Работая в разных организациях в области сельского хозяйства, я не оставляла мечты, которая зародилась в еще пятнадцатилетнем возрасте, об изучении наследственности и изменчивости. Во время моей работы в совхозе Подберезье, в Ленинграде протекал Всесоюзный съезд генетиков и селекционеров, в котором мне удалось принять участие в качестве пассивного слушателя.

Я повстречала двух товарищей, с которыми начала сельхозинститут, Флесса Валентина Эмильевича, который стал потом моим мужем, и Лепера Павла Романовича. Они работали по генетике животных на Центральной генетической станции (ЦГС) Наркомзема и меня пригласили приехать в гости.

ЦГС находилась недалеко от Москвы, у ст. Жаворонки Белорусской жд., от нее еще шесть километров пешком до деревни Назарьево, где рядом в совхозе помещалась станция. Директор ее — крупный ученый Николай Константинович Кольцов — в то время пользовался большим авторитетом и был одновременно директором крупного учреждения, Института экспериментальной биологии в ведении Наркомздрава (Воронцово поле, д.6). Центральная генетическая станция была в своем роде уникальным научным учреждением, я больше так хорошо организованных учреждений не видела, где царили мир и дружба, горячий интерес к науке, прекрасная организация научной работы и высокая продуктивность при полном отсутствии формальной дисциплины.

Кольцов жил в Москве и систематически приезжал на станцию для проведения ученых советов.

Отдел общей генетики вначале возглавлял Сергей Сергеевич Четвериков, который здесь работал по совместительству, а его основная работа была в Институте экспериментальной биологии.

После ареста Четверикова во главе лаборатории стал его ученик Сергей Михайлович Гершензон.

Александр Сергеевич Серебровский руководил двумя отделами: генетики крупного рогатого скота и генетики курицы. Он был яркой фигурой в науке по богатству самых разнообразных идей, иногда ошибочных, но всегда оригинальных и интересных. Он постоянно стремился поставить генетику животных на службу сельскому хозяйству. Сергей Сергеевич начинал свою научную деятельность как биолог-натуралист в области зоологии беспозвоночных.

В дальнейшем Сергей Сергеевич увлекся чешуекрылыми и стал лепидоптерологом, ученым европейского масштаба. Но хотя он и занимался систематикой бабочек, очень легко переключился на генетику, потому что увидел в ней то, чего не замечали другие: он понял, что генетика говорит как раз о том, чего не хватает теории Дарвина для завершения этой гениальной модели. Всем известная работа Сергея Сергеевича 1926 года открыла поток исследований, насыщено необходимых для завершения работы Дарвина.

Когда я пришла работать на ЦГС, в отдел общей генетики, первое, что я сделала, прочла работу Четверикова, и это был праздничный день, потому что я получила ответ сразу на много вопросов.

Сергей Сергеевич был сильным и властным человеком, который подчинял себе окружающих. Его вторая жена Анна Ивановна Сушкина, уроженка Ивано-Вознесенска (теперь Иваново), происходила из богатой купеческой семьи раскольничьего толка. Еще в молодости она вступила в партию социал-демократов, вела активную политическую жизнь как член фракции большевиков и продолжала эту деятельность, сделавшись женой крупного русского ученого Петра Петровича Сушкина. Петр Петрович не разделял политических убеждений жены, но в силу своих демократических взглядов не считал для себя возможным вмешиваться

в ее дела. Когда же Анна Ивановна развелась с Петром Петровичем и вышла замуж за Сергея Сергеевича, то обстановка изменилась. Сергей Сергеевич тоже состоял в социал-демократической партии, но во фракции меньшевиков. По его настоянию Анна Ивановна прекратила свою политическую деятельность. Это я рассказываю со слов Анны Ивановны. Отношение Сергея Сергеевича к советской власти в тот период времени было типичным для некоторой части интеллигенции. Дело в том, что большевики взяли власть в руки силой оружия, а не в результате всеобщего равного тайного прямого голосования. Дальше — то, что мы называем демократией, в корне отличается от того, что называется демократией на Западе, а равным образом и от того, за что боролась русская интеллигенция. Приведу пример для иллюстрации.

Петроградский сельскохозяйственный институт (ПСХИ) был организован советской властью и помещался по адресу Фонтанка, 6 (бывшее училище правоведения) и еще в одном здании на Каменном Острове, а общежитие находилось по адресу Карповка, 32, напротив дома, где жил и умер Иоанн Кронштадтский, на лето мы выезжали в Детское Село. Там сложилась неплохая база для практики — парки и их окрестности использовались для практических занятий по ряду предметов: сбор гербария по ботанике, съемка профилей и планов по геодезии, выемка почвенных монолитов по почвоведению.

Сельхозинституту передали для эксплуатации прекрасную ферму крупного рогатого скота с финской породой, бывшую царскую ферму. Удои коровы давали очень высокие, рекордистки по 3-4 ведра в сутки и больше. При ферме существовал небольшой маслодельный заводик, где мы сами делали парижское масло, очень вкусное. В результате возникла совершенно здравая идея перевести ЛСХИ из Ленинграда в Детское Село. Если бы такое решение вынесли сверху, мы бы его приняли спокойно, хотя многие остались бы недовольны. Дело в том, что в двадцатые годы жизнь в стране была тяжелой: много безработных, стипендия низкая, большинство студентов не получало помощи от родителей. К жизни в городе многие как-то приспособились. Кое у кого были родственники, и живя у них, удавалось съесть тарелку супа. Некоторые имели уроки, но дешевые, поэтому ездить пригородным поездом из Детского Села не имело смысла. В Ленинграде работала студенческая артель, и мужчины прилично зарабатывали. Одним словом, большинству студентов переезд в Детское Село грозил ухудшением материального положения. Но почему-то возникла какая-то странная установка: необходимо, чтоб студенчество ЛСХИ вынесло решение о переводе своего института из Ленинграда в Детское Село. Почему казалось недостаточным решить этот вопрос административным путем — не знаю, возможно, имело место сопротивление части профессоров.

Собрали общее собрание студентов летом во время практики. Его проводил член парткома Шестаков, ражий детина, яркий блондин, косая сажень в плечах. У него был потрясающий бас, но очень грубый, совершенно непоставленный. Я его знала, потому что ему аккомпанировала. Собрание страшно возбудилось. Никто не хотел ехать в Детское Село, и собрание стало неуправляемым. Тогда Шестаков заявил, что вопрос в принципе решен, а общее собрание должно решать лишь технические вопросы, связанные с переездом. Слово взял солидный профессор Васильев, заведующий кафедрой машиноведения: «Я привык, что принципиальные вопросы решаются на больших собраниях, а технические вопросы — на маленьких, а здесь почему-то все наоборот». Прения продолжались, приводились и обоснованные мнения против переезда в Детское Село. Профессора специального профиля охотно переехали бы в Детское Село, а многие уже и жили там, потому что жизнь в Детском Селе была связана с исследовательской работой. Кафедры же общепрофильного профиля обслуживались крупными учеными по совместительству (Сукачев, Буш, Вальтер Шмидт и многие другие), и им не было смысла переезжать.

Поездки из Ленинграда в теперешний Пушкин сейчас не представляют никакой трудности, но в то время городской транспорт ограничивался трамваем, не было ни троллейбусов, ни автобусов, ни такси, а учреждения транспорта вообще не имели. По железной дороге редко ходили пригородные поезда с паровозами, если опоздаешь на одну минуту, то надо сидеть полдня в ожидании. Из прений было ясно, что большинство против переезда. «Ну хорошо, все высказались. Кто за то, чтоб закрыть прения? Подавляющее большинство. Закрываем прения. Ставлю вопрос на голосование. Кто за то, чтоб Сельскохозяйственный институт оставался там, где он сейчас, прошу поднять руку. Считать голоса нет смысла, подавляющее большинство. Секретарь, запишите пожалуйста, что общее собрание профессоров и студентов Ленинградского сельскохозяйственного института вынесло решение о переезде института из Ленинграда в Детское Село». Возмущенный рев: «Мы за это не голосовали». «А за что же вы голосовали? Я сказал, кто за то, чтоб институт оставался там, где он находится сейчас, а сейчас он находится в Детском Селе. За это вы и проголосовали. Объявляю общее собрание закрытым».

Я была малозаметной застенчивой личностью и все время обсуждения сидела воды в рот набравши, но в тот момент, кипит от возмущения, я бегом помчалась по проходу к столу президиума. «Вы нечестно поступили, товарищ Шестаков». Мои слова могло услышать только совсем немного людей. Тем не менее, когда я вернулась к себе в общежитие, подруги по комнате начали восторженно рассказывать: «Зоя, ты знаешь, какая-то студентка

после собрания подошла к столу собрания и сказала: «Вы подлец, товарищ Шестаков!». Так преобразовалось мое выступление.

Этот эпизод отражает некоторые стороны нашей демократии. Такую демократию не принимал Сергей Сергеевич, который в царской России жил активной политической жизнью. Он предполагал, что и в Советской России возможно пребывание в легальной оппозиции к существующему порядку.

В Институте экспериментальной биологии он пользовался огромным авторитетом среди сотрудников. К сожалению, я не помню конкретных примеров, но в общем бывало так: созывается общее собрание института; надо вынести решение по какому-то вопросу, партийное бюро выражает свою точку зрения и предлагает резолюцию. А у Сергея Сергеевича другое мнение, и он его выражает. И общее собрание научных работников, как правило, разделяет точку зрения Сергея Сергеевича. Выносятся совершенно другая резолюция, нежели та, которую предлагало партбюро.

Таким образом, Сергей Сергеевич в целом ряде случаев препятствовал проведению линии, намеченной партийными органами. В его действиях не содержалось элемента преступления, но он мешал, и в один прекрасный день его арестовали. На эту тему я говорила с ним лично, спустя много лет. Он мне рассказывал, что ему не предъявили никакого обвинения. Это происходило до убийства Кирова, то есть до сталинской эпохи. Конечно, были аресты, несправедливости, жестокости, но в то время следственные органы занимались тем, чем они должны заниматься, то есть расследованием дела, а не фабрикацией бессмысленных, нелепых обвинений, которые, если их оценить по достоинству, заслуживают только гомерического хохота, вроде дела об евреях-врачах. Так вот, повторяю, никакого обвинения не выдвигалось, поскольку не в чем было обвинять, но дело завели. Какие документы находились в деле — неизвестно, но там фигурировала отвратительная издательская открытка по поводу смерти Камерера, автора которой мы не знаем, но подпись стояла «Четвериков». Уже мало осталось людей, которые помнят эту историю, но она связана с ламаркизмом, поэтому я ее изложу, начиная от сотворения мира.

На протяжении двадцатых годов был период, когда чаша весов склонялась в сторону ламаркистов; я имею в виду не какие-либо научные аргументы, а только симпатии в руководящих кругах. И вот группа молодых ламаркистов, работавших в Коммунистической академии, решила пригласить на постоянную работу крупного австрийского ученого, ламаркиста, Пауля Камерера. Известный передовыми взглядами в политике, Камерер держался в оппозиции к существующему строю, и у него на работе сложилась конфликтная ситуация с коллегами. Им проведено большое количество

опытов по доказательству наследования приобретенных признаков. Хотя результаты этих опытов положительны, но ни один из них не проведен достаточно строго с методической точки зрения. Один из последних опытов его проводился с жабой-повитухой; самец ее имеет бородавкимоли на передних лапах, которыми он поддерживает самку во время копуляции. У этой жабы копуляция происходит на суше. Камереру удалось добиться развития такого же мозоля у жаб, у которых этого мозоля не было, когда он принудил их копулировать тоже на суше, а не в воде. Эта бородавка передалась следующему поколению.

С согласия нашего правительства Камерера пригласили в Москву для предварительных переговоров. Ему обещали все условия для работы. Он остался очень доволен визитом в нашу страну и выразил согласие на переезд в Советский Союз. Когда он вернулся в Вену, где собирался ликвидировать свои дела для переезда к нам, оказалось, что в его отсутствие лаборатория подверглась ревизии со стороны враждебно настроенной профессуры. В процессе ревизии обследовалась заспиртованная жаба, у которой на лапке была бородавка, унаследованная от родителя и возникшая в результате упражнения. В ходе проверки обнаружилась фальсификация; была не бородавка, а лишь пятнышко, образовавшееся в результате подкожной инъекции черной туши. После обвинения в фальсификации Камерер кончил жизнь самоубийством и перед смертью написал письмо в Советский Союз, сформулированное в теплых тонах.

В октябре 1926 г. Коммунистическая академия получила гнусную открытку, автор которой сообщал, что он поздравляет академию с самоубийством Камерера. Подпись стояла «проф. Четвериков» без инициалов. Почерк был не Сергея Сергеевича. Коммунистическая академия опубликовала это письмо в центральной прессе. В то время в Москве насчитывалось четыре Четверикова, которых можно подозревать в написании этого письма: Сергей Сергеевич Четвериков, его брат Николай Сергеевич, статистик, и еще два брата Четвериковых, из которых, по рассказу Сергея Сергеевича, один также биолог, а другой — математик. Все четыре Четверикова послали письма в редакцию, отмежевываясь от этой открытки. Но, по сути дела, подозрение падало в основном на Сергея Сергеевича, который был известен как идейный противник Камерера. Профессор Кольцов выступил в печати с утверждением, что Сергей Сергеевич Четвериков не мог быть автором такой подлой открытки. Видимых последствий эта открытка на первый взгляд не имела, но, на верное, это не совсем так.

Перед арестом Сергея Сергеевича его окружала группа учеников, 11 человек:

1. Астауров Борис Львович
2. Четверикова Анна Ивановна



Сергей Сергеевич Четвериков (в центре) и Зоя Софрониевна (крайняя справа от него) со студентами кафедры генетики биофака Горьковского университета (набор 1937 г., досрочный выпуск 1941 г.). Снимок сделан в 1940 г.

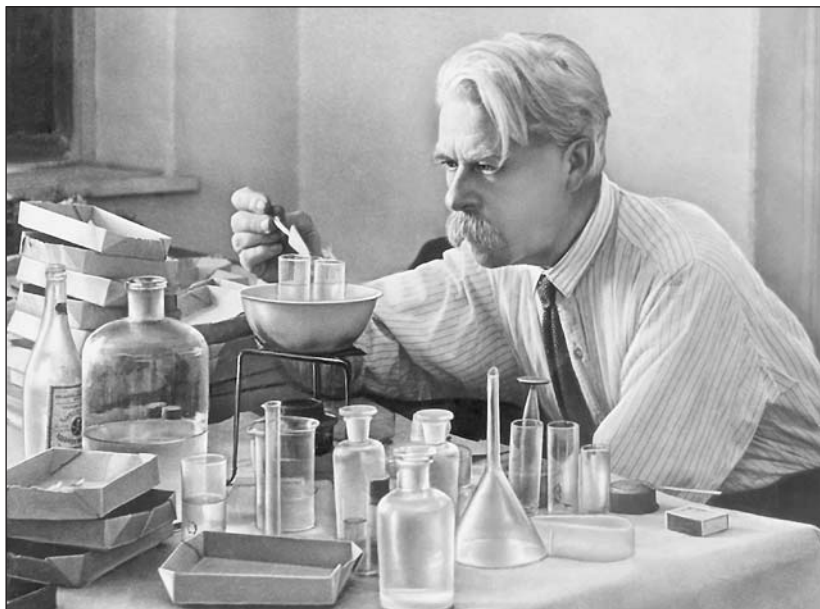
3. Ромашов Дмитрий Дмитриевич
4. Тимофеева-Ресовская Елена Александровна
5. Тимофеев-Ресовский Николай Владимирович
6. Беляев Николай Константинович
7. Промптов Александр Николаевич
8. Царапкин Сергей Романович
9. Балкашина Елизавета Ивановна
10. Гершензон Сергей Михайлович
11. Рокицкий Петр Фомич

Список учеников я привожу в том порядке, в котором его дал Борис Львович, с единственным изменением: Борис Львович поставил себя в конце, а я его перенесла на первое место. Сергей Сергеевич Четвериков и его ученики объединялись общностью научных интересов и политических взглядов. Что касается последних, то тогда не было определенной разработанной программы. Скорее всего существовало какое-то общее эмоциональное отношение, некоторое презрение к низкой культуре в сочетании с тупым самодовольством и жестокостью. Идти рука об руку с властью, ей помогать можно только тогда, когда есть возможность громко и смело говорить об ее

ошибках, в противном случае поддерживать власть — это значит действовать против этики, во имя карьеры. Вот так случилось с Гершензоном, он отчетливо показал, что принимает политику партии и правительства. Для Сергея Сергеевича это был удар. Сергею Сергеевичу не хотелось терять Гершензона, он пригласил его в кабинет и долго беседовал с ним с глаза на глаз. В результате этой беседы произошел раскол, и не только Сергей Сергеевич отвернулся от Гершензона, но и все остальные ученики. А ведь Сергей Михайлович считался любимым учеником, они вдвоем сделали очень хорошую полезную работу: перевели с английского языка на русский прекрасный учебник по генетике, написанный Синнотом и Денном. Когда Сергея Сергеевича арестовали, то на обложке книги осталась только фамилия Гершензона, который в этом не виноват.

После ареста Четверикова Сергей Михайлович заведовал отделом общей генетики на ЦГС, но потом перешел в МГУ. Когда я пришла на станцию, отделом общей генетики руководил Дмитрий Дмитриевич Ромашов.

Николай Константинович
Кольцов — директор ЦГС.



Ромашеве

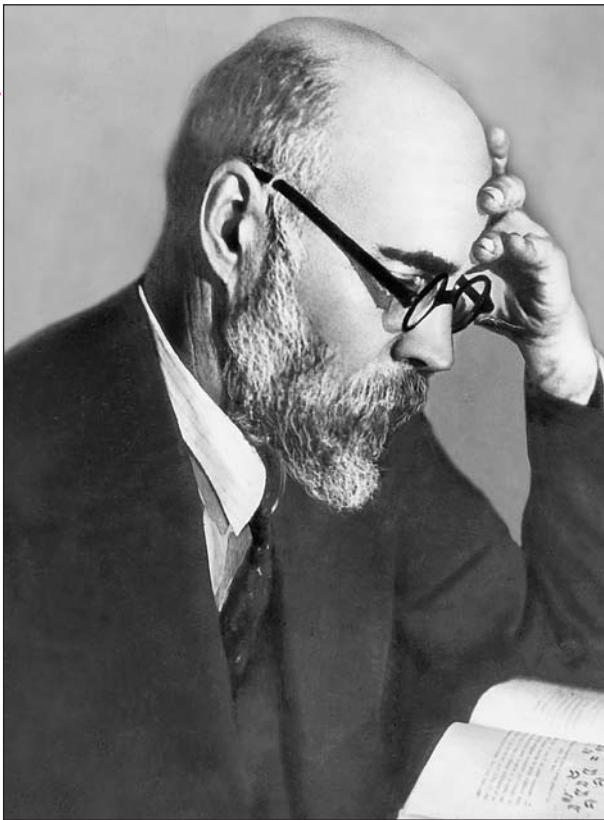
Память о Ромашове Дмитрие Дмитриевиче и его жене, Балкашиной Елизавете Ивановне, мне очень дорога. Отец Дмитрия Дмитриевича, Дмитрий Иванович Ромашов, тоже ученый, работал в лазаревском институте по физиологии человека. От него Дмитрий Дмитриевич получил печальное наследство — шизофрению. Дмитрий Иванович был сыном крестьянина, его ближайшие предки страдали алкоголизмом, возможно, по причине шизофрении. Интересно, что когда Дмитрий Иванович окончил среднюю школу и решил сделать попытку поступить в университет, то, поскольку он принадлежал к податному сословию, ему пришлось испрашивать на это разрешение сельской общины.

Дмитрий Иванович, человек очень мягкий и добрый, спокойного характера, целиком находился в подчинении у жены. Что касается его душевного состояния, то он всегда или во всяком случае часто испытывал депрессию. Им владела навязчивая идея, что в один момент он лишится квартиры — будет вечер, он пойдет по улицам Москвы, никто не пустит его ночевать и ему придется умереть под забором. В этом выражалось его заболевание. Елизавета Родионовна была деятельным и энергичным человеком. В царское время она принимала активное участие в работе по просвещению рабочих, вела кружки по математике. При советской власти она получала персональную пенсию, хотя ее отношение к советской власти походило на то, какое я уже описывала, говоря о Четверикове. Дом у них содержался на высоком интеллектуальном уровне — туда приходил известный деятель на ниве просвещения Вахтеров, автор букварей, на которых училось мое поколение. В доме у Ромашовых организовали группу из детей-шестилеток, которых Вахтеров по своей системе обучал грамоте; в группу входили,

кроме Дмитрия Дмитриевича, из известных мне людей будущий художник Сережа Мусатов и будущий академик Андрей Колмогоров.

Любовь Елизаветы Родионовны к сыну носила исключительный характер. Ее кипучая натура не находила удовлетворения в общении с таким человеком, как Дмитрий Иванович. Дмитрий Дмитриевич Ромашов по своей внешности поразительно походил на отца, а по эмоциональному характеру — на мать. Мать и сын были страстно привязаны друг к другу, но отношения между ними оставались всегда напряженными.

Дмитрий Дмитриевич Ромашов, еще будучи студентом МГУ, впервые серьезно заболел. Его постоянным врачом был крупный русский психиатр Ганушкин. Болезнь протекала очень тяжело. Я не разговаривала о ней с его близкими, но могу привести несколько слов из того, что он мне рассказывал сам. Это очень мучительное душевное состояние, для описания которого нет слов в человеческом языке. Смысл его заключается в том, что на земле идет напряженная борьба между добром и злом, и есть страшная опасность, что победит зло. И если это действительно случится, то виновником этого явится никто другой, как сам Дмитрий Дмитриевич Ромашов. Это «бред вины», кажется, так называется этот симптом. Обостренные состояния возникали у Дмитрия Дмитриевича не раз в течение его дальнейшей жизни, сменяясь состояниями ремиссии; характерной чертой острого состояния становилось его враждебное в тот период отношение к родителям, особенно к Елизавете Родионовне. И вот в это тяжелое время первого заболевания возникает Елизавета Ивановна Балкашина, тогда студентка. Оказалось, что ее присутствие действует благотворно на тяжелое состояние больного. Она проводила около него много времени. Когда наступило состояние ре-



Александр Сергеевич Серебровский — заведующий двумя отделами ЦГС.

миссии, он вернулся домой. Елизавета Ивановна ежедневно к нему приходила, и они вдвоем ходили на лыжах.

Кончилось это тем, что они решили пожениться. И Елизавета Родионовна, которая до тех пор приветствовала встречи, благотворно влиявшие на психику ее больного сына, теперь резко запротестовала против брака. Впоследствии она мне объясняла, что Елизавета Ивановна стоит на слишком низкой ступени развития, у ней нет высших интеллектуальных интересов, она совершенно обыкновенная женщина, способная погрязнуть в мелочах жизни и сплетнях. Спешу заметить, что образ человека, нарисованный Елизаветой Родионовной, не имел ничего общего с действительностью, просто в ней говорило чувство ревности.

Дмитрий Дмитриевич Ромашов как ученый по своим потенциям стоял выше всех учеников Сергея Сергеевича из тех, кого я знала. Я не знала Беляева, Промптова и Царапкина.

У Ромашова каждый вопрос, которым он занимался, так же как у Четверикова, начинал переливаться всеми цветами радуги, делался самым важным во Вселенной, ответ на него был необходим совершенно срочно и думать над ответом доставляло наслаждение. Он приезжал ко мне в Горький, где я заведовала кафедрой генетики, и читал лек-

цию моим студентам об опытах Менделя. Лекция длилась шесть часов, и студенты слушали с неослабевающим интересом. Получалось так, потому что каждый частный вопрос не превращался в сухой гриб, он увязывался с главным вопросом, вливался в общий поток, а воды этого потока катились в безбрежное море. Тут дело не просто в том, что бывают плохие и хорошие лекторы. Вот Любичев Александр Александрович был отвратительным лектором в силу речевых недостатков, но он чувствовал и понимал романтику науки. Поэтому его всегда слушали с захватывающим интересом.

Когда я пришла в отдел общей генетики на ЦГС, то Дмитрий Дмитриевич и Елизавета Ивановна занимались анализом дикой популяции *Drosophila funebris*. Дмитрий Дмитриевич не был способен к усидчивому смотрению в бинокляр, всю эту работу делала Елизавета Ивановна, кропотливо просматривая каждую муху; Дмитрий Дмитриевич находился тут же и сопереживал. Просматривалось сначала потомство оплодотворенных диких самок, выловленных в природе, потом ставились индивидуальные скрещивания между детьми одной самки, получали первое и второе поколения; в этом потомстве искали изменения, из которых пытались получить чистые линии. В этой же комнате сидели со своими мухами Петр Фомич Рокицкий, Валентин Сергеевич Кирпичников и Миша Нейгауз.

Самыми близкими для меня людьми были Дмитрий Дмитриевич и Елизавета Ивановна. У Дмитрия Дмитриевича наступило состояние ремиссии, и мне кажется, что этот период его жизни был для него самым хорошим. Он плодотворно работал и именно так, как ему подходило, то есть техническую работу, для которой у него не хватило терпения, выполняла Елизавета Ивановна, а он думал, и они обсуждали все вместе. Кроме того, он руководил генетическими семинарами, которые были очень интересными благодаря его присутствию: все время чувствовалось биение живой мысли. Много времени у нас занимала музыка — на рояле я играла Хованщину, Дмитрий Дмитриевич сидел около меня и слегка напевал. Я неплохо читала ноты, но не отличалась музыкальной образованностью и не знала музыки Мусоргского. Но когда Дмитрий Дмитриевич находился рядом, все делалось понятным. Мы проводили вечера за Хованщиной втроем: я, Дмитрий Дмитриевич, Елизавета Ивановна. И нам было очень хорошо.

Будучи очень добрым человеком, он легко впадал в раздражение по пустяковым поводам. Елизавета Ивановна умела находить ласковые слова и его успокаивать. Она его воспринимала как ребенка, который нуждается в ее заботе. Оно по существу так и было. В тот период времени, о котором я говорю, этот счастливый брак не омрачался никакими ссорами. Но потом я вспомнила, что намечалось небольшое облачко, которое потом превратилось в зловещую тучу, закрывшую все

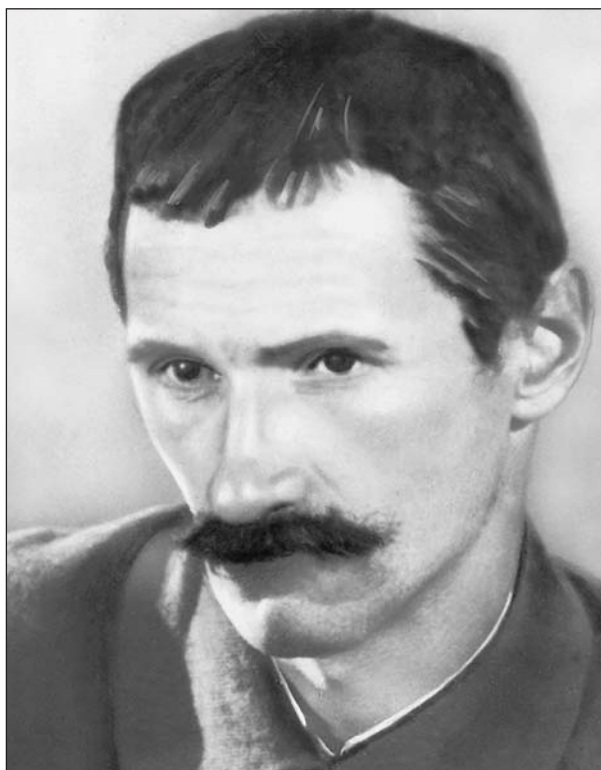
небо. Причин же для мелких дразг, обычных и в самых хороших семьях, здесь не существовало. Отношения строились на высоком уровне, где для дразг не было места. Как я уже говорила, Дмитрий Дмитриевич имел нелегкий характер, но Елизавета Ивановна никогда не забывала, что он болен, прилагала все усилия, чтоб сделать его жизнь солнечной. Это имело свои результаты: пока они жили вместе, приступы шизофрении не возобновлялись.

Теперь расскажу об облачке. Как я уже сказала, этот брак был заключен вопреки желанию Елизаветы Родионовны. Она в течение этого счастливого периода, о котором я рассказываю, смотрела на Елизавету Ивановну как на пустое место. А раз Елизавета Ивановна — пустое место, а Дмитрий Дмитриевич — больной человек, то все вопросы устройства жизни решала Елизавета Родионовна. В частности, у нее была такая установка: шизофрения — заболевание наследственное и очень мучительное, поэтому люди, больные шизофренией, не имеют морального права производить детей. Елизавета Ивановна была человеком, от природы предназначенным к тому, чтобы быть матерью. И такая перспектива — никогда не иметь детей — с течением времени воспринималась все тяжелей. Это не могло пройти безболезненно для их брака...

В 1930 г. в Киеве состоялось Всесоюзное совещание зоологов, в котором принимали участие и генетики. В то время я уже работала в качестве практиканта отдела общей генетики и получала зарплату. Дмитрий Дмитриевич и Елизавета Ивановна поехали на съезд, Дмитрий Дмитриевич — с докладом об их совместной работе. Мне тоже дали командировку, и я была в полном восторге. Дмитрий Дмитриевич докладывал об исследовании диких популяций *Drosophila funebris*.

Тезисов этого доклада нет в итогах конференции. Дмитрий Дмитриевич так и не удосужился их написать, но позднее вышла статья, кажется, в «Биологическом журнале»; конечная фраза в ней звучала по смыслу так, что, насколько просты законы передачи наследственных факторов из поколения в поколение, настолько же сложны законы формирования признаков, то есть законы фенотипики.

Хочу коснуться евриеники. В основной массе генетиков эти идеи не вызвали отклика, но то, что проповедовал Александр Сергеевич Серебровский, вызвало дружный смех, поскольку мы все разделяли точку зрения Демьяна Бедного. Расскажу подробнее. Александр Сергеевич Серебровский поместил статью в каком-то научно-популярном журнале. Суть ее: мы серьезно работали над вопросами улучшения пород домашних животных, используя для этого наши знания в этой области. Но ведь человек представляет из себя гораздо большую ценность, почему же мы не хотим думать об улучшении человека с генетической



Дмитрий Дмитриевич Ромашов, ученик и последователь С.С.Четверикова.

точки зрения? Любовь, брак, совместная жизнь — это личное дело каждого человека, и никто не имеет права в это вмешиваться, но появление детей — это уже факт, имеющий социальное значение. И далее Серебровский предлагает создать Институт искусственного осеменения для человека. Эта статья могла бы в нашем кругу пройти незамеченной, не все читают популярные журналы, но какая-то возмущенная читательница отправила ее Демьяну Бедному. Демьян широко разрекламировал творчество Александра Сергеевича, поместив литературное произведение, которое, мне помнится, заняло страницу не то в «Правде», не то «Известиях». В ней Демьян обыгрывал такую идею: есть счастливые люди, такие как Серебровский, умные и красивые, или например, Артемий Халатов (Артемий Халатов тогда был редактором «Известий», чем он привлек внимание Демьяна в этом плане, неясно), тоже умный и красивый, этим везунчикам — хорошая жизнь, они будут производить потомство, а вот для таких замухрышек, как Демьян и другие ему подобные, жизнь ничего хорошего не сулит. Это талантливое литературное произведение в нашей комнате (Дмитрий Дмитриевич, Елизавета Ивановна, я, Петр Фомич, Валентин Сергеевич Кирпичников) вызвало гомерический хохот в утро его коллективного прочтения. ■



Горький. Возможно, конец 30-х. С.С.Четвериков, З.С.Никоро (далее неизвестные).

чтоб горы заплясали / Чтоб зашумели зеленые сады!»

Лишь через десять лет, при организации в Академгородке под Новосибирском Института цитологии и генетики (ИЦиГ), Никоро смогла вернуться в науку, сначала старшим научным сотрудником, а затем — завлабом. Сперва ей пришлось включиться в исследования по генетике и селекции кукурузы на полях Института растениеводства и селекции в Харькове. Вместе с ней там же летом 1958 г. начал работать молодой сотрудник В.К.Щумный (будущий академик, директор ИЦиГ РАН). Он вспоминал: «Мы с женой Эммой снимали комнату рядом с домом, в котором жила Зоя Софрониевна. В ее окне свет горел часто до утра. Зеленый абажур на подоконнике, склоненная голова над книгами, словарем, неизменный «Беломор». Первые два месяца работы — десятки тетрадей с переводами, конспектами»

Она со страстью занималась с молодыми сотрудниками лаборатории «ликбезом» в области генетики, статистики. Все это заканчивалось вопросом в конце рабочего дня: «Что вы узнали сегодня нового, кроме того, что делали обычную работу?»

С 1963-го по 1970 г. Зоя Софрониевна заведует лабораторией генетических основ селекции животных. Она становится авторитетнейшим членом Ученого совета института и известным в стране специалистом в области

количественной генетики, теории селекции и генетики популяций. Выпускает несколько коллективных монографий на эти темы. Много занимается подготовкой соискателей, аспирантов, преподавателей биологии.

С 1970 г. Никоро возглавляет большую лабораторию генетики популяций, куда влилась неспокойная и уникальная в своем роде группа математических генетиков, руководимая В.А.Ратнером.

Зоя Софрониевна активно участвовала и в семинарах всех лабораторий, и сложнейших семинарах математической группы (из ее состава вышли впоследствии известные специалисты в области биоинформатики и теоретической генетики — Р.Н.Чураев, С.Н.Родин, Н.А.Колчанов, Л.Омельяничук).

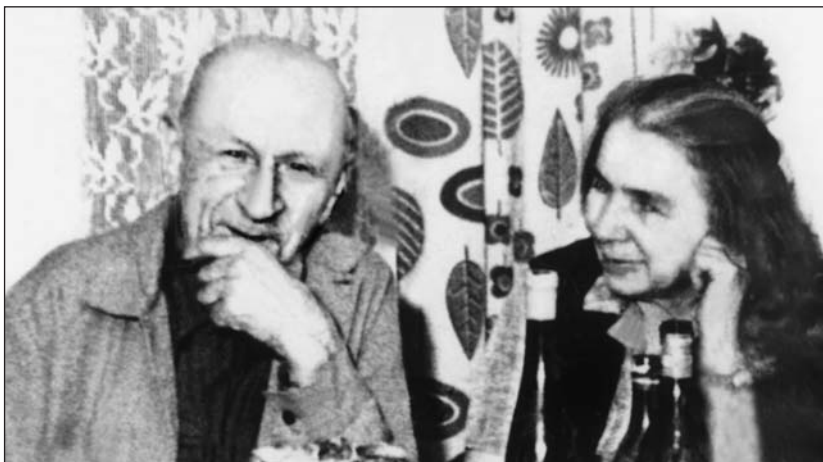
На мой взгляд, Зоя Софрониевна по судьбе и характеру сходна с биологом-эволюционистом, знатоком биометрии профессором А.А.Любищевым. Несколько раз Любищев приезжал в Академгородок и всегда останавливался у Никоро, чувствуя, видимо, родственную душу. Она помнила яркое дискуссионное антидарвинистское выступление Любищева на съезде зоологов в 1930 г., затем в начале 60-х они встретились на совещаниях по биометрии в Ленинградском университете. Их сближали оригинальность мышления и поведения, неспособность к компромиссам с собственной совестью, неприхотли-

вость в быту. Их объединяли страстное отношение к науке, «энтузиазм высказываний» (выражение П.Г.Светлова), любовь к математике и ее приложениям в разных областях биологии и генетики. Им была в равной мере свойственна доступность в общении, без малейших следов снобизма или деланной вежливости. И, наконец, у двух родственных душ поглощенность наукой не вытесняла интереса к истории, философии, литературе, музыке. Зоя Софрониевна ежедневно занималась игрой на пианино.

В Никоро привлекало не только стремление к истине и бесстрашное отстаивание правды. Ее отличало нечто большее, чем правда, а именно — праведность. Когда правда не сопряжена с чуткостью и человечностью, она бывает жестока, груба и порой непривлекательна. Кар্তুзик Бубнов из горьковского «На дне» валил всю правду, как она есть, но при этом оставался подонком. Истинную справедливость отличает способность стать на место другого, понять его мотивы, найти в любом человеке хорошие стороны. Всем этим в полной мере обладала Зоя Софрониевна. Вот почему к ней так тянулись люди.



Измаил 1948—1949. Зоя Сафрониевна работает тапером в клубе Дунайской флотилии.



С А.А.Любищевым. Примерно 1967 г.



С Д.К.Беляевым. Конец 60-х.

Зоя Софрониевна отличалась требовательностью к сотрудникам в смысле внутренней дисциплины, выполнения обещаний и порученной работы. Но если она этого требовала, то только потому, что сама делала в два раза больше. В любой обстановке она была готова делать самую черную работу. В ней жила какая-то острая боязнь помешать другому, причинить неудобства. Если возникал конфликт, она скорее

предпочитала взять часть вины на себя, нежели качать права. Такова, на мой взгляд, высшая степень справедливости, свойственная людям, которых в жизни и в религиях называют праведниками. Свою правду (или, говоря иначе, свои интересы) отстаивать легко, быть праведником — удел немногих. С Зоей Софрониевной свободно и легко общались разные люди, которые между собой находились в оппозиции или конфликте. Восприятие социализма как устремления к социальной справедливости сделало Никоро искренней сторонницей этого учения, о чем она так замечательно пишет в воспоминаниях, не скрывая заблуждений своей молодости.

Теперь несколько импрессионистских мазков, чтобы не создавалось впечатления сусальности. Зоя Софрониевна, хотя и не любила привилегий «слабого пола» (нарочито вырывала свой тяжелый портфель у мужчин, предлагающих помочь нести его, 8-го марта предпочитала сама дарить подарки), — оставалась женщиной. Она проявляла чисто женское равнодушие ко всему небанальному, самобытному, красивому — и за то была готова многое прощать. «Посмотрите, какая у него арийская внешность», — с восторгом говорила она об одном молодом красавце, математическом генетике, с прямым носом

и белокурой копной волос (С.Н.Родин). «Откуда вы взяли такие цыганские нахальные глаза», — поддевала она другого. Пышные черные усы третьего (Э.Х.Гинзбург) вызывали у Никоро неизменный нежный трепет. «Послушайте, — вопрошала она его, — вы читали рассказ Мопассана “Усы”? Если нет, тогда вы не знаете, что такое усы у мужчины и для чего они вам».

На очередном лабораторном праздничном чаепитии с легкой выпивкой, после нескольких рюмок «трабабаханья», она умоляюще обращалась к руководителю группы математиков профессору В.А.Ратнеру: «Вадим Александрович, спойте, пожалуйста, “На Балатьяновской открылась пивная”. У вас так прекрасно это получается». По каким-то законам психоанализа любовь к блатным песням была слабостью у праведницы Зои Софрониевны Никоро.

В ландшафте науки важен не только «вклад в науку» в виде открытий, концепций, степеней и заслуг. Наука — это и особый вид человеческой деятельности, где велико нравственное влияние таких личностей, как Любищев и Никоро. Даниил Гранин в книге «Эта странная жизнь» писал о Любищеве, что вместо учеников у него были учащиеся, т.е. не он их учил, а они учились у него, как надо жить и мыслить. И здесь истоки привлекательности и незабываемости таких личностей: «Среди высших созданий человека наиболее достойные и прочные — нравственные ценности. С годами ученики без сожаления меняют наставников, мастеров, ученых, меняют шефов, меняют любимых художников, писателей. Но тому, кому посчастливилось встретить человека чистого, душевно красивого, — из тех, к кому прикрепляешься сердцем, — ему нечего менять: человек не может перерасти доброту или душевность».

В 1979 г. в стиле веселого капутника отмечалось 75-летие Никоро. Приведу здесь тексты нескольких юбилейных поздравлений, которые хорошо дополняют



В Академгородке под Новосибирском. Институт цитологии и генетики. В первом ряду (сидят) сотрудники лаборатории генетики популяций. Слева направо: И.К.Захаров, Э.Х.Гинзбург, Д.П.Фурман, Э.С.Никоро, М.Д.Голубовский, И.Д.Ерохина, Р.Н.Чураев. Во втором ряду (стоят) сотрудники группы математической генетики: первый слева Л.Омельянчук, третий слева Ю.Г.Матушкин, далее С.Н.Родин, А.Жарких, В.Соловьев, В.А.Ратнер, крайний справа — Н.А.Колчанов. 10 ноября 1982 г.

мою попытку представить образ ученого.

Р.Л.Берг (известный биолог-эволюционист, заведовала лабораторией генетики популяций, в 70-е годы эмигрировала в США) написала: «Дорогая Зоя Софрониевна! Горячо поздравляю Вас с днем рождения, желаю долгих лет жизни, здоровья и чтобы было кругом светло и радостно. Люблю и во всем хочу следовать за Вами, потому что Вы — недостижимый мой идеал. Берегите себя, боритесь с недугами, чтобы долго еще было кому подражать и за кем следовать, черпая силу и радость жизни в сознании, что ВЫ ЕСТЬ».

Бесконечно преданная Вам — Р.Берг».

Л.И.Корочкин (член-корреспондент РАН, Москва): «Дорогая

Зоя Софрониевна, Хотя чинов у Вас и нет, / Незыблем Ваш авторитет. / И меркнут начисто пред вами / Иные важные чинами».

М.Б.Евгеньев (доктор биологических наук, Москва): «Дорогая Зоя Софрониевна, поздравляю Вас со славным юбилеем. Вся Ваша жизнь показывает, как много может сделать один человек, если он живет по совести».

В заключение, чтобы избежать «звериной серьезности», — шуточный указ, который был прочитан на юбилее, где обыграны вехи судьбы и научной деятельности Никоро:

УКАЗ О НАГРАЖДЕНИИ БОЛЬШОЙ МЕДАЛЬЮ «ЗА МУЖЕСТВО И ЖЕНСТВЕННОСТЬ»: За достижения в теории и практике полового отбора. За организацию дубовой

скороспелости шелкопрядов. За повышение музыкального уровня матросов Дунайской флотилии. За отчаянную попытку спасения якутского аборигенного скота путем спермо-перевозок. За повышение и дальнейшее успешное понижение роли показателя наследуемости. За успешное доведение до уровня стандарта детей брачных, детей приемных, а также внебрачных учеников и соратников. За континуальную попытку являть собой недостижимый пример доброты и человечности. А также за все здесь перечисленное НАГРАЖДАЕТСЯ БОЛЬШОЙ МЕДАЛЬЮ «ЗА МУЖЕСТВО И ЖЕНСТВЕННОСТЬ» ЧЕЛОВЕК НИКОРО ЗОЯ СОФРОНИЕВНА. Комиссия по награждениям. 9 февраля 1979 г. Новосибирск. ■

Памяти Бориса Исааковича Силкина

23 ноября 2004 г. ушел из жизни Борис Исаакович Силкин — многолетний и постоянный автор «Природы», немало способствовавший оперативному отражению в нашем журнале современных достижений в самых разных областях мировой науки.

Круг его интересов был необычайно широк, охватывая геофизику и астрофизику, антропологию и палеонтологию, археологию и космологию, проблемы экологии и биоразнообразия... Из номера в номер журнал публиковал его рефераты и сообщения, которые знакомили читателя с наиболее важными новостями и открытиями.

Интересна биография Бориса Исааковича, в которой весьма полно отразилась как сама эпоха, так и судьбы его поколения — участников и победителей в Великой Отечественной войне.

Борис Исаакович родился 6 ноября 1926 г. в Москве в семье служащих. Еще будучи 16-летним подростком, Борис в 1942—1943 гг. одновременно учился и работал токарем на минометном заводе в Челябинске. После 9-го класса он добровольно ушел на войну рядовым матросом Балтийского флота. В июле 1944 г. Борис Исаакович был направлен в Военно-морское авиационное училище им.С.А.Леваневского, а в начале 1945-го переведен на курсы Военного института иностранных языков. 24 июня 1945 г. он участвовал в Параде Победы.

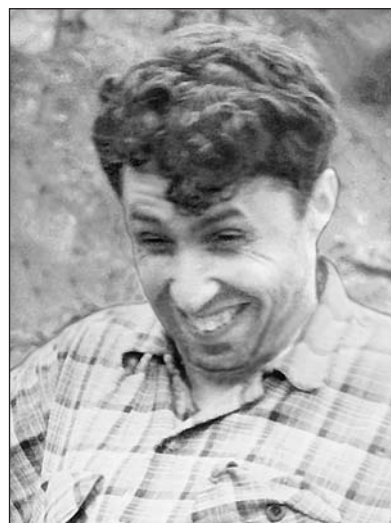
По окончании курсов Б.И. получил квалификацию военного переводчика с английского языка и звание «младший лейтенант». До демобилизации в январе 50-го Б.И. нес военную службу в специальном подразделении радиоразведки, дислоцированном под г.Дрезден. Уже в этот период Б.И. стал печататься, начав со статей о международном положении в газете «Советская армия». Вернувшись в Москву, Б.И. сдал экстерном экзамены на аттестат зрелости и поступил на редакционно-издательский

факультет Московского полиграфического института, откуда в 1952 г. перевелся на факультет журналистики МГУ им.М.В.Ломоносова. Уже в 1954—1955 гг. Госполитиздат выпустил две брошюры под его редакцией, а с сентября 55-го по сентябрь 56-го Б.И. работал ответственным редактором отдела информации областного радиокomiteта Балашовской области.

Новая полоса в жизни Бориса Исааковича началась с декабря 1956 г.: тогда он на всю дальнейшую жизнь связал свою судьбу со вновь созданным Межведомственным комитетом по проведению Международного геофизического года (МГГ) при Президиуме АН СССР (ныне — Геофизический центр РАН). Именно на плечи Б.И. легла трудная и почетная обязанность возглавить всю редакционно-издательскую деятельность этого крупного научного учреждения. Огромная эрудиция, широкие знания, свободное владение английским языком, колоссальная работоспособность и добросовестность позволили ему блестяще справиться с этой задачей. Его высоко ценили работавшие с ним крупнейшие специалисты отечественной геофизики. Свидетельством международного признания заслуг Б.И. стало принятие его в члены Национального географического общества США.

Помимо успешного обеспечения широких международных связей по линии МГГ и личного участия в ряде международных симпозиумов, Б.И. как член Редакционно-издательского совета АН СССР активно способствовал публикации монографий многих — в то время молодых, а позднее всемирно известных — российских геофизиков. В 1959 г. в издательстве АН СССР вышла итоговая научно-популярная книга об МГГ, написанная Б.И.Силкиным в соавторстве с В.А.Троицкой и Н.В.Шебалиным.

Замечательно, что, не имея специального естественнонаучного



6 ноября 1926 — 23 ноября 2004

образования, Б.И. благодаря незаурядным способностям, широкому общему кругозору стал квалифицированным и весьма разносторонним знатоком наук о Земле и других планетах. Кроме того, у Б.И. проявился интерес к популяризации науки и безусловный талант в этой области. Недаром его книга «В мире тысячи лун» (М.: «Наука», 1982) была удостоена первой премии на Всесоюзном конкурсе научно-популярной литературы. Об этом его таланте свидетельствуют также десятки его публикаций в различных изданиях и журналах. Из огромного потока новостей Б.И. умел находить самое важное и актуальное.

Борис Исаакович был бескорыстным и преданным рыцарем науки, просветителем по призванию, настоящим гражданином и патриотом своей страны. Всегда живой в общении, неизменно доброжелательный, неутомимый альпинист и путешественник, надежный и душевно щедрый друг, Борис Исаакович snискал добрую память у всех, с кем свела его судьба на жизненном пути.

Редакция журнала «Природа», коллеги, друзья.

Новости науки

Космические исследования. Социология

Нужен ли человек в космосе?

Даже по прошествии немало времени после трагической гибели семерых членов экипажа шаттла «Columbia» в США продолжается дискуссия, следует ли продолжать космические исследования с непосредственным участием людей. Свою точку зрения в этом споре высказал Дж.А.Ван Аллен (J.A.Van Allen; Университет штата Айова в Айова-Сити). Известный геомагнитолог, первооткрыватель радиационных поясов Земли, он задает вопрос: продолжают ли сегодня пилотируемые полеты убедительно служить научным и культурным целям или национальным интересам Америки, или же они являются самоцелью, не решая никакой реальной и предметной задачи, соответствующей их стоимости? Никто не станет отрицать, считает ученый, что лунная программа «Apollo», как и предшествовавшие ей программы «Mercury» и «Gemini», не только сыграли для США значительную роль в «холодной войне», но и принесли с поверхности Луны вещество, позволившее сделать ряд важных научных открытий. Развернутая же затем программа работ с шаттлами не идет ни в какое сравнение с общечеловеческими устремлениями и надеждами на миссии «Apollo». Самым крупным достижением шаттлов был запуск и последующий ремонт с обслуживанием космического телескопа «Хаббл». Это невозможно отрицать, но в остальном вклад пилотируемых кораблей в науку, а также в технику и другие прикладные задачи оказывается весьма скромным.

Почти все важные шаги в познании природы, в решении гражданских и военных задач сделаны автоматически действующими механизмами. Именно роботы исследуют далекие планеты и астероиды, революционизируя технику и наш подход к изучению Вселенной. Именно автоматические телескопы принесли новые факты о строении Солнечной системы и далеких галактик. При бесстрастном сравнении пилотируемых и автоматических полетов единственной мотивацией для продолжения первых служит, как полагает Ван Аллен, удовлетворение приключенческих инстинктов. Но ведь непосредственными участниками подобных мероприятий могут быть лишь единицы из шестимиллиардного населения Земли, для всех же остальных такие приключения — это чужая судьба, между тем чувство собственного соучастия можно удовлетворить просмотром фантастического фильма.

Еще в 1930-х годах, напоминает Ван Аллен, яркие ожидания были связаны со стратосферными полетами человека на воздушных шарах. Но вскоре выяснилось, что их познавательная ценность совсем невелика. Сегодня же непилотируемые шары-зонды отлично служат научным целям, а авионика стала приключенческим видом спорта. Разве не достигли мы того времени, когда пребывание человека в космосе тоже устарело, призывает задуматься автор. И пусть нас не обманывают ложные аналогии с путешествиями Колумба, Магеллана и др. или даже перспективы устройства уютного курорта на Марсе...

Ван Аллену возражает астронавт, участник 17-й лунной экспедиции по программе «Apollo»,

Х.Х.Шмитт (H.H.Schmitt) — ныне сенатор США и консультант аэрокосмической компании «Interlune—Intermars Initiative». Устранение человека из космических исследований, считает Шмитт, означало бы отказ от более чем 150 тыс. лет изучения людьми их собственной планеты. Человеческий глаз обладает высокой разрешающей способностью и является стереооптической системой огромного динамического диапазона. В сочетании с развитым мозгом это дает уникальные возможности для научных исследований. И, что еще важнее, человек умеет быстро реагировать на факторы окружающей его среды, проявляя созидательные способности в новом для него мире, используя разнообразные возможности и решая неожиданно возникающие проблемы. Рост расходов на космические исследования связан с тем, утверждает заслуженный астронавт, что они монополизированы государством. Если допустить к их финансированию частных инвесторов, дело перестанет нести политическую окраску, что неизбежно привело бы к его удешевлению.

Дискуссия о том, насколько необходимо непосредственно использовать человека в дальнейшем изучении и освоении космического пространства, не ослабевает.

Science. 2004. V.304. №5672. P.822 (США).

Астрофизика

Проблема темной материи не стала ясней

Практически все астрофизики сходятся во мнении, что в природе существует некая темная материя, пока еще недоступная нашему наблюдению, хотя из нее состоит примерно 85% вещества

Вселенной. Это подтверждается лишь косвенно и теоретически. Такая материя представляет собой нечто иное, чем то вещество, из которого состоят звезды, планеты и мы сами, — там «задействованы» совсем иные частицы. Наиболее вероятные кандидаты — слабо взаимодействующие частицы. Попытки обнаружить их делаются уже давно. С 1998 г. итальянские ученые проводят эксперимент под названием DAMA (Dark Matter) и даже утверждают, что добились успеха. Но повторить его и подтвердить открытие до сих пор не удавалось никому.

В том же году аналогичные опыты начали осуществлять астрофизики Станфордского университета (штат Калифорния, США). Их прибор основан на использовании кремний-германиевых детекторов, которые должны регистрировать факт прохождения частиц темной материи. Этот эксперимент именуется CDMS (Cryogenic Dark Matter Search — Криогенный поиск темной материи). Если неизвестная науке частица придет в столкновение с атомом детектора, должна выделяться определенная энергия, доступная регистрации приборами.

Однако трудность состоит в том, что может поступить фальшивый сигнал от космических лучей или от случайной «заблудившейся» ядерной частицы, что приводит к ограничению чувствительности прибора. Поэтому американские физики перешли ко второй фазе экспериментов (CDMS-II), перенеся усовершенствованное оборудование в глубокую шахту около городка Судан в штате Миннесота, где раньше добывали железную руду. Здесь мощный слой вышележащих пород экранирует установку от почти всякого проникновения «шумов». Несмотря на то, что новая установка по чувствительности превосходит любую старую не менее чем в четыре раза, за первые 53 сут наблюдений ни одного случая появления слабо взаимодействующих частиц не зарегистрировано.

Но даже такой отрицательный результат принес пользу: он окон-

чательно опроверг выводы итальянских специалистов, проводивших эксперимент DAMA. Если бы их утверждение было верным, то установка в штате Миннесота должна была бы за данный срок зафиксировать не менее 150 случаев появления частиц темной материи.

Большинство участников конференции Американского физического общества (Денвер, май 2004 г.), заслушав обе стороны, пришли к выводу о несостоятельности эксперимента DAMA. Однако работу, как ту, так и другую, решено продолжить, причем чувствительность приборов по программе CDMS-II будет увеличена, а время наблюдений доведено до трех лет.

Science. 2004. V.304. №5673. P.950 (США).

Астрономия. Техника

В поисках далекой жизни

Попытки обнаружить жизнь в любой ее форме теперь не ограничиваются лишь нашей Солнечной системой, а распространяются на планеты иных систем, причем за последнее десятилетие таких планет открыто уже более 130.

Американский проект TPF (Terrestrial Planet Finder — Обнаружитель планет земного типа) предусматривает несколько последовательных этапов. На первом из них к 2014 г. в околоземное пространство выйдет сравнительно небольшой аппарат, несущий коронограф, несколькими годами позже за ним последует свободно летящий интерферометр. При подобной комбинации можно будет вести наблюдения как в видимой, так и в инфракрасной частях спектра. Руководитель проекта Ч.Бейхман (Ch.Beichman; Лаборатория реактивного движения в Пасадене) отмечает, что это позволит получить сведения о возможности жизни на далеких небесных телах. Его коллега З.Цветанов (Z.Tsvetanov; НАСА) считает, что в ходе подготовки эксперимента удастся создать приборы для последующих запусков космических аппаратов, нацеленных на измерение в атмосферах планет (если

она там есть) спектральных линий кислорода, метана и других газов, свидетельствующих о существовании жизни.

Согласно другому американскому проекту предполагается запустить в космос целую флотилию орбитальных телескопов, вместе образующих интерферометр со сверхдлинной базой, обладающий высочайшей четкостью изображения. Альтернативная задача — запуск оптического коронографа с зеркалами, подвергнутыми высочайшей полировке, что позволит примерно в 10 млрд раз снизить затрудняющее исследование световое излучение звезды, около которой обращается планета. Благодаря этому астрономы сумеют обнаружить излучение, исходящее только из той зоны, где могут существовать планеты земного типа.

В Лаборатории реактивного движения проектируется эллиптическое зеркало размером 4×6 м, которое могло бы уместиться в грузовом отсеке ракеты-носителя. Другая группа американских конструкторов и инженеров параллельно создает проект более крупного (10×12 м) зеркала, которое состоит из отдельных сегментов, собираемых в одно целое на орбите.

Одновременно аналогичные разработки ведутся в штабе Европейского космического агентства, находящемся в Нордвейке (Нидерланды) и в различных его институтах, принадлежащих западноевропейским государствам. Будущий европейский проект «Darwin» предусматривает запуск серии свободно летящих интерферометров, причем излучение астрономических объектов должно собираться зеркалами нескольких телескопов, образующих в космосе общий строй. В результате создается единое изображение в инфракрасных лучах. Расстояние между зеркалами даст возможность «погасить» свечение центральной звезды и уловить свет, идущий из ее окрестностей. Это позволит обнаружить небольшие перспективные для жизни планеты.

НАСА и Европейское космическое агентство взаимно заинтере-

сованы в своей деятельности: американские специалисты хотели бы, чтобы европейская миссия 2010—2011 гг. позволила им воспользоваться опытом европейцев при опробовании конструкции свободно летающих интерферометров; ведутся переговоры о совместной разработке космического коронографа.

Science. 2004. V.304. №5670. P.497 (США).

Физика

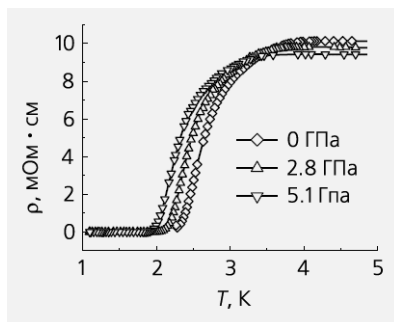
Сверхпроводящий алмаз

Сверхпроводимость легированных полупроводников давно привлекает внимание теоретиков. Однако экспериментально таких соединений обнаружено очень мало, к тому же критические температуры их очень низки: у SrTiO_3 $T_c = (0.05 \div 0.25)$ К, у GeTe и SnTe — $(0.1 \div 0.5)$ К.

Недавно сотрудники Института физики высоких давлений РАН при поддержке своих коллег из Физического института РАН и Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) изготовили сверхпроводник из алмаза, легированного бором¹. Валентность бора на единицу меньше, чем углерода, поэтому частичное замещение углерода бором приводит к появлению в образце дырочных носителей (в эксперименте их концентрация составила порядка 10^{21}см^{-3}). С другой стороны, атомы углерода сравнительно легко замещаются в кристаллической решетке атомами бора, поскольку диаметр последних меньше (тем не менее для синтеза потребовались давление около 100 тыс. атм и температура ~2800 К). При увеличении давления критическая температура образца уменьшалась, тогда как у чистого бора эта величина в данном случае возрастает. Значит, наблюдавшийся сверхпроводящий переход не был паразитным эффектом, связанным с перколяционной сверхпроводимостью по включениям бора.

Электрическое сопротивление обращалось в нуль при $T_c = 2.3$ К (тогда

¹ Ekimov EA, Sidorov VA, Bauer E.D. et al. // Nature. 2004. V.428. P.542.



Резистивные переходы легированного алмаза при разных давлениях.

же возникал диамагнитный переход), однако начинался резистивный переход при ≈ 4 К. По-видимому, это связано с неоднородным распределением бора в образце — в таком случае за счет оптимизации концентрации этого элемента (а следовательно, и дырок) критическую температуру можно повысить.

Как известно, германий, кремний и их сплавы тоже кристаллизуются в структуру алмаза. Не исключено, что при умелом легировании таких материалов будут получены новые сверхпроводники.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/4_08/index.htm

Физика

Нижний Новгород на пороге терагерцового лазера

Идея использовать переходы между уровнями мелких примесных центров в полупроводниках для генерации терагерцового лазерного излучения принадлежит специалистам Института физики микроструктур РАН (Нижний Новгород). Недавно у них появилась надежда, что долгий, кропотливый труд по созданию необходимых для этого условий вскоре может увенчаться успехом.

Исследователи изучали люминесценцию селективно легированных гетероструктур $\text{GaAs}/\text{InGaAs:Si}$ и $\text{GaAs}/\text{InGaAsP:Si}$ в терагерцовом диапазоне частот (3—3.5 ТГц) на переходах между

состояниями двумерной подзоны и донорного центра (Si) при возбуждении излучением CO_2 -лазера. Эксперименты (они велись при температуре жидкого гелия) показали возможность создания инверсной заселенности и усиления терагерцового излучения в активном слое многослойных структур с квантовыми ямами (50 периодов) при мощности накачки $1 \text{ кВт}/\text{см}^2$. Оптимизм исследователей вызван тем, что зависимость интенсивности излучения от интенсивности накачки оказалась сублинейной: это свидетельствует о стимуляции излучения. Более того, коэффициент усиления был даже выше, чем у каскадных терагерцовых лазеров.

Для создания лазерного режима необходим резонатор, который можно сформировать введением сильнолегированного слоя GaAs . Экспериментаторы считают, что в будущем оптическую накачку можно будет заменить накачкой электрическим током в условиях резонансного туннелирования.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/4_20/index.htm

Микроэлектроника

Транзистор-невидимка

В последние годы появилась потребность в прозрачных микросхемах (они нужны в качестве управляющих для дисплеев). Оказывается, наиболее перспективный материал для каналов полевых транзисторов в таких микросхемах — оксид цинка.

Как известно, быстродействие микронных и субмикронных полевых транзисторов определяется длиной канала и подвижностью носителей. Специалистам компании «Hewlett-Packard» (США) удалось сформировать тонкопленочный канал из ZnO , в котором подвижность носителей при комнатной температуре рекордно высока — $25 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ (это лишь в четыре раза ниже, чем в объемном умеренно легированном кремнии).

А вот идея сотрудников Университета Флориды сформировать канал транзистора уложен-

ными в одном направлении нанотрубки из ZnO оказалась не столь плодотворной — подвижность носителей в таком канале составила лишь 3 см²/В·с.

http://perst.isssp.kiae.ru/inform/perst/4_20/index.htm

Биология развития

Чтения памяти Б.Л.Астаурова

100-летию со дня рождения Бориса Львовича Астаурова¹ была посвящена конференция «Наследственность и развитие», которая 2—3 ноября 2004 г. проходила в Институте биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН. Большой интерес к этому событию был вызван не только его научной программой, но, в не меньшей степени, личностью Бориса Львовича, занимающего особое место в истории нашей науки его рыцарским отношением к ней, его безупречной нравственной позицией.

В конференции участвовали многие известные генетики и специалисты в области биологии развития: С.Г.Инге-Вечтомов, Л.И.Корочкин, И.А.Захаров, В.А.Гвоздев, В.Г.Митрофанов, В.И.Миташов, Е.С.Платонов, М.Б.Евгеньев и др. На заседаниях обсуждались самые актуальные проблемы современной науки об индивидуальном развитии. Это касается и дальнейшего развития исследований, проводимых в свое время Астауровым (доклад А.С.Груниной об индуцированном андрогенезе у рыб), и новых тенденций в изучении молекулярных и молекулярно-генетических механизмов онтогенеза (сообщения Л.И.Корочкина, В.И.Миташова, И.А.Захарова, Б.А.Кузина, В.А.Гвоздева), которым Борис Львович уделял особое внимание (успехи в этой области радикально преобразили наши представления о регуляции процессов развития); наконец, следует отметить нашедшие развитие в науке наших дней предсказания Астаурова (выступления С.Г.Инге-

¹ Подробнее см. подборку материалов: Символ возрождения поруганной генетики // Природа. 2004. №10. С.65—79.

Вечтомова, Е.С.Платонова). В частности, Инге-Вечтомов в своем докладе «Генетические процессы и модификационная изменчивость. Пророчество Б.Л.Астаурова» говорил о том, что предсказания Бориса Львовича о значении фенотипического проявления генотипа в регуляции процессов онтогенеза² в последнее время находят все больше подтверждений; по общему признанию, современные исследования в данном направлении рассматриваются как одно из самых серьезных достижений генетики наших дней.

Таким образом, и блестящие экспериментальные работы Астаурова по регуляции пола у животных, и его постоянный интерес к генетическим механизмам, контролирующим процессы онтогенеза, и, наконец, его пророчество относительно роли фенотипической изменчивости составляют необычайно широкий спектр интересов, идей и предсказаний этого выдающегося ученого.

© Озернюк Н.Д.,
доктор биологических наук
Москва

Микробиология

Состав пигментов цианобактерий и планктонный парадокс

Уже более 40 лет назад Э.Хатчинсон обратил внимание на то, что в верхних перемешиваемых слоях водной толщи нередко совместно обитает множество видов планктонных водорослей и цианобактерий, хотя, согласно принципу Вольтерры—Гаузе, «число устойчиво сосуществующих видов не должно превышать числа лимитирующих их факторов». Положение усложняется еще и тем, что факторы эти «зависимы от плотности популяции», т.е. реально к ним можно отнести только нехватку какого-либо ресурса или пресс со стороны специализированных

² Об этом см.: Астауров Б.Л. Исследования наследственного изменения галтеров у *Drosophila melanogaster* // Журн. экспериментальной биологии. 1927. Сер.А. Т.3. Вып.1—2.

хищников. Поскольку число совместно встречающихся видов фитопланктона нередко измеряется десятками, а число возможных лимитирующих факторов очень невелико (свет и несколько биогенных элементов минерального питания), Хатчинсон назвал такое сосуществование множества водорослей «планктонным парадоксом»³. С тех пор как «парадокс» был сформулирован, не прекращаются попытки найти ему объяснение и таким образом примирить наблюдаемую реальность с теорией.

Недавно свою лепту в это дело внес М.Стомп из отдела водной микробиологии Амстердамского университета и его коллеги из других научных учреждений Нидерландов⁴. Исследователи выделили из фитопланктона Балтийского моря два штамма мелких (не превышающих в диаметре нескольких микронов) цианобактерий из группы *Synechococcus*. Один из них (BS4) — сине-зеленого цвета и содержал пигмент фикоцианин, а другой (BS5) был красного цвета, поскольку в него входил пигмент фикоэритрин. У первого штамма максимум поглощения света отмечен в красно-оранжевой области (620—630 нм), а у второго — в зелено-желтой (560—570 нм). Кроме того, у обоих штаммов максимумы поглощения наблюдались также в голубой и красной частях спектра, поскольку в составе каждого имелся обычный пигмент хлорофилл «а». В опытах, проведенных в хемостате со смесью двух культивируемых штаммов, было показано, что исход конкуренции определяется спектральным составом используемого света: при освещении красным победу одерживал штамм BS4, а при освещении зеленым — штамм BS5. Если же использовался белый свет, оба вида сосуществовали и достигали примерно одинаковых плотностей.

Авторы, кроме того, провели опыты с нитчатой цианобактерией *Tolypothrix tenuis*, которая изве-

³ Гилларов А.М. Виды сосуществуют в одной экологической нише // Природа. 2002. №11. С.71—74.

⁴ Stomp M., Huisman J., Jong F.de et al. // Nature. 2004. V.432. P.104—107.

стна тем, что может адаптироваться к разному составу света, меняя соотношение фикоцианина и фикоэритрина. При совместном ее культивировании в условиях белого света со штаммом BS4 (для которого, напомним, характерен фикоцианин) *Tolypothrix* образовывал преимущественно фикоэритрин и благополучно сосуществовал с конкурентом, занимая другую нишу светового спектра. При культивировании вместе с BS5 (для которого характерен фикоцианин) *Tolypothrix* образовывал больше фикоцианина и также сосуществовал с конкурентом, хотя в данном случае численность этих цианобактерий держалась на очень низком уровне. Таким образом, дивергенция по фитопигментам, позволяющая конкурентам использовать разные участки светового спектра, безусловно может рассматриваться как один из способов разрешения планктонного парадокса.

© **Гиляров А.М.**,
доктор биологических наук
Москва

Биохимия. Экология

Океанические водоросли жаждут железа

Примерно треть акваторий Мирового океана, несмотря на изобилие питательных веществ, очень бедна фитопланктоном. По мнению специалистов, причина тому — недостаток содержащегося в этих водах железа. В таком случае, если его добавить в океан искусственно, то за счет цветения водорослей можно уменьшить концентрацию углекислого газа в атмосфере.

Первый эксперимент по внесению железа в несколько почти безжизненных акваторий Мирового океана (площадь каждой из них составляла более 100 км²) провели в конце прошлого века. И действительно, фитопланктон, активно поглощая питательные вещества, зацвел, а содержание в атмосфере CO₂ резко снизилось. Однако цветение наблюдалось лишь у диатомовых водорослей с прозрачными

стенками клеток, требующими для своей биоминерализации кремния, и тогда исследователи предположили, что в водах с низким содержанием кремниевой кислоты добавление железа не дало бы эффекта. Чтобы убедиться в этом, а также выяснить, приводит ли цветение планктона к снижению количества углерода в глубинах моря, летом Южного полушария 2002 г. в субантарктических и полярных акваториях провели исследование по программе SOFeX (Southern Ocean Iron Experiment — Эксперимент с железом в Южном океане). Анализ его результатов завершился лишь недавно.

Северные воды Южного океана отличаются низким содержанием кремниевой кислоты, а южные — высоким. Оказалось, что при внесении железа фитопланктон цвел и в тех, и в других акваториях, но на юге доминировали диатомовые водоросли, а на севере они разделили пальму первенства со жгутиковыми водорослями, жизнедеятельность которых не столь сильно зависит от содержания кремния. В полярных акваториях искусственно стимулированное железом цветение планктона продолжалось 20—50 сут (в естественных условиях — менее 25 сут). Выяснилось также, что перенос в глубину частиц органического углерода при обогащении вод железом идет в несколько раз активнее.

Все эти данные помогут принять решение о целесообразности подобного воздействия на океан уже не в экспериментальных, а промышленных масштабах.

Science. 2004. V.304. №5669. P.396, 408 (США).

Экология

Величайшее гидростроительство требует величайшей осторожности

Строящаяся в среднем течении р.Янцзы, в районе Три Ущелья (Санься), плотина Саньмынься — крупнейшее в мире гидротехническое сооружение¹. Полная мощность ГЭС составит 1 ГВт. Однако,

как считают многие ученые, в том числе китайские, последствия ее эксплуатации изучены недостаточно. Ведущие сотрудники Лаборатории количественной экологии растительности Ботанического института АН КНР в Пекине Гочжень Шэнь и Цзунцзянь Се указывают на то, что окончательное заполнение водохранилища, образуемого подпруженной рекой, приведет к возникновению целого ряда островов различной высоты и площади, что не может не отразиться на экологической обстановке. Более того, выполнение проекта скажется на природных и социальных условиях всего региона, затронув жизнь в меньшей мере 20 млн человек.

Не только затопление, но и связанное с этим освоение новых земель, создание множества новых поселков и нескольких городов для переселенцев, строительство дорог, соединяющих их друг с другом, неизбежно приведет к разрозненности ныне еще крупных биотопов животного и растительного мира. Для разнообразия видов и их состава это окажется тяжелым ударом, изменяющим сложившуюся тысячелетиями систему оборота биогенных элементов и влаги по всему среднему и нижнему течению Янцзы.

Ученые считают недопустимым, что информация об ожидаемых последствиях фрагментации экологических систем столь крупного региона практически отсутствует, и предлагают меры, которые необходимо принять, пока не поздно: создать сеть мониторинговых станций для наблюдения за процессами, сопровождающими экологическую фрагментацию территорий; осуществлять целноландшафтный подход к планируемому и уже выполняемому аспектам строительства и дальнейшей эксплуатации гигантской ГЭС; организовать намного больше, чем предполагается, охраняемых территорий, чтобы они могли служить естественным резервуаром для

¹ Подробнее см.: *Митина Н.Н.* «Три ущелья» — крупнейший гидротехнический проект мира // *Природа*. 1999. №11. С.51—62.

восстановления нарушенных и деградировавших экосистем; изолируемые территории земли следует соединять охраняемыми коридорами, чтобы обеспечить генетический обмен и сократить резкие колебания численности популяций.

Экологическая система региона Три Ущелья сегодня еще настолько разнообразна, что составляет одну из трех самых богатых флорой территорий Китая. Только междисциплинарные исследования помогут спасти положение.

Science. 2004. V.304. №5671. P.681 (США).

Океанология

Климат Европы и субполярный гир

В последнее десятилетие неоднократно наблюдались повторяющиеся «сбои» в, казалось бы, устойчивой системе течений Мирового океана, особенно в Атлантическом бассейне. Гигантская воронка, иначе именуемая гиром, захватывающая воды северо-западной части Атлантического океана, явно замедляет свое вращение. Начавшееся в 1990-х годах ослабление этого субполярного гира, с одной стороны, может оказаться случайным колебанием лишь той части океанических вод, которая перемещается в высокие широты Атлантики. В таком случае этот единственный «сбой» в работе «конвейерной ленты», связывающей север и юг Мирового океана, должен вскоре прекратиться, и все вернется к норме. Не исключено, однако, что субполярный гир продолжит замедление, подчиняясь мощному воздействию глобального потепления. Правда, и в этом случае климатическая катастрофа, о которой пишут многие популярные издания и даже снят фантастический фильм «Послезавтра», нам, по мнению большинства серьезных ученых, не грозит. Между тем значительных последствий все же не избежать. Так, в Северной Европе может наступить заметное похолодание, в Атлантике ураганы станут более редкими, а засуха в Сахеле (полупустынной полосе к югу от Сахары), наоборот, участится.

Период наблюдения за поведением субполярного гира еще недостаточен для надежных прогнозов. Но первые шаги уже сделаны благодаря данным американо-французского метеоспутника «ТОРЕХ-Poseidon». Его приборы, фиксирующие изменения в атмосфере над Атлантикой, позволяют установить, где располагаются центры высокого и низкого давления — а именно вокруг таких центров и под ними возникают гиры. Эту спутниковую информацию проанализировали океанологи С.Хяккинен (S.Hakkinen; Центр космических полетов им.Годдарда НАСА США) и П.Райнс (P.Rhines; Университет штата Вашингтон в Сиэтле). Данные радиолокационного альтиметра показывают, что за десятилетие, завершившееся в 2002 г., на крайнем севере Атлантики высота моря во внутренней части гира заметно выросла, наиболее значительно — между Лабрадором и Исландией, непосредственно к югу от Гренландии, где повышение уровня моря достигало (в зависимости от конкретного места) от 4 до 9 см. Там, где уровень был ниже, скорость движения воды в воронке замедлилась за десятилетие более чем на 1 см/с (а это составляет около одной пятой обычной величины). Если тенденция сохранится, меридиональная термохалинная циркуляция нарушится.

Гир на северо-западе Атлантики — один из главных центров глобальной циркуляции Мирового океана, где, в самом широком смысле, диктуются условия для переноса теплых поверхностных вод из Южной Атлантики на крайний ее север. Гольфстрим, северное ответвление которого граничит с южным краем субполярного гира, — лишь самая очевидная ветвь этой грандиозной системы. Силы, порождающие субполярный гир, разнообразны. Ветры, обладающие как немедленным, так и отсроченным эффектом; потепление или похолодание поверхностных слоев моря, испарение или вторжение пресной воды — все это воздействует на погружаемость водных масс. Приложение

подобных сил в любой атлантической акватории способно вызывать изменения в характере гира.

Исследователи пока не могут сказать, продлится ли замедление субполярного гира из-за повышения температуры и необратимо ли влияние глобального потепления на сам гир. Даже если он будет «притормаживаться» и далее, невозможно пока утверждать, как это повлияет на термохалинную циркуляцию и климатические условия вокруг Атлантического океана. В частности, канадские океанологи — специалисты по математическому моделированию, — проанализировав данные о палеоклиматических процессах, считают: глобальное потепление может прервать погружение поверхностных вод этого гира, что уже наблюдалось в 1995 г. Но это не обязательно замедлит термохалинную циркуляцию в целом.

Science. 2004. V.304. №5669. P.371, 388, 400 (США); www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/1094917

Гляциология

Арктические льды распадаются

В последние годы на полярном побережье Северной Америки активно отступают ледники. Особенно заметно это на о.Уорд-Хант (Канадский Арктический архипелаг), где работает американо-канадская группа климатологов, гляциологов и метеорологов во главе с М.Джеффрисом (M.Jeffries; Геофизический институт при Университете штата Аляска) и Д.Мюллером (D.Mueller; Центр полярных исследований при Лавальском университете, провинция Квебек, Канада).

Установлено, что большая часть ледникового шельфа Уорд-Хант (его площадь 443 км²) откололась от берега и разбилась на два плоских айсберга, которые ушли в свободный дрейф. Оставшаяся часть ледника Уорд-Хант покрывалась значительными, идущими с юга на север трещинами. Полярники-океанологи полагают, что текущие события, с учетом гигантских размеров плавучих ледяных

островов, могут представлять серьезную угрозу для расположенных на западе моря Бофорта морских нефтедобывающих платформ и привести к разливу нефти. Первые такие указания были получены еще в начале 2000 г. при анализе космических снимков с борта британско-канадского искусственного спутника Земли «RADARSAT-1». Затем проводились облеты ледниковой области на канадских самолетах и, наконец, наземные наблюдения 2003 и 2004 гг. непосредственно на месте событий.

Вплоть до последнего откола айсбергов ледниковый шельф служил запрудой для пресноводного бассейна длиной около 30 км, давно образовавшегося из талых вод в фиорде Дизраэли. Экспедиция канадского полярника У.Винсента (W.Vincent) установила в июне 1999 г., что тогда глубина озера достигала 27 м, но к июлю 2002 г. она уменьшилась до 3 м. Биологическим лимнологам выяснили, что повышение солености воды привело к исчезновению многих уникальных организмов, которые прежде изучались как возможные аналоги жизни на иных планетах.

Теперь фиорд Дизраэли впервые за многие тысячелетия имеет прямой выход в Ледовитый океан. Ранее ученые обнаруживали там плавник: вероятно, обломки древних деревьев были снесены туда р.Маккензи (бассейн полярного моря Бофорта) или же попали с евразийских побережий Ледовитого океана. Анализ древесины показал, что возраст ни одного из образцов плавника не меньше 3 тыс. лет и, следовательно, шельфовый ледник Уорд-Хант «запер» фиорд Дизраэли, по крайней мере, в это время.

Когда известный полярный исследователь Р.Пири посетил в 1909 г. эти места, шельф Уорд-Хант представлял собой лишь малую часть окраины гигантского ледника о.Элсмир (Канадский Арктический архипелаг), но к 1982 г. сохранилось не более 10% шельфового ледника Элсмир; шельф же Уорд-Хант оставался относительно стабильным последние 20 лет, вплоть до 2000 г. Метеорологи констатируют, что начиная с 1967 г. на по-

лярной станции Алерт, расположенной на о.Элсмир, сравнительно близко к шельфовому леднику, температура повышается каждое десятилетие примерно на 0,5°C.

Изменения на ледниках Уорд-Хант и во всей области шельфового ледника о.Элсмир — самые значительные за последние 40 лет, причем по времени совпадают с аналогичными процессами, охватывающими криосферу почти всей Арктики.

Geophysical Institute Quarterly. 2004. V.18. №4. P.2 (США).

Археология. Зоология

Вид ящериц, съеденных на островах Тонга

Археологические исследования мест поселения первых людей на островках Королевства Тонга показали, что существенную роль в рационе древних островитян играли крупные игуановые ящерицы. В наши дни эти рептилии там уже не встречаются.

По костным остаткам в 2003 г. была описана одна из игуан, получившая название *Lapidiguana impensa*. Длина ее туловища (без хвоста) достигала 50 см. В ископаемых отбросах туземцев находили также кости, принадлежавшие явно другому виду, однако поначалу их не хватало для таксономического описания, когда же число собранных костных фрагментов перевалило за 1300, герпетологи из университетов Сан-Диего и Флориды¹ смогли достоверно представить ранее не известную науке ящерицу, которую назвали *Brachylophus gibbonsi*. Вновь описанная игуана имела более скромную длину — около 35 см (без хвоста). Но в сравнении с современными ящерицами и это считается весьма солидным размером.

Радиоуглеродный метод определения возраста окаменелостей и сопоставление различных биогеографических данных позволили исследователям восстановить историю появления и вымирания гигантских игуан на о-вах Фиджи

¹ Pregill G., Steadman D. // Journal of Herpetology. 2004. V.38. №1. P.15—21.

и Тонга. Эти острова океанического происхождения заселялись видами растений и животных, которые смогли преодолеть океанские просторы. А как это удалось американским игуанам? Наиболее вероятным представляется путешествие по морю... яиц этих ящериц. У ближайших их родственников небольшие кладки состоят из трех-четырёх относительно крупных яиц, отличающихся очень длительным, до 8 мес, периодом инкубации. Если такие яйца были отложены в дупло ствола, попавшего в воду, они в принципе могли совершить столь длительное морское путешествие.

Как бы там ни было, достигшие островов игуаны, по всей видимости, успешно там прижились и неплохо существовали... до появления первых людей. Колонизация островов человеком началась около 2800 лет назад. Крупные наземные ящерицы оказались легкой добычей для поселенцев и, очевидно, пришлись им по вкусу. В историческом масштабе это гастрономическое пристрастие продлилось недолго: кости ящериц встречаются в раскопках лишь на протяжении первой сотни лет жизни людей на островах. Нет сомнений в том, что беззащитные рептилии были таким образом полностью уничтожены.

В наше время на о-вах Фиджи и Тонга встречаются две другие игуаны — близкие родственники ископаемых, но ведущие древесный образ жизни и гораздо более мелкие, а потому не представляющие особого кулинарного интереса. Впрочем, предполагается, что они-то были занесены сюда именно людьми. В связи с этим исследователи подчеркивают, что в истории крайне небогатой герпетофауны океанических островов человек вообще сыграл драматическую роль. Ведь помимо описанных перипетий с игуанами, он несет прямую ответственность за истребление черепах и крокодилов на о-вах Новая Каледония, Вануату и Фиджи.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Четыре жизни, прожитые одним человеком

А.В.Зеленин,

доктор биологических наук

Институт молекулярной биологии им.В.А.Энгельгардта РАН

Этот человек прочно вошел в художественную литературу как прообраз доктора Андрея Львова в «Открытой книге» Вениамина Каверина и «старшего брата» в его же «Эпизоде». Под собственным именем профессор Лев Зильбер (1894–1966) хорошо известен в медицинских и биологических кругах как создатель вирусогенетической теории происхождения рака и один из основателей фундаментальной медицины.

Друзья и знакомые знали Зильбера (увы, приходится использовать прошедшее время — ведь с момента его внезапной смерти минуло почти сорок лет) как бесстрашного и бескомпромиссного человека.

Этот перечень можно было бы продолжить, но уже сказанного достаточно, чтобы детально заинтересоваться жизнью Льва Александровича и начать изучать рецензируемую книгу. Я специально употребил слово «изучать»: просто сесть и прочесть этот 700-страничный том, содержащий огромный фактический материал, перемежающийся фотографиями, воспоминаниями и разнообразными рассуждениями, просто невозможно. Книгу надо даже не просто изучать, а подвергнуть анализу. Я надеюсь, что мне удастся

помочь читателю в этом процессе.

Начнем с заглавия рецензии. Почему четыре жизни? Все очень просто.

Его арестовывали и выпускали трижды. По средним советским нормам 30–40-х годов практически каждый арест по политической статье означал смерть, а освобождение из тюрьмы — новое рождение. Прибавим естественные рождение и смерть, вот и получится четыре жизни. Но это лишь одна сторона вопроса, если выражаться формально-бюрократическим языком.

Посмотрим на судьбу Льва Александровича под иным углом зрения.

Ученый — блестящий представитель фундаментальной науки, основоположник вирусогенетической теории происхождения злокачественных опухолей. Несомненен его пионерский вклад в генетику микроорганизмов, когда в опытах с протеем в 1920-е годы он, задолго до Гриффита, открывает явление серологической трансформации микроорганизмов, сыгравшее выдающуюся роль в истории естествознания XX в.

Ученый-иммунолог. Разработчик вакцин нового типа (АД-вакцины). На его книгах «Иммунитет», «Основы иммунитета» и «Основы иммунологии» вос-



Л.Л.Киселев, Е.С.Левина.
ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЗИЛЬБЕР.
ЖИЗНЬ В НАУКЕ.

М.: Наука, 2004. 700 с.

питаны три поколения ученых, и не только российских.

Врач-эпидемиолог — победитель таких страшных катастроф, как эпидемические вспышки чумы, оспы, клещевого энцефалита, брюшного тифа и холеры.

Теоретический и практический вирусолог. Основоположник медицинской вирусологии в СССР. Создатель технологии культивирования вирусов животных вне организма, на «чужих хозяевах». Открыватель вируса дальневосточного весенне-летнего энцефалита и его переносчика — клеща.

Четыре линии, каждой из которых хватило бы на целую успешную жизнь, и какую жизнь!

Вряд ли стоит подробно рассматривать сейчас эти стороны деятельности ученого. Читатель, заинтересованный в истории перечисленных выше разделов медицины и биологии, найдет для этого в рецензируемой книге богатейший материал.

Однако о вирусогенетической теории происхождения рака следует сказать особо. В качестве, казалось бы, серьезного возражения против основ этой теории ее оппонентами использовалось отсутствие прямых эпидемиологических сведений о заразности рака. В связи с этим Зильбер посвятил ряд своих работ разъяснению того, что его теория подразумевает обязательное участие вируса лишь на начальной стадии канцерогенеза, а для прохождения дальнейших этапов развития этого процесса присутствие онковируса необязательно. Точка зрения Льва Александровича долго ожидала признания, и лишь недавно стало ясным, что она, по существу, легла в основу современной теории многоступенчатого происхождения злокачественных опухолей.

Это отчасти успокоило оперирующих хирургов и обывателей, так как подчеркнуло безопасность контактов с раковыми больными. Однако необходимо сказать, что в последнее время

появились доказательства прямого участия инфекционных вирусов в возникновении ряда злокачественных опухолей. Читателю, как я полагаю, будет интересно узнать, что вопрос о ведущей роли инфекционных вирусов папилломы человека в развитии злокачественных опухолей шейки матки активно и успешно разрабатывается профессором Ф.Л.Киселевым (младшим сыном Льва Александровича) в Онкологическом научном центре им.Н.Н.Блохина в Москве.

Но хватит о науке. Пора перейти непосредственно к личности Зильбера. Наверное, самая главная его черта — постоянная, активная, целеустремленная, бескомпромиссная борьба за правду. На допросах он ничего не признал и не подписал, всюду боролся. И в состоянии физической несвободы, когда в камере избил пахана, или спасал жизнь лагерных заключенных, по мере возможности избавляя некоторых из них от непосильного каторжного труда и создавая доступные для лагерных условий средства борьбы с пеллагрой и цингой, или когда отказался от заманчивого предложения — стать руководителем бактериологической лаборатории в тюремной «шарашке».

Зильбер не менял линию своего поведения и вне тюремно-лагерных условий. Наиболее яркий пример — его публичная борьба с так называемыми открытиями некоего Бошьяна, объявившего о том, что он реформировал всю современную микробиологию и «открыл» превращение вирусов в бактерии и обратно. Шел 1951 год, и публичное выступление против того, что сейчас принято называть лженаукой, было смертельно опасным. Друзья умоляли его промолчать или, по крайней мере, умерить свой пыл. Он и сам прекрасно осознавал всю опасность своего поступка. Недаром еще в конце 30-х, выйдя на свободу после второй «отсидки», он

так посмотрел на радующегося брата, что тот понял: «Не суется, все еще может повториться». Видимо, чувство страха просто не было известно этому человеку.

Читатель найдет в книге многочисленные примеры принципиальности Льва Александровича в отношениях с властями, в частности с некоторыми директорами института, в котором он работал.

Кажущееся неочевидным утверждение Зильбера, что «в фундаментальной науке нужно быть или первым или никаким», блестяще отражает его неистовый максимализм.

В воспоминаниях друзей и современников раскрывается артистическая натура Льва Александровича — его любовь к живописи, поэзии и музыке, экспромту, импровизации, шутке, розыгрышу. В книге приведены свидетельства этой стороны личности ученого — его воспоминания. Они написаны рукой мастера, что было отмечено такими строгими беспристрастными критиками, как Ираклий Андроников и Борис Шкловский. Вениамин Каверин включил в свою последнюю книгу «Эпилог» обширный фрагмент из воспоминаний Зильбера. Позволю себе утверждать, что по образности языка, стилистическому мастерству и захватывающему сюжету практически невозможно различить тексты, написанные рукой биолога Зильбера и профессионального писателя Каверина.

Артистизм Зильбера в сочетании с принципиальностью и бесстрашием особенно ярко проявлялся в его знаменитых публичных дискуссиях о природе иммунитета и механизмах возникновения рака. Его оппоненты, профессор И.П.Давыдовский и Л.М.Шабад, тоже были великолепными полемистами, и только Зильбер оказался способен противостоять им в бескомпромиссных спорах, блестяще отстаивая научные истины, в которые он верил.

Позволю себе отступление личного характера. Мне выпало счастье неоднократно видеть и встречаться с Львом Александровичем, хотя, полагаю, он вряд ли вспомнил бы это: и на заседаниях Ученого совета Энгельгардтовского института (тогда Института радиационной и физико-химической биологии АН СССР), членом первого состава которого он до конца жизни был, и на его докладах и выступлениях. Один раз я даже решился возразить ему и выиграть в споре. Дело было в 1963 г. на банкете в связи с защитой кандидатской диссертации его старшим сыном Львом Киселевым. Это — по тому времени значительное событие в жизни молодого института — первая диссертация, целиком выполненная в его стенах. Лев Александрович был весел и явно радовался успеху своего любимца. Однако, несмотря на это, он произнес длинную и очень горячую речь против системы написания и защиты диссертаций, так как она отвлекает ученых от своего прямого дела — научной работы. Я позволил себе возразить, сказав, что без защиты диссертации не было бы этого веселого и вкусного банкета. Рассмеявшись, Зильбер не стал продолжать разговор.

Возвращаясь к серьезной теме, хочу привести слова известного вирусолога профессора А.А.Сморodinцева, хорошо знавшего Зильбера и часто выступавшего в качестве его научного оппонента: «Незаурядные способности в науке — явление не такое уж редкое, но чтобы раздвигать установленные пределы, надо быть незаурядной личностью. Зильбер выделялся даже на фоне незаурядных людей» (с.185).

К Зильберу явно не относятся известные строки Бориса Пастернака: «Быть знаменитым некрасиво/ Не это поднимает высь/ Не надо заводить архива/ Над рукописями трястись...». Поэт явно имел в виду людей, сознательно стремящихся к славе, чаще всего незаслужен-

ной. Однако вряд ли даже он стал бы отрицать, что можно красиво прожить свою жизнь и стать при этом знаменитым. Впрочем, как сказал тот же Пастернак, судить об этом могут только другие люди, прошедшие по его живому следу, как это сейчас делаем мы в отношении Льва Зильбера.

Рецензируемая книга охватывает почти 50-летний противоречивый период жизни страны и открывает поистине огромные возможности для анализа различных сторон трагической истории нашей родины. На некоторых аспектах этой истории мне хочется коротко остановиться.

Широко распространено мнение, что сопротивления «красному» террору, достигшему своего апогея во второй половине 1930-х годов и вновь активно начавшему набирать силу в конце 40-х — начале 50-х, не было или практически не было, в том числе среди ученых, если не прямо доносивших на своих коллег, то по крайней мере испуганно «сдававших» их псевдоправосудию тех лет. Тем более ценны свидетельства противного.

Хорошо известна история о том, как П.Л.Капица вызволял знаменитого физика Льва Ландау. В вышедшей из печати несколько лет назад книге воспоминаний об А.А.Баеве приведена переписка В.А.Энгельгардта со своим репрессированным учеником (1947), поразительная не только героическими усилиями, предпринятыми для возвращения в науку ссыльного Баева, но и тем, что она не была уничтожена благополучным Энгельгардтом в страшные месяцы конца 1952-го — начала 1953 г. [1].

Борьба за Зильбера, неоднократно предпринимавшаяся его друзьями-защитниками, широко известна из произведений Каверина. Документы об этом приведены в рецензируемой книге.

В первую очередь следует упомянуть Зинаиду Виссарио-

новну Ермольеву — выдающегося микробиолога и эпидемиолога, создателя отечественного пеницилина и героическую личность, не побоявшуюся ради спасения друга riskовать не только блестящей карьерой, но и своей жизнью. В 1944 г. ее муж, друг Зильбера, известный эпидемиолог профессор А.А.Захаров уже давно находился в заключении «без права переписки» (как стало известно позднее, еще в 1940 г. он был расстрелян). Впрочем, не меньшего восхищения и уважения заслуживает заступничество и таких широко известных представителей отечественной науки, как Н.Н.Бурденко (в то время Главный хирург Красной армии), вице-президент Академии наук СССР физиолог Л.А.Орбели, почетный академик, тогда самый авторитетный микробиолог страны Н.Ф.Гамалея и, наконец, выдающийся биохимик — открыватель окислительного фосфорилирования и аденозинтрифосфатазной активности миозина — В.А.Энгельгардт, направивших зимой 1944 г. Сталину письмо с ходатайством «о срочном освобождении проф. Зильбера Л.А.». Письмо также подписали Н.Морозов, С.Маргулис, В.Соловьев, А.Шубладзе, Л.Якобсон и М.Чумаков (с.263). Действия Энгельгардта по защите Зильбера показывают, что его вмешательство в судьбу Баева, о котором упоминалось выше, было не единичным актом, а нормой поведения. В 1970 г. Энгельгардт не побоялся выступить в защиту биохимика Жореса Медведева, который, как это хорошо известно, был помещен в Обнинскую психиатрическую больницу со смехотворным диагнозом. Хотя хрущевская оттепель уже миновала, времена все же резко отличались от 30—40-х. Под давлением общечеловечности всего мира Медведева выпустили, но Энгельгардта все же наказали, причем весьма изощренным образом. Во время беседы в Октябрьском РК КПСС инструктор идеологического отде-

ла, молодая, красивая и явно неглупая дама, с сожалением (может быть, и наигранным) сказала мне (я тогда был членом партийного бюро института), что этот поступок лишил Владимира Александровича серьезной награды — его кандидатура была отведена от «занесения» на доску почета Октябрьского района, хотя такое решение уже было подготовлено. Эта доска располагалась на улице академика Петровского рядом с Ленинским проспектом, и крупные фотографии удостоенных чести счастливых красовались на ней по крайней мере в течение года. Я не смел возмужать рассказать об этом разговоре Владимиру Александровичу — не хотел волновать. Теперь жалею. Думаю, что его эта новость повеселила бы.

Говоря о борьбе за Зильбера, несправедливо было бы остановиться на роли его младшего брата писателя Вениамина Каверина. В воспоминаниях, частично приведенных в рецензируемой книге, увлекательно рассказано о участии Каверина в этой борьбе. Не могу вспомнить, в который раз перечел я рассказ о том, как он лично понес в страшное здание на Лубянке для передачи самому Берии письмо в защиту Льва Александровича.

Можно, конечно, сказать, что его активность объясняется близким родством. Но, увы, известно слишком много трагических примеров того, как именно родственники в первую очередь отказывались от репрессированных. Не побоялся выступить в защиту Зильбера и друг его молодости, известный писатель и литературовед Юрий Тынянов. Следует отметить, что к тому времени уже были арестованы и уничтожены Исаак Бабель, Михаил Кольцов и многие их коллеги, и стало очевидным, что принадлежность к писательскому цеху отнюдь не является гарантией безопасности.

Несомненно, что Зильбер был многим обязан своему бра-

ту. Но совершенно очевидно, что и сам Вениамин Каверин многое получил от Льва Александровича. Я уже упоминал о Зильбере как прямом герое и прототипе главного героя таких произведений, как «Эпилог» и «Открытая книга». В дополнение к этому позволю себе предположить, что личность старшего брата ясно просматривается и в «Двух капитанах», хотя там нет ни медицины, ни науки, но знаменитый принцип Сани Григорьевы «Бороться и искать, найти и не сдаваться» прямо или косвенно навеян самим Зильбером.

Не могу не упомянуть о двух деятелях отечественного здравоохранения и медицины. Прежде всего речь пойдет о Георгии Андреевиче Митерева, в 40-е годы Народном комиссаре здравоохранения СССР, главном организаторе Академии медицинских наук. В книге приведены факты, говорящие об отзывчивости и доброте, проявленной им по отношению к Льву Александровичу, и решимости, с которой он содействовал вызволению из Германии после освобождения из плена семьи Зильбера. Помню, как мой отец, профессор-кардиолог, в те времена Главный терапевт Наркомздрава СССР и создатель Института терапии Академии медицинских наук (прародителя нынешнего Кардиологического центра), тепло отзывался о Митерева как о выдающемся деятеле отечественной медицины. Пост руководителя здравоохранения страны крайне тяжел во все времена, не только в сталинские. Допускаю, что найдутся люди, не разделяющие моего мнения. Но тот факт, что на «судах чести» по поводу выдачи иностранцам мнимого «секрета излечения рака» Митерев выступал в качестве не обвинителя, а обвиняемого, не побоявшегося дать из самых лучших побуждений разрешение на отправку злополучной рукописи за рубеж, несомненно, свидетельствует в пользу этого человека [2, 3].

Не могу не сказать и о микробиологе, эпидемиологе Владимире Дмитриевиче Тимакове, ученике Зильбера, а позднее его соратнике, ставшем Президентом Академии медицинских наук. Тимаков был не только переклассным ученым и организатором науки, но высоко принципиальным и смелым человеком. В книге описаны обстоятельства, при которых он храбро выступал в поддержку науки и лично Льва Александровича.

Я хорошо помню лекции Тимакова по микробиологии, которые он в 1951 г. читал нам, студентам третьего курса 2-го Московского медицинского института. Несколько лекций он посвятил разоблачению пресловутой книги Бошняна, о которой уже шла речь, рассматривая на этом примере вопросы надежности научных результатов, честности и принципиальности в науке. По тем временам это требовало большого мужества.

Надо сказать о книге как о литературном произведении.

Это, несомненно, выдающийся труд, мастерски задуманный и реализованный его создателями. Я преднамеренно уклонился от слова «написанный», потому что в книге так умело и талантливо сочетается неизвестный ранее архивный материал, воспоминания современников и многочисленные фотографии с текстами самого Льва Александровича и рассуждения авторов, что определить ее жанр оказывается практически невозможным.

Книга читается как увлекательный роман. Это, в частности, относится к главе «Руда», посвященной ликвидации вспышки чумы в Нагорном Карабахе и написанной самим Зильбером. Заслуживает особого внимания эпизод с попыткой сожжения чумной больницы.

Успех книги в большой мере обусловлен огромной архивной работой, проведенной специалистом по истории естествознания, доктором биологических наук Е.С.Левиной. Книга согрета

любовью и другого ее автора, известного в нашей стране и за рубежом молекулярного биолога академика Л.Л.Киселева, к своему выдающемуся отцу.

Гарантом достоверности и объективности рецензируемой книги выступил ее редактор, ученик, близкий друг и научный наследник, академик Г.И.Абелев, не только всемирно известный иммунолог, открыватель альфа-фетапротеина, но ученый, для которого характерна чрезвычайная добросовестность, можно сказать, дотошность в литературной работе, начиная от написания своих

статей и кончая составлением отзывов на чужие диссертации.

Книга интересна для самого различного читателя — от студентов и аспирантов, раздумывающих над тем, «делать жизнь с кого» (цитируя известные строки В.Маяковского), до специалистов по биологии, медицине и истории естествознания в нашей стране. Она содержит ценный материал и для тех, кому интересны нестандартные судьбы людей в переломные моменты российской истории.

Начиная писать эту рецензию, я, подражая булгаковскому Мастеру, заранее знал, что за-

кончу ее призывом к читателю прочесть книгу о Зильбере. Однако за время моего сочинительства она мгновенно исчезла с прилавков и стала абсолютно недоступной. Поэтому я меняю адресата и обращаюсь к издательству «Наука» с просьбой, даже с требованием срочно переиздать книгу максимальным тиражом, возможным в наше сверхкоммерциализованное время, тем более, что она на редкость хорошо издана, содержит малое число опечаток и не нуждается в переработке. Уверен, что книга очень скоро вновь окажется распроданной. ■

Литература

1. Авилова Н.С. Исследователь «от Бога» // Природа. 1999. №12. С.113—115.
2. Голубовский М.Д. Биотерапия рака, дело КР и сталинизм (Размышление о книге) // Природа. 2003. №3. С.82—90.
3. Левина Е.С. // Вопр. истории естествознания и техники. 2000. №1. С.3—33.

Экология. Лесоведение

ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИЕ ЛЕСА: история в голоцене и современность. В 2 кн./ Центр по проблеме экологии и продуктивности лесов. Отв. ред. О.В.Смирнова. М.: Наука, 2004. Кн. 1 — 476 с., кн. 2 — 575 с.

Леса на Восточно-Европейской равнине покрывают огромную территорию (она тянется с севера на юг почти на 2000 км) и потому просто не могут не быть объектом многосторонних исследований. Действительно, несколько десятилетий лесники, лесничие, сотрудники разных заповедников, научных и учебных учреждений проводили натурные исследования лесов европейской части СССР. Но результаты до

сих пор еще не были собраны воедино. Теперь такое издание появилось благодаря стараниям О.В.Смирновой.

Книги неформального коллектива авторов — итог долгого этапа биологических, палеонтологических, археологических и исторических исследований о восточноевропейских лесах. Оба тома пронизаны общей идеей — представить живой покров леса с позиции популяционной организации растительных сообществ.

В первой книге рассмотрены история развития лесного пояса начиная с конца плейстоцена; основные черты популяционной биологии растений современных лесов; методы анализа, используемые для оценки состояния раститель-

ности, современное состояние лесов и почв Европейской России. Таким образом, в книге связаны представления теоретической экологии и взгляды авторов на популяционную организацию лесных территорий, а кроме того, предложена модель доантропогенной организации лесного пояса Восточной Европы. Представлены также аргументы в пользу антигляциалистической гипотезы.

Флористический и геоботанический анализ современных лесов, модели и методы экологически устойчивого лесопользования и восстановления природного биоразнообразия на лесных территориях — все это помещено во второй книге.

Вышедшие в свет книги, конечно же, необходимы эколо-

гам, геоботаникам, лесоведам, преподавателям и студентам высших учебных заведений. И это вполне естественно, потому что каждый специалист найдет здесь для себя немало интересного.

Авторы высказывают надежду на то, что изложенные ими подходы и методы помогут будущим исследователям не только развивать дальше теоретические представления о биогеоценотической организации живого покрова лесных ландшафтов, но и окажутся полезными при разработке региональных программ экосистемного природопользования, в которых задачи сохранения биологического разнообразия и получение продукции будут рассматриваться как дополняющие друг друга.

Антропология

М.Б.Медникова. ТРЕПАНАЦИИ В ДРЕВНЕМ МИРЕ И КУЛЬТ ГОЛОВЫ. М.: Алетейа, 2004. 208 с. (Из сер. «Vita memoriae».)

В книге доктора исторических наук М.Б.Медниковой собрана информация о самых загадочных операциях, производившихся в прошлом, — о трепанациях черепа (краниотомиях).

Характерно, что древнейшие лечебные краниотомии эпохи мезолита выполнены в сложной технике — сверлом, а не скребком, как можно было бы ожидать, основываясь на идее линейного прогресса. Сложность операций, производившихся в эпохи неолита и бронзы, поражает воображение современного человека, вооруженного богатыми техническими средствами. При этом процент успешных операций был в те времена очень велик. Высокий уровень хирургии черепа держался в тех областях Старого Света, где операциям не препятствовали религиоз-

ные запреты. У римлян появился набор хирургических инструментов, причем некоторые из них весьма сходны с современными. Однако в средневековые европейцы забыли многие достижения предшествующих эпох, что, тем не менее, не сказалось на популярности краниотомий.

В древнем мире трепанирование стояло на мощном фундаменте психологических предпосылок, на архетипах, отраженных в культе черепа, в обрядах инициации и погребения. Люди, страдавшие нервными расстройствами и оперированные при жизни, считались одаренными особыми свойствами. Череп воспринимался как вместилище духа, и когда человек, подвергшийся трепанации, умирал, у соплеменников возникало желание воспользоваться в религиозных целях частями его краниума.

Мотивом для осуществления прижизненных и посмертных трепанаций могли быть усилия, направленные на преобразование сущности человека, и это находит косвенное подтверждение в частом сочетании трепанирования и масок, выполнявших ту же функцию.

Автор прослеживает возникновение и географическое распространение трепанаций в Старом и Новом Свете, обсуждает причины операций (медицинские и ритуальные), рассказывает об истоках ритуалов в первобытном обществе.

История науки

Б.К.Штегман. В ТРОСТНИКАХ ПРИБАЛХАШЬЯ: Жизнь и приключения ссыльного натуралиста 1941—1946 гг. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. 208 с.

Эта книга ожидала встречи с читателем ровно половину века. В 1951 г. ее готовили к выпуску в Казахском государственном издательстве, но в по-

следний момент набор был рассыпан, а готовая часть тиража уничтожена: причиной стало «клеветническое изображение» условий жизни и работы советского ученого. Казалось, что книга погибла навсегда, но сохранился принадлежавший автору «сигнальный» экземпляр, который и был использован для настоящего издания.

Борис Карлович Штегман (1898—1975) — ученый с мировым именем, крупный отечественный орнитолог минувшего века. Ученик академика П.П.Сушкина, он занимался авиафаунистикой и орнитогеографией, а в зрелые годы биомеханикой, проблемами филогении и макросистематики. В Зоологическом институте Академии наук в Ленинграде Штегман прошел путь от препаратора до заведующего крупной лабораторией. К середине 30-х Борис Карловичу была присуждена степень доктора биологических наук, его избрали почетным членом Германского, Британского и Американского орнитологических обществ, а в 1938 г. по ложному доносу арестовали (полтора года тюрьмы). В 1941—1945 гг. Штегман был сослан в Казахстан, где проживал в районе дельты р.Или.

Жанр книги с трудом поддается определению. В основу легли дневниковые записи, в которых точные наблюдения натуралиста гармонично сочетаются с описаниями быта, интересных событий и приключений на фоне первозданной в то время природы Прибалхашья. Автор рассказывает о своей жизни среди дикой природы, когда основой его существования были охота и рыбная ловля. Подробно описан промысел ондатры.

Издание книги из личных средств финансировал австрийский орнитолог доктор Курт Бауер.

Друзья называли его «Гри-Гри»

А.В.Смирнов,

кандидат биологических наук
Зоологический институт РАН
Санкт-Петербург

В честь гидробиолога Григория Петровича Горбунова (1894—1942) названы около дюжины видов морских организмов, род многощетинковых червей *Gorbunovia* (1952), а также острова в Баренцевом море в архипелаге Земля Франца-Иосифа. Однако в энциклопедиях о нем нет ни строчки. Фамилию Горбуновых прославил его старший брат Николай Петрович (1892—1938) — химик, академик АН СССР, в 1917 г. секретарь В.И. Ленина и Совнаркома, позднее руководитель научно-технического отдела ВСНХ, с 1935 г. — неперенный секретарь Академии Наук СССР, в 1938 г. был арестован и расстрелян [1]. Григорий Петрович уцелел в тяжелые годы, но был незаслуженно забыт.

Григорий Горбунов родился в Красном Селе под Санкт-Петербургом. Отец — Петр Михайлович — работал инженером-технологом, а позднее директором-распорядителем на Красносельской писчебумажной фабрике Товарищества наследников К.П.Печаткина. Мать — Софья Васильевна — была дочерью К.К.Зконопниц-Грабовской — одной из наследниц владельца фабрики К.П.Печаткина, занималась воспитанием детей и домашним хозяйством [2, 3].

Товарищество наследников Печаткина играло значительную роль в бумажном производстве России. Две фабрики — Красносельская и Царскославянская — выпускали 538 тыс. пудов бумаги в год. На возглавляемой Петром Михайловичем Красносельской фабрике были созданы передовые для того времени условия работы и быта рабочих. Он также был попечителем и стоял во главе основанного в 1897 г. Красносельского фабричного имени Ее Императорского Величества Государыни Императрицы Марии Федоровны училища.

Григорий Горбунов учился в реальном училище К.Мая — одном из лучших в России частных средних учебных заведений. Здесь же обучался и его старший брат Николай [4]. В 1912 г. Григорий окончил реальное училище и сначала хотел поступать на архитектурное отделение Академии художеств, но затем изменил свое решение. В 1913 г. он был принят в университет на естественное отделение физико-математического факультета. Возможно это решение было принято не без влияния известного путешественника Петра Кузьмича Козлова. В Красном Селе Горбуновы дружили с Пушкаревыми. Елизавета Владимировна Пушкарева в 1912 г. вышла замуж за



Григорий Горбунов (до 1917 г.).
Фото из архива семьи Кершнер-Горбуновых.

П.К.Козлова. Петр Кузьмич увлекался орнитологией, а его жена, начав с обработки коллекций, собранных в экспедициях, всю жизнь посвятила изучению птиц, работала в Зоологическом институте. Возможно, под их влиянием и молодой Гриня занялся орнитологией и поступил в университет. В течение всей жизни у него сохранялись дружеские отношения с семьей Козловых [5]. Во время обучения

в университете в летние месяцы он совершил орнитологические экскурсии в Олонецкую, Вологодскую и Архангельские губернии, а также на центральный Кавказ, в области Терского и Кубанского казачьих войск, и в Закавказье. Материалы, собранные в этих путешествиях, Григорий Петрович передавал в Зоологический музей Императорской Академии наук. В 1915 г. Горбунов впервые попал на Мурман и с тех пор на всю жизнь «заболел» Арктикой. В 1917—1918 гг. наступило время сдачи государственных экзаменов, но произошедшие в стране события резко изменили жизнь. Старший брат Николай принял активное участие в февральской революции, вступил в ряды большевиков и, несмотря на свою молодость, после Октябрьской революции занимал руководящие посты в стране. По-видимому, под влиянием брата Григорий Петрович оставил университет и начал работать в советских учреждениях. Он участвовал в проведении национализации нотных издательств и музыкальных фабрик. В 1919 г. Григорий Петрович перешел на работу в научно-технический отдел ВСНХ, которым заведовал его старший брат. Но карьера государственного чиновника его не привлекала, и в сентябре 1919 г. он возвратился в Петроград и поступил работать заместителем заведующего на Петергофскую экскурсионную станцию, которую возглавлял К.М.Дерюгин*. Станция занимала помещение усадьбы «Ферма принца Ольденбургского» в Старом Петергофе. Одновременно Григорий Петрович возобновил свои занятия в университете. В декабре 1919 г. его учеба и работа вновь были прерваны. Горбунов был мобилизован в армию и направлен учиться в Во-

енно-интендантскую академию. Но служба продлилась всего три месяца. В течение 1920—1922 гг. Григорий Петрович провел непрерывные гидробиологические наблюдения над одним из водоемов Старого Петергофа, и эта работа была зачтена ему как дипломная.

В первые годы советской власти было создано большое количество научно-исследовательских институтов и организаций. По решению Президиума ВСНХ 4 марта 1920 г. была организована Северная научно-промысловая экспедиция. Одной из основных задач было изучение природных, в том числе растительных и животных ресурсов Севера. Весной 1923 г. Григорий Петрович стал внештатным сотрудником Севэкспедиции.

В 1923 г. он принял участие в работе Новоземельской партии экспедиции. В ее задачи входило изучение западного берега Новой Земли и промысла гольца в Пуховом заливе. Григорий Петрович занимался изучением птичьих базаров и провел исследования пресных водоемов. Интересно отметить, что планктонная сеть была ему дана П.К.Козловым, это была одна из двух сетей, предназначенных для Монгольско-Тибетской экспедиции. Свои работы на Новой Земле он продолжил и в следующем 1924 г.

В 1925 г. Северная научно-промысловая экспедиция была преобразована в Институт по изучению Севера. Среди шести научных отделов института два — промыслово-биологический и почвенно-ботанический — занимались преимущественно биологическими вопросами. Институту также принадлежала научно-промысловая станция в губе Порчниха (восточный Мурман), организованная в 1927 г. и просуществовавшая до 1930 г. На ней проводились научно-промысловые, биолого-гидрологические и технолого-промысловые работы. В марте 1925 г. в Норвегии для экспедиционных целей было приобретено парус-



Новая Земля, залив Пуховый. 1923 г. Фото из архива семьи Кершнер-Горбуновых.

но-моторное судно «Эльдинг», что позволило начать исследования в открытом море. В 1925 г. экспедиции на «Эльдинге» удалось обогнуть Новую Землю с севера и описать несколько ранее неизвестных бухт и заливов на северо-восточном берегу Новой Земли. В Карском море были обнаружены струи теплого атлантического течения, проникающего в море со стороны Полярного бассейна. Как и в предыдущие годы, Горбунов проводил наблюдения за птицами и собирал пресноводный планктон при каждом выезде на берег. Его друг М.М.Ермолаев посвятил этой экспедиции одну из глав своих воспоминаний [6, 7]. В этой экспедиции Григорий Петрович впервые стал собирать и морскую донную фауну.

В институте Горбунов занимал должность помощника ди-

* К.М.Дерюгин (1878—1938) — зоолог и гидробиолог, организатор многочисленных экспедиций по изучению северных и дальневосточных морей. Основал первую в стране кафедру гидробиологии.



Ледокольный пароход «Г.Седов». 1929 г. Фото из архива Государственного музея Арктики и Антарктики.



Подъем трала. Фото из архива семьи Кершнер-Горбуновых.

ректора. В 1926 г. в составе делегации Академии наук он участвовал в работе съезда международного общества Аэроарктик. В том же году Григорий Петрович возглавил промысловую экспедицию института на западном Мурмане. Во время Новоземельской экспедиции института 1927 г. на судне «Зарница», (это имя стал носить «Эльдинг») было проведено изучение нескольких районов Баренцева моря по совместной совет-

ско-германской программе исследований. Горбунов был заместителем начальника этой экспедиции и руководил ее морской частью. Вместе со своим другом П.В.Ушаковым он проводил сборы морского бентоса и продолжал наблюдения за птицами и сборы планктона в Новоземельских озерах. В следующем 1928 г. Горбунов проводил работы на станции института в губе Порчниха на Восточном Мурмане.

Начиная с 1929 г. Горбунов занимался главным образом исследованием морского бентоса. Он участвовал в Высокоширотной правительственной экспедиции на ледокольном пароходе «Г.Седов» на Землю Франца-Иосифа, водрузившей на этом архипелаге флаг нашей страны [8].

В 1930 г. Горбунов был в экспедиции Арктического института на Землю Франца-Иосифа, Новую Землю и северную часть Карского моря на том же судне «Г.Седов». В этой экспедиции участвовал писатель И.С.Соколов-Микитов, создавший цикл очерков «Поход "Седова"». «Неутомимый Григорий Петрович заведовал тралом. Это, пожалуй, была самая трудная и самая интересная работа. <...> С нетерпением ожидали мы каждый раз подъем трала. Множество самых разнообразных организмов копошилось в наполнявшей мешок тине. Григорий Петрович, с ног до головы облепленный липкой грязью, с изумительным терпением извлекал из тины одно за другим удивительные шевелившиеся существа, похожие то на гигантских противных мокриц, то на венчики великолепных больших цветов. Множество банок с притертыми пробками, наполненных пробами воды и заспиртованными организмами, было уложено в тяжелые ящики, в которых им предстояло путешествовать до Ленинградских лабораторий» [9]. В 30-е годы появилась монография Горбунова «Птицы Земли Франца-Иосифа» и ряд статей по донному населению этих районов Арктики.

В апреле 1930 г. в связи с реорганизацией Института по изучению Севера Горбунова вместе с промыслово-биологическим отделом перевели в Ленинградский институт рыбного хозяйства, где он работал старшим гидробиологом. Поскольку к тому времени он занимался только изучением морской донной фауны, а Институт рыбного хозяйства подобных исследований не проводил, то через год Горбунов перешел в Гидрологический ин-

ститут. В 1931 г. на судне «Русанов» и в 1933 г. на «Алекса́ндре Сиби́рякове» он проводил гидробиологические исследования в южной части Карского моря. Но из-за загруженности административной работой — он был заведующим лабораторией — у него оставалось мало времени для научных занятий. К тому же в 1932 и 1934 гг. ему не дали возможности участвовать в арктических экспедициях. Когда стало ясно, что и в 1935 г. он не попадет на север, Горбунов перешел в Зоологический институт АН СССР. В сентябре 1934 г. Григорию Петровичу без защиты была присвоена кандидатская степень.

В ЗИНе Горбунов работал в отделении моллюсков с 1934 по 1940 г. За это время им были приведены в порядок огромные коллекции морских моллюсков (прежде всего из наших северных морей), хранившиеся в институте, и начата их обработка. Как крупнейшей специалист по гидробиологии Арктики, он написал в юбилейный выпуск «Известий Академии наук СССР» статью «Гидробиологические исследования в северных морях СССР за 20 лет».

К 1935 г. Карское море было довольно хорошо исследовано, и началось изучение высоких широт Арктики. Главное управление Северного морского пути организовало I Высокоширотную экспедицию на ледокольном пароходе «Садко». Исследованиями были охвачены северные районы Гренландского, Баренцева и Карского морей и прилегающие участки Полярного бассейна. Во время этой экспедиции Горбунов впервые провел траления на материковом склоне и абиссали Полярного бассейна. Всего экспедиция взяла 65 станций в крайне труднодоступных районах Арктики. В 1936 г. Горбунов участвовал во II Высокоширотной экспедиции на «Садко».

Следующая III Высокоширотная экспедиция на «Садко» 1937—1938 гг. оказалась послед-

ней в жизни Григория Петровича. Основные работы проводились в море Лаптевых, Восточно-Сибирском море, на Новосибирском мелководье и на материковом склоне Полярного бассейна к северу от Новосибирских островов. К концу навигации 1937 г. «Садко» вместе с судами «Г.Седов» и «Малыгин» оказались в ледовом плену. Работы были продолжены и во время дрейфа в тяжелых условиях полярной ночи. Тем не менее, гидробиологам удалось собрать уникальный материал из ранее совершенно неизученного района.

В сентябре 1940 г. Горбунов был уволен из Зоологического института. Весьма вероятно, что одной из причин увольнения послужило его близкое родство с «врагами народа». Старший брат Николай был арестован и расстрелян, младший Александр попал в лагерь; были репрессированы и другие родственники и друзья Григория Петровича. Непосредственным же поводом к увольнению послужила статья Григория Петровича в стенной газете Зоологического института, в которой он позволил себе резко критиковать руководство гидробиологического отдела за неудовлетворительное, по его мнению, отношение к научным коллекциям.

20 ноября 1940 г. Григорий Петрович был принят на работу в Арктический научно-исследовательский институт старшим гидробиологом, где вскоре стал заведующим небольшой гидробиологической лабораторией. 16 июня 1941 г. его назначили старшим гидробиологом IV Высокоширотной экспедиции на «Садко» в северную часть моря Лаптевых...

Страшную зиму 1941—1942 гг. Григорий Петрович провел в блокадном Ленинграде. В феврале 1942 г. он был эвакуирован из города вместе с Арктическим институтом, но по дороге умер в Вологде 14 февраля 1942 г.

Поражает удивительная работоспособность этого челове-



Григорий Петрович Горбунов.
1938 г.

ка, который начиная с 1912 г. (за исключением годов революции и гражданской войны) проводил в тяжелых экспедициях. Горбунов усовершенствовал основные орудия лова донных животных — трал Сигсби. В дальнейшей эта модификация, получившая название трала Сигсби—Горбунова, применялась отечественными гидробиологами на судне «Витязь» при работах на больших глубинах. За многолетний период экспедиционных работ Горбуновым был собран уникальнейший материал по самым разным группам животных. Это богатые орнитологические сборы, материалы по пресноводным водоемам, коллекции бентосных животных из труднодоступных районов северных морей. Его сводки по птицам Новой Земли и Земли Франца-Иосифа сохранили свою ценность до настоящего времени.

Григорий Петрович обработал материалы по различным группам донных беспозвоночных. Им были написаны статьи, посвященные десятиногому раку, иглокожим и двустворчатым моллюскам арктических морей. Если первые работы Горбунова по морскому бентосу представляют добротные фаунистичес-

кие сводки, то в более поздних публикациях большое место занимают вопросы теоретической и прикладной биогеографии.

Результаты экспедиций 1935-го и 1937—1938 гг. были обобщены Горбуновым в работе «Донное население Новосибирского мелководья и центральной части Северного Ледовитого океана», вышедшей посмертно в 1946 г. Без ссылок на эту основополагающую монографию по бентосу шельфа высокой Арктики и батимальных и абиссальных глубин Арктического бассейна не обходится ни один уважающий себя исследователь арктической донной фауны.

Пожалуй, наибольший научный вклад Горбунова — использование бентосных организмов в качестве биологических индикаторов среднегодового гидрологического режима. Он считал, что виды и подвиды животных, тщательно изученные в таксономическом и экологическом отношении, могут характеризовать усредненные гидрологические условия и служить показателями распространения того или иного типа водных масс. В статье «Донное население (бентос) Карского моря как показатель происхождения вод», опубликованной в 1937 г. в «Природе», он предпринял по-

пытку охарактеризовать динамику морских вод на основе распределения бентоса. Позднее он показал распределение материковых вод в сибирских морях, анализируя распространение двух видов двустворчатых моллюсков, резко отличных по своей биологии. Горбунов установил факт поступления в пролив из моря Лаптевых батимальных вод Полярного бассейна. В дальнейшем в связи с развитием технических средств метод биоиндикаторов гидрологического режима был забыт. Однако в последние десятилетия этот метод нашел новые области применения [10]. ■

Литература

1. Горбунов Н.П. Воспоминания, статьи, документы. М., 1986.
2. Санкт-Петербургское отделение архива РАН. Ф.55. Оп.4. Ед.хр.25 — Личное дело Г.П.Горбунова.
3. Государственный научный центр РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт. Архив отдела кадров. Личное дело Г.П.Горбунова.
4. Лихачев Д.С., Благово Н.В., Белодубровский Е.Б. Школа на Васильевском. М., 1990.
5. Юсупова Т.И. Неосуществленная мечта П.К.Козлова // Природа. 2003. №9. С.52—56.
6. Ермолаев М. Воспоминания. СПб., 2001.
7. Корякин В.С. Биография, которой хватило бы на десятерых // Природа. 2002. №10. С.92—94.
8. Экслер И. У края земли. М., 1930.
9. Соколов-Микитов И.С. Пути кораблей. Л., 1934.
10. Смирнов А.В. Григорий Петрович Горбунов // Исследования фауны морей. 1994. Вып.49(57). С.4—13.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 16.02.2005
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 9158
Набрано и сверстано в редакции

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