

ПРИРОДА

8 14



В НОМЕРЕ:**3 Романов Р.А.**
Клеточные механизмы восприятия вкуса

Как вкусовые клетки млекопитающих передают информацию об интенсивности и разновидности пищевого воздействия на нервные окончания? Детали этого процесса для рецепции горького, сладкого и умами были недавно открыты.

11 Леин А.Ю.
Исследование морей Российской Арктики: мыслим процессами

В преобразовании осадков в породу принимают участие микроорганизмы (бактерии и археи), которые функционируют в очень широких границах физико-химических условий, т.е. и в арктических морях могут протекать активные биогеохимические процессы.

20 Ананьева Н.Б., Орлов Н.Л., Боур Р.
Русские имена в названиях азиатских лягушек

Тропические районы Южной и Юго-Восточной Азии (особенно восточный Индокитай и, в частности, Вьетнам) отличаются колоссальным уровнем биологического разнообразия наземной фауны. В названиях амфибий нередко встречаются имена российских зоологов, которые активно участвуют в их изучении.

31 Гусев Е.А.
Камни на дне Северного Ледовитого океана

Считается, что каменные обломки приносятся в глубоководные зоны Северного Ледовитого океана дрейфующим льдом и айсбергами. Но это не всегда так. По результатам экспедиции «Арктика-2012» установлено, что на склонах поднятия Менделеева встречается материал, попавший на дно с обнаженных коренных выступов, а в строении фундамента подводных гор участвуют породы, характерные для континентальной литосферы.

Научные сообщения**39 Борисов Д.Г., Зырянова М.И., Евсюков Ю.Д.**

Наводнение 2012 года на побережье Черного моря: анализ последствий

Панова Т.Д.

Что ели москвичи в эпоху Средневековья (43)

Резонанс**49 Танклевский М.М.**

Как сохранить Мертвое море?

Заметки и наблюдения**54 Самоцкая В.В.**

Орнитологи в краю народа туцзя

60 Поляновский О.Л.

В.А.Энгельгардт и А.А.Баев в науке и в жизни

66 Серов О.Л.

Международная конференция «Терапия будущего»

Рецензии**73 Голубовский М.Д.**

Книга о Моцарте биологии
(на кн.: Я.М.Галл. Георгий Францевич Гаузе)

81 Новые книги**Встречи с забытым****84 Любина Г.И.**

Анна Миссуна — геолог и педагог
Новые материалы к биографии

Редакционная почта**93 Хлебович В.В.**

Контурь протозволюции

95 Объявления

CONTENTS:

3 Romanov R.A.
Cellular Mechanisms of Taste Perception

How do mammalian taste cells transmit information about the intensity and modality of food stimuli to the nerve terminals? Details of this process for reception of bitter, sweet and umami tastes have been identified recently.

11 Lein A.Yu.
Investigation of the Russian Arctic Seas: Think in Terms of Processes

In conversion of sediments into sedimentary rock take part microbes (bacteria and archeobacteria) that can function in a very wide range of physicochemical conditions. This means that active biogeochemical processes can take place in arctic seas.

20 Anan'eva N.B., Orlov N.L., Bour R.
Russian Names in Nomenclature of Asian Frogs

Tropical regions of Southern and South-Eastern Asia (especially Eastern Indochina and particularly Vietnam) are characterized by a tremendous level of terrestrial fauna biodiversity. In the nomenclature of amphibia from here are often encountered the names of Russian zoologists who actively participate in studies of them.

31 Gusev E.A.
Stones on the Arctic Ocean Bottom

It is accepted that rocky fragments are transferred to deep-water zones of the Arctic ocean by drifting ice and icebergs. But this is not always so. The results of expedition «Arctic-2012» has shown that on the slopes of Mendeleev ridge there is material fallen to the bottom from bedrock outcrops, and that in the structure of fundament of underwater mountains take part rocks typical for continental lithosphere.

Scientific Communications

39 Borisov D.G., Zyryanova M.I., Evsyukov Yu.D.
Floods of 2012 at Black Sea Shore: Analysis of Consequences

Panova T.D.

What Did Muscovites Eat in Medieval Times (43)

Resonance

49 Tanklevsky M.M.
How to Conserve the Dead Sea?

Notes and Observations

54 Samotzkaya V.V.
Ornithologists in the Realm of Tutzya People

60 Polyanovsky O.L.
V.A.Engelgardt and A.A.Baev in Science and Life

66 Serov O.L.
International Conference «Therapy of the Future»

Book Reviews

73 Golubovsky M.D.
A Book on Mozart in Biology
 (on book: Ya.M.Gall, Georgii Frantsevich Gause)

81 **New Books**

Encounters with Forgotten

84 Lyubina G.I.
Anna Missuna – Geologist and Educator
 New Materials for Biography

Letters to Editor

93 Khlebovitch V.V.
Sketches of Protoevolution

95 **Announcements**

Клеточные механизмы восприятия вкуса

Р.А.Романов

С чего начинается то удовольствие, которое мы неизменно испытываем, отправляя в рот ложечку любимого блюда? Первый этап вкусового восприятия — возбуждение специализированных сенсорных клеток языка в ответ на появление еды. Их основополагающая функция заключается в распознавании растворенных в жидкой среде полости рта химических молекул и в передаче информации об их концентрации и модальности (разновидности) для дальнейшего анализа в соответствующих структурах мозга. Вкусовая система состоит из трех отделов — периферического, представленного сенсорными клетками, проводникового (нервные волокна, идущие к головному мозгу) и центрального, или коркового (нейроны вкусовой зоны коры больших полушарий) (рис.1). Распознавание вкусовых веществ происходит в периферическом отделе, а передача полученной информации в центр обработки — корковую зону — осуществляется проводниковым отделом. Пищевые стимулы очень многообразны, от простых ионов (Na^+ , H^+) массой в несколько дальтон до сложных молекул, таких как углеводы, алкалоиды, белки, масса которых может заметно превышать 1 кДа. Большинство вкусовых оттенков, которые ассоциированы с ароматом (например, кофе, корицы,



Роман Александрович Романов, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной физиологии клетки Института биофизики клетки РАН (Пушино, Московская обл.). Научные интересы связаны с механизмами афферентной нейротрансмиссии во вкусовых клетках.

вина), связаны с активацией еще и обонятельных рецепторных клеток носовой полости. Вообще чувство вкуса связано с раздражением не только химических и обонятельных, но и механических (вяжущее ощущение), температурных (мята, ментол) и даже болевых (перец чили) рецепторов. Непосредственно же с помощью вкусовой системы человек распознает пять категорий: сладкое (природные углеводы), кислое (лимонная и уксусная кислоты), соленое

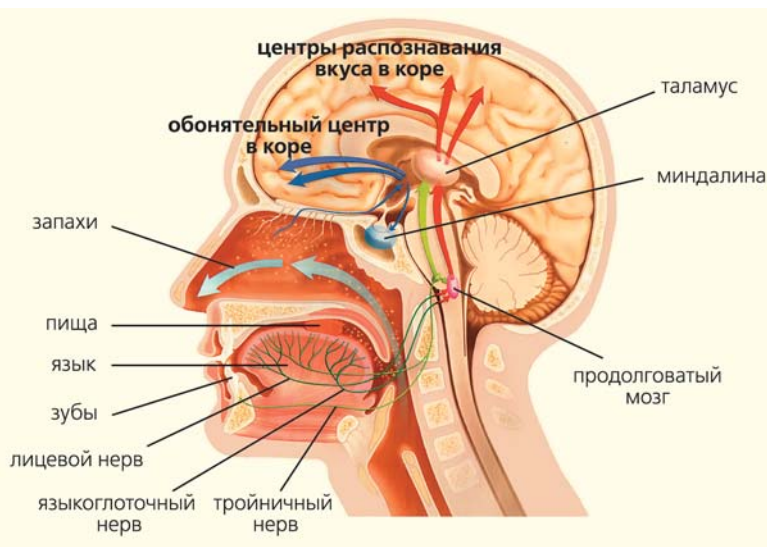


Рис.1. Вкусовая система [1].

© Романов Р.А., 2014

(поваренная соль), горькое (никотин, хинин) и умами (L-глутамат и некоторые другие аминокислоты, мелкие пептиды и пурины). В ходе эволюции у млекопитающих (речь о них, а значит, и о нас с вами, пойдет в этой статье) развилась высокая чувствительность к горьким веществам (так как они нередко ядовиты) и к сладким — часто высокоэнергетическим продуктам.

Строение периферического отдела вкусовой системы

Этот отдел включает более 5000 особых образований — сосочков разной формы: грибовидных (они находятся в передней части языка), желобовидных (в его корневой доли) и листовидных (по бокам). Уже на этом уровне проявляется определенная, хотя и неполная, специализация. Так, основная информация о сладком приходит в мозг прежде всего от грибовидных сосочков, тогда как о горьком — от желобовидных, а о кислом и соленом — от листовидных. Вкусовые сосочки состоят из почек (в общей сложности их во рту около 10 тыс.) — ассоциатов из 50–100 выстроенных подобно долькам апельсина специализированных клеток вытянутой формы (рис.2). Они обладают многими свойствами нейронов, такими как способность к генерации потенциалов действия (волн возбуждения, возникающих, как правило, при деполяризации мембраны, изменении ее потенциала в сторону положительных значений) и образование синапсов (мест контакта между двумя клетками).

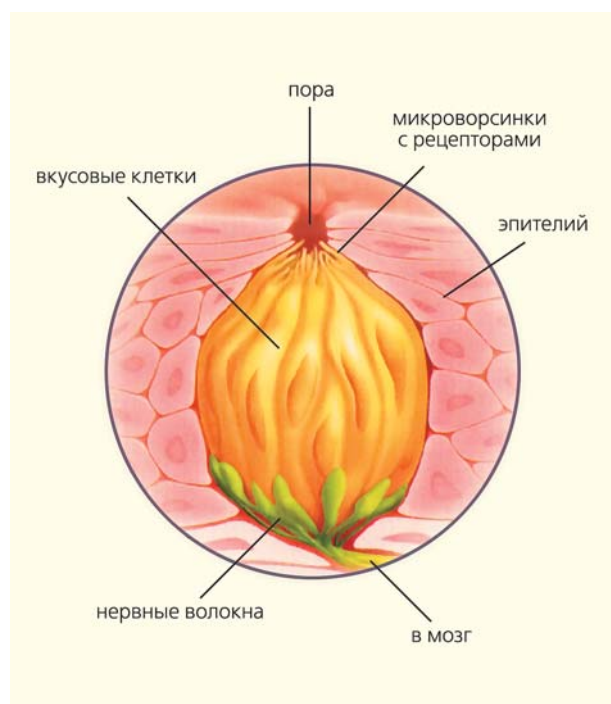


Рис.2. Схематическое изображение вкусовой почки [1].

Но, несмотря на наличие признаков электровозбудимых тканей, вкусовые, как и сенсорные клетки органов слуха и равновесия, развиваются из эпителия. Сама вкусовая почка не достигает поверхности слизистой оболочки языка, в полость рта выходит только пора, через которую растворенные в слюне вещества контактируют со вкусовыми клетками. Их наружная часть представлена микроворсинками с расположенными на них рецепторами — главными участниками процессов распознавания, усиления и преобразования пищевых сигналов. Рецепторы микроворсинок при связывании своих лигандов (веществ, специфически соединяющихся с рецептором) запускают каскад биохимических реакций во вкусовой клетке, которая в ответ высвобождает нейромедиатор (химическое вещество, передающее электрический сигнал на нервное волокно), стимулирующий вкусовой нерв. И в итоге в мозг уходят электрические импульсы, несущие информацию об интенсивности и разновидности воздействия.

Среди вкусовых клеток выделяют как минимум три типа: темные (I), так как они интенсивно окрашиваются на ультратонких срезах, светлые (II) и промежуточные (III). Апикальная часть, непосредственно контактирующая с ротовой полостью, обычно богата микроворсинками (исключение составляют клетки III типа, у них только одна микроворсинка) и несет метаболитные рецепторы (вызывающие изменения в клеточном метаболизме после связывания со своими лигандами), сопряженные с G-белками, ионные каналы и другие сигнальные белки. Базальная часть, не имеющая доступа ко вкусовым веществам, отвечает за связь с афферентными и эфферентными (проводящими возбуждение от органов и тканей в центральную нервную систему и наоборот) нервными окончаниями и, возможно, с другими рецепторными клетками вкусовой почки. Апикальные части всех трех типов клеток соединены друг с другом окружающими их плотными контактами — белковыми образованиями, которые выглядят барьером для диффузии вкусовых веществ. Средняя продолжительность жизни вкусовой клетки не превышает 10 дней.

Функциональные типы вкусовых клеток

В 2000-х годах во вкусовых клетках удалось идентифицировать ряд важных белков, а главное, определить их роль в восприятии стимулов той или иной модальности. Были открыты и молекулярные рецепторы горьких и сладких веществ, принадлежащие разным семействам. Сейчас известно около 30 членов семейства T2R (Taste Receptors), специфичных для вкусовых клеток метаболитных G-белковых рецепторов, которые чувствительны к горькому [2]. Их области, находящиеся вне клет-

ки (это потенциальные сайты связывания с лигандами), т.е. экспонированные в ротовую полость, сильно различаются аминокислотной последовательностью, а остальная часть этих молекул высококонсервативна. В одной клетке у млекопитающих одновременно работает множество T2R-рецепторов для различных горьких веществ, действующих на одни и те же элементы внутриклеточного сигнального каскада. Вот почему среди горького не существует различающихся «подвкусий», все горькое ощущается одинаково. Совсем иначе воспринимается сладкое — углеводы, белки и аминокислоты, синтетические соединения. Все они возбуждают один-единственный рецептор, который обладает очень большой внеклеточной частью с множеством аллостерических центров, связывающих сладкие вещества [3]. Этот универсальный для всего спектра сладкого рецептор формируется двумя белками из другого специфического для вкусовых клеток семейства — T1R, в результате образуется димер T1R2+T1R3.

С помощью электронной микроскопии, иммуногистохимии и РНК-гибридизации *in situ* в популяции вкусовых клеток того или иного типа постепенно были идентифицированы различные белки, участвующие в кодировании (переводе интенсивности и длительности раздражения в электрический импульс) вкусовых стимулов. Благодаря этому удалось выявить физиологические функции клеток и понять, что их типы отличаются не только морфологически, но и функционально (рис.3). Выяснилось, что клетки II типа подразделяются на самом деле на три отдельные группы, ответственные за восприятие горького (T2R), сладкого (димеры T1R2+T1R3) и умами (димеры T1R1+T1R3). Однако для всех трех групп общей остается система внутриклеточной сигнализации, запускаемая в ответ на вкусовую стимуляцию. Каскад реакций включает активацию G-белка гаструцина и фосфолипазы C β 2, увеличение концентрации кальция в цитозоле и открытие кальций-зависимого ионного канала TRPM5, влекущее за собой деполяризацию мембраны [4]. Вкусные клетки III типа ответственны за восприятие кислого, поскольку именно в них функционирует рН-активируемый ионный канал PKD2L1. Это удалось доказать в экспериментах на генетически модифицированных мышах — они теряли чувствительность к кислому в отсутствие

клеток, экспрессирующих PKD2L1 [5]. Клетки I типа, с одной стороны, выполняют функции глиальных (создающих специфическое микроокружение для нейронов) и отчасти сходны с ними морфологически — имеют отростки, правда, крылоподобные. Последние создают физические барьеры между клетками вкусовой почки и предотвращают вытекание нейромедиатора из пространства с нервными окончаниями. Более того, на плазматической мембране клеток I типа есть характерный для глии белок — транспортер глутаминовой и аспарагиновой аминокислот (GLAST — GLutamate ASpartate Transporter), а также внеклеточный фермент эктоапираза 2, или эктонуклеозидтрифосфатдифосфогидролаза (E-NTPDase — Ecto-Nucleoside TriPhosphate Diphosphohydrolase) [6, 7]. Они утилизируют молекулы глутамата и АТФ, появляющиеся в межклеточном пространстве вкусовой почки в процессе акта нейротрансмиссии. Считается, что АТФ высвобождается вкусовыми клетками при их стимуляции, а глутамат — эффективными нервными окончаниями, которые регулируют работу вкусовой почки. С другой стороны, клетки I типа участвуют в рецепции солевого, так как именно в них функционируют эпителиальные натриевые каналы (ENaC — Epithelial Na⁺ Channel), блокируемые диуретиком амилоридом, а соленое восприятие им в значительной степени регулируется.

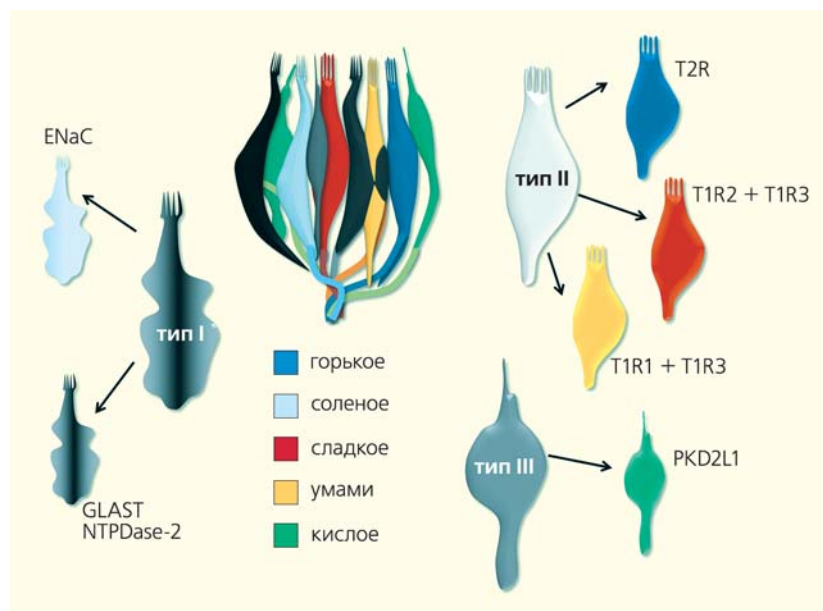


Рис.3. Морфофункциональные типы клеток вкусовой почки. Клетки I типа выполняют функции глиальных, так как они имеют аминокислотный транспортер GLAST и эктоапиразу NTPDase-2, и участвуют в рецепции солевого за счет натриевых каналов ENaC. Клетки II типа подразделяются на три группы, ответственные за восприятие горького (благодаря семейству рецепторов T2R), сладкого (участвуют димеры T1R2+T1R3) и умами (обеспечивается димерами T1R1+T1R3). Клетками III типа воспринимается кислое за счет рН-активируемых ионных каналов PKD2L1.

Афферентная нейропередача во вкусовых клетках

Как же вкусовые клетки разных типов передают информацию на нервные окончания? Обычно нейропередача происходит благодаря синаптическим пузырькам, наполненным афферентным нейромедиатором. При слиянии с клеточной мембраной (кальций-зависимом экзоцитозе) они высвобождают свое содержимое в межклеточное пространство, возбуждая близлежащее нервное окончание. За открытие молекулярных основ везикулярного транспорта Джеймсу Ротману, Ренди Шекману и Томасу Зюдюфу в 2013 г. была присуждена Нобелевская премия по физиологии или медицине. Однако только в клетках III типа, распознающих кислое, имеются синаптические пузырьки и другие атрибуты классических химических синапсов, включая белки комплекса SNARE (они осуществляют экзоцитоз) и потенциал-зависимые кальциевые каналы (благодаря которым процесс экзоцитоза запускается). Ранее, кстати, из-за того что образование синапсов с афферентным нервным окончанием присуще лишь клеткам III типа, они ошибочно рассматривались как единственные истинно рецепторные. Кислые вещества вызывают открытие ионных каналов PKD2L1 и других протон-чувствительных каналов клеток III типа. Входящий ток (обусловленный поступлением в клетку ионов) приводит к деполяризации мембраны выше критического уровня и к генерации серии потенциалов действия, частота которых зависит от силы тока, пропорционального, в свою очередь, концентрации протонов во вкусовой поре. Это влечет за собой активацию потенциал-зависимых кальциевых каналов и вход кальция в клетку. Повышение его концентрации в цитозоле запускает экзоцитоз синаптических пузырьков и высвобождение нейромедиатора серотонина на вкусовое нервное окончание. Таким образом, нейропередача клетками III типа осуществляется вполне традиционным способом (рис.4).

Сложнее и запутаннее обстоит дело с другими клетками. Синаптических контактов с нервными волокнами клетки I типа не формируют. Считается, что их основная функция во вкусовой почке — поддерживающая, вспомогательная. Поэтому механизм, используемый ими для передачи в мозг информации о соленом, до сих пор не исследован. До недавнего времени также совершенно неизученными оставались механизмы афферентной нейропередачи во вкусовых клетках II типа. Хотя это основные рецепторные клетки для горького, сладкого и умами, в них отсутствуют синаптические структуры (включая белки комплекса SNARE и потенциал-зависимые кальциевые каналы). Еще одна проблема заключается в том, что клетки II типа электрически возбудимы, но, поскольку они не образуют классических синапсов, совершенно непонятно, для чего ими генерируются по-

тенциалы действия. Афферентным нейромедиатором, передающим информацию о вкусе от этих клеток, оказался АТФ. Уже более 20 лет известно, что АТФ это не только макроэргическая молекула, универсальный источник энергии для различных биохимических и физиологических процессов, но и внеклеточный лиганд множества рецепторов [8]. В качестве нейромедиатора АТФ, например, участвует в болевой чувствительности (многие знают не понаслышке, что подкожные инъекции АТФ весьма болезненны). В 2005 г. группа исследователей установила, что афферентные нейроны мышей, у которых были одновременно инактивированы гены, кодирующие АТФ-рецепторы P2X2 и P2X3, перестают отвечать на вкусовые стимулы всех модальностей, а реакции таких животных на

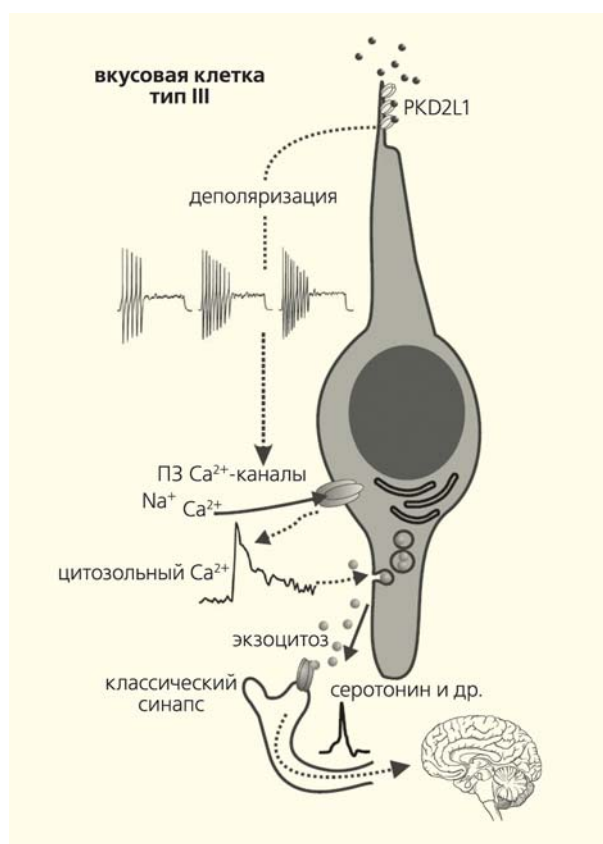


Рис.4. Нейропередача вкусовыми клетками III типа. Кислые вещества вызывают открытие ионных каналов PKD2L1 и других протон-чувствительных каналов клеток III типа. Входящий ток (обусловленный поступлением в клетку ионов) приводит к деполяризации мембраны выше критического уровня и генерации серии потенциалов действия, частота которых зависит от силы тока, пропорционального, в свою очередь, концентрации протонов во вкусовой поре. Это влечет за собой активацию потенциал-зависимых (P3) кальциевых каналов и вход кальция в клетку. Повышение его концентрации в цитозоле запускает экзоцитоз синаптических пузырьков и высвобождение нейромедиатора серотонина на вкусовое нервное окончание.

сладкое, горькое и умами сильно снижены [9]. Это свидетельствовало о роли АТФ в качестве вкусового нейромедиатора и подтверждало наблюдение, что горькие вещества вызывают секрецию АТФ из языкового эпителия. Возникло предположение, что цепь событий, приводящих к выбросу нейромедиатора и возбуждению вкусового нерва в ответ на горькое, сладкое и умами, должна включать — как необходимые этапы — активацию ионного канала TRPM5 (согласно данным по генетическому нокауту и свойствам рекомбинантного, т.е. полученного с помощью геной инженерии, канала) и клеточную деполяризацию. Значит, выброс клеткой нейромедиатора, АТФ, должен стимулироваться деполяризацией мембраны. Связь ответа на горькое и деполяризации уже наблюдали ранее в экспериментах со стимуляцией вкусовых клеток смесью двух горьких веществ — циклогексимида и денатония.

Мы проверили способность вкусовых клеток, выделенных из языка мыши, высвобождать АТФ в ответ на деполяризацию мембраны. В экспериментах мы одновременно управляли электрической активностью клеток и измеряли концентрацию кальция в АТФ-биосенсорах. В качестве последних использовались клетки линии COS-1, загруженные кальциевым индикатором Fluo-4. Они

проявляют уникально высокую чувствительность к АТФ в среде, генерируя внутриклеточные кальциевые ответы (т.е. флуоресцируя под микроскопом) при концентрациях АТФ от 50 нМ, и крайне низкую чувствительность к ряду других нейромедиаторов, ранее идентифицированных во вкусовой почке. Типы вкусовых клеток мы различали по их электрофизиологическим свойствам (форме ионных токов, генерируемых в ответ на ряд последовательных, ступенчатых поляризаций от -100 до 50 мВ), которые регистрировались непосредственно в ходе эксперимента [10–12]. Вкусовые клетки II типа при потенциале покоя (мембранном потенциале невозбужденной клетки, т.е. разности электрических потенциалов на внутренней и наружной сторонах мембраны) в диапазоне $-70... -40$ мВ не вызывали в клетках линии COS-1, расположенных рядом, никаких кальциевых ответов. Но деполяризация клеток II типа до потенциала -10 мВ и выше вызывала повышение концентрации кальция в клетках COS-1 с задержкой от 3 до 10 с — в зависимости от расстояния между вкусовой клеткой и АТФ-биосенсором (рис.5). Подавление флуоресценции АТФ-биосенсора в присутствии ингибитора АТФ-рецепторов сурамина подтвердило, что нейромедиатором, высвобождаемым вкусовыми клетками II типа, служит именно АТФ [11].

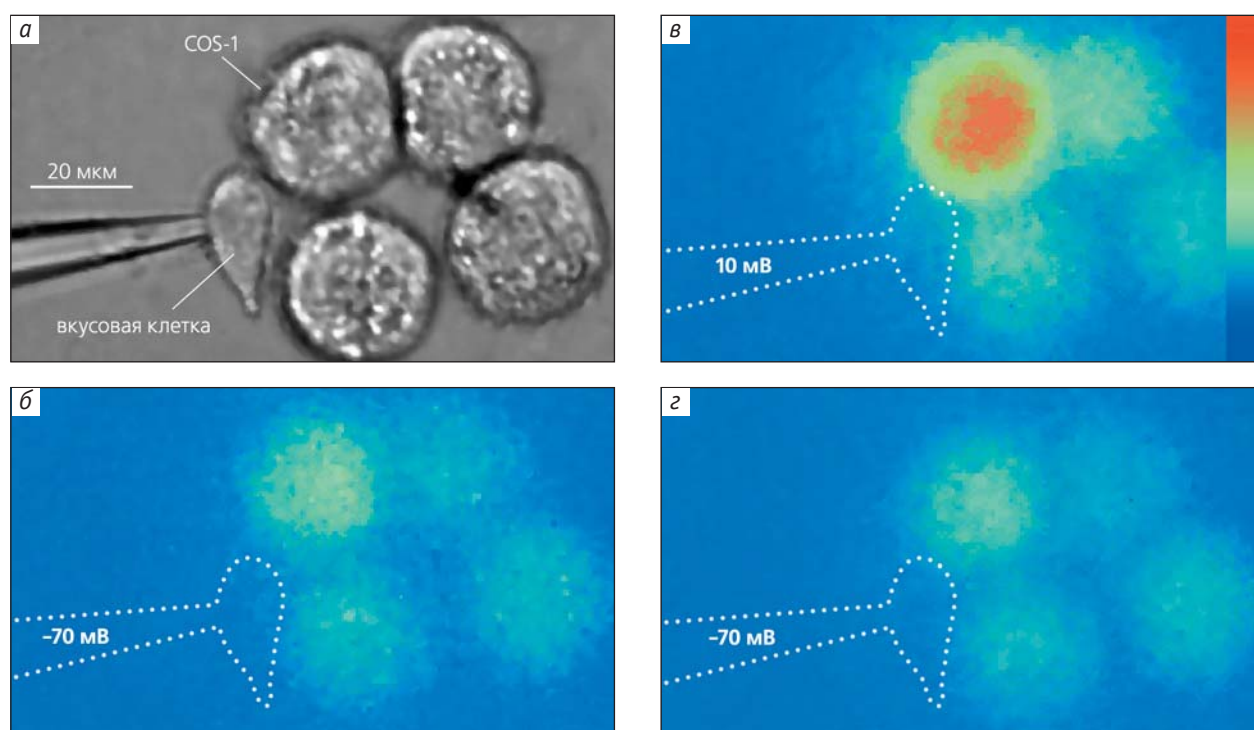


Рис.5. Схема эксперимента, подтверждающего высвобождение АТФ вкусовыми клетками II типа (а—д). Вкусовой клеткой при потенциале -70 мВ АТФ не секретируется, и потому расположенные рядом с ней АТФ-биосенсоры (клетки линии COS-1) не флуоресцируют (б). Однако после деполяризации вкусовой клетки до 10 мВ в АТФ-биосенсорах увеличивается концентрация кальция, что видно по усилению в них флуоресценции кальциевого зонда Fluo-4 (в). Восстановление исходного потенциала вкусовой клетки (-70 мВ) приводит к падению флуоресценции АТФ-биосенсоров (д). Цветовая шкала (в, справа) показывает интенсивность флуоресценции, увеличивающуюся от синего к красному. Адаптировано из [11].

Секреция АТФ может осуществляться двумя известными на сегодня способами: либо везикулярно (т.е. посредством экзоцитоза, управляемого локальным повышением внутриклеточной концентрации кальция), либо через специфические мембранные транспортеры или ионные каналы [13]. Предположим, что во вкусовых клетках II типа работает везикулярный механизм выброса АТФ. Тогда, если заблокировать вход внешнего кальция в клетку и/или не дать ей самой увеличить концентрацию кальция в цитозоле, секреция АТФ должна заметно снизиться. Но уменьшение концентрации кальция в среде до 100 нМ и введение в клетки II типа быстрого кальциевого хелатора ВАРТА (связывающего ионы кальция) не привели к заметным изменениям в секреции ими АТФ. Значит, его высвобождение происходит не классическим везикулярным (кальций-зависимым) способом, а при участии ионных каналов [11]. Если это действительно так, то они должны быть проницаемы не только для АТФ, молекулярная масса которого около 600 Да, но и для других, более мелких молекул, например, флуоресцентных трейсеров (веществ, используемых для наблюдения за протеканием химической реакции или биологического процесса). Так, каналы, формируемые белками коннексинами, проницаемы для молекул массой до 1 кДа, включая АТФ, цАМФ (циклический аденозинмонофосфат), инозитолтрифосфат (IP_3 — Inositol trisPhosphate) и др. Поэтому гипотезу высвобождения АТФ через ионные каналы можно подтвердить, доказав, что в ответ на деполяризацию внутрь вкусовых клеток проникают крупные отрицательно заряженные флуоресцентные молекулы из окружающего раствора. И действительно, в наших экспериментах красители Lucifer Yellow (LY), флуоресцеин и карбоксифлуоресцеин оказывались внутри вкусовых клеток II типа после их деполяризации — они начинали ярко светиться под флуоресцентным микроскопом [11, 14]. Итак, выброс АТФ и вход в клетки II типа флуоресцентных красителей зависят от потенциала. Деполяризация необходима для адекватного вкусового восприятия, но сама по себе не приводит к увеличению концентрации кальция в цитозоле (в отличие от клеток III типа с потенциал-зависимыми кальциевыми каналами). Все это свидетельствует в пользу того, что АТФ во вкусовых клетках II типа высвобождается через специфические потенциал-зависимые ионные каналы.

Какова же природа этих каналов? В клетках II типа функционируют некие относительно медленно активирующиеся ионные каналы, до сих пор недостаточно исследованные. Характерная для них зависимость от потенциала (в частности, наличие порога активации), сходная с таковой для высвобождения АТФ, позволила нам предположить, что именно они могут быть ответственны за транспортировку молекул АТФ во внеклеточное пространство и за поступление флуоресцент-

ных трейсеров в цитозоль. Значит, эти ионные каналы должны быть проницаемы для молекул, близких по размеру к АТФ. Нам удалось доказать это в прямом электрофизиологическом эксперименте. Среди основных носителей заряда в растворе в качестве катионов и анионов присутствовали лишь Mg^{2+} и $MgATP^{2-}$. Мы зарегистрировали ток через эти каналы и, применив уравнение Голдмана, выяснили, что по крайней мере часть этого тока транспортируется $MgATP^{2-}$ [15].

Интересно было разобраться, какие белки формируют во вкусовых клетках II типа столь необычные АТФ-проницаемые ионные каналы. На момент исследований кандидатами служили некоторые анионные каналы, а также полупоры, образованные белками коннексинами и паннексинами. Известные блокаторы анионных каналов и ингибиторы паннексина 1 не оказывали значительных эффектов на секрецию АТФ [11]. Она сохранялась и у животных с выключенным геном, кодирующим паннексин 1, в ответ на вкусовую и электрическую стимуляцию [11, 14, 15]. Это исключало возможность участия анионных каналов и паннексина 1 в высвобождении АТФ клетками II типа. Далее мы проверили влияние на их АТФ-проницаемые каналы ряда веществ, которые ингибируют открытие различных полупор. Только октанол, неспецифичный ингибитор коннексинов, и пептид $^{45}GAP26$, также блокирующий некоторые коннексины, сильно подавляли выброс АТФ. Похоже было, что роль АТФ-транспортера во вкусовых клетках выполняет канал, образованный коннексинами. Окончательную ясность в этот вопрос внесла группа зарубежных ученых. Они доказали, что АТФ на самом деле транспортируется недавно открытым потенциал-зависимым ионным каналом CALHM1 (CALcium Homeostasis Modulator 1), который просто похож на коннексинны некоторыми свойствами [16]. Этот канал, присутствующий только в клетках II типа, оказался проницаемым для АТФ. Мыши с генетическим нокаутом гена, кодирующего CALHM1, теряли чувствительность к горькому, сладкому и умами [17]. Во вкусовых клетках II типа таких мышей сильно уменьшались потенциал-зависимые токи, а секреция АТФ вкусовыми почками снижалась.

Необычный механизм передачи информации на нервное окончание, реализуемый во вкусовых клетках II типа (в отсутствие цепочки «потенциал-зависимая активация кальциевых каналов — экзоцитоз синаптических пузырьков — высвобождение нейромедиатора»), заставил усомниться в роли потенциалов действия в афферентной нейропередаче. Обычно вторичные сенсорные клетки (непосредственно воспринимающие раздражение и затем передающие сигнал о нем на нервную клетку), не имеющие аксонов, не используют потенциалы действия для передачи информации и даже не способны их генерировать. Но вкусовые клетки II типа млекопитающих определенно гене-

рируют потенциалы действия в ответ и на электрическое, и на пищевое воздействие. Зачем? Не исключено, что у потенциалов действия существует еще одна физиологическая функция — регуляция невезикулярного высвобождения нейромедиатора. Важное свойство секреции АТФ клетками этого типа — ее сильная зависимость от мембранного потенциала. Поэтому логично было предположить, что потенциалы действия управляют афферентной нейропередачей. Экспериментально мы установили, что при характерном для клеток II типа потенциале покоя от -55 до -40 мВ деполаризация до $-45...-30$ мВ, индуцируемая активацией канала TRPM5, не вызывает высвобождение АТФ. Но когда она сопровождается генерацией потенциалов действия, частота или количество которых пропорциональны ее величине, уровень секретированного АТФ оказывается пропорциональным интенсивности вкусового сигнала. Это обеспечивает адекватное кодирование сенсорной информации. За счет резкой зависимости количества АТФ от потенциала фактически происходит квантовый (т.е. унифицированный по кинетике и величине) выброс АТФ через неселективные ионные каналы в ответ на каждый потенциал действия.

Мы дополнительно доказали участие потенциалов действия в высвобождении АТФ клетками II типа и другим способом, — вызывая его кратковременными деполаризационными импульсами, сопоставимыми по длительности с потенциалами действия [11]. По результатам работ японских авторов, блокатор натриевых каналов тетродотоксин вызывает заметное снижение уровня АТФ, выбрасываемого в ответ на стимуляцию вкусовых клеток горькими веществами [18]. Количество АТФ при этом пропорционально числу сгенерированных потенциалов действия.

При вкусовой стимуляции в клетках II типа можно предположить следующую цепь событий (рис.6). Вкусовые молекулы связываются с G-белковыми рецепторами T1R и T2R, расположенными в апикальной ча-

сти клетки. Это приводит к активации G-белков (в частности, гаструцина), а затем — фосфолипазы C $\beta 2$ и вызывает мобилизацию (увеличение концентрации) внутриклеточного кальция (скорее всего, при участии IP_3 -рецептора эндоплазматической сети). Он открывает Ca^{2+} -зависимый ионный канал TRPM5, чем способствует осцилляционной деполаризации мембраны и генерации серии потенциалов действия. Это стимулирует потенциал-зависимые ионные каналы CALHM1,

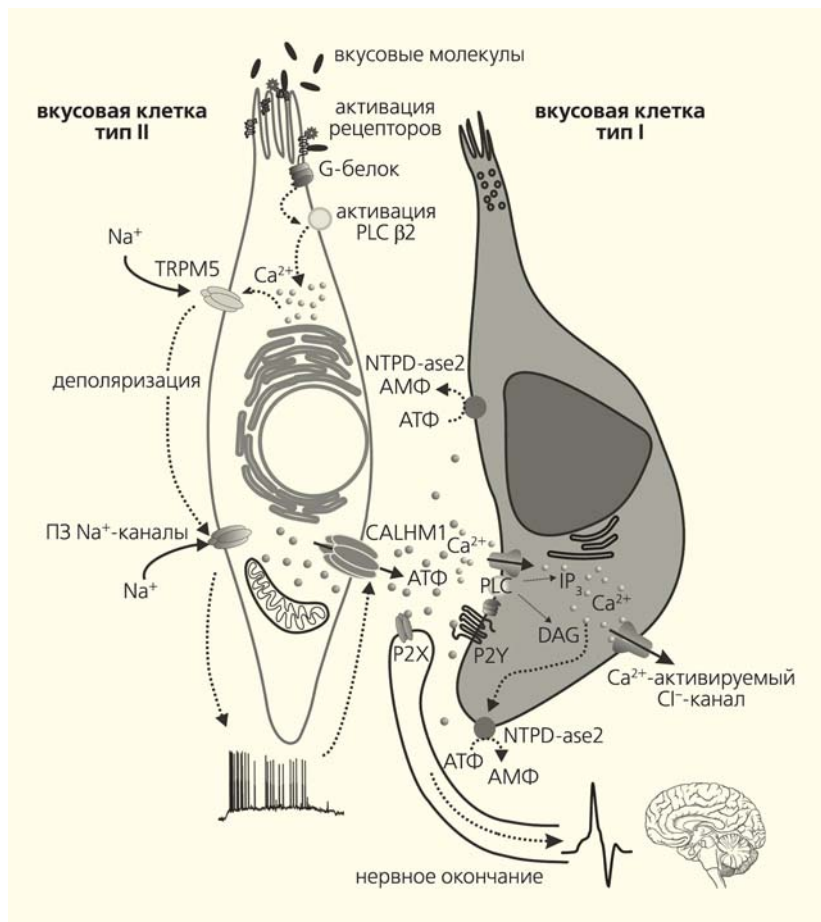


Рис.6. Гипотетическая последовательность событий при рецепции вкусовых веществ клетками II типа. Вкусовые молекулы связываются с рецепторами, находящимися в апикальной части клетки. Это последовательно приводит к активации G-белков, фосфолипазы C $\beta 2$ (PLC $\beta 2$) и к мобилизации внутриклеточного кальция, благодаря которому открывается кальций-зависимый ионный канал TRPM5, что вызывает осцилляционную деполаризацию мембраны и генерацию серии потенциалов действия. Это стимулирует потенциал-зависимые (ПЗ) ионные каналы CALHM1, проницаемые для АТФ, и ведет к его высвобождению. Он активирует рецепторы P2X афферентных нервных окончаний, а генерация серии потенциалов действия позволяет закодировать интенсивность вкусового воздействия. Вкусовая клетка I типа гидролизует АТФ, высвобождаемый на нервное окончание, с помощью эктоапиразы NTPD-ase2. Кроме того, внешний АТФ приводит к мобилизации внутриклеточного кальция в клетке I типа при участии метаболитных P2Y-рецепторов и фосфоинозитидного каскада, включающего фосфолипазу C (PLC), инозитолтрифосфат (IP_3) и диацилглицерол (DAG). Стимулируется также и кальций-активируемый анионный канал.

проницаемые для АТФ, и ведет к его высвобождению из клетки. При этом генерация серии потенциалов действия позволяет закодировать информацию об интенсивности вкусового воздействия. Секретированный АТФ активирует P2X2/P2X3 рецепторы афферентных нервных окончаний, и сигнал о пищевом воздействии уходит в мозг. Роль вкусовой клетки I типа в основном, по-видимому, состоит в гидролизе АТФ, высвобождаемого на нервное окончание, с помощью уже упомянутой эктоапиразы 2.

Многие, несомненно, задаются вопросом: зачем изучать механизмы вкусового восприятия? Действительно ли нам необходимо знать, какие клетки и как в нем участвуют? Оказывается, значительное число людей страдает расстройством вкуса. У большинства оно развивается после травмы головы или инфекции верхних дыхательных путей и среднего уха; после лучевой терапии (при лечении онкологических заболеваний головы

и шеи); в результате действия определенных химикатов (инсектицидов и некоторых лекарств, включая антибиотики и антигистаминные средства) и как следствие некоторых видов хирургии уха, носа и горла. Опасны ли расстройства вкуса? Да, так как они ослабляют или вовсе устраняют врожденную систему предупреждения об испорченной пище, а иногда и об аллергенах. При ухудшении чувства вкуса мы можем начать есть слишком мало/много и терять/набирать вес. Потеря вкуса может вынудить нас употреблять чрезмерные количества сахара или соли, чтобы улучшить вкус пищи, а для людей с сахарным диабетом или высоким кровяным давлением это очень рискованно. В тяжелых случаях потеря вкуса может даже привести к депрессии. Поэтому знания о механизмах его восприятия необходимы для изучения причин, приводящих к отклонениям, и поиска способов их коррекции. А это — важная научная и медицинская задача. ■

Литература

1. *Благутина В.В.* Анатомия вкуса // *Химия и жизнь*. 2010. №10. С.34—38.
2. *Lindemann B.* Receptors and transduction in taste // *Nature*. 2001. V.413. P.219—225.
3. *Margolskee R.F.* Molecular mechanisms of bitter and sweet taste transduction // *J. Biol. Chem.* 2002. V.277. P.1—4.
4. *Zhang Y., Hoon M.A., Chandrashekar J. et al.* Coding of sweet, bitter, and umami tastes, different receptor cells sharing similar signaling pathways // *Cell*. 2003. V.112. P.293—301.
5. *Huang A.L., Chen X., Hoon M.A. et al.* The cells and logic for mammalian sour taste detection // *Nature*. 2006. V.442. P.934—938.
6. *Bartel D.L., Sullivan S.L., Lavoie E.G. et al.* Nucleoside triphosphate diphosphohydrolase-2 is the Ecto-ATPase of type I cells in taste buds // *J. Comp. Neurol.* 2006. V.497. P.1—12.
7. *Lawton D.M., Furness D.N., Lindemann B. et al.* Localization of the glutamate-aspartate transporter, GLAST, in rat taste buds // *Eur. J. Neurosci.* 2000. V.12. P.3163—3671.
8. *Ralevic V., Burnstock G.* Receptors for purines and pyrimidines // *Pharmacol. Rev.* 1998. V.50. P.413—492.
9. *Finger T.E., Danilova V., Barrows J. et al.* ATP signaling is crucial for communication from taste buds to gustatory nerves // *Science*. 2005. V.310. P.1495—1499.
10. *Romanov R.A., Kolesnikov S.S.* Electrophysiologically identified subpopulations of taste bud cells // *Neurosci. Lett.* 2006. V.395. P.249—254.
11. *Romanov R.A., Rogachevskaja O.A., Bystrova M.F. et al.* Afferent neurotransmission mediated by hemichannels in mammalian taste cells // *EMBO J.* 2007. V.26. P.657—667.
12. *Bystrova M.F., Romanov R.A., Rogachevskaya O.A. et al.* Functional expression of the extracellular calcium-sensing receptor in mouse taste cells // *J. Cell Sci.* 2010. V.123. P.972—982.
13. *Lazarowski E.R., Boucher R.C., Harden T.K.* Mechanisms of release of nucleotides and integration of their action as P2X- and P2Y-receptor activating molecules // *Mol. Pharmacol.* 2003. V.64. P.785—795.
14. *Romanov R.A., Bystrova M.F., Rogachevskaya O.A. et al.* The ATP permeability of pannexin 1 channels in a heterologous system and in mammalian taste cells is dispensable // *J. Cell Sci.* 2012. V.125. P.5514—5523.
15. *Romanov R.A., Rogachevskaja O.A., Khokhlov A.A. et al.* Voltage-dependence of ATP secretion in mammalian taste cells // *J. Gen. Physiol.* 2008. V.132. P.731—744.
16. *Siebert A.P., Ma Z., Grevet J.D. et al.* Structural and functional similarities of calcium homeostasis modulator 1 (CALHM1) ion channel with connexins, pannexins, and innexins // *J. Biol. Chem.* 2013. V.288. P.6140—6153.
17. *Taruno A., Vingtdoux V., Obmoto M. et al.* CALHM1 ion channel mediates purinergic neurotransmission of sweet, bitter and umami tastes // *Nature*. 2013. V.495. P.223—226.
18. *Murata Y., Yasuo T., Yoshida R. et al.* Action potential-enhanced ATP release from taste cells through hemichannels // *J. Neurophysiol.* 2010. V.104. P.896—901.

Исследование морей Российской Арктики: мыслим процессами

Методы исследования осадочного процесса — это изучение явлений и факторов природной среды в их взаимодействии, в количественном выражении, это — лабораторный эксперимент, моделирование.

А.П.Лисицын

А.Ю.Леин

Арктические моря России в последние годы все больше привлекают к себе внимание исследователей и политиков — в первую очередь потому, что представляют собой кладовую углеводородсодержащих и других полезных ископаемых. Кроме того, по этим морям проходит кратчайший морской путь из Азии в Европу. Здесь же находится «кухня погоды», и важно знать, что на этой кухне готовится. Существует еще множество не столь важных причин, заставляющих интенсифицировать исследование арктических морей. К числу таких исследований следует отнести работы по изучению особенностей седиментации, образования осадков и их преобразования в каждом море, а также проведение сравнительного анализа этих особенностей.

Все моря Российской Арктики — Белое, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское — относятся к окраинным морям Северного Ледовитого океана, с глубинами, редко превышающими 200 м (рис.1). 7–10 тыс. лет назад (т.е. в начале голоцена) на месте этих шельфовых морей была суша. Все они, кроме южной части Белого, расположены за полярным кругом. Этим обусловлены наличие почти круглогодичного (около 9 мес) ледового покрова, низкие



Алла Юльевна Леин, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института океанологии им.П.П.Ширишова РАН. Область научных интересов — биогеохимические и геохимические процессы, участвующие в циклах углерода и серы. Лауреат премии Правительства РФ (2012).

среднегодовые температуры воды и укороченный по сравнению с остальными районами Мирового океана (кроме Антарктики) период активных биологических процессов.

Среднегодовая температура верхних горизонтов донных отложений такая же, как в придонном слое воды. Глубины, ниже которых



Рис.1. Карта арктических морей России.

© Леин А.Ю., 2014

Таблица 1

Глубины морей Российской Арктики, ниже которых температуры всегда отрицательные

Море	Глубина, м	Температура, °С
Белое	150	-1.4
Баренцево	20–120	<-1
Карское	16–18	<-1
	300	<-1
Восточно-Сибирское	20–22	-1

даже летом сохраняются отрицательные температуры, для разных морей приведены в табл.1.

Образование осадков

Современные отложения арктических морей представлены главным образом терригенными бескарбонатными алевритовыми и алеврит-пелитовыми илами, с примесью грубообломочного материала. Илы сильно биотурбированы. Ходы червей (polichets) проникают иногда на всю вскрытую толщу (~60 см) осадков, способствуя проникновению коричневых окисленных илов и морской воды из верхних горизонтов в ниже лежащие серые восстановленные отложения.

Основные источники осадочного материала (и $C_{орг}$) в шельфовых морях Арктики — речной сток, абразия берегов и дна, эоловые потоки и ледовый разнос.

Сразу после осаждения частиц взвеси на дно уже в первых сантиметрах осадков начинаются процессы их преобразования. Стадия жизни осадков, представляющая собой совокупность процессов превращения сильно обводненных, рыхлых, термодинамически неравновесных донных отложений в осадочную породу, получила название «диагенез». Продолжительность диагенетической стадии различна, но во всех случаях

имеет длительный срок. В связи с этим часто выделяют стадию раннего диагенеза, следующую непосредственно после седиментации, а иногда даже частично сопряженную с ней при преобразовании взвеси.

Особый интерес представляет собой так называемый наилок (fluffy layer) — тонкий легко взмучиваемый, очень влажный (влажность >90%) слой осадка на поверхности менее влажных уплотненных донных отложений, который представляет собой переходную форму между придонной взвесью и донным осадком (рис.2).

Взвешенный материал у самого дна находится в более динамичной среде, чем донные осадки. Его химический состав чаще подвергается изменениям при колебаниях физико-химических параметров среды, таких как pH, содержание O_2 и др.

Слой осадка 0–1 см в арктических морях образуется на протяжении 10–30 лет при скорости седиментации 20–150 см в 1000 лет.

В большинстве процессов раннего диагенеза осадков принимают участие микроорганизмы (бактерии и археи), что позволяет считать эти процессы биогеохимическими. Для выявления роли микроорганизмов при диагенезе был разработан высокочувствительный метод, основанный на использовании радиоактивных и стабильных изотопов [1]. Меченное радиоактивным изотопом соединение вводится в пробу (воды, ила, взвеси), затем образец инкубируется в условиях, близких к природным. По завершению инкубации анализируется перераспределение метки в продуктах жизнедеятельности микроорганизмов. Например:

$^{35}SO_4^{2-} + 2[CH_2O] \rightarrow 2HCO_3^- + ^{35}H_2S$ и минералы — производные сероводорода: $Fe^{35}S$, $Fe^{35}S_2$, $^{35}S^0$,

$^{14}CO_2 + H_2 \rightarrow ^{14}CH_4$,

$^{14}CH_4 + O_2 \rightarrow ^{14}CO_2 + ^{14}C_{биомасса} + ^{14}C_{продукты\ метаболизма}$.

Расчет скорости (интенсивности) процесса в единицу времени делается, исходя из содержания в пробе используемого микроорганизмами субстрата, суммарной радиоактивности добав-

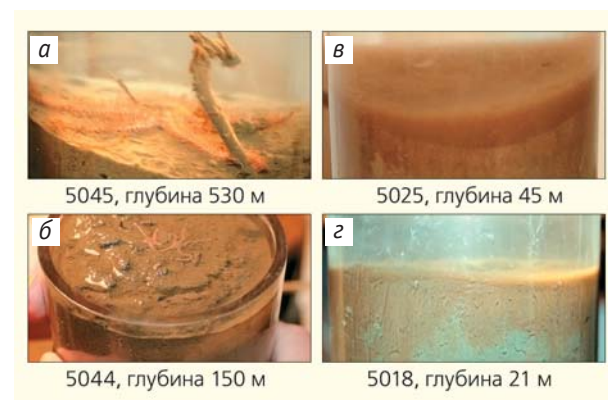
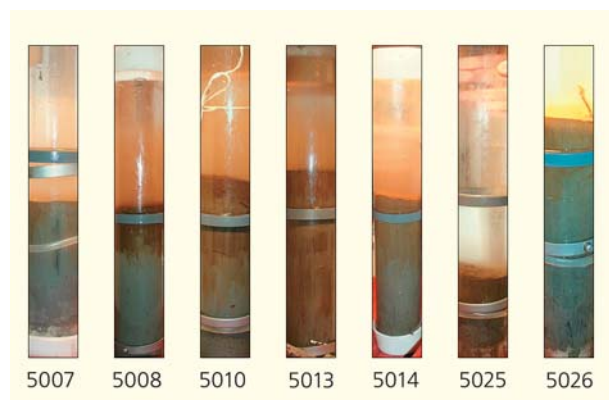


Рис.2. Колонки поверхностных осадков на разрезе р.Енисей — Карское море, отобранные мультикорером. Слева — пробы с ненарушенной границей вода—осадок, справа — поверхность пограничного слоя: а — осадок с полихетой; б — с разнообразным бентосным сообществом; в, г — с наилоком.

Таблица 2

Физико-географическая характеристика, содержание взвеси, первичная продукция и значения $\delta^{13}\text{C}-\text{C}_{\text{орг}}$ взвеси и осадков арктических морей

Море	Площадь, 10^3 км^2	Объем воды, тыс. км^3	Средняя глубина, м	Речной сток, $\text{км}^3\text{-год}^{-1}$	Взвешенное органическое вещество, $10^3 \text{ т}\cdot\text{год}^{-1}$			Первичная продукция		$\delta^{13}\text{C}-\text{C}_{\text{орг}}$, ‰	
					речное	озовое	суммарное	$\text{г}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{год}^{-1}$	$10^6 \text{ т}\cdot\text{год}^{-1}$	$\text{C}_{\text{орг}}$ взвеси	$\text{C}_{\text{орг}}$ осадков
Белое	85	5.6	67	250	360	16	376	25	2	-29.1	-25.7
Баренцево	1512	316.0	222	215	90	363	453	20–200	136	-25.0	-22.8
Карское	920	98.0	111	1480	765	167	932	30–50	37	-26.6	-23.6
Чукотское	620	42.1	71	24	14	112	126	20–400	42	-21.8	-21.5
Лаптевых	662	353	533	767	—	—	—	25–400	—	—	-22.93
Восточно-Сибирское	913	48.7	54	250	480	178	658	25–40	7	-24.08	-22.69
Норвежское	1340	2325	1735	—	—	—	—	—	—	-24.36	-22.5

Примечание: абразия берегов в Карском море составляет $109\cdot 10^6 \text{ т}/\text{год}$, в Белом + Баренцевом — $119\cdot 10^6 \text{ т}/\text{год}$ [3].

Таблица 3

Три основных способа питания организмов

Гетеротрофия	Автотрофия	Метанотрофия
Способность организмов использовать различные органические соединения для своей жизнедеятельности	Способность организмов — бактерий, водорослей, высших растений — использовать CO_2 в качестве единственного источника углерода для построения клетки	Способность микроорганизмов использовать метан и другие C_1 -соединения для роста в качестве источника энергии и углерода

ленного соединения и радиоактивности продуктов микробного процесса:

$$I = C \frac{24r}{Rt},$$

где I — скорость процесса, $\text{мкг}/\text{л}\cdot\text{сут}$; C — концентрация субстрата, $\text{мкг}/\text{л}$; r — радиоактивность продукта; R — радиоактивность субстрата; t — время эксперимента, ч. Чувствительность метода $\approx 0.5 \text{ нг}$.

При микробном метаболизме происходит фракционирование стабильных изотопов, которое используется в качестве доказательства геохимической активности микроорганизмов. Наши исследования диагенетических процессов в морях Российской Арктики охватывают период с 1993 по 2012 г. В публикуемой сводке использованы усредненные данные по скорости микробных процессов в поверхностном слое осадков (0–1... 0–5 см) на 111 станциях пяти морей Российской Арктики [2].

Арктические моря отличаются друг от друга величиной потока вещества с суши, мы их разделили по величине речного стока на две группы (табл.2). Высокие значения величины речного стока ($250\text{—}1480 \text{ км}^3\text{год}^{-1}$) характерны для морей Белого, Карского, Восточно-Сибирского и Лаптевых. А в Баренцевом и Чукотском эта величина заметно ниже и составляет $24\text{—}200 \text{ км}^3 \text{ год}^{-1}$.

Содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ терригенного происхождения (аллохтонного, привнесенного), рассчитанное по

уравнению материально-изотопного баланса, составляет в осадках арктических морей от 36 до 90% от общего $\text{C}_{\text{орг}}$ [4]. Значения $\delta^{13}\text{C}-\text{C}_{\text{орг}}$ взвеси варьируют в зависимости от величины терригенного стока от -21.5‰ (автохтонное, образованное на месте органическое вещество Чукотского моря) до -29.1‰ (аллохтонное органическое вещество Белого моря).

Биогеохимические процессы

Прежде чем перейти к изложению результатов изучения геохимической деятельности микроорганизмов, напомним, что в биосфере существуют три основных способа питания организмов — фотосинтез, хемосинтез и метанотрофия (табл.3, 4).

Таблица 4

Деление автотрофов и метанотрофов по источнику необходимой энергии

Организмы	Источник энергии	Процесс
Автотрофы 1	свет	фотосинтез
Автотрофы 2	восстановленные неорганические соединения	хемосинтез
Метанотрофы	метан и другие C_1 -соединения	метанотрофия

Таблица 5

Границы физико-химических условий, в которых активно функционируют микроорганизмы

Температура	от -16 до >109°C
pH	от 0.8 до 12.3
Гамма-радиация	до 2000 рад
Давление	более 4000 атм
Соленость	до 300 г/л

Среди них особое место занимают аэробный и анаэробный процессы окисления метана, свойственные в биосфере исключительно бактериям и археям, в отличие от двух других способов питания, которые присущи животным, растениям и микроорганизмам.

Бактерии и археи функционируют в очень широких границах физико-химических условий (табл.5), т.е. и в арктических морях могут протекать активные биогеохимические процессы с участием этих микроорганизмов.

При наших исследованиях использовался комплекс методов химических, минералогических, микробиологических, изотопных (масс-спектрометрических) и радиоизотопных.

В Карском море впервые в истории его исследования мы измерили общую численность микроорганизмов (ОЧМ) в придонной и наддонной воде, в наилке и в осадках (рис.3). Минимальная численность микроорганизмов зафиксирована в придонной воде глубоководного желоба Святой Анны, максимальная — в наилке на шельфе, на глубине 22–35 м. Темновая ассимиляция углекислоты (ТАУ) микроорганизмами характеризует интегральную (общую) активность микробных процессов и подтверждает особенности распределения микроорганизмов, поскольку максимумы ТАУ и ОЧМ, как правило, совпадают.

Изотопный состав органического углерода ($\delta^{13}\text{C}-\text{C}_{\text{орг}}$) во взвеси, наилке и в осадках изменяется в зависимости от расстояния от берега: изотопно-легкое $\text{C}_{\text{орг}}$ связано с поступлением $\text{C}_{\text{орг}}$ с суши ($\delta^{13}\text{C}-\text{C}_{\text{орг}} = -25 \text{ — } -27\text{‰}$), а изотопно-тяжелое $\text{C}_{\text{орг}}$ определяется присутствием морского фотосинтезированного (планктонического) органического вещества ($\delta^{13}\text{C}-\text{C}_{\text{орг}} = -21 \text{ — } -23\text{‰}$).

Представляют несомненный интерес данные по содержанию метана и скорости основных микробных процессов метаногенеза (МГ), метаноокисления (МО), сульфатредукции (СР) и ТАУ, полученные радиоизотопным методом в верхнем слое

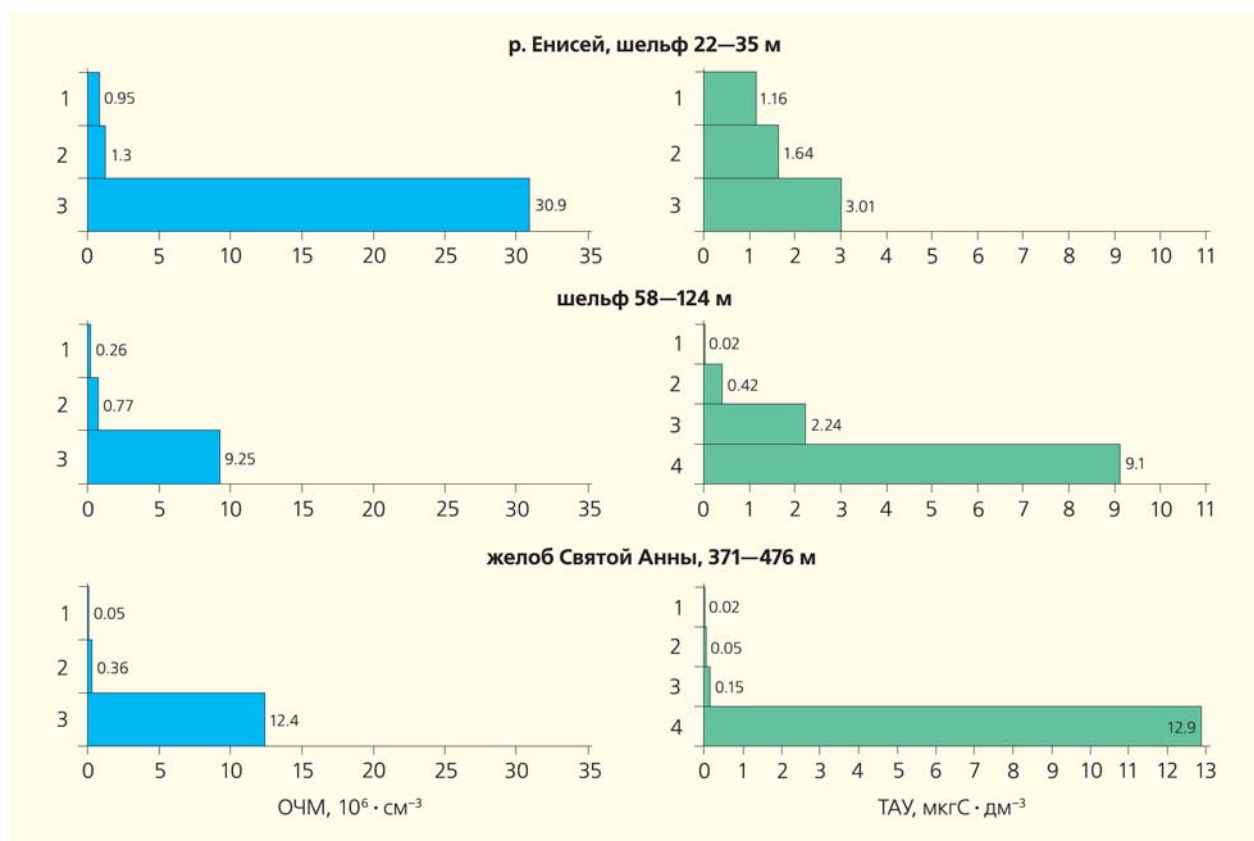


Рис.3. Общая численность микроорганизмов (ОЧМ) и темновая ^{14}C -ассимиляция (ТАУ) в пробах придонной (~2 м от дна) и наддонной (на границе с осадком) воды, наилка и осадка в Карском море [4]. 1 — придонная вода; 2 — наддонная вода; 3 — наилка; 4 — осадок.

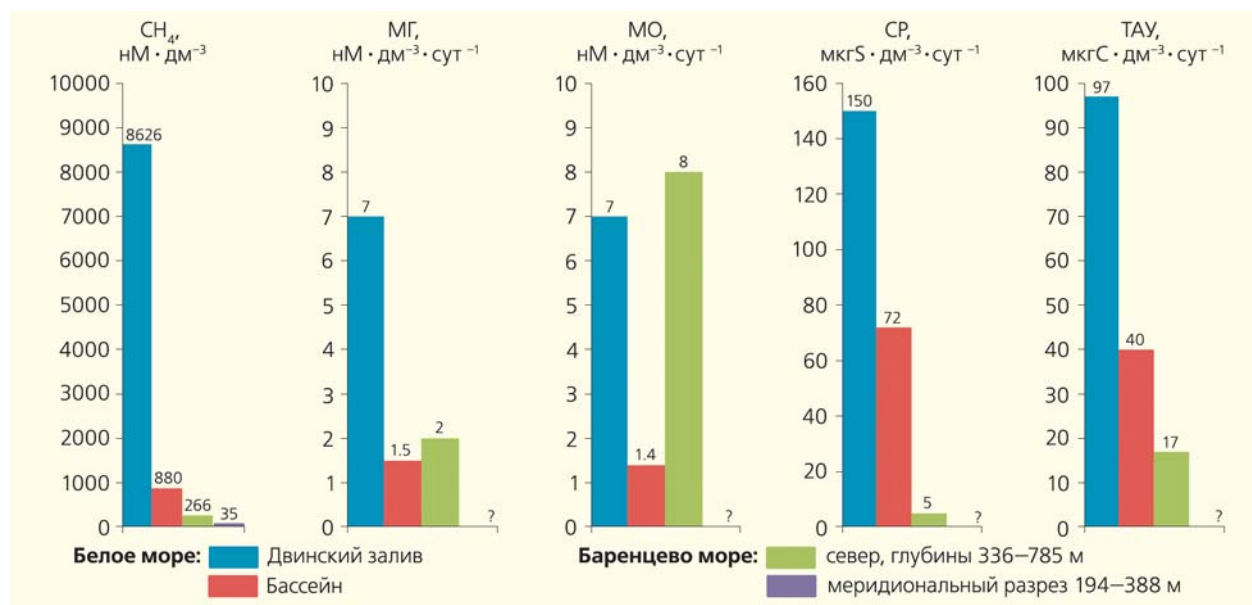


Рис.4. Содержание метана и скорости биогеохимических процессов в верхнем горизонте (0—2 см) осадков Баренцева и Белого (Двинского залива и Бассейна) морей [5—7]. На рисунках 4—7: МГ — метаногенез, МО — метаноокисление, СР — сульфатредукция, ТАУ — темновая ассимиляция углекислоты.

(0—1... 0—5 см) осадков разных районов Белого и Баренцева морей (рис.4).

Самое высокое содержание метана обнаружено в осадках Двинского залива и в районе Бассейна Белого моря (0.88—8.6 мкМ CH₄ в 1 дм³). В этих же районах отмечены сравнительно повышенные скорости ТАУ, МГ и особенно СР. В глубоководных районах Баренцева моря скорость метаноокисления выше, чем метаногенеза, что позволяет пред-

полагать поступление «дополнительного» метана из других источников, помимо микробного метана, образованного *in situ*.

В Обском заливе Карского моря обнаружены ураганные (по сравнению с другими акваториями) содержания метана (до 236.6 мкМ · дм⁻³). Соответственно, в Обском заливе (как и в Енисейском) наблюдалась высокая скорость процесса метаноокисления (рис.5).

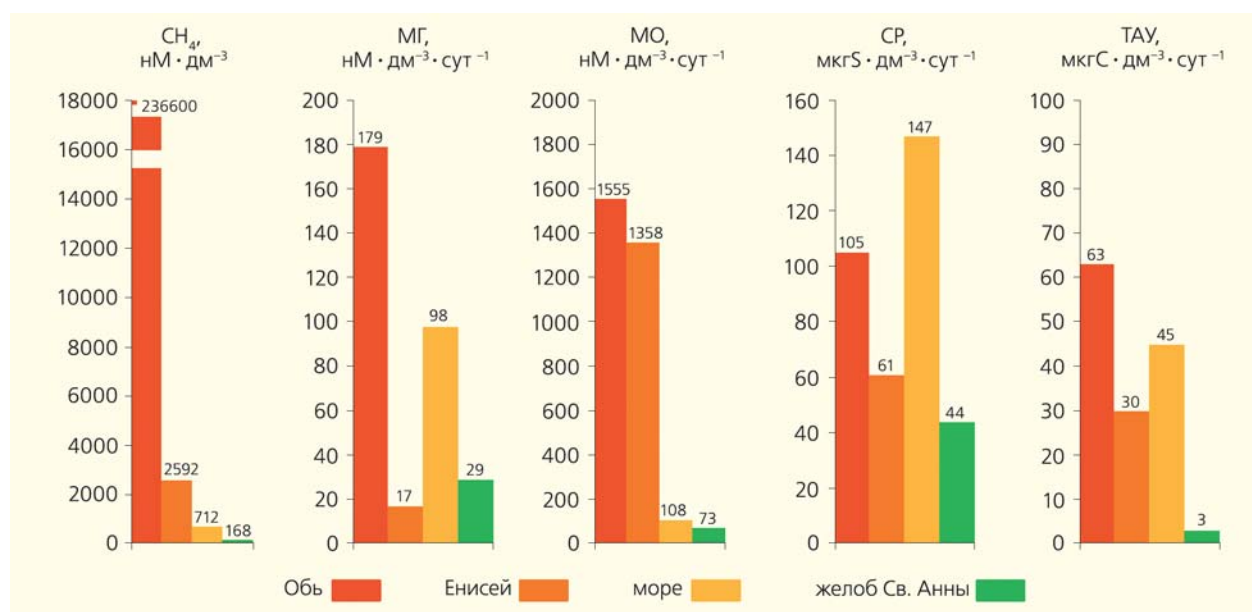


Рис.5. Содержание метана и скорости биогеохимических процессов в верхнем горизонте (0—5 см) осадков Карского моря. Изучались осадки Обской губы, Енисейского залива, открытого моря и желоба Святой Анны [4, 8, 9].

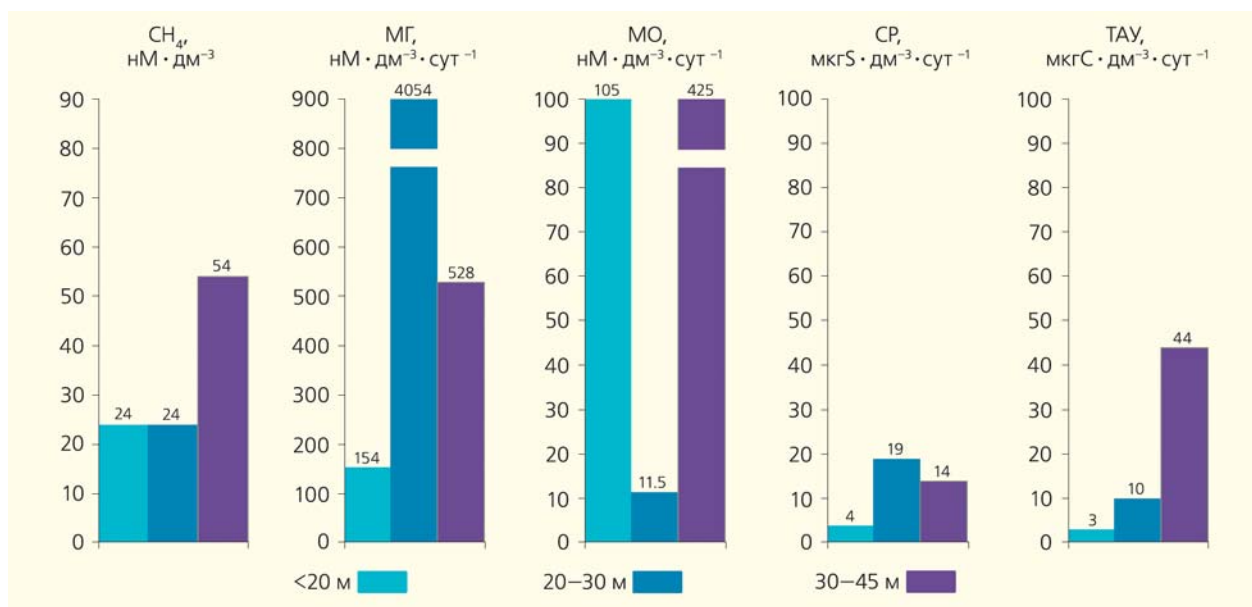


Рис.6. Содержание метана и скорости биогеохимических процессов в поверхностных осадках (0—2 см) Восточно-Сибирского моря. Пробы отбирались с глубин менее 20, 20—30 и 30—45 м. Аналитик И.И.Русанов (ИНМИ РАН).

Процессы метаногенеза и особенно сульфат-редукции, требующие лабильного (легко усваиваемого) планктоногенного органического вещества (ОВ), максимальны в открытом море, где первичная продукция ОВ выше.

В Восточно-Сибирском море максимум CH₄ (54 мкМ · дм⁻³, см. рис.5) содержится в поверхностных осадках на глубинах 30—45 м. Важно отметить, что наиболее интенсивные процессы метаноокисления тяготеют к осадкам на тех же глубинах и к самым мелководным осадкам, а заметный мак-

симум скорости метаногенеза приурочен к отложениям на глубинах 20—30 см. Это самая высокая скорость метаногенеза в поверхностных горизонтах осадков изученных нами арктических морей. Она достигает 4 мкМ CH₄ · дм⁻³ · сут⁻¹ (рис.6).

Скорость процесса сульфатредукции увеличивается в более отдаленных от берега станциях, где в составе C_{орг} растет количество планктоногенного ОВ. Близкое распределение величины TAU наблюдается в осадках, подтверждая тот факт, что бактерии для своей жизнедеятельности предпо-

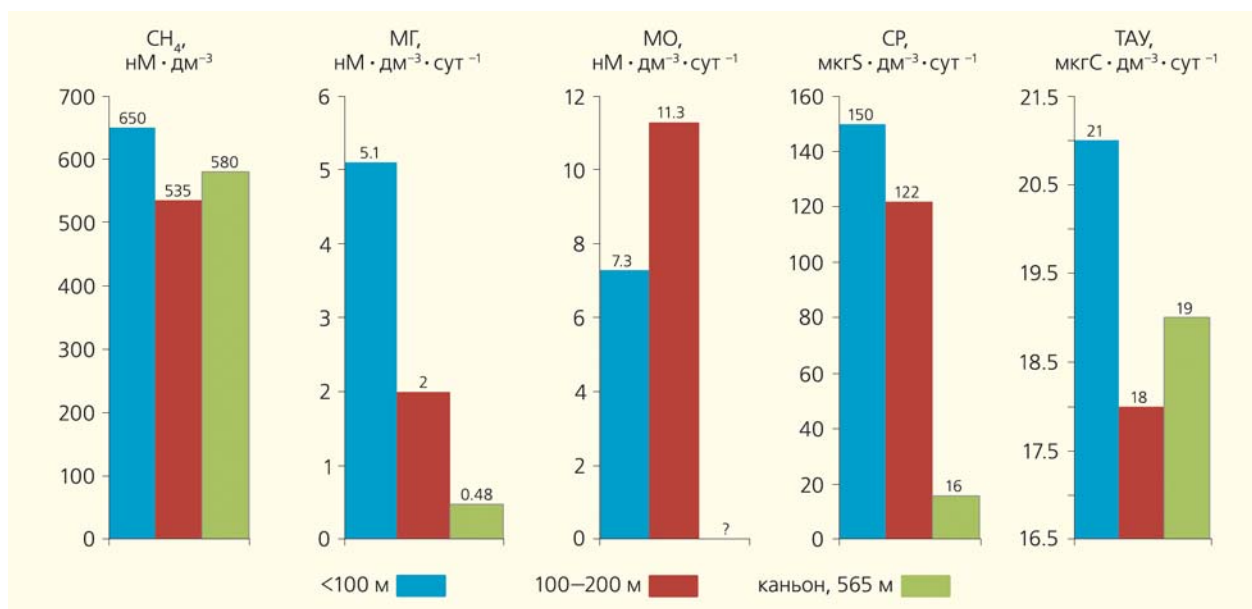


Рис.7. Содержание метана и скорости биогеохимических процессов в поверхностных осадках (0—2 см) Чукотского моря [10].

читают лабильное ОВ, а не преобразованное при транспортировке с суши.

В Чукотском море, где величина первичной продукции фотосинтеза на порядок выше, чем в изученных районах Восточно-Сибирского моря, восстановительные микробные процессы с заметной скоростью начинаются уже на малых глубинах вблизи континента, на котором практически отсутствуют крупные реки, несущие трудноусваиваемое для бактерий ОВ (рис.7). Скорость процесса сульфатредукции в Чукотском море на глубине менее 100 м такая же, как в Двинском заливе Белого и в открытых водах Карского (см. рис.3, 6). В Чукотском море и в Двинском заливе она примерно в 30 раз превышает скорость метаногенеза. С погружением в толщу осадка, как правило, скорость метаногенеза увеличивается [2].

Подводя итог анализу экспериментального материала, следует отметить, что скорости биогеохимических процессов в осадках на стадии раннего диагенеза напрямую зависят от количества автохтонного органического вещества, т.е. от величины первичной продукции фотосинтеза в водоеме.

Изучение распределения скоростей метанобразования и метаноокисления позволяет выявить потоки миграционного метана в случаях, когда скорость метаноокисления превышает скорость метанобразования *in situ*, как это наблюдалось в осадках северного района Баренцева моря. Там скорость метаноокисления была в четыре раза выше (см. рис.4).

Судьба диагенетического (микробного) метана в мелководных арктических морях развивается по-разному: одна часть метана транзитом через водную толщу поступает в атмосферу, другая растворяется в водной толще, а оставшаяся захороняется в осадках (рис.8).

Процесс микробного восстановления сульфат-иона иловых вод при диагенезе осадков арктических морей (как и в морях других климатических зон) приводит к образованию сероводорода и минералов — его производных: гидротроилита, маккинавита, грейгита и фрамбоидального пирита (рис.9). Но, в отличие от осадков морей умеренной гумидной зоны, процесс сульфатредукции в современных отложениях арктических морей

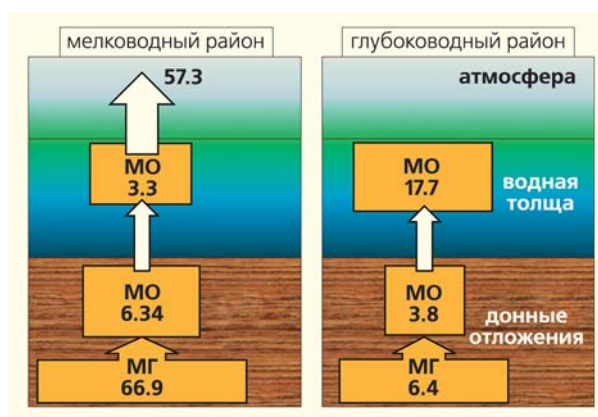


Рис.8. Элементы баланса ($\mu\text{MCH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$) биогеохимических процессов образования и окисления метана в водной толще и в осадках Чукотского моря [10].

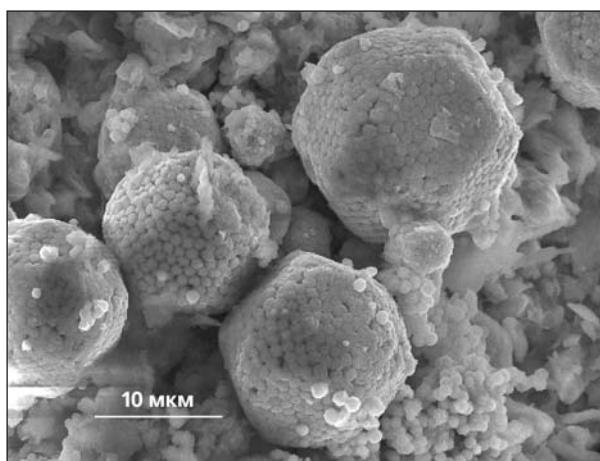


Рис.9. Аутигенный пирит из осадков Белого моря.
Фото Л.Е.Рейхард

далек от завершения (малое потребление сульфат-иона микроорганизмами). Характерное для осадков этих морей очаговое разложение органического вещества приводит к мозаичному распределению вновь образованной углекислоты и к формированию карбонатных корок и конкреций в бескарбонатных отложениях (рис.10).



Рис.10. Аутигенные карбонатные корки и конкреции в поверхностных горизонтах осадков Карского моря [4].

* * *

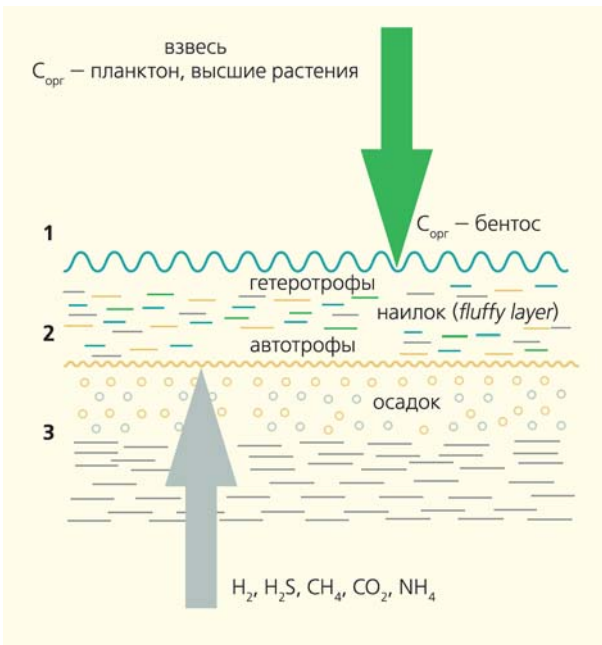


Рис.11. Схема строения зоны контакта вода—осадок [4].

Таким образом, особенность шельфовых арктических морей — высокое содержание терригенного ОВ, принесенного с суши, которое, в отличие от фитопланктоногенного, с трудом потребляется микроорганизмами. В связи с этим, восстановительные процессы (в том числе сульфатредукция и метаногенез) в осадках не завершены и продолжаются с предельно низкой скоростью в подстилающих голоценовых отложениях.

В зоне контакта водная толща — донные отложения (важной морской барьерной зоны) выделяют три горизонта: наддонная вода (15—30 см над дном), наилок и осадок (рис.11). В наилке происходят активные биогеохимические процессы с участием гетеротрофов и автотрофов, общая численность которых — $(70-100) \cdot 10^9$ кл·мл⁻¹. Здесь же (по сравнению с наддонной водой и поверхностным слоем илов) отмечен и пик концентрации всех биогенных элементов (рис.12). В наилке за счет биомассы микроорганизмов изотопный состав $C_{\text{орг}}$ обогащен тяжелым изотопом ¹³C по сравнению с изотопным составом $C_{\text{орг}}$ взвеси.

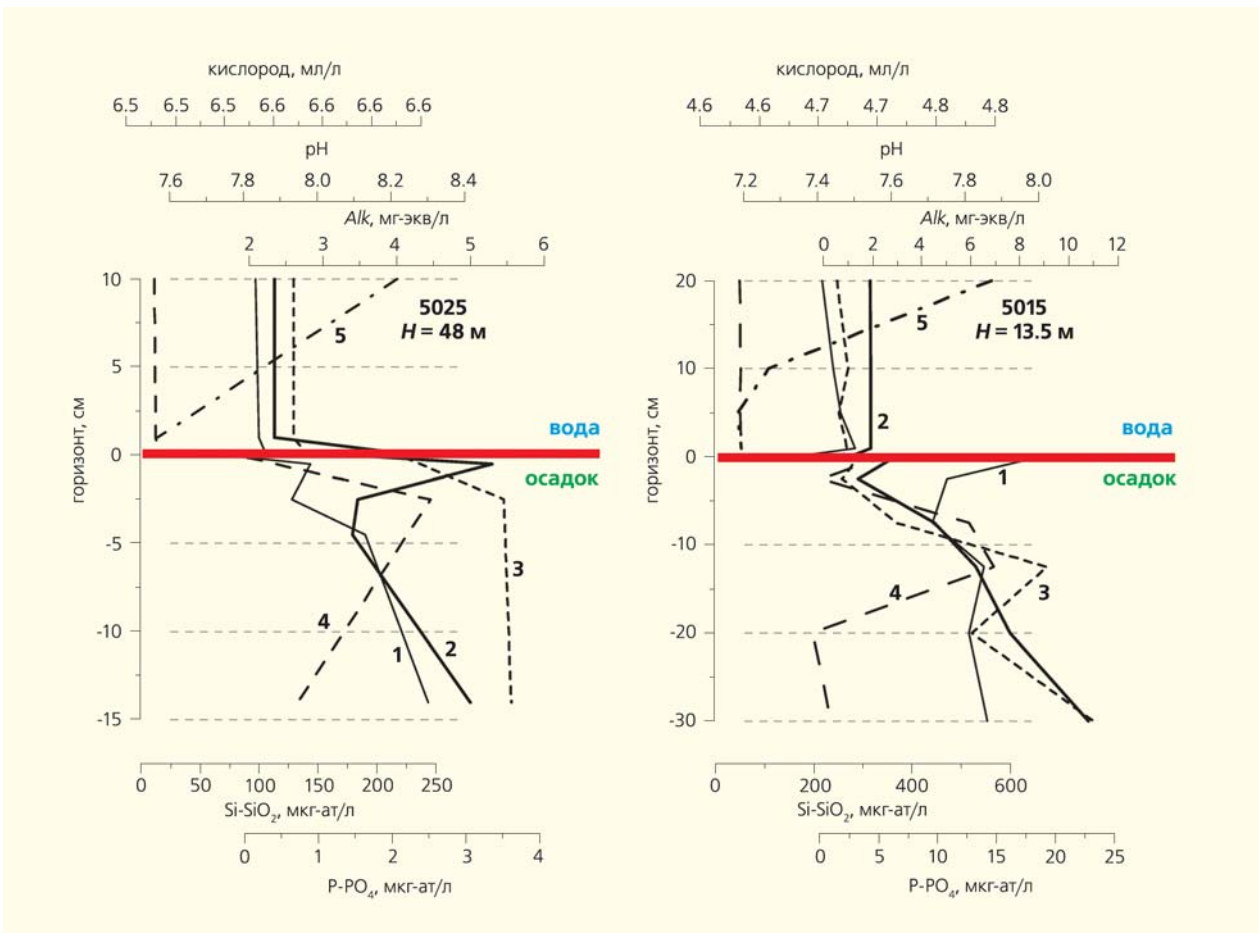


Рис.12. Распределение гидрохимических характеристик в придонной и иловой воде верхнего горизонта осадка в Карском море [4]. 1 — pH, 2 — Alk (щелочность), 3 — PO₄, 4 — Si, 5 — O₂.

Таблица 6

Резервуары метана в водной толще арктических морей (без заливов и эстуариев) и Северного-Ледовитого океана [2, с дополнениями]

Море	Объем воды, 10 ³ км ³	Средняя концентрация СН ₄ , нмоль·л ⁻¹	Резервуар растворенного метана	
			10 ⁶ М	Тг (10 ¹² г)
Баренцево	302	4.4	1329	21.2·10 ⁻³
Белое	5	5.1	25.5	0.408·10 ⁻³
Карское	121	14.5	1742	28·10 ⁻³
Чукотское	50	12 (глубина 50 м) 18 (глубина >50 м)	588.0	9.4·10 ⁻³
Лаптевых*	363	2.5–40.0		(0.076–0.600)·10 ⁻³
Бофорта** (Канадский шельф)	—	3.5	25	0.4·10 ⁻³
Северный-Ледовитый океан и шельфы его морей	12300	1–4	18750–206250	0.3–3.3

* Изученная площадь ~10³ км².** Изученная площадь 64·10³ км², глубина 42 м.

Раннедиагенетическая история осадков арктических морей отражена в химическом составе иловых вод, в образовании аутигенных минералов (карбонатов, сульфидов, фосфатов и др.), в составе н-алканов [11], в величинах скоростей биогеохимических (микробных) процессов и в значении $\delta^{13}\text{C}$ углеродсодержащих соединений.

Величина резервуара растворенного метана водной толщи в арктических морях (без заливов, эстуариев и моря Лаптевых), по нашим данным, колеблется от 0.4·10⁻³ Тг (в Белом и море Бофорта) до 29·10⁻³ Тг (в Карском) (табл.6). Метан в основном диагенетический ($\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4 = -60 \text{ — } -100\text{‰}$) и поступает в водную толщу из осадков. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 12-05-00210-а.

Литература

1. Иванов М.В. Распределение и геохимическая деятельность бактерий в осадках океана // Химия океана. Т.2. М., 1979. С.312–349.
2. Леин А.Ю., Иванов М.В. Биогеохимический цикл метана в океане. М., 2009.
3. Левитан М.А., Лаврушина Ю.А., Штайн Р. Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях Субарктики в течение последних 130 тыс. лет. М., 2007.
4. Леин А.Ю., Маккавеев П.Н., Саввичев А.С. и др. Процессы трансформации взвеси в осадок в Карском море в сентябре 2011 г. // Океанология. 2013. Т.53. №5. С.643–679.
5. Леин А.Ю., Немировская И.А., Иванов М.И. Изотопный состав органического и карбонатного углерода поверхностных горизонтов донных отложений в районе Штокмановского месторождения и на «поле покмарков» в Баренцевом море // Докл. АН. 2012. Т.446. №1. С.67–70.
6. Саввичев А.С., Русанов И.И., Мицкевич И.Н. и др. Особенности биогеохимических процессов круговорота углерода в водной толще, донных осадках, ледовом и снеговом покрове Баренцева моря // Опыт системных океанологических исследований в Арктике / Ред. А.П.Лисицын, М.Е.Виноградов. М., 2001. С.385–394.
7. Саввичев А.С., Русанов И.И., Захарова Е.Е. и др. Микробные процессы циклов углерода и серы в Белом море // Микробиология. 2008. Т.77. №6. С.823–838.
8. Леин А.Ю., Русанов И.И., Саввичев А.С. и др. Биогеохимические процессы циклов серы и углерода в Карском море // Геохимия. 1996. №11. С.1027–1045.
9. Саввичев А.С., Захарова Е.Е., Веслополова Е.Ф. и др. Микробные процессы циклов углерода и серы в Карском море // Океанология. 2010. Т.50. №6. С.942–957.
10. Саввичев А.С., Русанов И.И., Пименов Н.В. и др. Микробные процессы циклов углерода и серы в Чукотском море // Микробиология. 2007. Т.76. №5. С.682–693.
11. Леин А.Ю., Саввичев А.С., Русанов И.И. и др. Биогеохимические процессы в Чукотском море // Литология и полезные ископаемые. 2007. №3. С.247–266.

Русские имена в названиях азиатских лягушек

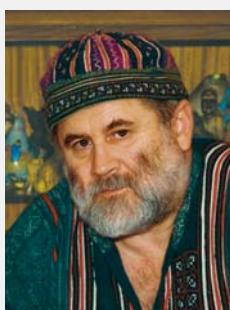
Н.Б.Ананьева, Н.Л.Орлов, Р.Боур

Путешествуя по обширным азиатским территориям России и сопредельных стран, Н.М.Пржевальский, В.И.Роборовский, П.К.Козлов, Г.Н.Потанин, Н.А.Зарудный и многие другие наши соотечественники приобрели всемирную известность выдающимися географическими, ботаническими и зоологическими исследованиями. В их честь было названо множество видов растений и животных, горные пики и другие географические объекты. Например, имя Пржевальского носят пещера недалеко от города Находки, скальный массив в бассейне реки Партизанской, хребет на Тибете, ледник на Алтае, а также виды животных (лошадь, пеструшка, ящурка и др.) и растений (рододендрон, бузульник, тимьян, хвойник и др.).

Заслуженным уважением среди зоологов пользуется и другой русский путешественник — Николай Алексеевич Зарудный. Из всех своих многочисленных экспедиций он привозил животных (птиц, амфибий, рептилий и т.д.), большинство из которых пополнило коллекции Зоологического музея в Санкт-Петербурге, причем часть из них стала типовыми экземплярами новых для науки видов, в названии которых использовано имя коллектора. Признание заслуг Зарудного (наряду с Ф. де Филиппи и У.Т.Блэнфордом) отражено в книге известного американского герпе-



Наталья Борисовна Ананьева, доктор биологических наук, профессор, руководитель отдела герпетологии и заместитель директора Зоологического института РАН (Санкт-Петербург). Область научных интересов — биогеография, экология, морфология, таксономия, филогения, эволюция амфибий и рептилий Евразии.



Николай Люцианович Орлов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник того же отдела. Занимается изучением биоразнообразия, экологии, систематики, филогении и охраны фауны земноводных и пресмыкающихся Палеарктики и Юго-Восточной Азии.



Роже Боур (Roger Bour), доктор наук (DSc), сотрудник лаборатории амфибий и рептилий отдела систематики и эволюции Национального музея естественной истории (Париж, Франция). Специалист в области систематики, эволюции, генетики и охраны фауны рептилий, в частности черепах.

толога С.К.Андерсона, в которой фотография Николая Алексеевича украшает страницу с посвящением трем полевым зоологам, положившим начало научным исследованиям герпетофауны Ирана [1].

Хотя исторически наша страна в отличие от европейских колониальных держав (Великобритании, Франции, Германии) не организовывала масштабные путешествия в тропические районы Юго-Вос-

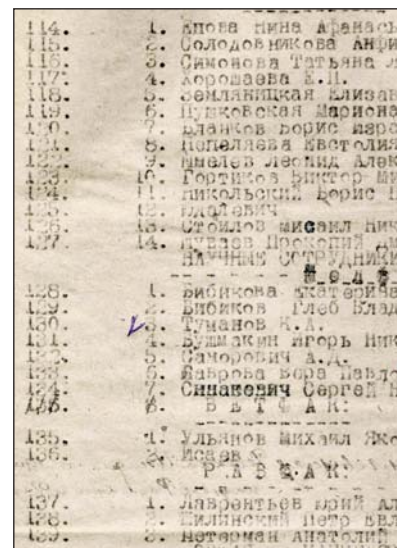
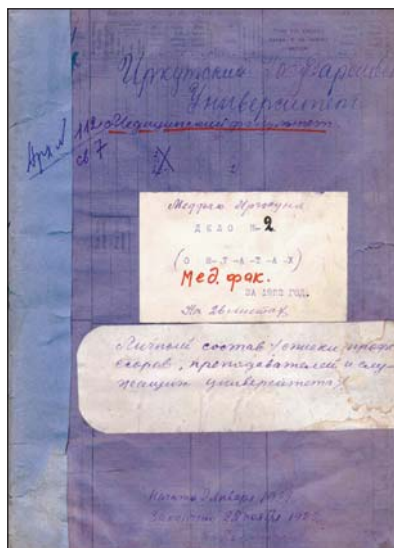
© Ананьева Н.Б., Орлов Н.Л., Боур Р., 2014

точной Азии, российские ученые минувшего века внесли немалый вклад в изучение биологического разнообразия этих регионов, и в частности Вьетнама [2, 3]. Тем с большим интересом мы узнаем русские имена в названиях амфибий, описанных в середине XX в. одними из наиболее известных и компетентных экспертов в изучении фауны Индокитая — французом Ренэ Бурэ и фауны Индии — англичанином Малькольмом Смитом.

Общеизвестно, что названия даются авторами описаний либо по географическому признаку, либо в честь исследователей, путешественников и сборщиков материалов, либо с использованием латинского или греческого перевода названий наиболее характерных признаков описываемого вида. Примеров, относящихся к каждой из трех категорий, много и в названиях лягушек Юго-Восточной Азии [4]. Среди их колоссального разнообразия нам встретились два названия, связанные с русскими фамилиями, происхождение которых мы постарались выяснить.

* * *

В 1941 г. Бурэ описал новый вид лягушки, назвав ее *Rana toumanoffi* в честь Константина Александровича Туманова — французского врача и биолога русского происхождения [5]. Родился он 10 августа 1903 г. в Санкт-Петербурге, а затем жил в Иркутской губернии (Восточная Сибирь), где его отец служил адвокатом в суде кассационной инстанции. Во время Октябрьской революции Константин Туманов был гимназистом, а в период Гражданской войны — студентом медицинского факультета Иркутского университета. В то время там преподавал (вел лабораторные занятия по медицинской зоологии и паразитологии) профессор Владимир Тимофеевич Шевяков — выдающийся русский зоолог, член-корреспондент Императорской академии наук (впоследствии РАН и АН СССР). Еще в 1888 г. ему была присуждена золотая медаль философского факультета Гейдельбергского университета (Германия) за конкурсную работу о строении органов зрения медуз, выполненную в Неаполе, а в 1889 г. — высшая степень доктора философии того же университета [6]. На родине, в России, с 1894 г. Шевяков был приват-доцентом, в 1896 г. получил степень доктора зоологии за диссертацию «Морфология и систематика Infusoria Aspirotricha» и сразу был назначен экстраординарным, а в 1899 г. ординарным профессором зоологии Санкт-Петербургского университета и до 1911 г. заведовал зоотомическим кабинетом, кото-



Обложка журнала и именной список личного состава медицинского факультета Иркутского университета за 1922 г. Под номером 130 фамилия К. Туманова.

рый полностью реорганизовал. Его ученики стали знаменитыми учеными — В.А.Догель, М.Н.Римский-Корсаков, С.В.Аверинцев, В.Н.Беклемишев, Ю.А.Филипченко и др. С 1911 г. Владимир Тимофеевич занимал высокую должность (товарищ министра) в Министерстве народного просвещения и сыграл большую роль в развитии высшего образования в России. Он был одним из создателей Императорского женского педагогического института (ныне Педагогический университет им.А.И.Герцена), где вплоть до 1917 г. преподавал зоологию, а также первого высшего учебного заведения на Урале — Пермского университета. В 1918 г. по делам службы он выехал на Урал, где его застала Гражданская война. В Петроград Владимир Тимофеевич уже не вернулся. С частями отступавшей армии А.В.Колчака он оказался в Иркутске и с 1919 г. и до конца жизни занимал должность профессора Иркутского университета*, среди студентов которого и был Туманов.

В 1922—1923 гг. в стране начались гонения на студентов «непролетарского» происхождения, и вместе с потоком эмигрантов Туманов уехал в Маньчжурию, где поступил в Школу медицины в Харбине. Однако вскоре он решил ехать во Францию, и судьба иркутского ученика Шевякова навсегда оказалась связана со знаменитым парижским Институтом им.Пастера. С момента основания в 1887 г. и до настоящего времени это один из мировых лидеров в изучении инфекционных болезней, в том числе тропических, и в разработке вакцин. В 1923—1926 гг. Туманов работал в меди-

* Подробнее о В.Т.Шевякове в период его работы в Иркутском университете см. на сайте «Энциклопедия-хрестоматия Иркутской области и Байкала»: irkipedia.ru/content/shevyakov_vladimir_timofeevich

цинской службе профессора Ф.Месни, чей научный путь начинался в 1892 г. в лаборатории еще одного нашего соотечественника, лауреата Нобелевской премии по биологии и медицине 1908 г. И.И.Мечникова. Туманов занял должность ассистента С.И.Метальникова, и в этом, вероятно, сыграли роль предшествующие профессиональные контакты Метальникова. Он учился на естественнонаучном отделении физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета и в качестве зоолога специализировался в зоотомическом кабинете у профессора Н.П.Вагнера, а с осени 1894 г. — у В.Т.Шевякова, который, напомним, был руководителем Туманова в Иркутском университете. В 1919 г. Метальников с семьей был вынужден покинуть Россию из Крыма по традиционному маршруту эмигрантов, через Константинополь в Париж. Директор Института Пастера Эмиль Ру, зная о научных заслугах Метальникова, предложил ему возглавить одну из лабораторий. Первая научная работа Туманова была посвящена проблемам иммунитета и болезней насекомых, в частности пчел. В те же годы он завершил образование в Парижском университете, получил степень бакалавра. Стипендии университета и Фонда Рокфеллера позволили работать на всемирно известной зоологической станции Неаполя. В 1933 г. Константин Александрович получил французское гражданство. В 1930—1946 гг. он заведовал лабораторией медицинской энтомологии и отделом Индокитая Института Пастера. В 1932—1933 гг. Туманов участвовал в организации борьбы с малярией и читал курс лекций о насекомых-переносчиках заболеваний в Медицинской школе в Ханое. В 1938—1939 гг. в том же городе он преподавал пчеловодство в Высшей сельскохозяйственной школе. Лекции по методам борьбы с переносчиками малярии Туманов читал также в Китае и на Филиппинах. В 1936 г. Туманов защитил в Сорбонне диссертацию на соискание степени доктора естественных наук по малярийным комарам Дальнего Востока. После окончания Второй мировой войны по приглашению Фонда Рокфеллера он посетил США для освоения современных методов борьбы с вредителями. В 1953 г. Туманов возглавил Службу медицинской энтомологии и патологии насекомых, посвятив многие годы разработке методов биологического контроля над вредными насекомыми и исследованиям их болезней, занимался также изучением болезней рыб. В 1956—1958 гг. Туманов создал миссии по борьбе с малярией и филяриатозом во Французской Гвинее. В 1967 г. Константин скончался в Париже в возрасте 64 лет.

В период работы в Высшей сельскохозяйственной школе в Ханое и Институте Пастера в Сайгоне Туманов часто встречался с Ренэ Бурэ. В поездках по Индокитаю собирал для него амфибий и рептилий в окрестностях Ханоя, в Там Дао (Тонкин, Виньфук, Вьетнам), в районе Кеп и Мимо (Кам-

боджа), в Далате (южный Аннам) и в южном Вьетнаме (Кохинхина): Сайгоне, Чадоке, Бариа и Кван Лой. В 1944 г. Туманов описал новый вид клеща, назвав его в честь французского герпетолога — *Aponomma bourreti*.

Среди найденных в Мимо амфибий оказался новый вид лягушек, который Бурэ описал в честь своего коллеги [5]. В этимологии нового названия автор описания указал, что оно посвящено доктору естественных наук Туманову из Института Пастера в Сайгоне. Типовой экземпляр в колониальные времена первоначально хранился в этом институте, затем в лаборатории естественных наук Ханойского университета, а в настоящее время находится среди типовых экземпляров Национального музея естественной истории в Париже.

В настоящее время лягушку Туманова относят к бесхвостым амфибиям семейства Dicroglossidae. Первоначально вид был описан как представитель рода *Rana* [5], а впоследствии в результате таксономических ревизий и филогенетических исследований рассматривался в составе родов *Euphlyctis* и затем *Limnonectes* — *L.toumanoffi*. В ходе дальнейшей номенклатурной работы и таксономической ревизии группы было выяснено, что этот вид раньше Бурэ описал М.А.Смит под названием *Rana dabanus* (типичная территория: Дабан, 200 м над ур. м., плато Лангбиан, Южный Аннам, Вьетнам) [7]. По этой причине лягушка, ареал которой охватывает районы восточной Камбоджи и южного Вьетнама, носит в настоящее время другое название — *Limnonectes dabanus* [4]. Она обитает в бассейне рек Меконг и Кронг, а во Вьетнаме найдена в провинциях Даклак, Ламдонг и Биньфьюк.

В провинции Даклак этих средних размеров лягушек (самцы около 55 мм в длину, самки — около 53 мм) мы обнаружили на территориях национальных парков «Ёкдон» (300—400 м над ур. м.) и «Чуянгсин» (700—900 м над ур. м.). В «Ёкдон» в дождевых лужах в лесу на берегу реки Кронг и на заросших высоким тростником берегах ее притока — небольшой речки Даккен, бегущей у подножья горы Ёкдон, мы встречали поющих самцов и созревших самок в мае-июне. В лесных, мелких, заболоченных ручьях в «Чуянгсин» нам встречались вокализирующие самцы и спаривающиеся (в амплексусе) особи в апреле-мае. А вот в провинции Биньфьюк в национальном парке «Бузямап» (около 300 м над ур. м.), в болотистой пойме лесного ручья, самцы активно пели уже в разгар муссонных ливней (в июле) [4]. Вокализирующие самцы ревностно охраняют выбранную и «приведенную в порядок» территорию на мелководном участке. После откладки яиц самка покидает нерестовый участок, а самец охраняет кладку до выхода головастика. Как и многие другие виды рода *Limnonectes*, лягушка Туманова имеет огромную массивную голову, которая используется как таран в брачных боях. У самок голова существенно меньше, без устремляющих выростов.

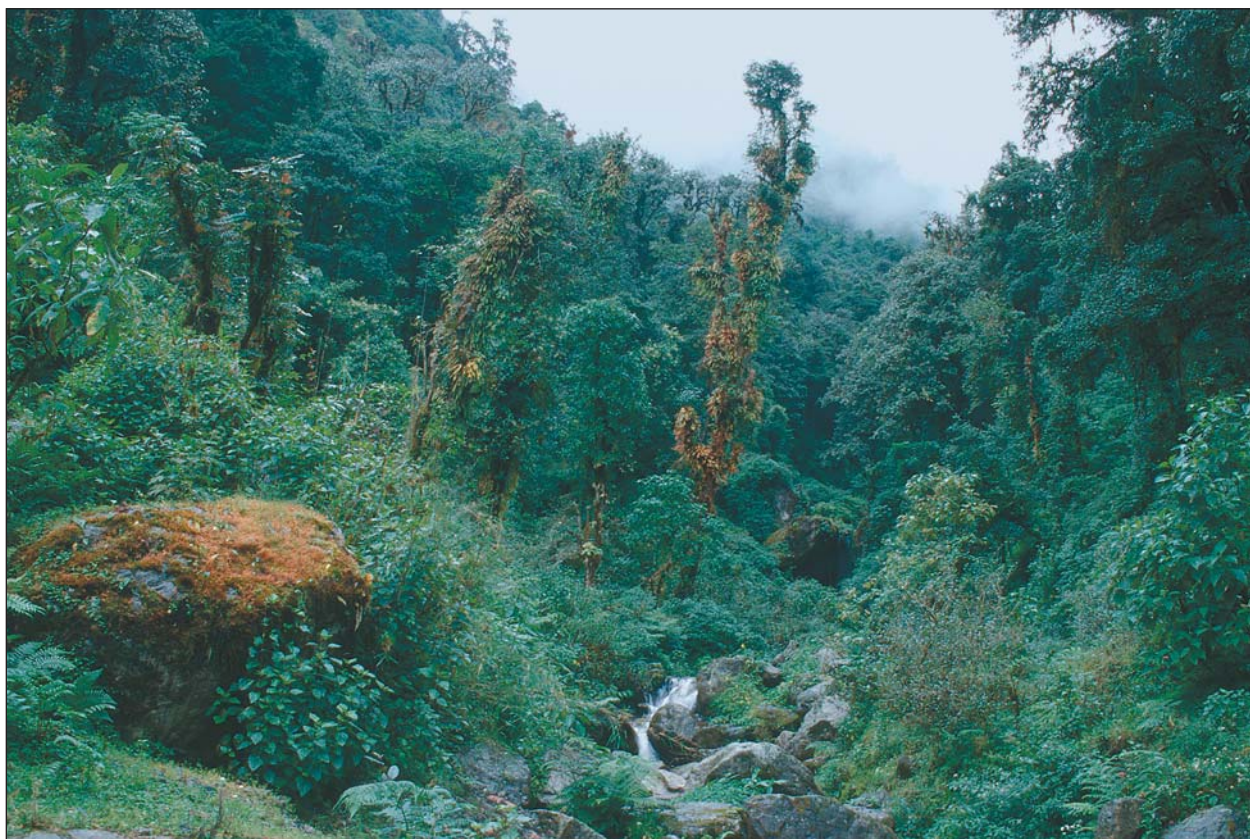


Типичные местообитания лягушки Туманова. Самец (внизу слева) этого вида по сравнению с самкой выглядит устрашающе — огромная голова с выростами служит ему тараном в брачных боях.

Здесь и далее фото Н.Л.Орлова

Олег Владимирович Полунин — второй русский по происхождению исследователь, в честь которого был назван вид амфибий из южной Азии (Непала), — известен как английский ботаник, преподаватель и путешественник. Он родился 28 ноября 1914 г. в городке Чекендон недалеко от Рединга в семье художников. Русский отец, Владимир Яковлевич Полунин (1880—1957), и мать-англичанка, Элизабет Вайолет Харт (1880—1950), наряду с выдающимися художниками «Мира искусства» участвовали в работе над декорациями

для постановок знаменитого «Русского балета Дягилева», который в начале XX в. пользовался шумным успехом во Франции и Великобритании. В семье было четверо детей; трое сыновей, Николай, Олег и Иван, стали выдающимися людьми. Старший сын, Николай Полунин (1909—1997) — как ботаник, полярный исследователь и путешественник — стоял у истоков создания науки об охране окружающей среды. Младший, Иван Полунин, доживший до наших дней (1920—2010), был врачом, натуралистом и кинематографистом, ос-



Лягушка Полунина — обительница высокогорных лесных ручьев.

тавившим бесценную коллекцию документов, фотографий и фильмов о Юго-Восточной Азии середины и последней трети прошлого века. В 1950—1970 гг. он преподавал медицину в университетах Филиппин, Сингапура и Малайзии.

Олег Полунина по образованию и основному роду занятий был школьным учителем. Завершив обучение в колледже Святой Магдалены в Оксфорде и получив в 1938 г. диплом магистра биологии, он более 30 лет преподавал в школе Чартерхаус в г.Годалминг (графство Суррей в южной Англии). В период Второй мировой войны Полунина служил в военной разведке Великобритании, что было сопряжено с путешествиями в Восточную

Азию. Долгий (с 1943 г.) и счастливый брак с Лорной Веннинг был прочной основой для его успешной работы и путешествий. По возвращении в Чартерхаус в 1946 г., Олег Владимирович с энтузиазмом вернулся к своим ученикам и преподаванию биологии. Важной особенностью обучения в послевоенные годы в Чартерхаусе была организация летних лагерей биологов, которыми руководила чета Полуниных. Вместе с детьми, Иваном и Наташей, они проводили занятия в различных графствах Великобритании, что позволяло глубоко погружаться в изучение естественной истории этих мест. Наблюдения привели к флористической инвентаризации и картированию многих видов растений. Профессиональная репутация Полунина и его сотрудничество с известными британскими ботаниками побудили Джорджа Тейлора (заместителя Хранителя отдела ботаники Британского музея) пригласить Полунина в качестве ботаника в экспедицию майора Г.У.Тилмана в Непал в 1949 г. Спустя три года Олег Владимирович вновь побывал в этой стране в составе экспедиции, организованной Британским музеем и Королевским садоводческим обществом. Впоследствии он путешествовал в Турцию (1954, 1956), Кашмир (1956), Ирак (1958), Ливан (1959) и Каракорум (1960, с англо-американской экспедицией), соби-

рая материалы гербариев, живых растений и их семена. Интересную возможность для дальнейших путешествий Полуниин получил, когда занялся научным туризмом. В частности, он вместе с Энтони Хаксли проводил ботанические экскурсии для туристов, осматривающих многочисленные археологические достопримечательности в Греции. Такие туры проходили по восточному Средиземноморью, особенно греческим островам, а также в Кашмире и Непале в Гималаях.

Результаты дальних странствий и флористических исследований вылились в подготовку и публикацию знаменитой серии полевых определителей «Цветы Средиземноморья» (1965, в соавторстве с Э.Хаксли), «Цветы Европы» (1969), «Цветы Юго-запада Европы» (1973, в соавторстве с Б.Смитом), «Цветы Греции и Балкан» (1980), «Цветы Гималаев» (1984, в соавторстве с А.Стэнтоном). Его книга стала классическим пособием не только для специалистов, но и для многочисленных ботаников-любителей, школьников и путешественников. По воспоминаниям Дж.Р.Экейройда, ученика Полунина, Олег Владимирович унаследовал от родителей художественную одаренность и проявлял себя не только как естествоиспытатель, но и как художник, страстно увлеченный эстетикой растительного мира [8]. Замечательные таблицы рисунков и цветные фотографии в определителях, выполненные в основном самим автором, установили новый высокий стандарт для публикаций такого типа.

В Великобритании достижения Полунина и в ботанике, и в научной фотографии были отмечены медалями и премиями, в том числе от Королевского садоводческого общества (1962) и Лондонского Линнеевского общества (1983). Именем ученого названы виды растений (например, *Saxifraga poluninii* и *Primula poluninii*), а также найденная им в 1949 г. во время экспедиции в Непал лягушка — *Rana polunini*, описанная в 1951 г. М.А.Смитом [9]. В этой экспедиции были собраны в основном ботанические и орнитологические коллекции, а также небольшие, но очень интересные герпетологические материалы, разбором которых занимался Смит [9]. Кроме нового вида лягушек, на исследованной территории в Лангтанг Гимал и Ганеш Гимал на границе с Тибетом были найдены и собраны *Bufo (Duttaphrynus) himalayanus*, *Scutiger sikimensis*, *Rana (Amolops) formosa*, *R. (Nanorana) liebigii*, *Calotes versicolor*, *Japalura tricarinata*, *Agama (Laudakia) tuberculata*, *Mabuya (Eutropis) sp.*, *Leiolepisma (Asymblypbarus) sikkimense*, *Nat-*

rix (Amphiesma) platyceps, *Oligodon erythrogaster*, *Trimeresurus albolabris*. Типовая серия *Rana polunini*, представленная двумя самцами (голотипом и паратипом), хранится в Британском музее естественной истории в Лондоне.

Лягушка Полунина — средних размеров (около 51 мм в длину) амфибия — распространена в пограничных районах Непала, южного Тибета (Китай) и, возможно, в Кашмире (Индия) на высотах 2100—3990 м над ур. м. После описания Смита вид относили к роду *Paa*, в настоящее время — к роду *Nanorana* (семейство Dicroglossidae).

* * *

В XXI в. вновь появились имена российских исследователей в названиях азиатских амфибий, например вьетнамских веслоногих лягушек из семейства Rhacophoridae. Это обширная (более 320 видов) группа древесных лягушек, которые широко распространены в Африке южнее Сахары, в Китае, Юго-Восточной Азии, на Тайване, Филиппинах и Больших Зондских о-вах*. Во Вьетнаме их более 50 видов, которые относятся к 10 родам [4]. Они занимают разные экологические ниши и достигают максимального разнообразия в тропических муссонных горных и равнинных лесах на высотах от уровня моря до более 2500 м над ур. м. Эти амфибии прекрасно адаптированы к древесному образу жизни. Среди веслоногих лягушек есть летающие (точнее, планирующие) формы, у которых между пальцами передних и задних конечностей развиты хорошо выраженные перепонки. В момент прыжка лягушка растопыривает

* Frost D.R. Amphibian Species of the World: an Online Reference. (9 January 2013). Electronic Database: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.



Планирующий полет веслоногой лягушки *R.dennysi*.

пальцы, раздувает тело и легко планирует, иногда на расстояния до 10–12 м. Практически все виды постоянно (или преимущественно) живут на деревьях, занимая различные высоты — от береговых зарослей лесных прудов и ручьев до верхнего яруса леса. Одни виды (или формы) покидают деревья или кустарники лишь для размножения или зимовки, другие — никогда — оставляют обычных местообитаний, находя здесь же места для откладки яиц (как правило, это виды с прямым развитием, т.е. без водной стадии головастика).

Лягушки родов *Chiromantis*, *Ghatixalus*, *Rhacophorus* и *Polypedates* строят гнезда на разной высоте над поверхностью воды: на деревьях и кустарниках, травянистой растительности, на почве или на скалах по берегам водоемов. В этих гнездах из яиц развиваются головастики, которые затем падают в водоем, где они живут вплоть до метаморфоза. Некоторые лягушки (*Rhacophorus kio*, *R.reinwardti*, *R.maximus*, *R.nannamensis*, *R.exochopus*, *R.rhodopus*, *R.robertingeri*, *R.bipunctatus*, *R.dulitensis*, *R.prominatus*, *R.dennysii*, а также виды комплекса «*Polypedates leucomystax*») строят гнезда недалеко от береговой линии водоема, куда их должны смыть ливни. Если этого не происходит, кладка высыхает и погибает, но лягушки продолжают строить новые гнезда и откладывают в них яйца до тех пор, пока дождутся сильных дождей. Гибель большого числа таких гнезд — это плата за продолжение рода, за потенциальное первенство попадания головастиков в водоемы и, соответственно, потенциальное преимущество в развитии.

Большинство лягушек родов *Feihyla*, *Kurixalus*, *Liuixalus*, *Philautus* откладывают крупные беложелтые яйца на листья нависающих над водой деревьев, кустарников или травянистых растений

(ароидных, имбирных), а порой — на листовой опад, кору деревьев, песок или камни у уреза воды. Не нужны водоемы только лягушкам с прямым развитием, из их яиц появляются на свет сразу вполне сформировавшиеся лягушата. Представители рода *Gracixalus* (частично, *Philautus*) подвешивают несколько крупных яиц в виде гроздьев стекающих студенистых капель на края листьев или тыльную их сторону над водоемом. Личинки в таком случае падают прямо в воду и продолжают развитие в водоеме.

В честь петербургских зоологов (сотрудников Зоологического института РАН, ЗИНа), в течение многих лет изучающих герпетофауну Вьетнама, были названы два вида рода *Rhacophorus*, к которому относится более 80 видов, поражающих разнообразием размеров, форм и окраски. Один из них был описан в 2001 г. немецкими герпетологами Т.Циглером и Дж.Келером и назван *R.orlovi* (по имени второго авторов этих строк, начавшего свои индокитайские исследования вместе с И.С.Даревским в 80-е годы прошлого века) [10]. Типовая территория *R.orlovi* — низменный влажный лесной заповедник Ке Го на высоте 350 м над ур. м. в провинции Хатинь на юге Северного Вьетнама. Этот интересный вид, относящийся к сложному в таксономическом отношении комплексу видов «*hoanglienensis — orlovi*», населяет северные и центральные районы страны до провинции Даклак на юге и сопредельные районы Лаоса. Эта небольших размеров (длина тела самцов до 38 мм, самок — до 50 мм) лягушка довольно редка на севере ареала — в провинциях Тонкина и на юге ареала — в провинциях Даклак, Зялай и Квангнам, известна по единичным находкам. Типовая серия *R.orlovi* (голотип и 23 паратипа) хранится в музеях ФРГ

и США: Зоологическом институте и музее А.Кенига в Бонне, Центре разведения видов, находящегося под угрозой исчезновения, зоопарка Сан Диего, Музее естествознания в Дрездене и Зоологическом музее университета А.Гумбольдта в Берлине.

Ракофорус Орлова после нескольких лет исследований оказался модельным видом в создании герпетокультуры, для которого успешно разработаны методы лабораторного разведения, описаны процедура строения пенных гнезд и развития личинок [11]. В горных лесах Аннамского хребта (провинции Квангчи, Квангбинь, Нгеань, Хатинь, Тханьхоа и Ниньбинь) вид вполне обычен и образует очень плотные популяции в долинах быстрых ручьев на высотах 200–1700 м. Особенно много-



Ракофорус Орлова.



Веслоногие лягушки: пара *Rhacophorus exechorugus* в амplexусе (слева) и самка *R. kio*, занятая строительством гнезда.

числен в лесных долинах карстовых ручьев, где размножение отмечено в апреле-июне. В брачный период поющие самцы занимают позиции на ветках кустарников и скалах в 1–20 м от потока воды. На береговой линии длиной 100 м порой собирается до 15 самцов и трех самок. Лягушки строят пенные гнезда на скалах и растительности, нависающих над водой.

Напомним, что обычно у веслоногих лягушек этого рода пары, находясь в амplexусе, спускаются вниз, выбирают участок для гнезда и приступают к его строительству. Гнездо крепится либо на почве у кромки воды, либо на скалистых стенках каньона у уреза воды, либо на ветвях или стволе дерева над водой. Самец не принимает участия в строительстве гнезда, эту работу выполняет самка. Она взбивает задними конечностями пенный ком из выделяемого специальными кожными железами секрета и одновременно откладывает 200–300 яиц, которые сразу оплодотворяет самец, сидящий на ее спине. Гнездо крупных видов имеет 18–20 см в диаметре. Из яиц выклеиваются личинки в течение 4–7 дней, гнезда постепенно распадается и головастики падают в воду, где им предстоит развитие. В дождливую погоду процесс распада гнезда и вымывание личинок проис-



Гнездо веслоногой лягушки.



Ракофорус Ларисы.

ходят быстрее. Иногда гнезда строятся над временными лесными лужами, которые при недостатке дождей пересыхают, и головастики погибают задолго до метаморфоза.

Второй вид рода *Rhacophorus* описан в прошлом году и назван по имени сотрудницы отделения герпетологии Ларисы Йогансен — *R.larissae* [12]. Этот лесной вид найден на высоте 1400 м над ур. м. на крутых склонах холмов, а также, вероятно, встречается в сопредельном Гуанси-Чжуанском автономном районе в КНР. Данных по его биологии пока недостаточно. Типовой экземпляр хранится в ЗИНе.

В 2004 г. был описан еще один вид веслоногих лягушек и назван *Chirixalus ananjevae* (по имени первого автора статьи, в течение последних 19 лет координирующей тропические герпетологические исследования сотрудников института) [13]. Голотип вида (взрослый самец) хранится в Университете г.Киото (Япония), а паратип (взрослая самка) — в ЗИНе. *Ch.ananjevae* — средних размеров (длина тела самцов 32.5 мм, самки — 43.4 мм) веслоногие арбореальные лягушки были найдены на юге Северного Вьетнама, в заповеднике «Ву Кванг», в районе Као Куа и провинции Хатинь; о других их местообитаниях пока ничего неизвестно. В последнее время этот вид относят к роду *Aquixalus* или *Kurixalus* [14]. Типовые экземпляры (пара в амплексусе) были

найжены в июне во время ночной экскурсии на широком листе растения на значительном расстоянии от водоемов. Самка была наполнена светлыми непигментированными яйцами диаметром 1.3—1.5 мм. Еще три самца позднее обнаружены в провинции Нгеань на горе Фулайланг, 1600 м над ур. м.

К подсемейству *Rhacophorinae* относится также род *Theلودerma* — один из самых удивительных таксонов арбореальных амфибий Старого Света. По фантастичности форм и окраски их можно сравнить лишь с бесхвостыми амфибиями азиатских родов *Rhacophorus* и *Nyctixalus*, а также с некоторыми видами таких древесных неотропических групп, как *Hemiphractus*, *Anotheca*, *Tiprion* и *Phyllomedusa*. У лягушек рода *Theلودerma* уплотненное тело, чаще всего покрытое многочисленными буграми и гребнями. Кроме того, для этих лягушек характерны очень специфические формы репродуктивного и защитно-демонстративного поведения. Они выбирают необычные места для порционных кладок крупных яиц — чаще всего дупла деревьев и иногда небольшие пещерки в пористой породе карста [15]. В настоящее время к роду *Theلودerma* относят 15—16 видов, распространенных в странах Индокитая, в южном Китае, в восточной Индии, на Суматре и Борнео (Индонезия) [15]. Все телодермы отличаются большой скрытностью в природе, что делает их крайне редкой добычей исследователей, и многие виды до сих пор известны в музейных коллекциях всего мира буквально по единичным экземплярам. Так, только с 1995 г. в различных районах Индокитая исследователи, и в том числе авторы этой статьи, начали собирать серийный материал для известных на тот период видов (*T.gordoni*, *T.stellatum*, *T.corticale*, *T.bicolor*, *T.borridum*, *T.leporosa*), но до сих пор о некоторых видах (*T.phrynoderma*, *T.moloch*, *T.ryabovi*, *T.nagalandense*) можно судить лишь по очень немногим, как правило, только типовым экземплярам [4, 15].

Телодерма Рябова, или гигантская контумская телодерма (*T.ryabovi*), описана в 2006 г. в честь герпетолога, сотрудника Московского зоопарка С.Рябова [16]. Эта крупная телодерма (длина тела самцов — 43.84—54.89 мм, самок — 58.97—64.58 мм) найдена на высоте 1210 м над ур. м. в Кон Ду, во вьетнамской деревне Манг Кань (округ Конплонг, провинция Контум), откуда известны находки многих других новых видов. Голотип *T.ryabovi* хранится в ЗИНе.

На высоте 1210 м в полидоминантном дождевом лесу, на расстоянии около 100 м от ближайшего постоянного водоема (лесного каскадного ручья), на пологом горном склоне расположена группа огромных деревьев семейства *Fagaceae*. На этих деревьях мы обнаружили телодерм в двух дуплах на высоте 8—9 м, в каждом из них находились гаремы *T.ryabovi* (взрослый самец и две самки). В 11 кладках, полученных от этих двух групп

телодерм, мы насчитали от 3 до 9 яиц, которые размещались на древесной коре над водой.

Наконец, только что было опубликовано описание еще одного нового вида [17]. Относится он к роду *Microhyla* семейства Microhylidae, которое широко распространено на юге Северной Америки, в северной и центральной части Южной Америки, в южной Африке и Мадагаскаре, в субтропической и тропической материковой Азии, на Индо-Австралийском архипелаге, включая Новую Гвинею, и в Австралии. Международный коллектив исследователей из России, Вьетнама и Германии назвал новый вид *M.darevskii*, в честь И.С.Даревского — выдающегося советского и российского герпетолога, чье 90-летие мы будем отмечать в декабре этого года. Этот вид узкоротой лягушки найден в окрестностях вьетнамской деревни Манг Ксанг (провинция Кон Тум) на склоне горы Нгок Линь (центральная часть Аннамских гор) на высоте около 1650 м над ур. м. О других местообитаниях этого вида пока ничего не известно. Типовые экземпляры хранятся в ЗИНе и Зоомузее МГУ.

* * *

Тропические районы Южной и Юго-Восточной Азии сопоставимы с тропиками Южной и Центральной Америки по уровню биологического разнообразия наземной фауны, но явно уступают в степени ее изученности. Особенно это касается восточного Индокитая. Правда, в последние 20 лет научный интерес к природе этого региона (в частности, Вьетнама) значительно возрос. В результате выяснялось, например, что более 40% видов амфибий материковой части Юго-Восточной Азии встречается во Вьетнаме и горные экосистемы страны играют ключевую роль в сохранении биоразнообразия всей Юго-Восточной Азии. Горные тропические леса Вьетнама выступают и как самостоя-



Телодерма Рябова и ее кладка.



Микрохила Даревского.

тельный фауногенный центр с высоким уровнем эндемизма амфибий (около 100 эндемичных видов). Нельзя не отметить, что эти экосистемы подвержены усиливающейся угрозе уничтожения. В связи с ускоряющимся антропогенным воздействием на природу страны инвентаризация и изучение экологии наземной фауны Вьетнама сильно отстают от темпов исчезновения тропических (прежде всего, первичных) лесов и их обитателей. Значительная часть узко эндемичных видов исчезает вместе с тропическими лесами еще до их открытий и описаний. Достаточно небольших изменений в гидрологических режимах и солнечной инсоляции, вызванных рубками доминирующих старых деревьев в первичном лесу, как безвозвратно исчезают самые редкие и узко локализованные виды. Бурное развитие экономики страны и оптимизация использования и сохранения ее биологических ресурсов требуют изучения всех компонентов биоты и в том числе видового и экологического богатства земноводных как важнейшей составляющей дождевых первичных тропических лесов. Анализ

видовых списков амфибий Вьетнама показал, что в 1996 г. было известно 82 вида амфибий, а в 2009 г. — уже 173 [4]. Таким образом, альфа-разнообразию за этот период времени возросло в два раза. За последние пять лет количество вновь описанных форм из Юго-Восточной Азии продолжает лавинообразно возрастать, и в изучении биоразнообразия фауны принимают активное участие российские зоологи, которыми описано более 50 видов амфибий. Полученные результаты и их анализ вносят важный вклад в совершенствование знаний о фауне тропических лесов Юго-Восточной Азии и процессах видообразования у амфибий и рептилий, а также планирование мер охраны экосистем тропических лесов.

Полученные российскими исследователями результаты и их анализ внесли важный вклад в совершенствование знаний о фауне тропических лесов Юго-Восточной Азии и процессах видообразования у амфибий и рептилий, а также в планирование мер охраны экосистем тропических лесов этого региона. ■

Литература

1. Anderson S.C. The lizards of Iran. Contributions to Herpetology. V.15. NY, 1999.
2. Nguyen Q.T. Herpetological collaboration in Vietnam // Herpetologia Bonnensis II. Proceedings of the 13th Ordinary General Meeting of the Societas Europaea Herpetologica / Eds M.Vences, J.Köhler, T.Ziegler, W.Böhme. Bonn, 2006. P.233—240.
3. Ананьева Н.Б., Орлов Н.Л. Современный взгляд на биоразнообразие тропической Азии: вклад российских герпетологов // Вопр. герпетол. 2011. С.7—16.
4. Орлов Н.Л., Ананьева Н.Б. Амфибии Юго-Восточной Азии // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т.309. СПб., 2007.
5. Bourret R. Notes herpetologiques sur l'Indochine française. XXII. Reptiles et batraciens recus au Laboratoire des Sciences naturelles de l'Universite au cours de l'annee 1941. Description d'une espece et d'une ariete nouvelles // Annexe au Bulletin Général de l'Instruction Publique. Hanoi, 1941. P.5—29.
6. Фокин С.И. Карьера профессора Шевякова. Карлсруэ — Гейдельберг — Санкт-Петербург — Иркутск // Русско-немецкие связи в биологии и медицине. СПб., 2001. С.68—76.
7. Smith M.A. The frogs allied to *Rana doriae* // J. Nat. Hist. Soc. Siam 1922. №4. P.215—229.
8. Akeroyd J.R. Obituary of Oleg Vladimirovich Polunin (1914—1985) // Watsonia. 1986. V.16. P.105—107.
9. Smith M.A. On a collection of amphibians and reptiles from Nepal // Ann. and Mag. Nat. Hist. 1951. Ser.12. №4. P.726—728.
10. Ziegler T., Köbler J. *Rhacophorus orlovi* sp.n., ein neuer Ruderfrosch aus Vietnam (Amphibia: Anura: Rhacophoridae) // Sauria. 2001. V. 23. №3. P.37—46.
11. Wildenbues M.J., Bagaturov M.F., Schmitz A. et al. Captive management and reproductive biology of Orlov's Treefrog, *Rhacophorus orlovi* Ziegler & Köhler, 2001 (Amphibia: Anura: Rhacophoridae), including larval description, colour pattern variation and advertisement call // Zool. Garten N.F. 2011. V.80. P.287—303.
12. Ostroshabov A.A., Orlov N.L., Nguyen T.T. Taxonomy of frogs of genus *Rhacophorus* of *hoanglienensis-orlovi*-complex // Rus. J. Herpetol. 2013. V.20. №4. P.301—324.
13. Matsui M., Orlov N.L. A new species of *Chirixalus* from Vietnam (Anura: Rhacophoridae) with notes on the generic classification of the family // Zool. Sciences. 2004. V.21. №6. P.671—676.
14. Delorme M., Dubois A., Grosjean S., Obler A. Une nouvelle classification générique et subgénérique de la tribu des Philautini (Amphibia, Anura, Rhacophorinae) // Bull. Mens. Soc. Linn. 2005. V.74. №5. P.165—171.
15. Орлов Н.Л., Рябов С.А., Ананьева Н.Б., Евсюнин А.А. Азиатские древесные лягушки рода *Theلودerma* Tschudi, 1838 (Amphibia: Anura: Rhacophoridae: Rhacophorinae). СПб., 2010.
16. Orlov N.L., Dutta S.K., Gbate H.V., Kent Y. New species of *Theلودerma* from Kon Tum Province (Vietnam) and Nagaland State (India) (Anura: Rhacophoridae) // Russ. J. Herpetol. 2006. V.13. №2. P.135—154.
17. Poyarkov N.A., Vassiljeva A.B., Orlov N.L. et al. Taxonomy and distribution of narrow-mouth frogs of the genus *Microhylla* Tshudi, 1838 (Anura: Microhylidae) from Vietnam with descriptions of five new species // Russ. J. Herpetol. 2014. V.21. №2. P.89—148.

Камни на дне Северного Ледовитого океана

Е.А.Гусев

В распределении современных донных осадков Северного Ледовитого океана есть известная особенность: размер составляющих их частиц уменьшается в направлении от источников сноса материала (континентов) в сторону глубоководных котловин. Галька, песок, гравий обычно аккумулируются в пределах современных пляжей, иногда — на мелководье. Меньшие по размеру частицы (алевриты) переносятся ветром, течениями и энергией волн на большую глубину. Самые мелкие, глинистые частицы могут перемещаться на огромные расстояния и достигать глубоководных областей. Поэтому на дне абиссальных равнин океанов (максимально удаленных от берегов) обычно распространены мелкодисперсные илистые осадки.

Эта общая для Мирового океана закономерность нарушается лишь в высоких широтах, где к агентам переноса осадочного материала (ветру, стоку рек, абразии берегов, морским течениями и т.д.) подключается разнос материала дрейфующим льдом, а иногда и айсбергами. При этом на дно океана наряду с илистым материалом попадают песок, гравий и довольно крупные каменные обломки, в англоязычной литературе именуемые IRD (ice rafted debris). Особенности процессов захвата, переноса и отложения обломков морским



Евгений Анатольевич Гусев, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом геологического картирования Всероссийского научно-исследовательского института геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им.И.С.Грамберга (Санкт-Петербург). Область научных интересов — геология Арктики, палеогеография четвертичного периода.

льдом подробно описаны в монографии известного морского геолога, академика А.П.Лисицына [1]. Ледовая седиментация наиболее характерна для Арктического бассейна. Но все ли обломки горных пород, попавшие на дно Северного Ледовитого океана, принесены льдами? На этот вопрос я и попытаюсь ответить.

Поднятие Менделеева

Поднятие Менделеева — асейсмичный хребет в Амеразийском бассейне Северного Ледовитого океана. Геоморфологически оно представляет собой ансамбль структур — плато, террас и подводных гор [2]. Над окружающими глубоководными впадинами они возвышаются на 1000—1500 м. В южной части поднятия распространены широкие плосковершинные плато, кое-где нарушенные разломными зонами. Эти разломы в рельефе дна представлены в виде уступов. В районе 81°с.ш. высота поднятия заметно уменьшается, выступают лишь отдельные подводные горы с довольно значительной относительной высотой. С юга на север снижается мощность осадочного чехла, покрывающего положительные формы рельефа.

На крутых склонах подводных гор поднятия Менделеева развиты процессы оползания мягких осадков и скатывания вниз каменных обломков. Тонкие глинистые частицы перемещаются со склонов к подножиям гор в виде взвеси в составе так называемых турбидитных потоков. Широко развиты глубоководные придонные течения, имеющие различные направление, режим и силу.

© Гусев Е.А., 2014



Айсберг в районе поднятия Менделеева.

Фото П.В.Реканта

В течение долгих лет господствовало представление, что на поднятии Менделеева практически повсеместно распространен сплошной осадочный покров мощностью 0,5–1,5 км, исключающий возможность обнаружения на океанском дне выходов литифицированных пород коренного ложа. По данным сейсмических исследований, лишь в отдельных местах, в зонах тектонических нарушений на крутых склонах, породы фундамента непосредственно выступают на поверхности дна [3, 4].

В течение ряда лет участники многих арктических экспедиций поднимали со дна океана различные каменные обломки. Их происхождение достоверно установлено не было, и в этом вопросе мнения исследователей разделились. Одни считают, что камни, а также крупнопесчаный и гравийный материал имеют дрейфовую природу, т.е. принесены сюда с Канадского Арктического архипелага морскими льдами и айсбергами [5–7]. Другие утверждают, что встречающиеся на склонах поднятия Менделеева каменные обломки образовались на месте [8, 9].

Таким образом, для определения источников обломочного материала необходимо детальное исследование особенностей строения подводных гор поднятия Менделеева, в том числе подтверждение или опровержение наличия выходов коренных пород на поверхности океанского дна.

Скалы на дне

С августа по октябрь 2012 г. в Северном Ледовитом океане работала комплексная высокоширотная геолого-геофизическая экспедиция «Арктика-2012», организованная Севморгео и ВНИИОкеангеология. В ней участвовали два ледокола — «Диксон» и «Капитан Драницын», а также исследовательские подводные лодки Министерства обороны России.

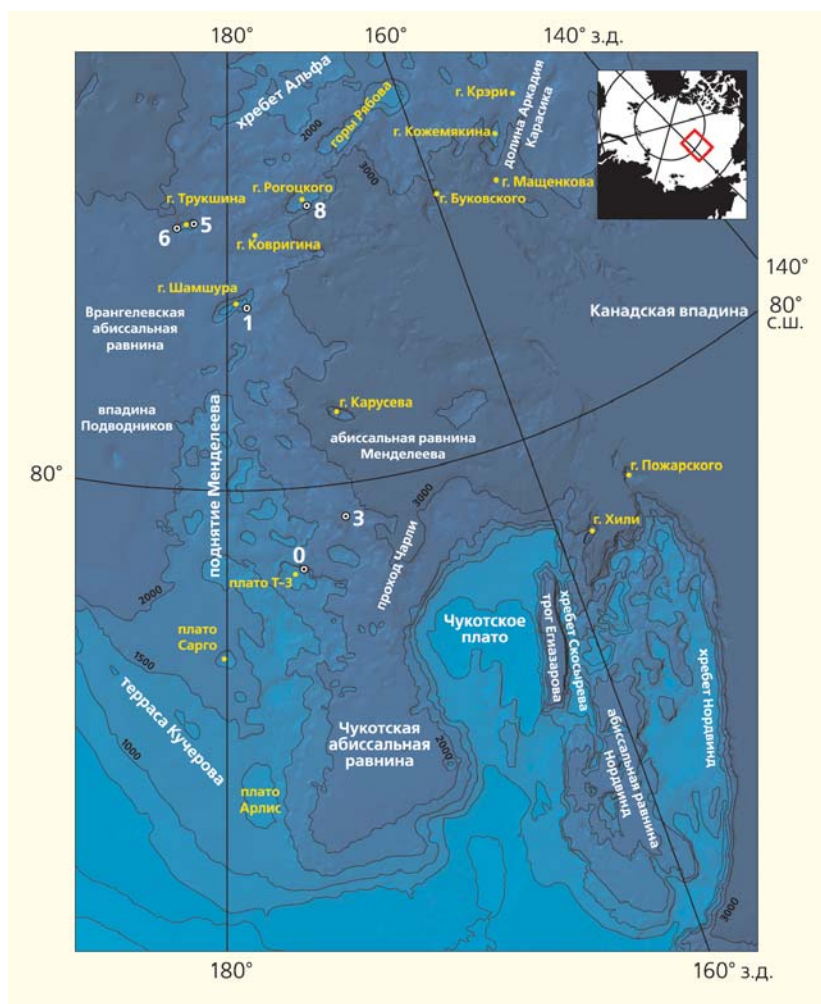
Целями экспедиции были получение сейсмических данных о толщине осадочного чехла на поднятии Менделеева и изучение его глубинной структуры. Планировалось собрать донно-каменный материал, пробурить скважины и поднять полученные керны, определить возраст подводного горного массива и осадочных пород и соотнести получившиеся данные с геофизическими и геологическими исследованиями континента.

В комплекс исследований входило многолучевое эхолотирование, сейсмоакустическое и сонарное профилирование, обследование дна с видеосъемкой обнажений (с расстояния 10–20 м) и отбор проб манипулятором подводной лодки. С ледокола «Капитан Драницын» проводился донный пробоотбор драгой (ковшом, который волочится за судном по дну), телегрейфером (захлопывающимся ковшом для забора донных пород) и полуавтономной буровой установкой. Методика

проведения геолого-геофизических исследований в экспедиции «Арктика-2012» подробно описана в нескольких недавно опубликованных статьях [10, 11]. Увлекательную научно-популярную повесть об экспедиции опубликовал ее участник А.А.Кременецкий [12].

Экспедиционные исследования подтвердили наличие коренных выходов скальных пород на поверхности дна океана на крутых склонах, что было задокументировано с помощью видеоаппаратуры [13]. Впервые в Арктике наблюдения производились не с помощью оборудования, погружаемого с дрейфующего судна за борт, а с подводной лодки, свободно маневрирующей в нужном направлении и производящей непосредственное обследование океанского дна. Я принимал участие в экспедиции в составе экипажа субмарины, поэтому мне и моим коллегам удалось увидеть своими глазами, сфотографировать и снять на видеокамеру подводные ландшафты с коренными выступами.

Обнажения встречались на полигонах 0 (плато Т-3), 1 (гора Шамшура), 5 и 6 (гора Трукшина). Ширина выходов коренных пород варьировала в пределах от 5–10 до 100–200 м. Чаще всего



Батиметрическая карта района поднятия Менделеева (<http://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/>) [2, 3]. Кружками и цифрами показаны полигоны исследований экспедиции «Арктика-2012».



Дизельный ледокол «Капитан Драницын» и научно-исследовательская подводная лодка, принимавшие участие в экспедиции «Арктика-2012».

<http://militaryrussia.ru>



Фотографии скальных выходов на склонах, выполненные с борта подводной лодки: а—г — на плато Т-3 (полигон 0); д, е — на горе Трукшина (полигон 6).

они были вытянуты вдоль некоего гипсометрического уровня либо располагались наклонно, пересекая склон под углом к линии горизонта. Горные породы в скальных поверхностях имели различный облик. Встречались породы как массивные, так и слоистые, часто сильно выветрелые, кавернозные, с видимыми трещинами и протяженными разрывными нарушениями.

На полигоне 8 (гора Рогоцкого) скальных выходов в нижней части склона мы не нашли, однако у подножия встречены массивные блоки (до 20 м в поперечнике), выступающие из донных осадков.

Возможно, они были перемещены к подножию крупным оползнем с верхней части склона, где, по данным многолучевого эхолотирования, зафиксирован обрывистый уступ. На отдельных полигонах скальные выходы и лежащие неподалеку каменные обломки покрыты железомарганцевыми корками довольно большой мощности (до нескольких сантиметров).

С борта ледокола «Капитан Драницын» на полигонах 0 и 5 в местах обнаружения выходов скальных пород было выполнено бурение скважин, которые вскрыли вулканические породы [14].



Опускание буровой установки с борта ледокола.

Фото П.В.Реканта

Обломки на склонах и у подножий

Еще в 1960-х годах американские и канадские исследователи района поднятия Менделеева по материалам систематического фотографирования дна указывали на контрастные различия в строении дна впадин и подводных гор [15]. Для впадин были характерны очень редкие каменные обломки на поверхности, для гор — скопления крупных кусков горных пород с разной степенью окатанности.

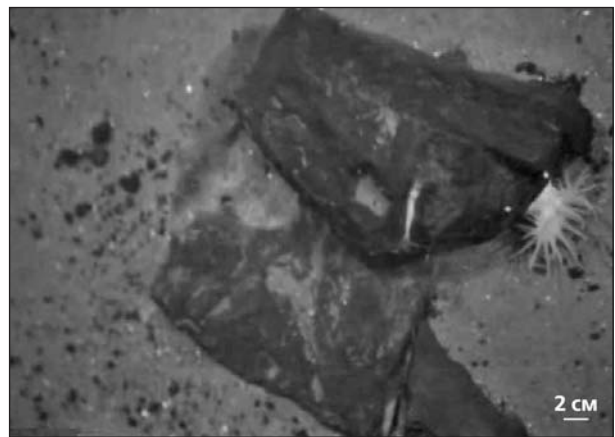
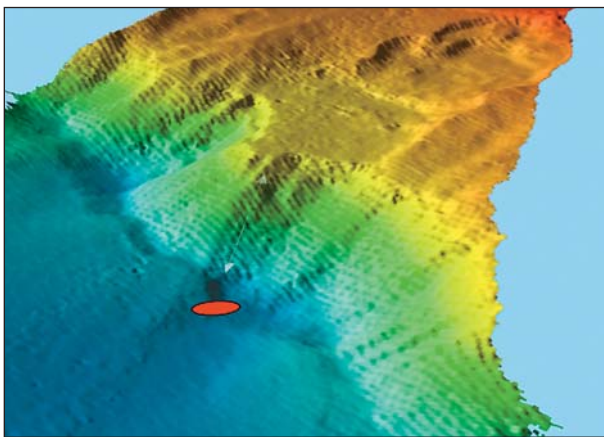
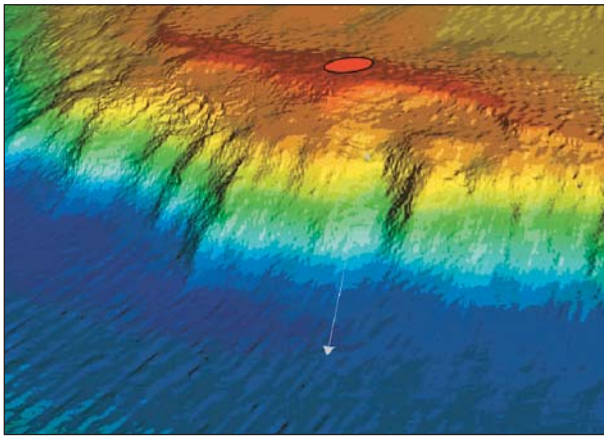
В экспедиции «Арктика-2012» глубоководные котловины не изучались, обследовались только подводные горы. Тем не менее увеличение количества каменных обломков на склонах и у подножий, а также снижение их числа при удалении от подводных гор наблюдалось и нами.

Но, безусловно, одним только визуальных наблюдений коренных выступов и данных бурения недостаточно для определения источников каменных обломков — драгированных, отобранных грунтовыми трубками и дночерпателями со склонов подводных гор. В отличие от кернов буровых скважин, состоящих из магматических образований, материал из драг был представлен широким спектром осадочных, метаморфических и магма-

тических горных пород. Следует отметить, что на склонах гор как на суше, так и в океане обычно в виде обнажений выступают устойчивые к разрушению магматические породы. Осадочные же, более податливые к размыву, часто перекрыты склоновыми отложениями различной мощности. Поэтому вскрытые всего двумя скважинами вулканические образования не доказывают исключительно магматического происхождения фундамента поднятия Менделеева, как это предполагалось по сейсмическим данным [4].

В экспедиции изучены строение дна Северного Ледовитого океана и особенности распределения каменных обломков по дну в местах как наличия, так и отсутствия выходов коренных пород. Так, в южной части поднятия Менделеева на плоской вершине одной из подводных гор (полигон 3), перекрытой мощной толщей слоистых осадков, встречены каменные обломки различной морфологии, очевидно, принесенные сюда дрейфующими льдами и айсбергами.

Особенно большие скопления каменных обломков отмечались у подножия крутых склонов подводных гор, а также непосредственно у основания обследованных скальных обнажений. Здесь их размер увеличивается, нередко встречаются



Модели рельефа дна в пределах склонов поднятия Менделеева и фотографии, сделанные с подводной лодки (места съемки отмечены красным): сверху — полигон 3, внизу — полигон 5.

крупные глыбы с острыми краями и свежими сколами, четкими неровными гранями. Источником таких обломков, по всей видимости, служат выступающие в непосредственной близости выходы скальных пород. При этом определенный вклад в концентрирующийся у подножий материал вносит и ледовый разнос.

Разумеется, невозможно только по морфологическим признакам разделить драгированные

обломки горных пород на скатившиеся со склонов, имеющие местное происхождение и принесенные сюда дрейфующими льдами. Айсберговый материал, так же как и инситный (образовавшийся на месте), может иметь «свежий» облик, острые и неровные края и довольно крупные размеры. Выполненный петрографический анализ образцов показал, что среди обломков одновременно присутствуют как заведомо инситные породы

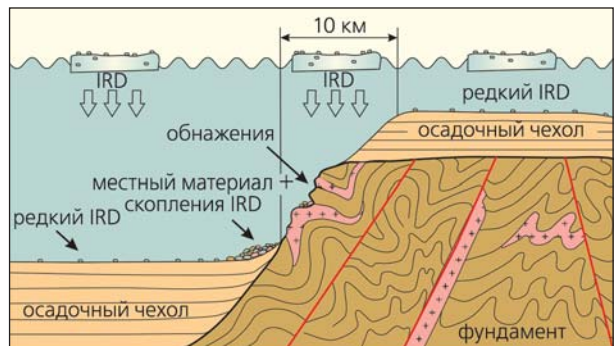
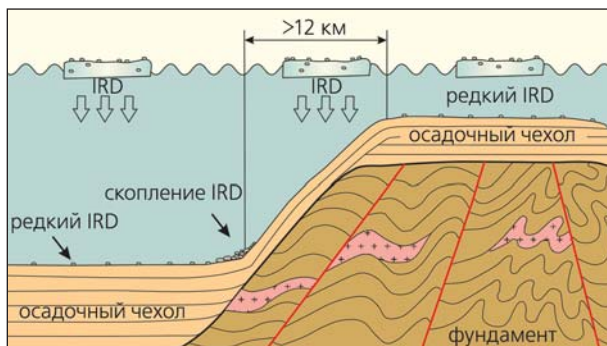


Схема строения гор поднятия Менделеева: слева — склоны, покрытые мощной толщей осадочного чехла, справа — склоны с обнажениями коренных пород.



Каменные обломки, отобранные манипулятором подводной лодки на полигоне 0.

Фото П.В.Реканта

(те самые, что вскрыты в пробуренных неподалеку неглубоких скважинах), так и материал ледового разноса. Разрушение коренных пород фундамента в обнажениях, по всей видимости, в настоящее время замедлено, и к подножиям попадает лишь небольшое количество обломков. Такой вывод сделан по результатам изучения обнажений: практически все они обладают незначительными размерами (небольшой вертикальной протяженностью обнаженных склонов), характеризуются низкой интенсивностью процессов дезинтеграции скальных пород под водой и имеют невысокую скорость потоков массопереноса по склонам подводных гор.

Несмотря на полное отсутствие эпицентров современных землетрясений в данном районе, свежесть тектонически обусловленных склонов подводных гор поднятия Менделеева и наличие выступов коренных пород в эскарпах свидетельствуют о былой сейсмической активности района. Землетрясения, происходившие здесь в недавнем прошлом, могли приводить к разрушению склонов, скатыванию вниз каменных обломков и оползанию осадков [16]. О былой сейсмической активности района говорят отмеченные на сеймопрофилях многочисленные разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле поднятия Менделеева [4].

К вопросу о внешней границе шельфа

Вопрос о происхождении каменных обломков на склонах гор поднятия Менделеева чрезвычайно важен в свете решения вопроса о внешней границе континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане. Многие российские геологи и геофизики считают поднятие Менделеева, хребет Ломоносова и части окружающих их впадин естественным продолжением структур Восточно-Арктического континентального шельфа России в глубоководную область океана [17]. Большинство иностранных ученых придерживается взглядов об океаническом происхождении этих структур.

Россия может претендовать на территории подводных гор, если докажет их континентальную природу, т.е. то, что они служат подводным продолжением материка.

В экспедиции «Арктика-2012» установлено, что каменные обломки, отобранные со склонов гор поднятия Менделеева, свидетельствуют о континентальном происхождении слагающих их горных пород. Полученные со дна образцы представлены известняками и доломитами (50–65%), песчаниками, алевролитами, аргиллитами (20–25%), базальтами, долеритами, гранитами (5–25%), а также метаморфическими сланцами и гнейсами

(2–12%) [13]. Таким образом, в строении фундамента поднятия Менделеева участвуют осадочные, метаморфические и магматические породы, характерные именно для континентальной литосферы. Поэтому важно было определить, принесены ли обломки дрейфующим льдом и айсбергами или же они имеют местное происхождение. По результатам экспедиции удалось сделать очень важный вывод: на склонах подводных гор наряду с обломками, принесенными льдами, встречается

и местный каменный материал, скатившийся с обнаженных коренных выступов скальных пород непосредственно на поднятии Менделеева.

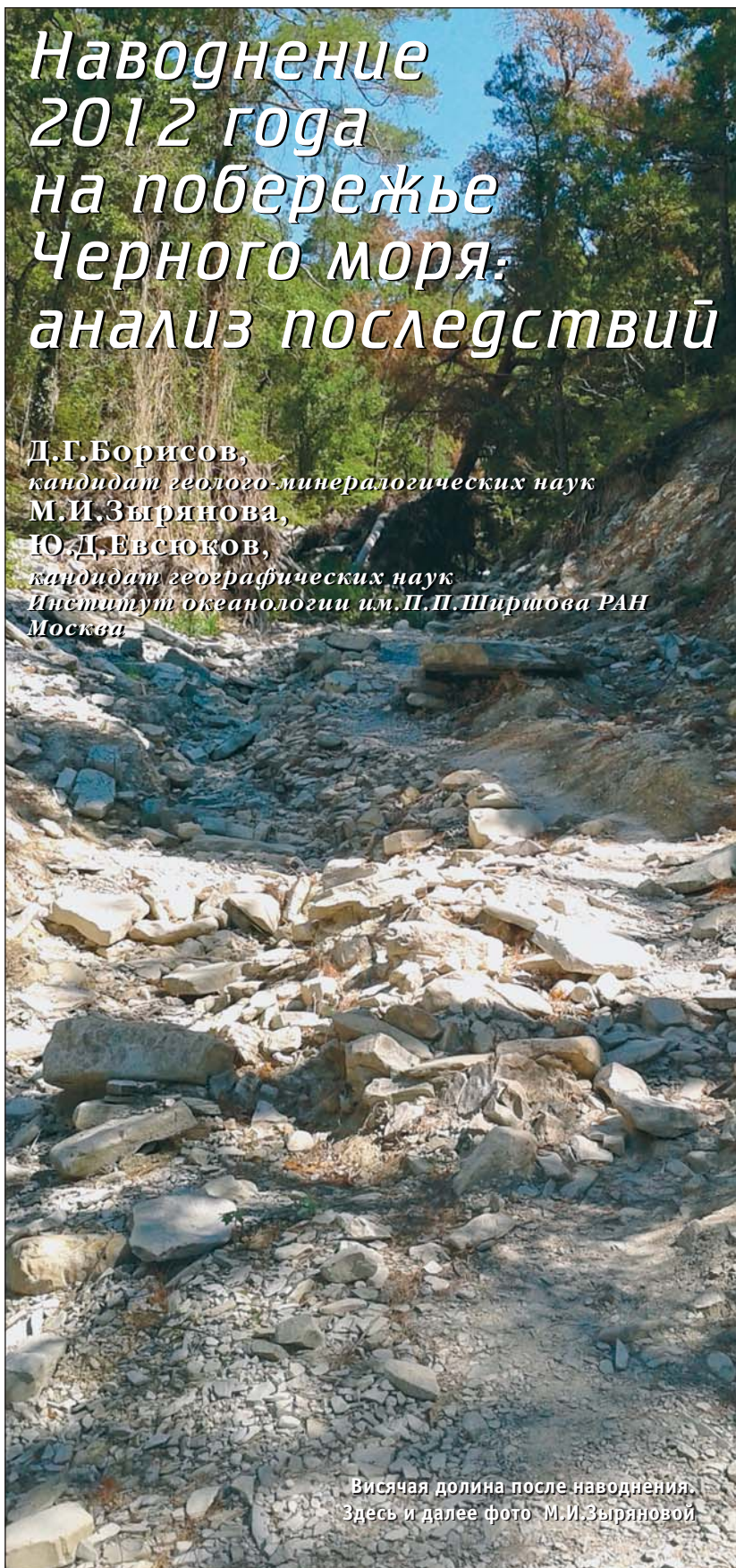
Полученные батиметрические и сейсмические данные, а также результаты изучения многочисленных геологических образцов, несомненно, помогут в процессе установления природы поднятия Менделеева и будут способствовать юридическому закреплению за Россией фактически принадлежащих ей территорий. ■

Литература

1. Лисицын А.П. Ледовая седиментация в Мировом океане. М., 1994.
2. Jakobsson M., Mayer L.A., Coakley B. et al. The international bathymetric chart of the Arctic ocean (IBCAO) Version 3.0. // *Geophysical Research Letters*. 2012. V.39. L12609.
3. Hall J.K. Sediment waves and other evidence of paleo-bottom currents at two locations in the deep Arctic Ocean // *Sedimentary Geology*. 1979. V.23. P.269–299.
4. Bruvoll V., Kristoffersen Y., Coakley B.J. et al. The nature of the acoustic basement on Mendeleev and northwestern Alpha ridges, Arctic ocean // *Tectonophysics*. 2012. V.514–517. P.123–145.
5. Крылов А.А., Штайн Р., Ермакова Л.А. Глинистые минералы как индикаторы условий позднечетвертичного осадконакопления в районе поднятия Менделеева, Амеразийский бассейн Северного Ледовитого океана // *Литология и полезные ископаемые*. 2013. №6. С.507–521.
6. Phillips R.L., Grantz A. Regional variations in provenance and abundance of ice-rafted clasts in Arctic Ocean sediments: implications for the configuration of late Quaternary oceanic and atmospheric circulation in the Arctic // *Marine Geology*. 2001. V.172. P.91–115.
7. Stein R., Matthiessen J., Niessen F. et al. Towards a better (litho-) stratigraphy and reconstruction of Quaternary paleoenvironment in the Amerasian basin (Arctic ocean) // *Polarforschung*. 2010. V.79. №2. P.97–121.
8. Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н., Петрова В.И. О геотектонической природе системы Центрально-Арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в ее определении // *Геотектоника*. 2004. №6. С.33–48.
9. Рекант П.В., Миролюбова Е.С., Андреева И.А., Смирнова Л.С. Сравнительный анализ минеральных ассоциаций донных отложений прилаптевоморского сегмента хребта Ломоносова и поднятия Менделеева как один из критериев оценки источников обломочного материала // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2013. №4(98). С.79–95.
10. Шкатов М.Ю., Иванов Г.И. Первая российская скважина на дне Северного Ледовитого океана // *Океанология*. 2013. Т.53. №4. С.569–572.
11. Морозов А.Ф., Шкатов М.Ю., Корнеев О.Ю., Кашубин С.Н. Комплексная геолого-геофизическая экспедиция «Арктика-2012» по обоснованию континентальной природы поднятия Менделеева в Северном Ледовитом океане // *Разведка и охрана недр*. 2014. №3. С.22–27.
12. Кременецкий А.А. Арктида. М., 2013.
13. Гусев Е.А., Лукашенко Р.В., Попко А.О. и др. Новые данные о строении склонов подводных гор поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // *Доклады Академии наук*. 2014. Т.455. №2. С.184–188.
14. Морозов А.Ф., Петров О.В., Шокальский С.П. и др. Новые геологические данные, обосновывающие континентальную природу области Центрально-Арктических поднятий // *Региональная геология и металлогения*. 2013. №53. С.34–55.
15. Hunkins K.L., Mathieu G., Teeters S.R., Gill A. The floor of the Arctic ocean in photographs // *Arctic*. 1970. V.23. №3. P.175–189.
16. Гусев Е.А., Рекант П.В., Большианов Д.Ю. и др. Псевдогляциальные структуры подводных гор поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) и континентальной окраины Восточно-Сибирского моря // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2013. №4(98). С.43–55.
17. Поселов В.А., Буценко В.В., Каминский В.Д., Саккулина Т.С. Поднятие Менделеева (Северный Ледовитый океан) как геологическое продолжение континентальной окраины Восточной Сибири // *Доклады Академии наук*. 2012. Т.443. №2. С.232–235.

Наводнение 2012 года на побережье Черного моря: анализ последствий

Д. Г. Борисов,
кандидат геолого-минералогических наук
М. И. Зырянова,
Ю. Д. Евсюков,
кандидат географических наук
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН
Москва



Висячая долина после наводнения.
Здесь и далее фото М. И. Зыряновой

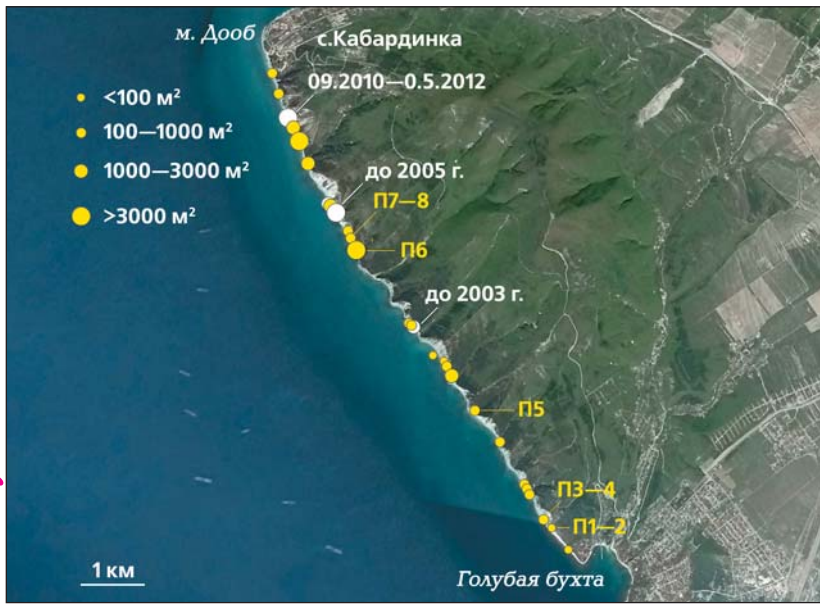
Наводнения в Краснодарском крае случаются часто и связаны они главным образом с обильными многодневными ливнями. К последствиям этих грозных капризов природы относятся не только повреждение и разрушения строений и коммуникаций, но и значительные преобразования природных ландшафтов [1, 2]. Мощные потоки воды могут вызывать такие опасные явления, как обвалы и сели [2], перемещающие огромные массы грязекаменного материала на расстояния до нескольких километров.

В результате известного катастрофического наводнения 6—7 июля 2012 г., вызванного обильными ливнями, были существенно размыты русло и пойма р. Ашамбы, а в Голубую бухту (в районе г. Геленджика) вынесено, вместе со стволами деревьев, автомобилями и фрагментами зданий, до 510 тыс. м³ рыхлого осадочного материала. Для сравнения: такого количества ила хватило бы, чтобы покрыть полуметровым слоем 123 футбольных поля. Последствия наводнения для небольшой бухты оказались действительно катастрофическими. Почти мгновенно (особенно в геологическом масштабе времени) ее глубина уменьшилась на 1—1,3 м, а в устье Ашамбы образовалась коса длиной 65—70 м, шириной 3—15 м и высотой над уровнем моря 1—1,5 м [1]. Коса сложена преимущественно грубообломочным материалом с размером обломков до 10 см и увенчана кронами выкорчеванных грязекаменным потоком деревьев.

Наводнение оставило следы вдоль всей береговой линии Черного моря — от Голубой бухты до с. Кабардинки. Их изучением сотрудники нашего института занимались в ходе комплексной прибрежно-морской экспедиции «Черное море» в августе 2013 г. Маршрут пролегал у подножия береговых уступов, где обнажается флишевая толща

© Борисов Д. Г., Зырянова М. И.,
Евсюков Ю. Д., 2014

Научные соавторы



Космический снимок района проведения исследований. Желтыми кругами показаны осадочные тела, образованные после наводнения 2012 г., белыми — сформированные ранее. П1—8 — точки отбора проб обломочного материала.

со слоями серых и желтовато-коричневых осадочных пород, круто падающими к морю. Мел-палеогеновым флишем, пласты которого иссечены многочисленными трещинами и смяты в складки, сложены грядовые возвышенности, которые тянутся к морю от горы Дооб. По данным спутнико-

вой альтиметрии, величина среднего уклона уступов варьирует от 14.68° (в районе щелей, разделяющих грядовые возвышенности) до 27.24° (в районе осевых частей возвышенностей). Максимальное значение уклона составляет 29.33° [3]. После схода грязекаменных потоков, вызванных наводнением, образовалась серия из нескольких десятков аккумулятивных тел, изменивших береговую линию. Осадочные тела имеют в плане конусовидную или подковообразную форму и площадь от 30 до 9450 м^2 . Наиболее крупные простираются вдоль берега на расстояние до 200 м и выступают на несколько метров в море. Сложены такие осадочные тела преимущественно обломочным материалом, застывшим в глинистом матриксе с фрагментами (а иногда с целыми стволами) деревьев. Всего на маршруте протяженностью около 8 км было обнаружено и нанесено на карту 30 аккумулятивных тел. Их положение и размеры мы определяли с помощью высокочувствительного GPS-приемника Garmin GPS72H. Нужно было сфотографировать каждый конус, в том числе сделать панорам-



Спутниковые фотографии побережья Черного моря в районе с.Кабардинки, сделанные до (слева) и после (справа) наводнения 2012 г.

ную съемку (для сопоставления со спутниковыми фотографиями, выполненными до наводнения), а также отобрать пробы слагающего его обломочного материала.

Величина обнаруженных обломков варьирует от нескольких сантиметров до 1,5 м. Их средний размер обычно уменьшается от оси тела к его боковым частям. Вверх по склону от большинства обнаруженных конусов тянутся серые шлейфы сильно перетертых пластинчатых обломков мергелей размером менее 1 см. Исходя из примерно одинакового соотношения глинистого и обломочного материала осадочных тел, можно сделать вывод о сходном типе селевых (грязекаменных) потоков, сошедших в данном районе. Конфигурация отдельных тел свидетельствует о том, что поток остановился резко, образовав отвесную стенку в своей головной части. Такое поведение как раз характерно для селевых потоков [4].

Самые крупные аккумулятивные тела обнаружены в районе Кабардинки, юго-восточнее мыса Дооб. Сопоставление спутниковых фотографий, сделанных до и после наводнения (1 мая 2012 г. и 21 мая 2013 г., соответственно), показывает, что большая часть конусов образовалась именно в период между датами фотосъемки и, вероятно всего, связана с деятельностью грязекаменных потоков в июле 2012 г. Анализ серии спутниковых снимков за период с 2003 по 2013 г. позволил установить, что два крупных осадочных тела образовались до 2005 г., одно — до 2003 г., другое — в период с 3 сентября 2010 г. по 21 мая 2012 г. Последнее, вероятно, было преобразовано селевым потоком в июле 2012 г., так как мы обнаружили на нем множество стволов деревьев, которые на спутниковых снимках отсутствовали.

Анализ фотографий района Кабардинки позволил устано-



Аккумулятивные тела грязекаменных потоков, обнаруженные на побережье Черного моря от с.Кабардинки до Голубой бухты.

Таблица

Размер и происхождение осадочных тел грязекаменных потоков

Площадь осадочных тел, м ²	Осадочные тела, образованные после 6 июля 2012 г.		Все обнаруженные тела грязекаменных потоков	
	Количество	% от общего количества	Количество	% от общего количества
< 100	7	23	7	27
100–1000	12	40	12	46
1000–3000	5	23	7	19
> 3000	2	13	4	8
Всего	26	100	30	100



Обломки горных пород, застывшие в глинистом матриксе после остановки селевого потока.

вить, что грязекаменные потоки начали движение на высоте около 100–250 м от уреза воды и двигались примерно перпендикулярно береговой линии. Пострадавшие от потоков территории имеют в плане конусовидную форму, а их площадь превышает 50 тыс. м².

По свидетельствам очевидцев наводнения, мощный поток, превратившийся в настоящую реку, проносился по тальвегу висячей долины* вблизи Кабардинки и вырывался в море. Поток сильно размыл временное русло, принес в долину круп-

* Висячая долина — второстепенная долина, днище которой обрывается уступом к днищу более крупной долины или к берегу моря, озера. Образуется при значительных различиях размывающей силы водотоков главной долины и долины притока.

селевых потоков составляет 41 тыс. м², из них 27.5 тыс. м² — осадочные тела, образованные после наводнения 2012 г.

На границе суши и моря, как на линии фронта, всегда неспокойно. И если в лобовом столкновении превзойти противника не удастся, вода атакует с неба, обрушиваясь на сушу ливнями и вторгаясь в море грязекаменными потоками. Человеку, живущему в полосе боев, ничего не остается, как вооружиться своими знаниями и умениями, дабы примирить враждующие стороны или сгладить конфликт. Но из-за недостаточного понимания сил противников и невозможности точно предсказать их поведение человек в этом противостоянии, увы, страдает сильнее всех. Так часто бывает с теми, кто лезет разнимать драку. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 12-05-00617 и 13-05-10084.

Литература

1. Евсюков Ю.Д., Руднев В.И., Куклев С.Б. Рельеф дна Голубой бухты (СВ Черного моря) после катастрофического наводнения в долине реки Ашамба // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2013. №2 (32). С.109–120.
2. Трифонова Т.А. Роль подземных вод при наводнениях и селях // Природа. 2013. №8. С.13–19.
3. Google Inc. (2014). Google Earth (7.1.2.2041). Программное обеспечение.
4. Кеннет Д.П. Морская геология. Т.2. М., 1987.

Что ели москвичи в эпоху Средневековья

Т.Д.Панова,
доктор исторических наук
Музей-заповедник «Московский Кремль»

Перед археологом, изучающим древние отложения города и жизнь людей, когда-то его населявших, предстает масса самых разнообразных предметов. В основном это обломки вещей, которыми пользовались горожане в быту и на войне, в ремесленных мастерских и на разных промыслах (во время рыбной ловли, охоты или иных), а также остатки домов, погребов, мощеных улиц и колодцев.

Но, пожалуй, наиболее массовым материалом в отложениях средневекового периода предстают пищевые отходы. А это десятки тысяч костей домашних и диких животных, зерна сельскохозяйственных культур, скорлупа яиц и разных орехов, косточки вишни, черешни и персика, высохшие ягоды малины и многое другое. И все чаще в последнее время такие отходы становятся объектами пристального внимания исследователей, что совсем не удивительно: слишком мало данных о рационе питания людей средневекового времени сохранилось в письменных источниках XII—XV вв. [1, с.144—230].

Попробуем воссоздать эту одну из интереснейших сторон жизни людей прошлого, причем используем для реконструкции состава пищи в основном те находки, которые были сделаны на территории Боровицкого холма Москвы — древнейшего района столицы России.

В первые столетия жизни Москвы ее историческое ядро было заселено людьми разного социального статуса — от великих князей и других представителей высшей знати до купцов и ремесленников. Только с начала XVI в., с постройкой кирпичного Кремля, крепость Москвы стала превращаться в резиденцию высшей светской и духовной (церковной) власти. И это, конечно, следует учитывать всегда.

Считается, что одним из основных продуктов питания на Руси был хлеб (да и сегодня, пожалуй, без него не обходится ни одна семья). И это на самом деле было так, если судить по результатам исследования скоплений зерновых в жилом слое Кремля. Пласты горелых зерен археологи, как правило, встречают в остатках подполов жилых домов и в руинах специальных хозяйственных построек — зернохранилищ, сгоревших при пожарах. В некоторых случаях такие пласты достигали в толщину одного метра! К счастью, это дает большие возможности для получения достаточно полных и точных сведений о составе сельскохозяйственных культур Средневековья. В Москве и Подмосковье в число возделываемых тогда зерновых, из которых пекли хлеб, входили рожь, овес, пшеница и ячмень.

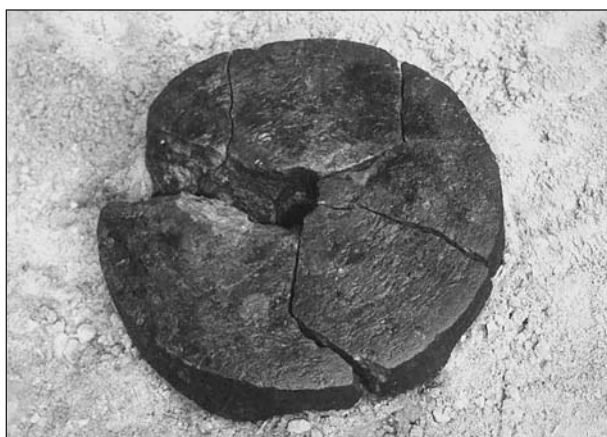
Но что весьма удивило исследователей — так это наличие практически во всех слоях Кремля второй половины XII — конца XVI в. пленок гре-



Фреска с изображением остатков обеда (среди них кости рыб, птиц, панцири моллюсков и раков). II в. до н. э. Музей Ватикана.



Зерно и крица (сырье железа для кузнецов), последняя облеплена горелыми зернами овса. Найдены в одном из подполов сгоревшего дома XIV в. на территории Кремля.



Жернов (верхний) из слоя 13-го столетия, изготовленный из серого песчаника.



Печь в деревенском доме XIX в. — она мало чем отличалась от более древних. Художник В.М.Максимов, выходец из крестьянской среды.

чихи: для других регионов это отмечено как редкое явление (там гречиху высевали эпизодически). Возделывали в Москве просо, бобовые культуры (такие как горох и чечевица), а как техническую культуру — коноплю. Из волокон последней делали веревки, столь необходимые в каждом хозяйстве. Правда, давили из конопли и масло, которого в ее семенах содержится до 35%! Что касается овса, то он активно шел на приготовление каш и киселей, хотя много его использовали и на корм скоту, прежде всего лошадям.

Пусть читателя не удивляет оборот «в Москве возделывали». Недавно следы распашки конца XII в. археологи обнаружили во время раскопок на Красной площади, возле Лобного места! И еще — в районе старых зданий Московского университета на улице Моховой, во дворах построек XVIII—XIX вв. Хорошо прогреваемый солнцем пологий берег реки Неглинки (которая сейчас течет в подземной трубе) с его достаточно плодородными почвами был местом, где на протяжении XII—XV вв. активно распахивали поля. И все эти уголья в то время размещались в непосредственной близости от Боровицкого холма, заселенного людьми уже с середины XII в. Здесь археологи и находят те сгоревшие зернохранилища, содержимое которых весьма красноречиво рассказывает нам о хлебе насущном периода Средневековья.

Для переработки созревших злаков в муку использовали в тот период ручные мельницы (каменные жернова от них есть и в коллекции археологических находок с территории Кремля). Затем просеянную муку замешивали с закваской из солода (бродильного продукта) и после выстойки выпекали в печи, которая имела в каждом доме.

Отвлечусь на интересное наблюдение, сделанное мной во время поездки во французскую глубинку — департамент Овернь. Во многих из здешних деревень до сих пор сохраняются (и реставрируются!) старые здания общественных пекарен. Специальный человек рано утром разжигал в них печи, а хозяйки по особому сигналу рожка несли приготовленное дома тесто, чтобы испечь для своей семьи хлеб. Такие пекарни работали еще в первой половине прошлого века; кстати, они часто использовались и для стирки белья, так как жара печей было достаточно еще и для нагрева воды.

Но вернемся на Русь. В записках иноземцев, посещавших Московию в XVI—XVII вв., можно встретить упоминания и о разных продуктах питания. О хлебе они писали, что он обычно довольно грубо сформирован в виде ярма или хомута быка либо лошади. Хлеб выпекали ржаной, пшеничный, житный, овсяный; делали и разные пироги. Сегодня из нашего обихода ушли даже такие названия старинных сортов хлеба, как коврига и калач. Помню, еще в 1970-х годах белые пшеничные калачи можно было купить в некоторых больших булочных Москвы. Какова же была моя

радость, когда недавно я увидела калач в одном из новых магазинчиков на Чистых прудах!

Конечно же, пекли в период Средневековья и блины — это подтверждают находки глиняных сковородок XVI—XVII вв., даже целых, что большая редкость. Пекли в них и оладьи, пряники и тонкие лепешки из пресного теста — иноземцы называли их вафлями.

В повседневной жизни XII—XV вв. существенное место занимали каши. Их готовили из пшеницы, ржи, овса, ячменя, гречихи и гороха, но также из проса — иностранцы в своих мемуарах отмечали, что большая часть еды москвичей состоит из проса, сваренного с жиром диких зверей, лука и чеснока.

О том, что мясные продукты были на одном из первых мест в рационе человека Средневековья, археологи знают очень хорошо. Уж слишком много времени обычно уходит на промывку и сортировку тысяч и тысяч костей животных, найденных в ходе раскопок жилых слоев древнего города. А затем не менее трудоемкая работа ждет остеологов и ихтиологов, которые на основе анализа этого материала определяют видовой состав домашних и диких животных (а также рыб), попадавших на стол москвичей.

Самая большая коллекция остатков животных из раскопок в Московском Кремле (более 50 тыс. штук, работы 2007 г.) еще не до конца изучена. Но, как правило, подтверждается картина, выявленная по материалам других древнерусских городов, пусть и с небольшими нюансами.

В рационе мясного питания москвичей на первом месте был крупный рогатый скот. Хорошо представлен в сохранившихся остатках мелкий рогатый скот (овца, коза), а также свинья. Находки раздробленных и разрубленных костей этих животных свидетельствуют о том, что на Руси в Средние века основным способом приготовления мясных блюд была варка мяса — в отличие от стран Европы, где предпочитали жареное мясо и так его и готовили, чаще всего на вертелах. В помещениях больших кухонь многих средневековых замков поражают размеры открытых печей (типа каминов) — туша коровы в них точно поместится!

Раскопки 2007 г. на Подоле Боровицкого холма (на берегу Москва-реки) дали в слоях XIV—XVI вв. удивительно большое количество костей домашней птицы. Но и сегодня мы традиционно много едим мяса домашней птицы — курицы, гуся, индейки. И куриных яиц — тоже (в Сред-



Общественная деревенская пекарня. На этом рисунке из средневековой рукописи XV в. (Франция) видно, как одна женщина сажает в печь готовые к выпечке караваи, а остальные ждут своей очереди.

ние века их готовили как всмятку, так и «густое» — вкрутую).

Исследователей всегда интересовали находки в Кремле костей диких животных. Когда-то, в 1970-х годах, было проведено сравнение количества остатков диких животных в разных слоях



Пекарня в деревне Пузей (департамент Овернь, Франция). Реставрация здания почти завершена. 2011 г.

Фото автора

города — на территории Зарядья и Кремля. В Зарядье остатки диких животных составили только 0.7% от общего числа костей, а среди находок в пределах крепости — целых 16%. Список добычи, на которую охотилась московская знать в Средневековье, довольно широк. Здесь представлены многие животные — северный олень, косуля, кабан, медведь, лисица, бобр, заяц, а также птицы — дикий гусь, утка и т.д.

Археологические находки показывают, что охоту в те времена вели разными способами. Среди них была и загонная охота с помощью гончих собак, чьи кости обнаружены в жилом слое Кремля. Раскопки 2007 г. подарили историкам такую редкость, как клобушок, надевавшийся на голову ловчей птицы. Он датируется XIV в. и на сегодня остается самым древним атрибутом охоты с птицами (соколами, ястребами, кречетами и в основном на птицу же) в археологическом материале средневековой Руси!

Ихтиологи впервые исследовали кремлевские находки еще в 1960-х годах. Эти материалы поступили после археологических работ на территории московской крепости — первых в истории изучения этого древнейшего района города. Тогда анализу и сравнению подвергли остатки рыб из раскопок в Кремле (1959—1960) и в Зарядье (1950-е годы). В пределах Зарядья были определены такие виды, как белуга, осетр, севрюга, щука и сом. Кремль, который в период Средневековья был заселен в значительной степени высшей знатью, дал более широкий состав рыб, что неудивительно. К деликатесным видам (белуге, осетру, севрюге) добавилась стерлядь. Зафиксированы были также (кроме щуки и сома) лещ, голавль и судак.

Дальнейшие археологические исследования на территории Кремля позволили в значительной мере уточнить состав рыбного стола жителей крепости XII—XVI вв.: список видов расширился до шестнадцати. В него теперь можно было добавить

тайменя, окуня, плотву, линя, сазана и ерша. Последний особенно ценился при варке ухи — это придавало ей особый вкус и аромат. Упомянем еще и каспийского лосося! Эта проходная рыба (по системе Каспий—Волга—Ока—Москва-река) была отмечена в записках иноземцев, посещавших Москву в XVII в. Они записали, что этого лосося ловили практически в самом центре города — у Кремля! Впрочем, в XVIII в. еще ловили осетров у Большого Каменного моста. В записках иностранцев о лососе указано, что это рыба, из которой доставали «мешочки вкусной красной икры».

Поражают и размеры некоторых экземпляров рыбы. Так, ихтиологи установили, что одна из белуг — от нее в слое XIII в. сохранилась часть нижней челюсти — достигала более 2 м в длину, а вес ее был 120 кг.

Сегодня в Москва-реке можно поймать только щуку, три вида карповых (лещ, линя и сазана), сома и три вида окуневых (окуня, судака и ерша). Но использовать пойманную в пределах города рыбу в пищу исследователи настоятельно не рекомендуют — ею легко можно отравиться. А здоровая и вкусная деликатесная рыба по речной системе до Москвы добраться уже не может — слишком много препятствий на ее пути из Кас-



Фауна Москвы-реки, в которой сегодня уже не встретишь такой рыбы, как стерлядь, русский осетр, севрюга, белуга, таймень и каспийский лосось (см. сверху вниз).

пия и Волги (плотины электростанций, порты, загрязнения и т.д.). Да и рыба нынче уже не та... Вот и остается с грустью читать в письменных источниках XVI в. о том, как в р.Оке у Каширы ловили «по старине красную (хорошую. — Т.П.) рыбу» — осетра, стерлядь (ее популяция сохранилась только в одном из притоков Волги) и белугу и везли их к царскому столу... [2, с.82]. Из этой же рыбы добывали черную икру, которую английские, французские и голландские купцы развозили по всей Европе, особенно много в Италию и Испанию [3, с.25].

Но какой стол без напитков? В дочайную и докофейную эпохи на Руси в рационе питания отмечены квас, пиво, напитки на меду и ягодах. Завозилось на Русь и вино — для нужд церкви (на причастие) и к праздничному столу высшей знати. Ценным источником сведений о системе питания монастырской братии в XVI в. служат уставы и обиходники обителей, регламентировавшие все стороны жизни монахов. Например, в одном из таких документов Кирилло-Белозерского монастыря описано, чем следует запивать еду. В обители работала своя квасоварня, где делались разные виды кваса — ячневый, «медвян» (медовый) и «патошный» (на основе патоки) [4, с.295].

На раскопках в Кремле неожиданно была найдена практически целая оловянная пивная кружка XV в., привезенная из Северной Германии. Эта дорогая импортная посуда найдена на Подоле Кремля.



Большая оловянная пивная кружка XV в., привезенная из Северной Германии. Эта дорогая импортная посуда найдена на Подоле Кремля.



Глиняные горшки, в которых варили еду. Стоящая в центре красноглиняная пивная кружка попала в руки археологов уже с отбитой ручкой.



Подпол сгоревшего жилого дома XV в. на Подоле Кремля. Видны остатки лестницы, за которой нашли бочку с двумя засохшими грибами.

ходка вообще уникальна: данная кружка представляет собой единственный в коллекциях музеев России экземпляр немецкой пивной посуды — с крышкой-пеногасителем и с изображением дракона (намек на зеленого змия?) на ручке. Вместе с обычными глиняными кружками, которые хорошо известны по археологическим находкам в Москве, эта вещь ярко демонстрирует нам культуру питья людей русского Средневековья.

Понятно, что домашние животные (корова, коза, овца) поставляли к столу москвичей молоко, масло и творог — его называли тогда сыром. Шкуры животных шли на изготовление обуви и сумок, кошельков и чехлов для инструментов и ложек, мячей и ножен, обложек книг и поясов. Выясни-

а летом наслаждается: ест дыни, горошек, морковь, огурцы и всякий овощ... яблоки же и груши заквашить или залить их патокой, ягодным или вишневым морсом, а в дешевую пору и грибы сушить, грузди и рыжики солить... А напитки всякие: и меды, и пива, и морсы, и вишни в патоке... и в квасу, и брусничная вода также... а рыбу красную завернуть в рогожи, вяленую разложить по полкам, а пареную в корзины, но чтобы ветер обдувал» [5, с.131, 135]. Как тут не вспомнить А.С.Пушкина: «Боюсь, брусничная вода мне б не наделала вреда». Но уверена — натуральные продукты, описанные в «Домострое» середины XVI в., были вкусны и полезны. Как и все то, чем люди питались в те далекие-далекие времена. ■

лось, что из плоских костей крупного рогатого скота делали пуговицы, из трубчатых — наборные ручки ножей, шахматные фигурки и шашки, фишки для азартных игр, кочедыги — инструмент для плетения лаптей. Из костей рыб делали большие иглы для плетения и ремонта рыболовных сетей. Все шло в дело, ничего не пропадало.

А закончим рассказ о рационе питания москвичей в период Средневековья выпиской из знаменитого «Домостроя» XVI в., регламентировавшего практически все стороны домашней жизни людей того времени. Многие его страницы посвящены тому, как вести домашнее хозяйство и как делать запасы продуктов для семьи: «А у мужа во время все припасено: и рожь, и пшеница, и овес, и греча, и толокно... и ячмень, и солод, горох и конопля... по осени же хозяин капусту солит, а свекольный рассол готовит и солит огурцы,

Литература

1. Археология древнего Ярославля. М., 2012.
2. Извлечение из приправочного списка с писцовой книги г.Каширы... 1577/1578 гг. // Города России XVI века. М., 2002.
3. Флетчер Дж. О государстве русском. М., 2002.
4. Покровская В.Ф. Описание монастырской трапезы (по рукописи конца XVI в.) // Труды отделения древнерусской литературы. Вып. XXXIII. Л., 1978.
5. Домострой. Памятники литературы Древней Руси. М., 1985.

Как сохранить Мертвое море?

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

«Соленное чудо планеты»* — самое низкое место земной суши, уникальный состав солей и особый микроклимат, один из немногих районов в мире, где лечат псориаз. Минеральное сырье для получения калийных удобрений, магния, брома «и других чудес немало» связаны с Мертвым морем. И всего этого мы лишимся, если ему не будет оказана неотложная помощь. Его может постигнуть судьба Арала.

Что происходит с Мертвым морем?

За свою долгую историю Мертвое море переживало периоды подъема и опускания [1, 2]. Там, где сейчас его глубина составляет около 275 м, на отметке 235 м обнаружена свойственная морскому побережью галька, а под ней сплошной слой соли толщиной 45 м, что свидетельствует о высыхании водоема. Отстоит от нас период высыхания примерно на 120 тыс. лет, а максимальный уровень рассола наблюдался около 25 тыс. лет тому назад. Таким образом, восстановление предыдущего значения заняло около 90 тыс. лет.

* См.: Беленицкая Г.А. Соленное чудо планеты // Природа. 2013. №6. С.21—32.

© Танклевский М.М., 2014

В последние десятилетия уровень рассола в Мертвом море неуклонно снижается, причем со все возрастающей интенсивностью, уже превысившей 1 м в год. Общее его падения с 60-х годов прошлого столетия составило более 30 м.

Площадь поверхности моря сократилась с 930 до 650 км². Надежды на то, что с уменьшением площади испарение сократится настолько, что это приведет к некоторой стабилизации, не оправдываются. Одна из причин в том, что испарение воды продолжается и с бывшего морского дна, в том числе из-за наличия карстовых озер (рис.1). Кроме того, производится постоянный



Рис.1. Карстовые провалы на высохшем дне Мертвого моря.

Фото с сайта ArabiaWeather.com (вверху) и Дж.Мюлеманса (Joel Meulemans)

отбор рассола промышленными предприятиями. Естественно, что с уменьшением площади водоема один и тот же изымаемый объем рассола приводит к большему падению его уровня.

Наряду с природными причинами, в том числе рядом засушливых лет, главная причина понижения уровня моря все же — сокращение стока реки Иордан. Она еще в прошлом веке приносила в море в среднем 800—900 млн м³ воды в год, а в отдельные годы — до 1.5 млрд м³. Сейчас ее сток едва превышает 100 млн м³ в год. По данным ежегодного отчета компании «Israel Chemical Ltd» (со ссылкой на Office for Environmental Protection and the Jerusalem Institute of Research, 2006), из бассейна Мертвого моря (включая оз.Кинерет, Иордан и его притоки) ежегодно изымается более 1.65 млрд м³ воды. Из них Израиль расходует 600 млн м³ питьевой воды (36%) и 150 млн м³ воды (9%) забирают заводы Мертвого моря (отметим, что по другим данным, на их долю приходится до 300 млн м³). Иордания использует 560 млн м³ (33%) на питьевую воду и 100 млн м³ (6%) на нужды заводов калийной компании «The Arab Potash», Сирия потребляет 200 млн м³ (12%), Палестинская

автономия — 45 млн м³ (3%) и Ливан — 20 млн м³ (1%). Таким образом, есть все основания считать процесс обмеления Мертвого моря в основном антропогенным. Природа вряд ли сможет самостоятельно справиться со столь мощным вторжением человека в веками устанавливавшиеся связи. Одновременно отметим необходимость учитывать и природный процесс перетекания рассола из северной в более мелководную южную часть моря, существовавший в период, когда они сообщались между собой [1, 2]. С падением уровня моря в северной части п-ов Лашон, отделявший ее от южной, превратился в перешеек (рис.2). Сейчас рассол в южную часть перекачивается принудительно и приносит с собой соли, которые после испарения воды оседают на дно. Этот свежий слой соли в районе гостиниц, расположенных на западном берегу, достиг уже 9 м. Ежегодно он увеличивается на несколько десятков сантиметров. Вместе с подъемом дна повысился и уровень рассола, что грозит затоплением расположенных на берегу сооружений.

Проблемы сохранения основной (северной) части моря и южного бассейна различны (хотя

в определенной мере и связаны между собой). Проблема основной части связана с существованием самого Мертвого моря как природного объекта. Его исчезновение может рассматриваться как экологическая катастрофа мирового масштаба. Южный бассейн имеет более скромные размеры, количество воды в нем на два порядка меньше. Его исчезновение могут даже не заметить люди, вплотную этим вопросом не занимающиеся. Но и этого допустить нельзя. Южная часть моря используется заводами Израиля и Иордании. Нарушение нормальной работы предприятий нанесет существенный урон экономике двух стран. Южный бассейн характеризуется уникальным составом солей, необходимым для лечебных целей. Кроме того, такой состав относительно легко поддерживать в будущем, независимо от того, как будут решаться другие проблемы. На западном берегу благоприятный микроклимат. Здесь располагаются гостиничный комплекс и курортно-туристическая инфраструктура. Лишиться всего этого не очень сложно, согласившись, например, с вариантом переноса гостиниц в другое



Рис.2. Южная часть Мертвого моря отделена от северной перешейком Лашон. Спутниковая фотография NASA (1995)

место. Пока же принято решение о переброске из южной в северную часть моря ежегодно по 15–20 млн т выпавших в осадок солей. Проект дорогостоящий и не решает проблему изменения естественного состава рассола. Южная часть моря при этом окончательно превратится в заводской испарительный бассейн. По соглашению между Израилем, Иорданией и Палестинской автономией, подписанному в 2013 г., в Мертвое море должно перекачиваться 100–120 млн м³ воды из Красного моря. Простой расчет на основе приведенных выше данных показывает, что для поддержания существующего уровня рассола только в северной части водоема нужно не менее 600–700 млн м³ воды ежегодно.

Таким образом, польза от реализации этих проектов неочевидна, а в то же время они сдерживают проведение других работ по спасению Мертвого моря.

Что предлагается?

Для сохранения курортного комплекса мирового уровня необходимо объявить южную часть Мертвого моря заповедной зоной и в соответствии с этим изъять ее из сферы производственного использования. Сейчас здесь действует лицензия, дающая такое право. Чтобы сберечь уникальный состав солей и способствовать успешной работе лечебно-туристического комплекса, прилегающий участок моря следует пополнять исключительно пресной (опресненной) водой. Реализация этого предложения не требует большого количества пресной воды и вполне может быть обеспечена существующим техническим водопроводом. Однако заводам потребуются помощь в реконструкции существующих и создании новых испарительных бассейнов вне курортной зоны.

Для поддержания уровня рассола в северной части моря надо соорудить сдвоенный тоннель от Средиземного моря до Изрезьской долины (ориентировочная длина 55 км). В мировой практике есть аналог — тоннель у оз.Севан в Армении. По одному из проходов должна транспортироваться опресненная вода, по руслу ручья Харод направляемая в Иордан и далее в Мертвое море (количество опресненной воды определяется ее потребностью для возрождения р.Иордан). По второму — морская вода по трубопроводу, проложенному параллельно Иордану, будет подаваться непосредственно в Мертвое море (рис.3). Суммарное поступление воды в море должно составить, как уже отмечалось, 600–700 млн м³ в год. Это необходимо и достаточно для сохранения нынешнего уровня водоема. Для опреснения воды следует построить установку на искусственном острове в Средиземном море. Необходимо также рассмотреть вариант строительства напорного трубопровода в начале трассы

у Средиземного моря, чтобы сократить длину тоннеля до 13 км.

Для ликвидации карстовых явлений, рекультивации и последующего использования бывшего морского дна, обнажившегося в результате понижения уровня рассола, следует провести комплекс мелиоративных мероприятий, в том числе построить нагорный (ловчий) канал для перехвата ливневых стоков и каналы с морской водой, а также создать искусственные соляные пласты.

Одно из наибольших соленых озер мира — оз.Уюни в Боливии. Его площадь — 10 582 км², что более чем в 10 раз превышает площадь Мертвого моря. Озеро интересно тем, что оно покрыто слоем соли толщиной от 10 см до нескольких метров, а под ним находится рассол с уникальным составом солей, состоящий из хлоридов натрия, магния и лития. Соляной пласт достаточно прочен, на него свободно въезжают автобусы.

А что если искусственно создать такой пласт на бывшем дне Мертвого моря? Для исследований и экспериментальной проверки можно использовать следующую технологию. Участок, подлежащий рекультивации, огораживается невысокими



Рис.3. Схема предлагаемого двухпоточного водовода: 1 — опресненная вода; 2 — морская.

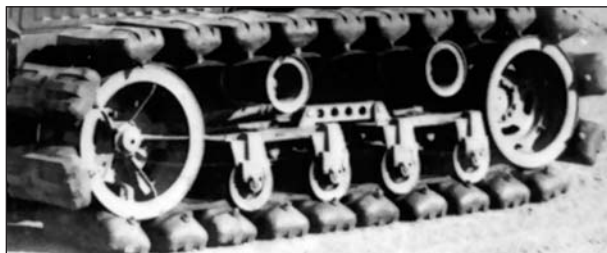


Рис.4. Пневмогусеничный (надувной) движитель — идеальное устройство для передвижения по слабым грунтам. Разработка автора.

(2—3 м) дамбами. Дно покрывается водонепроницаемым геотекстилем (или армированной пленкой), для сварки и укладки которого используется специальный агрегат на пневмогусеничном шасси (рис.4), способный двигаться по слою геотекстиля без его разрушения. Подготовленный участок заливается рассолом Мертвого моря. Возможно, испытания покажут, что искусственное покрытие дна не обязательно.

Процесс образования соляных пластов можно совместить с выполнением функций испарительных бассейнов на предприятиях Мертвого моря.

Обуздать же развитие карста, обустроить прибрежную территорию и стабилизировать положение мы предлагаем путем проведения ряда мелиоративных мероприятий при нынешнем уровне моря (рис.5).

При предложенном варианте возможно сохранить уровень Мертвого моря и возродить былое величие р.Иордан при оптимальном уровне капитальных затрат, минимальных эксплуатационных расходах и минимальном нарушении сложившейся экологической системы. При этом не нарушается экологический баланс оз.Кинерет, не создается помех в работе предприятий.

Что предлагалось?

При взгляде на карту Израиля видно, что кратчайшее расстояние между Средиземным морем и водной системой Мертвого моря — от Хайфского залива до оз.Кинерет. Но подача большого количества опресненной воды через озеро приведет к потере одного из главных источников природной пресной воды, необходимой для разбавления опресненной воды в израильском водопроводе. Строительство обводного трубопровода сведет на нет преимущества короткого пути. Трубопровод в любом случае будет длиннее, чем в нашем варианте. Ранее предлагалось использовать для подачи воды в Мертвое море систему израильского водопровода, предназначенную для снабжения водой Иерусалима и его окрестностей. Но такая питьевая вода стоит дорого, поскольку проходит специальную обработку. Существующая сеть требует коренной реконструкции — по сути, строительства нового водовода с системой насосных станций. Не решится и проблема восстановления Иордана.

При прокладке трассы южнее, вблизи Ашкелона, ее длина существенно увеличится. Потребуется строительство напорного трубопровода и тоннеля. Вода в этом случае будет подаваться в район, непосредственно прилегающий к месту ее забора предприятиями Мертвого моря. Поскольку соленость воды здесь существенно снизится, это серьезно отразится на эффективности их работы. Преимущество же данная трасса не дает.

Проект подачи воды из Красного моря, о котором уже упоминалось, предусматривает наиболее длинную трассу, требующую строительства напорного водовода с системой насосных станций. Кроме того, его реализация создаст экологическую опасность для Эйлатского залива.

Большинство проектов не предусматривают восстановления прежнего уровня моря, хотя это

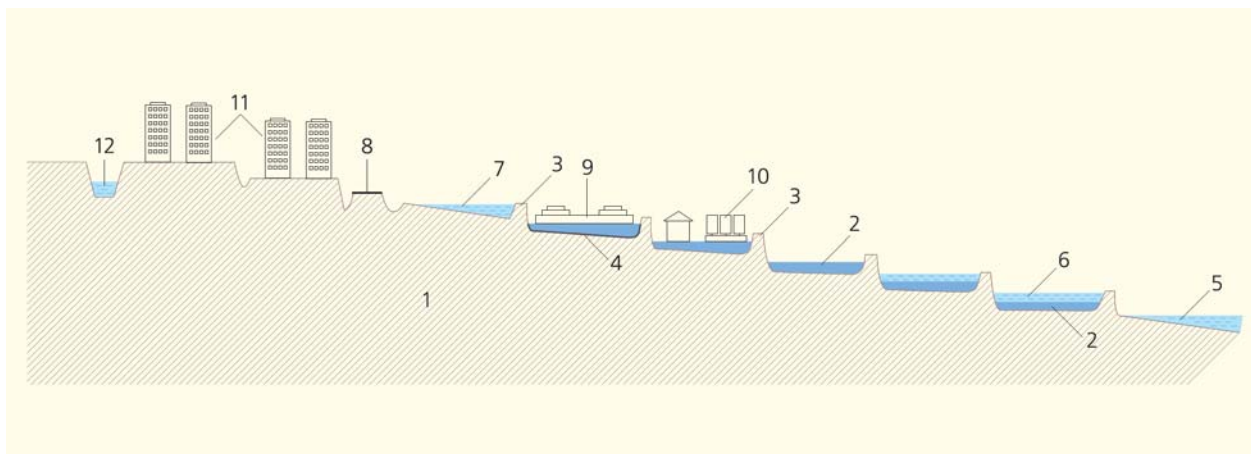


Рис.5. Примерная схема рекультивации бывшего морского дна: 1 — дно моря; 2 — слой осевшей соли; 3 — дамба; 4 — водонепроницаемый материал; 5 — поверхность моря; 6 — испарительный бассейн; 7 — купальный бассейн; 8 — шоссе; 9 — стадион; 10 — солнечные батареи; 11 — гостиницы; 12 — нагорный канал. Рисунок автора.

было бы наилучшим решением с точки зрения сохранения соленых структур и предотвращения развития карстовых явлений [1, 3]. Дело в том, что для заполнения чаши моря до прежнего уровня потребуется не менее 20 млрд м³ воды (а учитывая, что пополнение в самом лучшем случае может начаться только через несколько лет, — 25—30 млрд м³). Получение такого количества пресной (опресненной) воды нереально. Планируемая суммарная мощность опреснительных установок в Израиле и Иордании к 2020 г. составит не более 1 млрд м³. Поступление же морской воды — это еще дополнительное количество солей, не нужных Мертвому морю [4]. Кроме того, потребуются большие расходы на строительство и эксплуатацию гидротехнических сооружений, которые не найдут применения после заполнения моря. Мы не гарантированы и от того, что уже не произошли необратимые изменения, и, следовательно, возврата к прежнему состоянию водоема не будет. Поддержание существующего уровня моря нужно и для смягчения тектонических явлений в этом сейсмоопасном районе.

Один из серьезных вопросов, требующих дальнейшего изучения, — как отразится на рассоле Мертвого моря вливание в него средиземноморской воды в количестве, необходимом для стабилизации его уровня? Экологическая система Мертвого моря складывалась в условиях, когда море пополнялось пресной водой. Наилучшим вариантом было бы восстановление прошлого стока р.Иордан. Возможно, в будущем так и случится. Но пока существует острый дефицит воды в регионе. По данным Европарламента, потребление воды здесь составляет от 17 до 70 л в день при существующей научно обоснованной минимальной норме 100 л. На сегодняшний день требование пополнять Мертвое море исключительно пресной водой просто невыполнимо. Но как изменится его уникальный солевой состав? Расчет показал, что в кубометре воды Мертвого моря содержится приблизительно в 10 раз больше ионов хлора, в 30 раз — магния, в 3,2 — натрия, в 36 — кальция, в 16 — калия и в 70 раз — брома, чем в кубометре воды Средиземного моря. А вот количество суль-

фатов почти в два раза ниже. Общая же соленость выше в среднем в 9,5 раз.

Всего в Мертвом море в растворенном виде содержится, по приближенным расчетам, около 50 млрд т солей. Если ежегодно добавлять по 600 млн м³ морской воды, количество солей будет увеличиваться на 20 млн т, или на 0.04% в год. Возможно локальное образование небольшого количества гипса, но скорее всего его основное количество осядет на дно и не окажет существенного влияния на остальную часть водоема. Других отрицательных последствий не предвидится. Однако необходимо продолжить соответствующие исследования, начатые заводами Мертвого моря, пока, к сожалению, не давшие определенных результатов.

Процесс подачи воды в Мертвое море должен быть достаточно гибким, чтобы можно было успеть среагировать на любое изменение ситуации. Принципиально новое в нашем предложении — двухпоточная система, позволяющая изменять соотношение пресной и морской воды, подаваемой в Мертвое море.

* * *

Итак, необходимо объединить усилия всех заинтересованных лиц и организаций для сохранения Мертвого моря как одного из чудес нашей планеты. Продолжая исследования в этом направлении, необходимо одновременно разработать план конкретных действий и приступить к его реализации.

Системный подход к решению проблемы требует четкого ранжирования целей и достижения разумного компромисса при выработке оптимального плана действий. В данном случае главная задача — сохранение для будущих поколений «соленосного чуда» со всем комплексом его уникальных свойств. А решать эту задачу нужно не любой ценой, а с учетом реальных возможностей — при минимальных затратах, в кратчайшее время, принимая во внимание и другие потребности общества, в частности и пресную воду, и разнообразные продукты, которые дает нам Мертвое море. ■

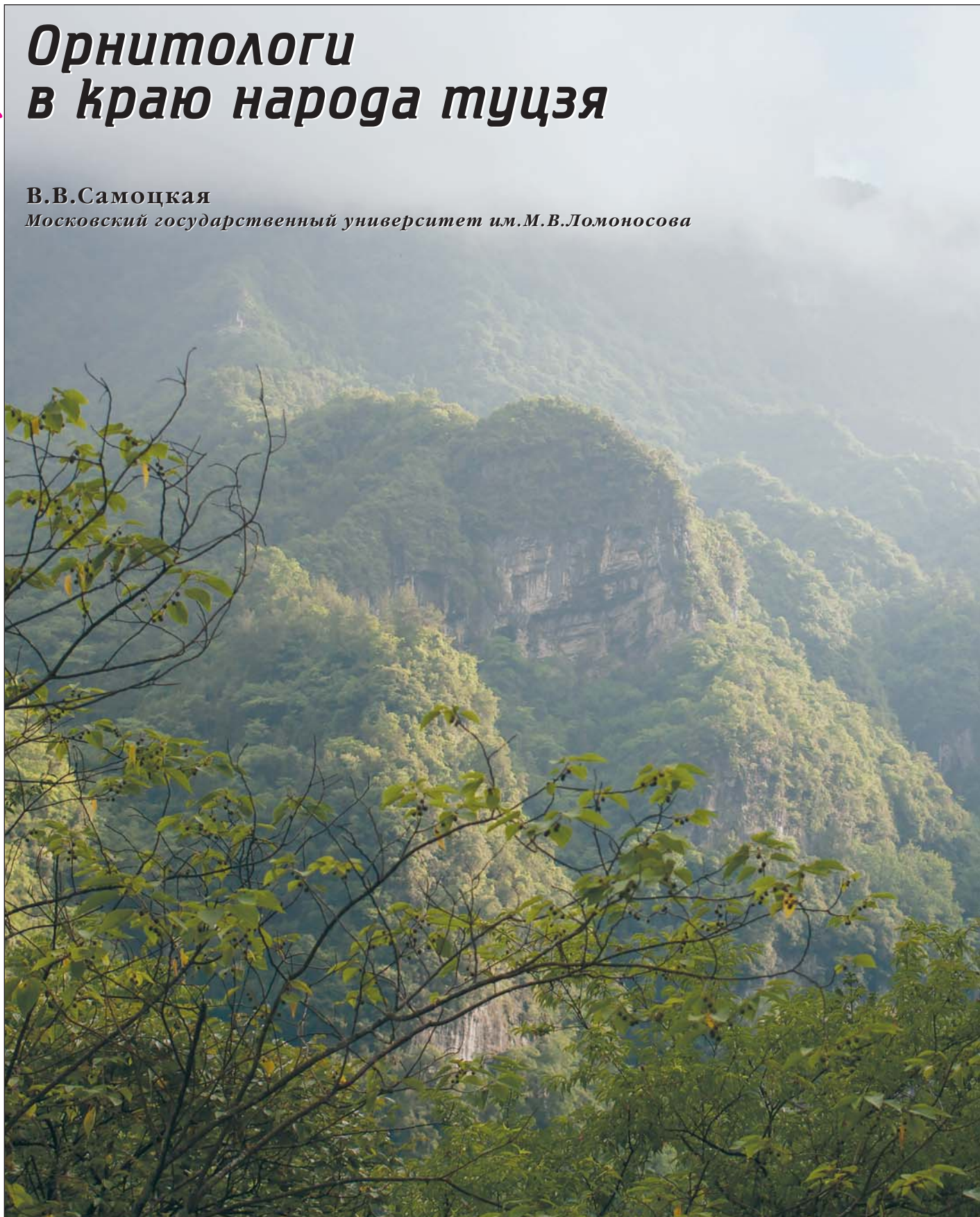
Литература

1. Беленицкая Г.А. Жизнь соленых недр Мертвого моря и его аналогов // Природа. 2013. №10. С.42—51.
2. Беленицкая Г.А. Мертвое море — очаг рассольно-соляной разгрузки недр (геология, происхождение, мифы). СПб., 2013.
3. Ezersky M., Legchenko A., Camerlynck C. et al. The Dead Sea sinkhole hazard — new findings based on a multidisciplinary geophysical study // Zeitschrift fur Geomorphologie. 2010. V.54. Supp.2. S.69—90.
4. Steinborn I. In Situ Salt Precipitation at the Dead Sea // Limnol. Oceanogr. 1983. V.28. №3. P.580—583.

Орнитологи в краю народа туцзя

В.В.Самоцкая

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова





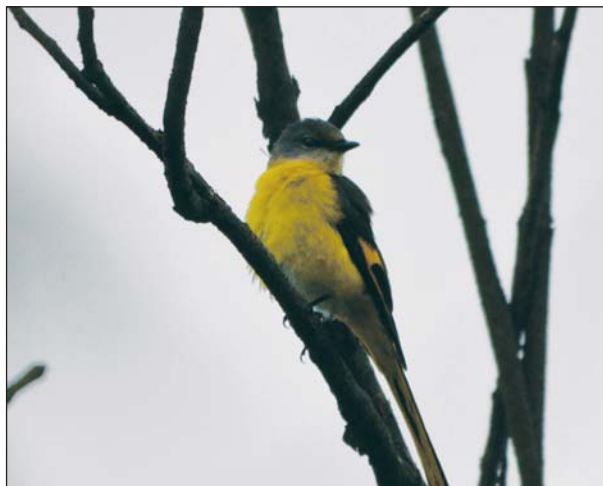
Горы Хупиншань в лучах предзакатного солнца, покрытые зеленью и туманом.
Фото А.А.Севальникова.

С дикой природой в Китае плохо. Большинство земель освоено, оставшиеся стремительно подминает под себя сельское хозяйство. Как результат, местообитания редчайших животных и птиц уничтожаются с пугающей скоростью, ставя под угрозу само их существование. Однако удалось сохранить почти в первозданном виде 66.5 тыс. га субтропического леса — сегодня это национальный природный резерват Хупиншань провинции Хунань. Он приютился в переходной области между Юньнань-Гуйчжоуским плато на западе и невысокими горами на востоке.

В отличие от большинства субтропических территорий Китая, резерват почти полностью сохранил свой лес, покрывающий до 86.5% земель резервата. Здесь собрано 3080 видов разнообразных сосудистых растений со всей провинции Хунань, и этот список продолжает расти. Животный мир Хупиншаня насчитывает 403 вида наземных позвоночных, из которых свыше 270 видов птиц. Из особо охраняемых животных выделяют беркута, вьетнамскую кабаргу, дымчатого леопарда, леопарда, южнокитайского тигра, китайского панголина, макака-резуса, большую виверру, гималайского медведя и исполинскую саламандру.

Здесь уже второй сезон наш коллектив исследователей с биологического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова и из Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова изучает поведение и биологию птиц. Главный штаб резервата находится в городе Хупиншань — местном административном центре. До выезда в поля необходимо уладить все бюрократические тонкости, связанные с получением разрешения на пребывание на охраняемой природной территории и с утверждением плана работ. Весь штат резервата чрезвычайно заинтересован в сотрудничестве и готов помочь всем необходимым: транспортом, организацией проживания на станциях или у фермеров, проводниками. Сотрудники за свою помощь денег не берут и с большим интересом включаются в полевую работу.

Территория резервата поделена, подобно нашим заповедникам, на три зоны: основную, буферную и экспериментальную. Однако назвать Хупиншань заповедником в полном значении этого слова нельзя — здесь постоянно проживают около 32 тыс. человек, 27 тыс. из которых занимаются земледелием. Местное население (из народа туцзя) выращивает в основном рис, кукурузу и табак. По резервату разбросаны маленькие деревушки и одиночные хозяйства, до некоторых из них можно добраться только пешком, затратив несколько часов на переход через перевал. Люди здесь ведут традиционное натуральное хозяйство, их почти не затронула вездесущая цивилизация. Готовят на огне, с помощью специальных полусферических жаровен, используя свиной жир. Копченое сало



Самка кустарниковой камышевки *Acrocephalus concinens* на гнезде. Самец тоже участвует в насиживании, тогда подруга покидает гнездо и отправляется на поиски пропитания.

Фото В.В. Самоцкой

Некоторые встреченные нами птицы Хупиншаня. Вверху слева — самец серого чекана (*Saxicola ferrea*). Серые чеканы — близкие родственники подмосковных луговых чеканов. Как другие мухоловковые, чеканы выслеживают добычу с присады и, углядев жертву, кидаются на нее и ловят в воздухе. Вверху справа — самка черно-красного длиннохвостого личинкоеда (*Pericrocotus ethologus*), оперение которой напоминает яркое полуденное солнце. У самца окраска алая, цвета заката. Обитают эти птицы в редколесье, в холмах на высоте от 1000 до 2500 м над ур. м. Внизу слева — самец винно-красной чечевицы (*Carpodacus vinaceus*), обладатель красивых серебристых бровей. Этот вид встречается только в Китае, а обыкновенная чечевица (*Carpodacus erythrinus*) характерна для Подмосковья. В Европе это единственный вид чечевицы, а в Азии их около 20. Чечевица — настоящая перелетная птица. Место для гнезда выбирает самка, она же его и строит. Внизу справа — индийский дятелок (*Picumnus innominatus*), представитель рода дятелков, самых маленьких в семействе. Большинство этих видов обитают в Южной Америке, и лишь один затерялся в Азии. Дятелки гнездятся в дуплах, которые обычно выдалбливают в старых загнивших пеньках, питаются жуками и личинками различных насекомых.

Фото А.С.Опаева



Вверху слева — белоголовый подвид черного бьюльбюля (*Hypsipetes leucosephalus*), представитель подотряда певчих из рода восточных бьюльбюлей, очень неплохой певец. Питается в основном фруктами, цветочным нектаром, может собирать насекомых. Бьюльбюлевые — небольшие птицы, живущие на деревьях и кустарниках. По разным меркам в семействе 15—21 родов, большинство видов встречаются в Африке, но некоторые живут и в Азии. Вверху справа — ошейниковый бьюльбюль (*Spizixos semitorques*). Питается насекомыми, фруктами и ягодами, не побрезгует и иной добычей. Относится к вьюрковым бьюльбюлям и, как большинство их, моногамен. Гнездо выбирает и строит самка. Внизу слева — острохвостая бронзовая амадина (*Lonchura striata*) из семейства вьюрковых ткачиков. Во время гнездования живут парами, а в дальнейшем собираются в стаи от 20 до 30 птиц. Насиживание, в котором принимают участие оба родителя, длится примерно 20 дней. Собратья этих птиц живут почти во всей Южной и Юго-Восточной Азии, а у европейцев амадина — очень популярный домашний питомец. Внизу справа — самец лазурной мухоловки (*Eumyias thalassina*), сидящий на линии электропередач и высматривающий добычу, крупных насекомых. Пара таких птиц жила около станционного домика.

Фото В.В.Самоцкой и А.С.Опаева



Бурая сутора *Suthora webbiana* на гнезде. В Китае встречается в тех же местообитаниях, что и у нас на Дальнем Востоке, по лесным опушкам в зарослях кустарников.

Фото В.В.Самоцкой

и мясо запасают впрок: часто под потолком высоких домов с тростниковыми крышами можно увидеть висящие окорока и куриные тушки.

К чужакам местные относятся с настороженным удивлением. Как-то раз, когда я сворачивала на ночь паутинную сеть для ловли птиц, из кустов выскочил китаец с серпом для резки тростника. Из-за языкового барьера и явно агрессивного настроения местного жителя мне оставалось лишь громко кричать, призывая на помощь коллег из расположенного неподалеку станционного домика, где мы жили. Оказалось, фермера забыли предупредить, что в окрестностях работают иноземные зоологи, и он испугался, увидев в кустах долговязую фигуру в камуфляже, занятую непонятно чем. Тем не менее местные жители и штат резервата сотрудничают с момента его основания в 1982 г., вместе оберегая леса от пожара и браконьеров. Фермеры участвуют в ведении лесного хозяйства, организации патрулей. В каждой деревне сформированы пожарные бригады численностью до 50–70 человек. В свою очередь, сотрудники резервата заботятся об экономической стабильности местных сообществ, проводят среди населения инструктажи о рациональном ведении хозяйства, учат бережно относиться к природе и как можно меньше вмешиваться в ее жизнь.

Работаем мы в основном в труднодоступных и малонаселенных местах, где разнообразие птиц самое большое. Чтобы несколько часов карабкаться под проливным дождем по скользким грязным склонам с 20-килограммовыми рюкзаками за спи-

ной, хорошо бы в точности представлять, зачем ты это делаешь. Только так можно добраться, например, до поселений кустарниковых камышевок (*Acrocephalus concinens*) — вида, до настоящего момента почти неизученного. Даже местные зоологи, много лет исследовавшие фауну резервата, не могли сказать, что это за птица и где ее искать. Спасибо французскому орнитологу Джонатану Мартинезу, который выложил в Интернет свои аудиозаписи, сделанные здесь в 2010 г., среди которых оказалось пение камышевок. Надо сказать, что после Мартинеза наша команда была второй группой европейцев, посетивших Хупиншань за всю его историю, и наши фотографии, запечатлевшие нас в обнимку с директором резервата, сразу разлетелись по местным газетам. Стоит ли говорить, какой популярностью мы здесь пользовались!

Гора Хупиншань (2098.7 м) — самая высокая во всей провинции Хунань, и к ней со всех концов Китая стекаются туристы, желающие покорить вершину. Отсюда открывается захватывающий вид — кажется, что изрезанные очертания окрестных гор бесконечны. На высоте 2000 м уже начинается кустарниковый пояс, и на подходе к вершине искателей приключений встречают флейтовая переключка серокрылых дроздов и нежный щеток серощекой альциппы.

Подъем от конца автомобильной дороги до станции занимает часа три, затем еще два часа предстоит карабкаться наверх. Поэтому большинство туристов оставалось в станционном домике



Своеобразный очаг — единственное теплое место в доме фермера. Только тут можно согреться, обсохнуть и посушить отсыревшие вещи. От пламени нагревается стальная столешница, поэтому еда не остывает.

Фото К.Цзуче

на ночь, разбивая палатки иногда прямо в помещении. Выглядит это так: сидишь себе в комнате, разбираешь видеозаписи в полной тишине, и тут шум, гам! Открываешь дверь и обнаруживаешь в прихожей палаточный лагерь. Конечно, туристы мешают наблюдениям и другой научной работе, но и польза от них есть: они подкармливали русских орнитологов, внося тем самым неоценимый вклад в развитие международной науки.

Высота 1500 м над ур. м., время — 6 ч утра. Снаружи слышно, как заливаются спозаранку желтокрылые кустарницы, огненно-рыжие китайские «соловьи» — лейотрикссы, и наша родная, обыкновенная кукушка. Поеживаясь от холода и влажности, мы выбираемся из спальников и бредем к соседнему жилищу, где жена фермера готовит завтрак. Здесь можно увидеть необычной конструкции очаг, расположенный под круглым отверстием железного блюда и предназначенный для главного горячего блюда. Когда в очаге танцует пламя, стол над ним нагревается, превращаясь в самое теплое место во всем доме, и мы жмемся к нему в ожидании завтрака. Это особенно ценно, учитывая, как здесь холодно в конце мая.

За столом сидит всегда веселый Кам, зоолог из резервата, сопровождающий нас по долгу службы. Нынешним утром он выглядит даже более довольным, чем обычно, поскольку надеется увидеть гималайского медведя, которого фермер прогнал с полей. К обеду Кам приносит ростки молодого бамбука со следами медвежьих зубов, и фермер радостно включает их в наш сегодняшний рацион. Сырых овощей в провинции Хунань почти не едят. Листья салата опускают в кипящий бульон и только потом кладут к себе в тарелку. Так же поступают с ботвой картофеля. Истосковавшись за месяц по свежим салатам, мы выпросили у хозяйки сырых огурцов, и она подала их, щедро посыпав сахаром.

Неподалеку от каждой горной станции резервата имеется пожарная вышка, оснащенная камерами. Вышки расположены на самой высокой из близлежащих гор, и порой стоит немалого труда вскарабкаться туда по скользким, разбухшим от воды, почти отвесным тропкам. Зато вид открывается фантастический: горы, покрытые бирюзово-зеленым ковром влажных субтропических лесов, сизые облака, разливающиеся по долинам, и над всем этим медленно поднимается желтый диск солнца. Встречать восход — особый ритуал у китайцев, которому не могут воспрепятствовать ни холод, ни сумрак, ни влажность раннего утра, ни изнуряющий подъем в гору — только бы не опоздать! Забравшись на самую верхнюю площадку, мы молча стоим, повернувшись к востоку, созерцая таинство рождения нового дня. Поймав на лице первые лучи золотистого света, Кам улыбается, словно самый счастливый человек на нашей планете.

Жизнь у подножия гор, в долинах горных рек, течет иначе. С наступлением дня здесь становится очень жарко, и спастись от зноя можно лишь

у горного потока, образующего бирюзовые водопады и водопады. Какое наслаждение после долгого пути по жаре погрузить вспотевшее тело в ледяную воду! Здесь можно встретить птиц, приспособленных для жизни у воды: взмахивает алым хвостом сизая горихвостка, ныряет в прозрачную воду бурая оляпка, по мелководью бегают пестрые вилхвостки, в честь которых назван британский научный журнал о птицах Азии «Forktail». Отойдешь немного от реки, и мелодичным пением встречает белогорлая джунглевая мухоловка; на вершине дерева заливается, раскрывая коралловый клюв, восточный черный бюль-бюль с белой головой; с резким криком перелетает с дерева на дерево огромная красноклювая лазоревая сорока, одетая в голубую мантию из длинных перьев. Утром напротив домика на фоне журчания воды кто-то напевает нежную мелодию, заставляя нас, биоакустиков, хвататься за микрофоны. А это гульдова острохвостая нектарница пристроилась на линиях электропередач и красуется сказочным оперением: синее горло, красная спина, желтое брюшко и длинный синий хвост. И это лишь малая толика разнообразия невообразимых пернатых, снующих тут и там в прибрежных зарослях!

Ночью из укрытий выползают пресноводные крабы. Идешь, освещая путь фонариком, и стараешься не наступить на вездесущих членистоногих. Ходят сердитые жабы, прыгают лягушки, вдалеке возникают и тут же скрываются из виду чьи-то глаза. Как-то, когда мы уже ложились спать, внезапный стук в дверь вытряхнул нас из спальников: Алексей Опаев, живший в соседней комнате, обнаружил нежданного гостя — над своим рабочим столом он увидел 20-сантиметровую сколопендру (*Scolopendra multidentis*), выползшую из щели в полу на ночную охоту. Леша со сколопендрой ссориться не хотел и попросту ушел спать в другую комнату. Неизвестно, смертелен для человека яд этого вида или нет, но проверять на себе не хотелось.

В горах живут не менее красивые и при этом безобидные для человека многоножки из рода *Scutigera* — хрупкие, ажурные существа с коротким телом, окруженным многочисленными долговыми ногами. Такой зверек жил у нас в раковине в станционном домике у подножия горы Хупиншань. Мы соседствовали мирно: когда мне нужна была раковина, я заботливо выгоняла оттуда местного жителя, чтобы ненароком не смыть его. Многоножка обиженно забиралась на стенку и терпеливо ждала, пока я закончу свои дела.

Несмотря на многомесячную кропотливую работу, мы не знаем, сколько еще загадок приберегла природа национального природного резервата Хупиншань провинции Хунань. Надеемся только, что обязательно вернемся снова в край пористых, похожих на стопки древних глиняных дощечек скал, искрящихся водопадов и бесконечных изрезанных гор, теряющихся в лазурной дымке под пронзительно-синими небесами. ■

В.А.Энгельгардт и А.А.Баев в науке и в жизни

О.Л.Поляновский,

доктор биологических наук

Институт молекулярной биологии им.В.А.Энгельгардта РАН
Москва

Нынешний год можно считать юбилейным и для Владимира Александровича Энгельгардта (он родился в 1894 г.) и для Александра Александровича Баева (год его рождения — 1904). Эти хорошо известные биологи, связанные 50-летней дружбой и общим научным интересом, стремлением к истине и утверждением моральных ценностей, — великие хранители традиций и создатели школы, для учеников которой наука стала источником творческих сил и жизненного оптимизма.

Я впервые увидел Владимира Александровича в 1950 г., будучи студентом биофака Московского университета. Наука на факультете сохранилась только в оазисах. Нам, биохимикам 4-го курса, начал читать лекции по энзимологии Энгельгардт. Худощавый, высокий доброжелательный человек из другого мира — мира науки. Он верил фактам, разуму и отдавал примат хорошо поставленному эксперименту.

В светлый весенний день нас, студентов, пригласили познакомиться с лабораторией Владимира Александровича в Институте биохимии им.А.Н.Баха. Перед нами было невиданное раньше оборудование: настоящие центрифуги и штупенфотометр, аппарат Варбурга и спектрофотометр фирмы «Бекман». Вскоре я стал дипломником у Владимира Александровича и через несколько месяцев уже работал в его лаборатории наравне с другими сотрудниками.

Студент, попавший впервые во взрослый коллектив, понимает и ощущает свое положение на нижней ступеньке лестницы. И это может продолжаться долго. Энгельгардт в какой-то момент внес ясность в эту табель о рангах. Однажды в его присутствии я не согласился со своим руководителем, спорил, отстаивая свою позицию довольно горячо. Высказался и думаю: «Вот они сейчас вдвоем на меня навалятся». Как же велико было мое удив-



В.А.Энгельгардт и А.А.Баев. Как писал Баев, «я вернулся к жизни в науке в значительной мере, даже исключительно, благодаря вмешательству Владимира Александровича... Все то, что он сделал, не имеет аналогий, по крайней мере моя память не хранит примеров подобного рода» (из книги «Воспоминания о В.А.Энгельгардте». М., 1989. С.44).

Здесь и далее фото из архивов «Природы» и Института молекулярной биологии

ление, когда Владимир Александрович поддержал меня: «Правильно, надо высказывать и отстаивать свою точку зрения». Каково студенту на первых же шагах почувствовать поддержку корифея! А вот другой эпизод того же времени. Жена и постоянная сотрудница Энгельгардта, Милица Николаевна Любимова, обратилась к нему с просьбой отпустить ее в поликлинику — днем. «Вы, смеетесь, Милица Николаевна?» — был ответ. Поблажек Энгельгардт не давал никому — ни себе, ни близким. Это были уроки нравственности. Так формировались его стиль и среда.

Я закончил дипломную работу, приближался срок защиты, а Владимир Александрович болел и находился в подмосковном санатории, в Узком.

© Поляновский О.Л., 2014

Статья подготовлена на основе доклада, прочитанного в ноябре 2013 г. на Международном симпозиуме «Биохимия — основа жизни», посвященном 150-летию кафедры биохимии Казанского государственного университета.

Он пригласил меня к себе и дал письменную рекомендацию в аспирантуру Института биохимии. Этого, казалось, было достаточно, но не все в моей анкете удовлетворило дирекцию института. В результате в аспирантуре мне было отказано.

Я мог бы и не встретиться больше с Владимиром Александровичем, но судьба распорядилась иначе. Я получил распределение во Всесоюзный институт научной и технической информации (ВИНИТИ). В то время это было довольно своеобразное учреждение, нечто вроде политического отстойника, где работали люди, в основном молодые, не допущенные в элитные академические институты. Среди научных сотрудников там были и будущие академики — химик Марк Вольпин и физик Лев Окунь. В это время в моей научной судьбе значительную роль сыграли два человека: Александр Александрович Баев и Вацлав Леонович Кретович, который предложил мне тему и место для моих экспериментов.

Закончив эксперименты за три года, я защитил кандидатскую диссертацию, будучи уже в Институте радиационной и физико-химической биологии. Весной 59-го Баев рассказал мне о создании Энгельгардтом этого нового института. Познакомился я с Александром Александровичем раньше — в 1954 г. Он только что вернулся в Москву из сибирской ссылки, в начальный период «оттепели». Это был худощавый светлый блондин, на вид лет около 40 (хотя в то время ему было уже 50). Он снова стал работать в лаборатории Энгельгардта в Институте биохимии (как и до ареста), но, подобно многим в то время, вынужден был подрабатывать в ВИНИТИ, где издавались реферативные журналы (РЖ). Сначала он был внештатным референтом, а затем редактором. Появлялся он в редакции РЖ «Биохимия» с толстым портфелем, где носил работу. Был холодноват и замкнут. Но открытая и дружелюбная обстановка растопила лед первых встреч. Обычно после рефератов он доставал промасленный кулек и несколько извиняющимся тоном говорил: «Никак не могу удержаться — на каждом углу в Москве продают жареные пирожки». Тогда при частом общении с Баевым становилась заметна разница, даже противоречивость, между внешностью служащего той поры (потертый портфель, вечный плащ и неновый пиджак) и неординарным выражением лица с острым, порой устремленным внутрь взглядом. Эта сосредоточенность происходила от напряженной интеллектуальной работы, которая могла идти одновременно на разных уровнях.

Он не делал секрета из своих «сибирских университетов» и много рассказывал о врачебной практике, о необыкновенных случаях, с которыми иногда приходилось сталкиваться в сибирской глубинке. До ареста в 1937 г. он работал в лаборатории Энгельгардта, Переписка с арестованным была запрещена, и Владимир Александрович потерял его из вида. Их общение возобновилось в начале 1945 г. по инициативе Энгельгардта. Его неоднократные обращения с просьбой об освобождении ссыльного Баева в высшие инстанции вплоть до Берии возвращались с одинаковой резолюцией «отказать».

Переписка и хлопоты Владимира Александровича о судьбе своего ученика были сопряжены с большим риском и для него, и для его семьи. Он отдавал себе в этом отчет и ожидал ареста (буквально сидя на чемоданах). Воспользовавшись кратковременной послевоенной «оттепелью», добился разрешения защиты Баевым кандидатской диссертации.

Владимир Александрович сохранил написанную Баевым до ареста диссертацию. Летом 46-го Энгельгардт предоставил ему свою квартиру в центре Москвы, чтобы тот мог внести необходимые исправления в литературную часть его труда, поскольку она устарела за прошедшее время. Через год состоялась защита диссертации в Институте физиологии им.И.П.Павлова, где директором был академик Л.А.Орбели. Оппонировали работу Евгений Михайлович Крепс и Сергей Евгеньевич Северин.

После усиленных хлопот Владимира Александровича Баев отбывает из Норильска в Сыктывкар, где организует в филиале АН Лабораторию биохимии. Но уже в 1949 г. следуют повторный арест и ссылка («вечная») в село Шадрино на Енисее. Александр Александрович работает в местной



Энгельгардт со студентами кафедры биохимии животных биофака МГУ. 1954 г.

больнице и оборудует ее совместно с женой. Чтобы прокормить семью, обзаводится подсобным хозяйством, всерьез охотится. Но, что важно, он отнюдь не погружается в домашние хлопоты. Инстинкты исследователя заложены в нем самой природой, и он начинает попытки вернуться в науку — главное дело его жизни. И здесь Владимир Александрович не раз приходит ему на помощь, причем не только словом. Вот пример. В 1949 г. у нас, студентов-биохимиков МГУ, появилась переводная книга, которой мы искренне увлекались, — «Динамическая биохимия» Д.Болдуина; ее редактором был Энгельгардт. Имя же переводчика отсутствовало. Только много лет спустя стало известно, что книгу, пересланную Владимиром Александровичем в Сыктывкар Баеву, тот прекрасно перевел и получил гонорар, весьма не лишний для его семьи. Переписка между ними продолжалась до последней телеграммы из Шадрина от 17 сентября 1954 г.: «Выезжаем всей семьей. До скорой встречи. А.Баев». Вчерашнего ссыльного встречал на вокзале академик Энгельгардт.

Для Баева начался новый этап — работа старшим научным сотрудником в лаборатории Владимира Александровича в Институте биохимии им.А.Н.Баха. В 1957 г. Энгельгардт, будучи академиком-секретарем, добился постановления о создании в Москве Института радиационной и физико-химической биологии. Это длинное и довольно неуклюжее название служило защитой:



А.А.Баев, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник сектора растительных ресурсов Научно-исследовательской базы в Коми АССР. Сыктывкар, 1947 г.

еще был силен Лысенко, и с этим нельзя было не считаться, а магическое слово «радиационный» позволяло работать с нуклеиновыми кислотами и употреблять почти запретное слово «ген».

Лето 1959 года. С первых же дней в организации института правой рукой директора стал Баев. От имени Энгельгардта он передал мне приглашение во вновь созданный институт. Правда, его официальное название было не в ходу. На вопрос, где работаешь, достаточно было сказать — в институте Энгельгардта. Многие завидовали. Авторитет директора института был очень высок. И, что важно, под одной крышей Владимир Александрович сумел собрать энтузиастов, безошибочно угадал и выделил лидеров направлений.

Все сотрудники, принятые на работу в первые дни становления института, прошли собеседование с Александром Александровичем. Но, к нашему сожалению, «компетентные органы» не утвердили его на должности заместителя директора.

Не думаю, что такие «щелчки» проходили бесследно. Много позднее произошел нелепый случай. Большая группа ученых направлялась в Голландию для участия в съезде ФЕБО, главой нашей делегации назначили Баева (тогда он был уже академиком-секретарем). Во время нашего предотъездного визита в Президиум академии (на инструктаж) он появился в сопровождении главного ученого секретаря АН, который сообщил нам, что Баев ехать не может, так как он очень нужен президенту Ака-



Домик, в котором жили Баевы в Сыктывкаре.

демии. Вид у Александра Александровича был при этом смущенный и необычно растерянный, видимо для него все это было неожиданностью.

Желающих работать в институте Энгельгардта было немало. Шел отбор, обычно неформальный. Главным принципом, сформулированным Владимиром Александровичем, было триединство физиков, химиков и биологов. Именно в таком порядке. Авторитет физиков в стране был необыкновенно высок. Они могли противостоять лженауке, будь то Лысенко или Бошьян. Это было очень важно, потому что шабаш достопамятной сессии ВАСХНИЛ 1948 г. пригнул головы многим, кто и не пострадал прямо от ее последствий. Синтез разных взглядов, сплав наук побуждали к творческому поиску. Не все проходило гладко в конкуренции идей, мнений, характеров, самолюбий, но всегда главенствовал авторитет «Деда» (так мы между собой называли Владимира Александровича). Опасались не приказа на бумаге, а того что он скажет. В трудную минуту говорили: «Надо пойти к Деду».

В научной жизни Энгельгардта после краткого по продолжительности периода гражданского самоопределения — службы военврачом в 1-й Конной армии — можно выделить три основных периода. Первый из них совпал с работой вначале 30-х в Казанском университете, где он возглавил кафедру биохимии. Именно здесь, работая с ядерными эритроцитами голубя, он открыл процесс окислительного фосфорилирования, который стал основой для нового направления биологической науки — биоэнергетики. Мировое научное сообщество в свое время не уделило должного внимания этому процессу. Второй период — открытие АТФ-азной активности миозина (в 1943 г. удостоено Сталинской премии) имеет внутреннюю связь с первым. АТФ, накапливаемый при окислительном фосфорилировании и гликолизе, служит топливом для любых биологических «двигателей». Третий, наиболее продолжительный этап — синтетическая концепция молекулярной биологии, которую Энгельгардт видел как молекулярную жизнь клетки. Это прослеживается по структуре созданного им института: от строения и функционирования биополимеров (нуклеиновых кислот, белков и ферментов) до проблем клеточной биологии. В 80 лет он возглавил научную программу «Обратная транскриптаза» («Ревертаза» по терминологии Энгельгардта), призванную активизировать и обеспечивать развитие генной инженерии (конец 70-х). Эта комплексная работа, выполненная большим коллективом ученых, работавших в разных городах СССР, была удостоена Государственной премии в 1979 г.

До конца жизни Энгельгардт отличался особым умением отбирать, просеивать идеи и формировать направления. Не признавал линейной экстраполяции, гладкой эволюции, когда одна и та же тематика могла, постепенно загнивая, существовать десятки лет. Об этом он, помнится, го-



Александр Александрович и Екатерина Владимировна Баевы.

ворил на семинаре Тимофеева-Ресовского. То же старался осуществлять на деле. Администрировать Энгельгардт не любил — эту повседневную работу выполняли заместители. В 1984 г. (ему шел 90-й год) вопрос о них стал для директора особенно актуальным. В этой роли ему виделся Г.П.Георгиев, но он был беспартийным и с его кандидатурой «в верхах» никто не согласился.

В институте хотя бы раз в год собирались капутники, в которых доставалось всем популярным сотрудникам. Владимир Александрович обязательно приходил, от души смеялся и обижался, если его не «протаскивали». Он в таких случаях говорил:



Энгельгардт с женой. «Привлекательной была их гармоничность — мягкий, остроумный, контактный Владимир Александрович и более сдержанная, но внимательная к любому его проявлению Милица Николаевна». А.А.Капица («Воспоминания о В.А.Энгельгардте». М.,1989. С.263.).



В Институте молекулярной биологии. Слева направо: А.Д.Мирзабеков, В.А.Энгельгардт, М.М.Шемякин и А.А.Баев. Конец 60-х годов.

«Неужели я настолько непопулярен в своем институте, что обо мне нечего сказать?». Был организатором и президентом институтского кафе «Спираль», открытие которого состоялось в конце 60-х. Первым приглашенным был академик, нобелевский лауреат И.Е.Тамм, с которым Владимир Александрович познакомился и подружился в горах. Вечер прошел весело, в воспоминаниях двух академиков. В институте, в нашем просторном конференц-зале, проходили не только ученые советы и конференции. Постоянными гостями были «лирики»: вахтанговцы, В.Высоцкий, М.Козаков, Ф.Искандер, Никитины (много раз) и другие наши звезды. Институтская атмосфера, создаваемая директором, способствовала этому культурному кругообороту, тем более что в 60–70-х институт был молод.

Владимир Александрович любил общаться с сотрудниками, носителями идей, не только в кабинете, но и в коридоре, в лифте обменивался мнением о новых статьях или об английской поэзии. Для души писал стихи. Однажды задал мне неожиданный вопрос: «Олег, каких английских поэтов сейчас Вы читаете?» Я сказал, что читаю «The Forsyte Saga». «Так это же поэзия» — ответил Владимир Александрович.

В начале 60-х Баев смог сосредоточиться на научной работе. Обстоятельства складывались вполне благоприятно. Созрела и была сформулирована стратегия исследования валиновой тРНК. Сложился коллектив, Энгельгардт горячо поддерживал пионеров, которые начали работу буквально на пустом месте. Быстро рос авторитет Александра Александровича, хотя он не был в то время доктором наук, не занимал административной должности. Дело было в личных качествах, прежде всего в его мудрости и простоте. Свободный от академических регалий и доступный для общения, он стал

в институте лидером, никем не избранным и не назначенным сверху, но всеми признанным.

*У нашего здания
Со времен мироздания
Было шестнадцать колонн,
Но стояло б непрочно,
И это уж точно,
Коль не было б Баева в нем.*

Это было общее мнение. Середина 60-х была временем взлета института, который тогда переименовали в Институт молекулярной биологии: здесь велись блестящие работы по пиридоксальскому катализу (А.Е.Браунштейн), были открыты информоферы (Г.П.Георгиев), широкую известность приобрели исследования биофизиков. Но несомненно самым ярким событием в то время стало завершение исследования валиновой тРНК, удостоенного Государственной премии в 1969 г.

Избрание Баева в 1968 г. членом-корреспондентом Академии наук, а через два года академиком встретили в институте (и не только в нем) как признание безусловных заслуг и по крайней мере частичное искупление вины перед немолодым ученым (было ему в то время уже за 60). В институте велись исследования тРНК, ставились необыкновенно интересные эксперименты, основанные на комплементарности фрагментов тРНК. В то же время на границе 70-х в широкой печати появилась статья Баева о начале новой эры — эры ДНК. Тогда трудно было поверить в реальную возможность определения строения генов. Но время показало, что слово было сказано во время. Всего через несколько лет была расшифрована структура первых генов, в том числе в лаборатории Баева. Существенный вклад в разработку метода химического секвенирования внес в то время Андрей Мирзабеков, ученик и соратник Александра Александровича.

В 1971 г. Баев стал академиком-секретарем Отделения биохимии, биофизики и физиологически активных соединений, членом Президиума АН (оставался им до 1988 г.). В те годы он активно участвовал в развитии молекулярной биологии и генетики, биотехнологии, в формировании новых исследовательских подразделений и институтов, был одним из инициаторов принятия правительственных постановлений (1974, 1981, 1985 и 1988 гг.), которые давали значительные материальные средства новым направлениям биологии. Программа «Геном человека», которую Баев возглавил, стала одной из 14 Госпрограмм СССР. Впервые в нашей стране на ней опробовали для финансирования систему грантов. Эта программа в течение нескольких лет оставалась единственным источни-



В.А.Энгельгардт и А.А.Баев — основоположники молекулярной биологии.

ком финансирования исследований в области молекулярной биологии гена и геномики.

В 1976 г. состоялся зимний симпозиум по генной инженерии в Майами. После 20 часов полета, ожиданий, пересадок мы (Александр Александрович и я) прибыли для участия в этом форуме. Было 10 января, а на дворе стоял теплый летний вечер. В номере отеля Александр Александрович положил вещи, огляделся и со словами «я пошел гулять» исчез. Часы показывали 5 часов утра по московскому времени. Жажда жизни и деятельности — таково было свойство его натуры. В 70 с лишним лет и позже он оставался невероятно активным и в исследованиях тРНК, и в работах по программе «Геном человека».

Для руководства людьми нужна скрытая сила, которую ощущают соратники. Здесь недостаточно академических знаний и жизненного опыта — необходимо, если хотите, обаяние личности, талант, который дается не всем. И еще уверенность в правильности избранного пути. А дальше — успех порождает успех. Участвовавший в симпозиуме «отец» генной инженерии Пол Берг заявил в широкой печати о потенциальной и реальной угрозе манипулирования генами. Американцы ходили с плакатами: «Мы не хотим, чтобы нас клонировали». Под этим напором речь пошла о возможном введении моратория на проведение генно-инженерных исследований. Из научной литературы исчез сам термин «генная инженерия». На этом фоне неуверенности голос Александра Александровича прозвучал диссонансом. Прежде всего, он решительно выступил против панических настроений, но поддержал необходимость мер безопасности при работе с рекомбинантными ДНК. Уже в Москве под его руководством были разработаны соответствующие инструкции по созданию модулей безопасности.

Заканчивался 1994 год. Остались позади юбилейные торжества, посвященные 90-летию Александра Александровича. Он по-прежнему был членом Президиума РАН, руководил программой «Геном человека», много времени отдавал ИМБ (название института в то время шутливо расшифровывали как Институт Мирзабекова—Баева им.В.А.Энгельгардта). Рабочий стол его был завален рукописями. Здесь лежали и текст пленарного доклада, который ему предстояло прочесть на съезде генетиков, и данный ему на рецензию проект закона о науке — неудачный, как говорил Баев, поскольку в нем учитывались интересы только вузовской науки. Александру Александровичу было свойственно чувство долга и ответственности. В любом деле для него на первом месте всегда стояла наука. В этом был весь он: от выбора пути исследования до анализа и оценки результатов, подготовки научных статей и докладов, обдуманных и написанных. Наша последняя встреча состоялась в его кабинете на четвертом этаже ИМБ. В этот день Баев принимал поздравления с присуждением ему Демидовской премии, поэтому посетителей и звонков было больше, чем обычно. Он смущался, но по обыкновению подшучивал. Меньше чем через месяц Александра Александровича не стало.

Настоящее и, тем более, будущее общества зависит от тонкой прослойки людей, хранителей интеллектуальных и этических традиций. В разные времена их называли по-разному: философы, энциклопедистами, недобитыми интеллигентами, диссидентами — в зависимости от состояния общества. Иногда в бурной повседневности о них забывают. Но избалованные вниманием или забытые, эти люди делают свое дело и крепят скальную основу, на которой зиждется все здание. Если же разрушить эту основу, то не будет и здания. ■



Международная конференция «Терапия будущего»

О.Л.Серов,

доктор биологических наук

Институт цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск)

Центр по изучению стволовых клеток Сколтеха (Московская обл.)

Сколковский институт науки и технологий (Сколтех) — негосударственный международный научно-образовательный центр — создан в 2011 г. для того, чтобы наладить живую связь между фундаментальной и прикладной науками. Возглавил Сколтех известный американский ученый Э.Кроули (E.Crawley). Обучение в Сколтехе, по замыслу его создателей, должно проходить на базе ведущих исследовательских групп, работающих в пяти областях — биомедицины, энергетики, новых материалов, информационных технологий и космических исследований. После конкурса, на который было подано 120 проектов, представленных 360 университетами и институтами из 20 стран, в 2013 г. было одобрено создание первых трех Центров науки, инноваций и образования (ЦНИО), два из них биомедицинские.

Согласно первоначальному плану, создание ЦНИО в России должно проходить в тесном взаимодействии с научными коллективами «продвинутого» университетов западной Европы и США. Центр по изучению стволовых клеток был организован при участии авторитетного голландского университета города Гронингена (University of Groningen) и московского Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН; содиректором центра от зарубежного партнера стал известный ученый П.Лэнсдорп (P.Lansdorp), от российского — профессор С.Л.Киселев. Директором этого ЦНИО Сколтех назначил выдающегося европейского ученого и организатора научных исследований профессора А.Бернса (A.Berns), ранее возглавлявшего Институт по исследованию рака в Нидерландах. Кроме того, в состав Центра по изучению стволовых клеток вошли ведущие лаборатории Массачусетского технологического института

© Серов О.Л., 2014

(The Massachusetts Institute of Technology, MIT). Безусловно, в Сколтехе это наиболее сильный партнер, который имеет самый высокий рейтинг (достаточно сказать, что в MIT работает 77 лауреатов Нобелевской премии). Второй биомедицинский ЦНИО — Центр РНК-терапии и функциональной геномики — создан учеными MIT и Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

На конференции «Терапия будущего», прошедшей с 26 по 28 мая в инновационном центре «Сколково», российские и зарубежные коллеги собрались все вместе впервые, чтобы не только поделиться результатами своих исследований, но и наметить перспективы научного поиска и эффективного взаимодействия. В конференции, организованной двумя ЦНИО, приняли участие нобелевские лауреаты — Ф.Шарп (Ph.Sharp), награжденный в 1993 г. «за открытие прерывистой структуры генов», и С.Яманака (S.Yamana), удостоенный премии в 2012 г. «за открытие возможности репрограммирования дифференцированной клетки в плюрипотентную». Учитывая важность тематики конференции, на ее открытии присутствовали заместитель министра финансов РФ А.Ю.Иванов и заместитель министра образования и науки РФ Л.М.Огородова. Из ее выступления следует, что

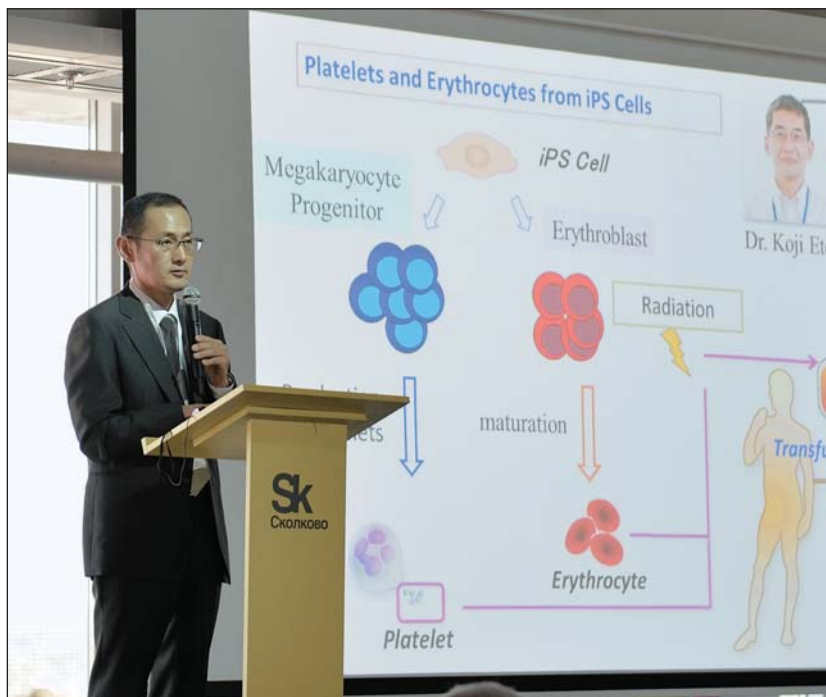
Правительство РФ продолжит финансовую поддержку международных проектов Сколтеха и будет способствовать внедрению инновационных разработок в промышленность страны. Особое внимание заместитель министра обратила на участие и сотрудничество бизнеса в области инноваций и коммерциализации научных разработок. Замечу, что модель тесной связи научных исследований и их практическое внедрение с участием бизнеса наиболее ярко реализуется в США, но менее заметно — в Европе и Азии. Основные разработки в Европе проводятся за счет бюджетных средств, в Японии, по словам С.Яманаки, наука финансируется на 90% государством.

Научная часть конференции была открыта лекциями двух нобелевских лауреатов. Поскольку мои профессиональные интересы лежат в области изучения стволовых клеток, то подробнее поделюсь впечатлениями о выступлениях на конференции моих зарубежных и российских коллег. Лекция профессора Яманаки называлась «Последние достижения в исследованиях iPS-клеток и их применение». Здесь необходимы некоторые пояснения. Что такое iPS-клетки? В прямом переводе на русский язык эта аббревиатура расшифровывается так — индуцированные плюрипотентные стволовые клетки (ИПС-клетки). Этот термин ввел



Регистрация участников конференции.

Все фотографии предоставлены пресс-службой Сколтеха



Лекцию читает лауреат Нобелевской премии С.Яманака.

Яманака в статье, опубликованной в журнале «Cell» 25 августа 2006 г., которая открыла новую эру клеточной биологии и заслуженно отмечена Нобелевской премией. Чтобы понять масштабность и значимость этого события, необходимо осуществить некоторый экскурс в историю биологии последних десятилетий.

Долгое время, еще до публикации статьи Яманаки, в биологии обсуждалась одна из фундаментальных проблем: что происходит с геномом (всей

лягушки *Xenopus laevis* и выяснил, что некоторые реконструированные ооциты могут развиваться во взрослую лягушку. Это послужило основанием для заключения, что в процессе развития геном зиготы (оплодотворенной яйцеклетки) сохраняется в дифференцированных клетках без существенных структурных необратимых изменений. Из этого следует, что при определенных условиях (например, когда ядра дифференцированных клеток помещают в цитоплазму ооцита) возможно репрограммирование генома, т.е. восстановление в нем тотипотентности, свойственной зиготе. Кстати, именно за эти работы Гёрдону вместе с Яманакой была присуждена Нобелевская премия в 2012 г.

Возможность экспериментального восстановления в геномах соматических клеток плюрипотентных свойств, утраченных в процессе развития, столь же убедительно показана в опытах по слиянию соматических дифференцированных клеток с эмбриональными стволовыми (ЭСК). Этот экспериментальный подход менее известен, но и он используется как эффективный способ репрограммирования геномов соматических клеток. Реализация такого подхода стала возможна благодаря созда-



Э.Кроули, Р.Яниш и А.Бернс.

нию технологии получения и длительного культивирования клеток млекопитающих из «доимплантационного» эмбриона. Он в течение нескольких дней (для человека 4–5 сут) после оплодотворения яйцеклетки находится в «свободном плавании», после чего буквально врастает в материнский организм (происходит имплантация). До этой стадии эмбрион претерпевает 8–10 делений (у разных видов этот показатель варьируется), после чего формируется бластоциста, состоящая из 250–400 клеток. В результате дифференцировки образуется группа из 40–50 клеток так называемой внутренней клеточной массы (ВКМ) и внешний слой клеток — трофобласт. Судьба этих частей бластоцисты различна: именно из этой массы развивается дефинитивный взрослый организм, тогда как клетки трофобласта формируют вместе с материнским организмом плаценту и обеспечивают питание развивающегося эмбриона.

В 1981 г. английский исследователь М.Эванс (M.Evans) разработал способ выращивания клеток ВКМ вне организма. Примечательно, что они сохраняли свойства ВКМ даже после длительного многомесячного культивирования. Наиболее впечатляющий факт сходства культивируемых клеток и ВКМ был доказан в опытах по инъекции культивируемых клеток в бластоцисту с последующей их пересадкой суррогатным матерям. Введенные клетки, попавшие в бластоцисты, участвовали в формировании химерных эмбрионов. Анализ родившихся химер показал, что инъецированные клетки дифференцировались во все типы соматических. Кроме того, химеры продуцировали два типа гамет (яйцеклетки или сперматозоиды), и при скрещивании химер с нормальными мышами были получены потомки, идентичные по генотипу культивируемым клеткам. Их назвали ЭСК, поскольку по плюрипотентности (способности дифференцироваться в различные типы соматических клеток) они сопоставимы с ВКМ. За разработку технологии культивирования ЭСК и их использование в экспериментальной эмбриологии О.Смитису (O.Smithies), М.Эвансу (M.Evans) и М.Капеччи (M.Careggi) была присуждена Нобелевская премия в 2007 г.

Возвращаясь к опытам по слиянию ЭСК с соматическими клетками (фибробластами, спленоцитами, лимфоцитами и т.д.), подчеркнем, что получаемые гибридные клетки обладают свойствами ЭСК, включая способность формировать химеры. Учитывая, что в геноме гибридной клетки

находится генетический материал соматической клетки, можно заключить: он репрограммируется по шаблону ЭСК, в нем восстанавливается плюрипотентность, свойственная ЭСК. Эти эксперименты, как и опыты по переносу ядер соматических клеток в энуклеированные ооциты, наглядно показывают обратимость дифференцировки.

Экспериментальный подход восстановления плюрипотентности в соматических клетках, предложенный Яманакой, основан на другом принципе. Прогресс молекулярной биологии последних десятилетий позволил детально установить динамику функционирования генов в процессе развития. Установлено, что профили (наборы) активных генов существенно меняются на разных стадиях развития и дифференцировки клеток. Смена профилей экспрессирующихся генов происходит под контролем особой категории генов, кодирующих транскрипционные факторы. Они напрямую взаимодействуют с ДНК, причем в основном с промоторами (регуляторными последовательностями) генов, и выступают в роли регуляторов их активности.

Сравнивая наборы транскрипционных факторов в ЭСК и соматических дифференцированных клетках, Яманака выделил из них 24, которые присутствуют в ЭСК, а в соматических клетках их либо нет совсем, либо они присутствуют в незначительных количествах. Далее последовательности ДНК этих 24 транскрипционных факторов были «встроены» в геном ретровирусов. У такой конструкции два уникальных свойства. Первое — способность рекомбинантных ретровирусов переносить гены транскрипционных факторов в клетки-мишени (т.е. играть роль вектора). Второе важное свойство конструкции — обеспечивать экспрессию этих факторов в клетке, т.е. синтез



Нобелевский лауреат Ф.Шарп отвечает на вопросы.



А.В.Кабанов (слева), профессор Университета Северной Каролины, и Н.Л.Клячко (в центре), профессор химического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, — известные специалисты в области нанотехнологий, в частности использования полимерных наноматериалов для доставки лекарств.

белков, которые могут осуществлять свои прямые функции, связываясь с ДНК клеток-мишеней.

Яманака и его сотрудник К.Такахашии (K.Takahashi) сделали коктейль (впоследствии он был назван «магический коктейль Яманаки»), смешав ретровирусные векторы, несущие 24 отобранных транскрипционных фактора, и обработали (провели трансфекцию) фибробласты, типичные широко распространенные соматические клетки. Через три-четыре недели появились колонии клеток, обладающие сходными с ЭСК свойствами, и, что особенно важно, экспрессирующие гены *Nanog*, *Sox2*, *Fgf4* и другие. Затем авторы стали обрабатывать фибробласты коктейлем, из которого удаляли отдельные транскрипционные факторы. В конечном счете оказалось, что всего четыре фактора — Oct4, Sox2, c-Myc и Klf4 — способны вызывать превращение фибробластов в ИПС-клетки. Поразительно было то, что при их подкожном введении мышам с вызванным иммунодефицитом тестируемые клетки формировали доброкачественные опухоли, тератомы. В результате гистологического анализа в них были выявлены различные типы клеток — жировые, хрящевые, мышечные, нейральные и многие другие. Иными словами, ИПС-клетки проявляли способность дифференцироваться в другие типы соматических клеток. Подобно ЭСК, ИПС-клетки могли расти длительное время в условиях *in vitro*, сохраняя приобретенные плюрипотентные свойства. Таким образом, искусственная экзогенная экспрессия четырех транскрипционных факторов, свойствен-

ных ЭСК, приводит к репрограммированию генома соматической клетки (фибробласта), т.е. меняет профиль активных генов фибробласта на профиль, свойственный ЭСК.

Уникальное достоинство технологии, предложенной Яманакой, — возможность получать персонализированные культуры ИПС-клеток. Базовые элементы технологии выглядят фантастическими, если учесть, что взятый кусочек кожи взрослого человека служит донором культуры фибробластов, а те в свою очередь посредством экзогенной экспрессии четырех транскрипционных факторов превращаются в ИПС-клетки — аналоги клеток эмбриона на четвертый-пятый день развития. Повторю, ИПС-клетки плюрипотентны и способны дифференцироваться в любые соматические клетки и даже гаметы. Из этого следует, что открывается перспектива создания пер-

сональных банков культур ИПС-клеток, которые могут быть использованы как своего рода «запчасти», заменяющие погибшие собственные клетки. Особенно важно это для тканей, клетки которых не способны к регенерации, — например, нейроны, клетки поджелудочной железы, кардиомиоциты и т.д.

Разработка технологии получения персонализированных культур ИПС-клеток — крупнейшее достижение XXI в. Однако прежде чем их можно будет использовать для замещения в поврежденных тканях, исследователям предстоит решить довольно сложную задачу — необходимо найти эффективные пути использования потенциала ИПС-клеток для получения специализированных клеток желаемого типа.

Правительство Японии открыло Центр исследования и применения ИПС-клеток, — сообщил Яманака, рассказывая о перспективах заместительной клеточной терапии. В его лаборатории уже получены из ИСП клеток кардиомиоциты человека, которые по электрофизиологическим характеристикам близки к натуральным клеткам сердечной мышцы и способны интегрироваться в поврежденный миокард, частично компенсируя повреждение.

О молекулярных механизмах репрограммирования соматических клеток и разработке способов управления их дифференцировки рассказал Р.Яниш (R.Jaenisch) — основатель Института Уайтхеда при MIT. Доклад назывался «Технология получения индуцированных плюрипотентных ство-

ловых клеток, генетическая корректировка и исследование болезней». Яниш и его группа, несомненно, в числе лидеров в области исследования стволовых клеток. Достаточно отметить его вклад в решение фундаментального вопроса: способность к репрограммированию свойственна любым соматическим клеткам или только какой-то ограниченной их группе?

Согласно данным группы Яниша, справедливо первое предположение. В настоящее время его внимание сфокусировано на маркировании этапов дифференцировки ИПС-клеток *in vitro*. Для этого проводится адресная модификация генома клеток-мишеней — вводится ген-репортер (например, ген, кодирующий зеленый флуоресцентный белок GFP) вблизи гена, который экспрессируется на определенной стадии дифференцировки. Такая адресная вставка гена-репортера позволяет визуализировать клетки (они светятся зеленым цветом при ультрафиолетовом освещении), которые находятся на той или иной стадии дифференцировки. Например, если активируется ген нестина, то свечение GFP при дифференцировке ИПС-клеток в нейроны и глиальные клетки будет свидетельствовать, что появились их незрелые предшественники. Их можно отобрать на проточном флуориметре, т.е. получить очищенную группу клеток, готовых к дифференцировке в нейроны. В настоящее время разработаны два перспективных способа адресной вставки гена-репортера: системы TALEN и CRISPR, которые опознают нужные последовательности ДНК в геноме клетки-мишени и обеспечивают «встройку» в этом месте гена-репортера. Группа Яниша активно разрабатывает маркировку различных стадий нейрогенеза и дифференцировки моторных и дофаминовых нейронов. Конечная цель этих разработок — создать технологии получения нейронов (как, впрочем, и любых других типов клеток) для использования в заместительной клеточной терапии нейродегенеративных заболеваний, для которых в настоящее время отсутствуют эффективные способы лечения.

Подобные работы ведутся и в России. Доклад С.Л.Киселева «Исследования плюрипотентных стволовых клеток человека, идентификация и модель болезни» был посвящен оценке «качества» ИПС-клеток человека (в сравнении с ЭСК) и их получению от пациентов, страдающих такими наследственными заболеваниями, как хорез Хантингтона и амиотрофический склероз. В лаборатории Киселева фибробласты человека обрабатывают «коктейлем Яманаки» и получают культуры ИПС-клеток, которые по свойствам близки к ЭСК человека, причем технология хорошо отработана и воспроизводима. Другое важное достижение коллектива лаборатории — создание, по существу, банка ИПС-клеток от пациентов с нейродегенеративными заболеваниями. В докладе профессор Киселев подробно рассказал о направленной диффе-

ренцировке ИПС-клеток от пациентов с болезнью Хантингтона в нейроны, подверженные патологии. Установлено, что в нейронах, полученных из ИПС-клеток, деформированы ядра, что характерно для этого заболевания. Значит, ИПС-клетки можно использовать для изучения патогенеза нейродегенеративных заболеваний человека, а также тестировать различные лекарственные препараты на стадии их разработок.

И еще об одной грани исследования и практического использования стволовых клеток.

Каждый тип клеток нашего тела имеет уникальный набор (профиль) активных генов, который определяет специализацию клетки. По мере развития организма профиль генов в стволовых клетках меняется и в результате возникает все множество специализированных клеток, из которых состоит организм. Для биологии стволовых клеток важно знать механизмы регуляции активности генов и их роль в поддержании клеточной идентичности. Этой проблеме был посвящен доклад Р.Янга (R.Young) — профессора Института биомедицинских исследований имени Уайтхеда — «Клеточная идентификация и контроль транскрипции». Он рассказал о роли недавно открытых элементов генома (суперэнхансеров) в регуляции активности ключевых для поддержания клеточной идентичности генов (мастер-генов). Группа Янга составила каталог суперэнхансеров для 86 типов клеток и тканей человека. Эта информация, несомненно, станет фундаментом многих исследований в области стволовых клеток. Кроме того, как оказалось, при развитии рака суперэнхансеры начинают регулировать онкогены, а значит, могут стать еще одной мишенью для противоопухолевых препаратов будущего.

А. ван Оденарден — профессор Института Губрехта в Утрехте (Нидерланды) — представил доклад, посвященный развитию методов анализа активности генов в индивидуальных клетках. Подавляющее большинство имеющейся информации об активности генов в различных типах клеток были получены при анализе больших популяций, таким образом, получался усредненный портрет клетки. Однако в последнее время появляется все больше данных, говорящих о том, что даже клетки, относящиеся к одному клеточному типу, могут отличаться по активности конкретных генов в конкретный момент времени. Поэтому важно учитывать эту гетерогенность при исследовании различных биологических процессов. Особенно перспективным представляется развитие методов секвенирования транскриптов отдельных клеток. Профессор ван Оденарден привел впечатляющий пример применения данной технологии для построения пространственной карты активности всех генов в эмбрионе рыбы. Важно отметить, что впервые удалось получить информацию о пространственном распределении транскриптов без применения микроскопических методов анализа.



Р.Раджагопалан (вверху), первый проректор Сколтеха, и Б.Тидор, профессор МИТ и руководитель профессорско-преподавательского состава совместной программы МИТ-Сколтеха.

Вместо заключения, поделюсь мыслями по поводу образования в Сколтехе, где началась подготовка ученых нового поколения. На конкурсной основе отбираются наиболее талантливые выпускники российских вузов. Студенты должны свободно владеть английским языком: их знания собираются довести до понимания современных тенденций в науке (главным образом, в физике, химии и биомедицине), поэтому для чтения курсов необходимо приглашать ведущих российских и зарубежных ученых. Далее не совсем внятный пункт — годовичная стажировка таких молодых людей в ведущих научных центрах США и Голландии с последующим возвращением в Россию и работой в Сколковском центре. При всей внешней привлекательности этой модели остается неясным, почему стажировка ограничивается только годом? Очевидно, что за такой короткий период получить степень PhD мало реально. Получение степени PhD стажером очень важно, поскольку для защиты требуются публикации, а при стажировке в «продвинутой» лаборатории гарантированы публикации в высокорейтинговых журналах. Это важно для молодого ученого попасть в список цитируемых авторов. В противном случае стажер получит общее впечатление об уровне работ в «продвинутых» лабораториях, но и только. Велики шансы, что молодые российские ученые пожелают остаться навсегда (или просто надолго) в США или Европе. В таком случае, это будет вариант «утечки мозгов», причем за государственный счет, поскольку оплата учебы стажеров ляжет на Сколковский центр. Уже сейчас перечисляются средства в МИТ вообще с непонятной целью. Кстати, средства сопоставимы с финансированием российских групп.

К слову, «несостыковки» в законодательствах США и РФ затрудняют решение этой проблемы, по крайней мере, это следует из выступления в дискуссии профессора Яниша. Таким образом, образовательная часть проекта Сколково выглядит незавершенным проектом с неясными перспективами.

В этом отношении опыт КНР для решения сходной задачи — создание в короткое время слоя молодых высококвалифицированных кадров научных сотрудников. Достаточно длительное время КНР финансировала большую армию молодых ученых, стажировавшихся в самых престижных университетах США, где получили степени PhD и хорошие «curriculum vitae». На родине «китайские возвращенцы» получили лаборатории и финансовую поддержку из государственных фондов, но с обязательным выполнением одного условия — публикации в высокорейтинговых журналах. Последнее легко оценивается по импакт-фактору. Невыполнение этого условия сопровождается прекращением финансовой поддержки проектов исследователей, которые показали недостаточную эффективность выполнения предыдущих проектов. Что получится у нас, покажет время... ■

Книга о Моцарте биологии

М.Д.Голубовский,
доктор биологических наук
Университет Беркли, Калифорния, США

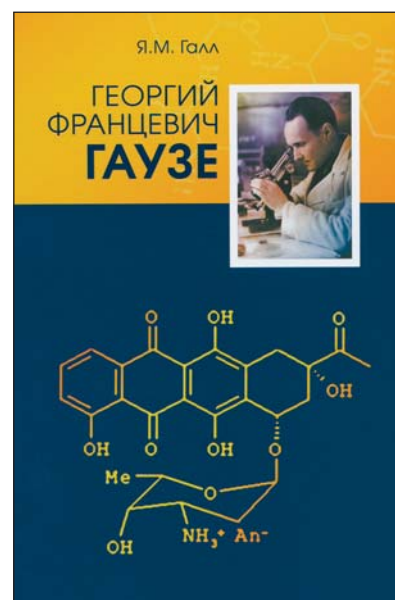
Моцарт биологии — такая метафора известного эволюциониста Н.Н.Воронцова хорошо передает впечатление о стиле и творческих достижениях Георгия Францевича Гаузе (1910—1986). Обоснованность метафоры становится очевидной после прочтения первой научной биографии ученого, написанной известным и авторитетным историком биологии Я.М.Галлом. Он изучал творческий путь своего персонажа не только по статьям и архивам [1, 2], но регулярно встречался и беседовал с ним, с его женой и соавтором Марией Георгиевной Бражниковой, со многими коллегами по их совместным исследованиям. Эти беседы касались не только сугубо научных тем, а носили доверительный, порой исповедальный характер. Многие интересные подробности из этих бесед о самом ученом, его окружении, стиле работы, любопытные околонучные детали вкраплены в текст книги. В этом смысле общение Гаузе со своим будущим биографом напоминает общение великого Гете с молодым поэтом И.Эккерманом, который выпустил столь известные мемуары «Разговоры с Гете в последние годы его жизни».

Популяционная экология

Тяга к биологии у Георгия проявилась рано. Случайная встреча в юном возрасте с известным московским зоологом В.В.Алпатовым (1898—1979), занимавшимся биометрией и популяционной экологией, превратила интерес юноши в страсть и рас-

ширила его научный кругозор. Еще будучи школьником, он публикует первую научную статью по биометрическому анализу изменчивости у саранчи. Однако поступить в московский университет ему мешает непролетарское происхождение: отец — профессор и декан Московского архитектурного института, мать — балерина Большого театра. Помогло ходатайство группы биологов, подписанное директором Зоомузея Московского университета профессором Г.А.Кожевниковым. Во время учебы в университете и после его окончания Гаузе работает в области популяционной экологии и регуляции численности животных. Исследования велись в направлении работ известного американского популяционного биолога и демографа Р.Перля (1879—1940), у которого Алпатов три года (1927—1929) проходил стажировку в Университете Джонса Хопкинса в Балтиморе.

После окончания университета в 1932 г. и вплоть до 1942 г. в лаборатории экологии, организованной Алпатовым при кафедре зоологии Московского государственного университета, Гаузе анализирует динамику численности популяции, изучает межвидовую конкуренцию и поведение системы хищник—жертва. Поскольку здесь биология вплотную соприкасалась с математикой, нужна была опытная проверка выводов из математических моделей регуляции популяционного роста и системы хищник—жертва, сформулированных в середине 1920-х годов американским биофизиком А.Лоткой и итальянским мате-



Я.М.Галл.
ГЕОРГИЙ ФРАНЦЕВИЧ ГАУЗЕ.

СПб.: Нестор-История, 2012.
233 с.



Г.Ф.Гаузе — самый молодой доктор наук. 1934 г.

матиком и физиком В.Вольтеррой. Последний был знаменит не только своими работами по математике, но и тем, что в 1931 г. в числе 12 из 1250 профессоров мужественно отказался подписать присягу на верность дуче.

В 1933 г. Гаузе на основе своих опытов и опубликованных в американских журналах статей подготовил книгу. Она вышла в 1934 г. в Балтиморе (США) под названием «The struggle for existence» («Борьба за существование»). Редактор книги Перль в кратком предисловии отметил, что исследование молодого русского ученого Гаузе («к моему большому удовольствию и удовлетворению, он протеже моего бывшего ученика и друга профессора В.В.Алпатова») представляет особый интерес, органично слившийся воедино экспериментальный и математический подходы. Любой биолог, желающий знать, что делают и думают новаторы в этой области знания, должен прочесть эту книгу.

Перль оказался прав в своем предвидении. В книге был обоснован вошедший в эволюционную биологию и экологию принцип конкурентного исключения близких видов: одна ниша —

один вид. С тех пор «принцип Гаузе» как фундамент экологии излагается во всех сводках. Убедительность выводов следовала из удачно выбранных опытных объектов (парамедий, размножаемых в определенном объеме воды и дозированной корме), из которых составлялись двух-трехвидовые экосистемы, легко и наглядно контролируемые. Поражали логичность и простота опытов, их ясность и моцартовская красота. Книга трижды переиздавалась в США.

Во Франции в 1935 г. была опубликована книга Гаузе «Verification experimentales de la theorie mathematique de la lutte pour la vie» («Экспериментальная проверка математической теории борьбы за жизнь»), куда вошли первые итоги совместных работ с молодым талантливым ученым, доктором физико-математических наук А.А.Виттом (1902—1938), профессором кафедры физики колебаний МГУ. По оценке историков математической физики, почти каждая из статей Витта была значительным вкладом в науку и вызвала новые научные направления. Поскольку отношения хищник—жертва имеют колебательный режим, Гаузе и Витт опубликовали ряд статей по математическому моделированию этой динамики. После ареста в 1937 г. Витт был расстрелян на волне репрессий.

Воронцов заметил, что когда говорят о преимущественно раннем созревании математиков и позднем биологов, то обычно забывают или не знают о Гаузе [3]. В 26 лет он становится доктором биологических наук, видимо, самым молодым доктором за всю историю российской биологии.

После двух первых знаменитых книг Георгий Францевич в 1940 г. публикует новую монографию «Асимметрия протоплазмы» (в США она издана в 1941 г. под названием «Optical activity and living matter» — «Оптическая активность и живая материя»). Увлечшей его темой

асимметрии возобновилось начатое великим Пастером изучение загадок биохимии живых существ. Все организмы преимущественно используют для своих биохимических процессов и построения тела лишь один из оптических изомеров аминокислот. Гаузе впервые исследовал селективные различия оптически разных изомеров и пришел к выводу об эволюционном происхождении этого феномена. Асимметрия, по его гипотезе, повышает интенсификацию функций клеточных структур. Галл приводит мнение известного эволюциониста Ф.Г.Добржанского, что изучение асимметрии живого доказывает общность его происхождения на Земле. Раз белки большинства организмов построены исключительно из L-изомеров, этот феномен может служить доказательством возникновения жизни из одного корня. Некоторые бактерии содержат и D-аминокислоты, но они входят в состав антиметаболитов, выполняя функцию токсинов по отношению к конкурентам.

Исследования молодого Гаузе вызвали глубокий интерес у В.И.Вернадского, который был оппонентом его докторской диссертации «Исследования по динамике смешанных популяций». Начиная с середины 30-х годов, Вернадский примерно раз в месяц приглашал Гаузе для научной беседы. Биограф цитирует восхищенный отзыв мэтра науки: «Это, по-моему, один из крупнейших русских ученых, чрезвычайно интересный человек... Мы работаем вместе с левизной-правизной»*.

Спустя лишь год, в июне 1941 г., Гаузе готовит к изданию книгу «Экология и некоторые проблемы происхождения видов». В ней обобщены результаты опытов (в основном на простейших) по изучению формирования адаптаций к разным факторам среды и роли в этом

* Цитируется по: *Поруцкий Г.В.* Николай Григорьевич Холодный. М., 1967.

процессе мутаций и ненаследуемых вариаций фенотипа (модификаций). Увы, война застопорила издание, потом нахлынули другие проблемы. Эта книга стараниями Я.М.Галла вышла в свет лишь в 1984 г. в составе тематического сборника «Экология и эволюционное учение». Данная проблема остается одной из важных и нерешенных в генетике и теории эволюции.

Гаузе относится к тем немногим крупным биологам, которые резко изменили область исследований и в каждой из них оставили свое имя.

Эра антибиотиков

Биограф красочно описывает момент, когда Гаузе резко меняет направление исследований и уже до конца жизни полностью погружается в новую область. «В 1942 году из лондонской “Nature” Гаузе узнал о выдающихся работах Р.Дюбо по получению тиротрицина, буквально ворвался в кабинет Марии Георгиевны и предложил немедленно заняться аналогичным делом. Они сразу же приступили к поиску продуцентов антибиотиков. Рядом с институтом* протекал ручеек. Бражникова шла вдоль него, собирая пробы почв на кончик скальпеля и высевая в чашки Петри. Гаузе и Бражникова снимали колонии и проверяли их на антагонизм микробов. Некоторые бактерии образовывали антибактериальное вещество, которое подавляло рост стафилококков» (с.38). В этом описании важна метафора «буквально ворвался». Как вспышка молнии мгновенно освещает все вокруг, так и статьи

* В это время Гаузе работал по совместительству в Центральном институте малярии и медицинской паразитологии (ныне Институт медицинской паразитологии и тропической медицины им.Е.И.Марциновского), которым руководил П.Г.Сергиев (1893—1973) и который организовал лабораторию антибиотиков в своем институте.

микробиолога Дюбо (1901—1982) вмиг открыли Гаузе возможности новой области исследований и ее большие перспективы. Вскоре из линии бацилл *Bacillus brevis* (а Гаузе уже изучал асимметрию колоний у другого штамма этой почвенной бактерии!) был выделен первый отечественный антибиотик — грамицидин С, т.е. грамицидин советский.

Далее события развивались быстро. Химическую структуру грамицидина определили Бражникова в сотрудничестве с крупным специалистом по нуклеопротеидам и нуклеиновым кислотам А.Н.Белозерским, внесшим также большой вклад в изучение биохимии микробной клетки. В Институте малярии в полужавоцких условиях наладили производство препарата, развернулись клинические испытания. Во время войны между союзниками были тесные контакты не только в военной, но и в научной области. Препарат грамицидина С был направлен в Англию для уточнения его химической и кристаллической структуры. В этих исследованиях участвовала и молодая химик-кристаллограф Маргарет Робертс, которая в замужестве стала Тэтчер и затем успешно сменила химию на политику. Советские исследователи Георгий Гаузе и Мария Бражникова, вместе с будущей баронессой Великобритании Маргарет Тэтчер, по выражению Галла, «оказались в одной упряжке». Грамицидин С представлял собой короткий, 10-аминокислотный, полипептид, где два обратных повтора из пяти аминокислот замкнуты в кольцо. Грамицидин, выделенный Дюбо в составе тиротрицина, имел линейную структуру из 17 аминокислот. Удивительно, но в обоих случаях два генетически разных варианта антибиотика включали D-аминокислоты. Как будто судьба благоволила Гаузе — оправдывалось его предвидение особой роли оптических измеров!

Спустя 36 лет биохимики Ю.А.Овчинников и В.Т.Иванов установили, что именно присутствие в грамицидине С D-фенилаланина позволяет создать конформацию β -складчатого листа, играющую ключевую роль в антибактериальной активности этого вещества.

Грамицидин С показал себя эффективным асептическим средством при полостных операциях и препаратом для лечения гнойных ран. В 1943—1944 гг. он начал применяться в военно-полевых условиях и спас жизнь тысячам раненых. Уже в 1943 г. под редакцией Сергиева вышла сводка «Советский грамицидин и лечение ран» (заметим, здесь термин «советский» не несет какого-либо идейно-политического смысла, а просто относится к стране, где был произведен продукт, наподобие вина «советское шампанское» или овец советский меринос). Галл детально излагает успешные итоги первых клинических тестов грамицидина С. Антибиотик и до сих пор в ходу, например при лечении горловых инфекций.

В 1948 г. расширенная лаборатория Гаузе получила статус



В лаборатории Института малярии и медицинской паразитологии. 1942 г.

института, а в 1953 г. был создан Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков, ставший головным в стране в этой области. Галл подробно описывает структуру института, основные лаборатории, научный коллектив, где были собраны талантливые химики, микробиологи, генетики, фармакологи. Так, отделом фармакологии и химиотерапии руководил выдающийся специалист В.А.Шорин (1906—1976). Его судьба необычна. Родился в сельском районе Ивановской области, оказался в эмиграции во Франции, окончил в Париже биологический и медицинский факультеты университета. Затем стал сотрудником института Пастера под руководством С.И.Метальникова, и, наконец, главой группы тропической медицины. В 1946 г. Шорин решает вернуться на родину. Судьба эмигрантов из Франции оказалась трагичной — многие, если не большинство, попали в лагеря. Шорину повезло — он получает возможность работать в Институте малярии (благодаря влиянию директора Сергиева) по программе Гаузе.

До конца XX в. сотрудники института открыли, изучили и довели до клиники 17 антибиотиков разного спектра действия (примерно из 100, используемых в клиниках мира). Это несомненно большой успех, справедливо заключает автор. Открытие Дюбо первого антибиотика, получение грамицидина из почвенной бактерии *B.brevis* послужило не только толчком для изысканий Гаузе, но и, по оценке историка Галла, стало «началом новой эры в развитии медицины».

Роль случайностей и закономерностей

Попробую на примере судьбы Дюбо проследить роль случайностей и закономерностей в жизни и творческом поиске. Интересны также парадоксы и причуды научного и общественного признания первооткрывателя. Мне нравятся эссе по истории науки французского физика Н.Витковски [4]. Привлекает изящность стиля, свобода и глубина изложения и неприменный галльский юмор. Обыч-

но история науки словно мертвым грузом наполняет научные статьи и скучно впрыскивается в школьные учебники. Цель Витковски — представить великих ученых прошлого, их жизненную и научную судьбу в целостности и психосоциальной сложности, стирая по возможности границу между научным поиском и капризными извивами реальной жизни.

Витковски венчает свою книгу эссе о Дюбо: «Нобелевская премия 1945 года “за открытие пенициллина и его действия при лечении многочисленных инфекционных заболеваний” была присуждена Флемингу, Флори и его ассистенту Эрнсту Чейни. И ни слова о Дюбо, истинном создателе концепции антибиотика... Англосаксонские комментаторы ничего не делали, чтобы исправить промах, сам Дюбо молчал. Только Флори высказал глубокое сожаление, что не получил Нобелевскую премию вместе с Дюбо». История науки помогает вернуться в прошлое и по гамбургскому счёту связать его с настоящим, проливая свет на незаслуженно забытое или сокрытое в тени. В 1989 г. Рокфеллеровский университет в Нью-Йорке провел симпозиум, посвященный 50-летию открытия Дюбо. Интересно, что статья о симпозиуме имеет подзаголовок «Многие люди думают, что Александр Флеминг первым открыл клинически ценный антибиотик, но эта честь в действительности должна быть отдана Рене Дюбо, говорят историки науки» [5]. Почему же так случилось?

Антибактериальные свойства плесневого гриба Флеминг открыл в значительной степени благодаря случаю. Однако, чтобы прозреть в заросшей плесенью чашке Петри жемчужное зерно, надо обладать цепким многолетним опытом микробиолога, блистательной интуицией и особым интересом ко всякого рода опытным причудам и исключениям. Стоит напомнить, что еще в 1922 г., за-



Институт по изысканию новых антибиотиков им.Г.Ф.Гаузе, построенный в 1896 г. В нем Гаузе работал с 1953 по 1986 гг.

долго до обнаружения антибактериальных свойств вещества из плесени (1929) Флеминг открыл другой важный антибактериальный агент — фермент лизоцим. Он повсеместно выделяется поверхностными тканями самых разных живых организмов как первая линия защиты от всеядных микробов. По признанию Флеминга, однажды он был сильно простужен и решил из любопытства нанести на чашку Петри слизь из собственного носа. И тут к своему изумлению обнаружил, что бактерии окрест слизи вскоре погибают. Решил проверить действие слезной жидкости — тот же эффект!

Моруа с юмором описывает, как Флеминг и его коллеги, охваченные азартом, резали лимоны, выжимали сок и собирали слезную жидкость в пробирки для дальнейших опытов [6]. Так был открыт фермент гликозил-гидролаза, который разрушает пептидогликановую оболочку бактерий (правда, в основном неболезнетворных). Моруа предположил к главе об открытии лизоцима известный совет Флеминга: «Никогда не пренебрегайте тем, что кажется внешне странным или каким-то необычным явлением: зачастую это ложная тревога, но может послужить и ключом к важной истине».

В судьбе Дюбо тоже были удивительные случайности, но все-таки свое главное открытие он сделал на основе целенаправленного поиска, зная, где искать и будучи уверенным, что найдет. Сначала о случайностях. Рене с детства страдал ревматической лихорадкой, вызываемой одним из видов стрептококков. Этот недуг, весьма распространенный век назад, ограничивал подвижность и препятствовал поступлению в университет. Поэтому Дюбо в 1924 г. оканчивает самый близкий к дому Агрономический институт и отправляется в круиз в США. На корабле судьба сводит его с Соломоном (Зельманом) Ваксманом, крупным специалистом по почвенной микробиологии в Ратгер-

ском университете (штат Нью-Джерси). Ваксман уговаривает Дюбо поступить к нему в аспирантуру. Так по чистой случайности француз Дюбо оказывается в США.

Однако еще до встречи с Ваксманом будущий открыватель стрептомицина и автор термина «антибиотик», француз Дюбо был очарован полетом мысли великого соотечественника Пастера и статьями русского микробиолога С.Н.Виноградского о планетной роли микробов. В написанной уже в зрелом возрасте краткой биографии Пастера [7] Дюбо приводит его высказывание о вечном круговороте жизни: «Фибрин наших мышц, альбумин нашей крови, желатин наших костей, карбамид нашей мочи, древесина растений, сахар их плодов, крахмал их семян... должны постепенно превращаться в воду, аммиак и двуокись углерода с тем, чтобы элементарные компоненты этих сложных органических соединений могли быть вновь употреблены растениями, еще раз переработаны и использованы для питания новых существ, подобных тем, которые их породили. И так в бесконечном и непрерывном коловращении на протяжении веков» [7, с.427].

Следующее звено в мировоззрении Дюбо связано с работами открывателя хемосинтеза Виноградского. Тот первым предположил, что существование микробов в почвах строго специализировано, разложение каждого типа органических веществ — это функция микробов определенного вида. Он также создал метод селективных (избирательных) культур, основанный на ступенчатом выделении нужного вида микробов с помощью специализированной функции. В почвенной выборке смеси микробов «субстратом всегда овладевают наиболее энергичные при данных условиях действующие виды», — этот тезис Виноградского по существу предвосхищает принцип конкурентного исключения Гаузе [8].

И вот еще одно положение, сформулированное Виноградским в 1896 г., — вся живая природа восстает перед нами как одно целое, как один огромный организм, заимствующий свои элементы из резервуара неорганической природы, целесообразно управляющий всеми процессами своего прогрессивного и регрессивного метаморфоза и, наконец, отдающий снова все заимствованное назад мертвой природе, — вполне созвучно учению о биосфере.

Это миропонимание Пастера—Виноградского и предложенный последним способ анализа почвенного разнообразия микробов с помощью селективных культур сформировали микробиологическое видение Дюбо. Можно еще напомнить, что Ваксман был другом Виноградского и автором его научной биографии.

Далее опять в игру вступает случай. В 1927 г. Дюбо посещает лекцию одного французского ученого в Медицинской школе Рокфеллеровского университета и там во время ланча случайно знакомится с выдающимся микробиологом О.Эвери, который в 1944 г. в опытах на пневмококках впервые получил ясные указания на ведущую роль ДНК в наследственности. Разговорились «за науку», после чего Эвери пригласил Дюбо к себе в кабинет и, показав ему пузырек, наполненный белым веществом, бросил вызов: «Если вам удастся найти фермент, способный разложить это вещество, перед нами откроются небывалые перспективы. Мы сможем пойти очень далеко» [5]. Вещество было полисахаридом, из которого образована толстая защитная капсула болезнетворного пневмококка. Дюбо принял вызов, будучи твердо уверен, что в природе существуют микробы, способные разлагать этот полисахарид, ибо иначе он накапливался бы в окружающей среде в огромных количествах. Эвери принял 26-летнего Дюбо в свою лабораторию.

Задача была решена в три года. В клюквенном болоте штата Нью-Джерси нашел и выделил элективным методом Виноградского микроб, который синтезировал фермент, разлагающий полисахаридную капсулу данного штамма пневмококка. Фермент сам по себе не был антибиотиком, ибо не убивал бактерии, а лишь оголял их, делая доступными для лекарств, останавливающих их размножение. Эта работа, опубликованная в 1930 г., проложила путь для систематического поиска почвенных микроорганизмов, которые могут содержать вещества, летальные для разных болезнетворных бактерий.

Среди разных образцов почвы Дюбо начал систематические поиски антибактериальных агентов, убивающих распространенные инфекционные бактерии. И среди них Дюбо выбрал прежде всего своего личного врага — стрептококка, вызывающего гемолитическую лихорадку (это было доказано в 1931 г.), от которой страдал он сам и его первая жена. Опыты оказались успешными, и в 1939 г. вышли две первые статьи о бацилле *B.brevis*, которая убивает грамположительные (обладающие капсулой) злобные бактерии. Среди них были стафилококки, пневмококки и гемолитический стрептококк. В последующие два года Дюбо вместе с биохимиком С.Хотчкисом опубликовал статьи о химической идентификации антибактериального агента. В этой двухкомпонентной пептидной смеси наиболее активным началом был грамицидин, оказавшийся эффективным при лечении гнойных ран, но токсичным при внутривенных инъекциях.

Любопытно, что в августе 1939 г. Флеминг поехал в Нью-Йорк на III Международный конгресс микробиологов. Там он встретился с Дюбо, чьими работами восхищался. Тот, в свою очередь, поинтересовался судьбой пенициллина. Флеминг посетовал, что все эти годы безуспешно

старался найти биохимика, который очистил бы найденный пенициллин. Он не знал, что такая работа была уже начата в оксфордской группе. Результаты клинических испытаний очищенного пенициллина были опубликованы в 1940 г. в журнале «Lancet». Прочитав их, Флеминг сразу же поехал в Оксфорд, чтобы познакомиться с авторами. Молодой биохимик Чейн очень удивился — он считал, что Флеминг давно умер [6].

Вскоре после открытия Дюбо его учитель Ваксман решил и сам развернуть систематические и масштабные поиски антибактериальных агентов среди грибов и лучистых бактерий-актиномицетов. Уже в 1940 г. был найден актиномицин, а в 1943 г. — магический стрептомицин, первый антибиотик, эффективный против микобактерий, которые вызывают туберкулез, давний и страшный бич человечества.

А что же Дюбо? Впоследствии он установил, что у бациллы *B.brevis* фермент, разрушающий капсулу пневмококка, не вырабатывается в обычных природных условиях, — лишь в неких экстремальных, например при отсутствии пищи. Сходным образом вероятность заболеть туберкулезом возрастает при ухудшении условий жизни. И Дюбо переключился на глобальные проблемы, инициировав в 1973 г. создание при ООН Программы защиты окружающей среды. Он также основал Центр Рене Дюбо по изучению среды обитания человека [4].

Возвращаюсь к страницам биографии

Как пишет Галл, все прежние исследования Гаузе в области экологии, борьбы за существование и естественного отбора у микроорганизмов составили настоящий фундамент для изыскания продуцентов новых антибиотиков. Действительно, здесь наблюдается своего рода научная преадаптация. В 1946 г. Ваксман

приехал в СССР и прочел курс лекций по антибиотикам, который в этом же году опубликовали. В 1947 г. Бражникова перевела на русский язык книгу Ваксмана «Антагонизм микробов и антибиотические вещества», а редактором перевода был Георгий Францевич. И тут выявилось теоретическое несогласие двух великих охотников за антибиотиками. Несогласие в том, адаптивен ли для самих микробов, в их естественной среде обитания, биосинтез веществ, относимых по их действию к антибиотикам, или же они представляют некий косвенный продукт метаболизма, не имеющий прямого адаптивного эффекта. Ваксман склонялся к адаптивности, полагая, что применение дарвинизма в микробиологии себя не оправдывает. Этот вывод вызывал решительное возражение Гаузе: «образование антибиотиков представляет собой сложный процесс борьбы за существование между разными микробами» (с.42).

Кто же прав в этом споре? Вопрос не решен. Здесь интересны данные по молекулярной генетике грамицидина С. Сегмент ДНК, отвечающий за образование грамицидина С у бактерии *B.brevis*, включает 5900 пар нуклеотидов и организован в оперон из трех генов с одной единицей транскрипции. С нее считывается информация, кодирующая фермент, который участвует в синтезе кольцевого декапептида, т.е. грамицидина С. Проще говоря, он образуется совершенно необычно — без участия рибосом. Другая пикантная особенность — синтез антибиотика индуктивный, а не конститутивный, или постоянный [9]. В нормальных условиях у бактерий оперон биосинтеза грамицидина С неактивен, как и в случае линейного грамицидина А, найденного Дюбо. Гены антибиотиков у разных видов бактерий активируются, как правило, в ответ на резкое ухудшение условий среды, когда одновременно запускается и спорообразование.

Эти факты, мне кажется, более соответствуют представлениям Ваксмана, но нужны дальнейшие исследования.

Сферы деятельности

У ученого есть три сферы деятельности: непосредственно научные изыскания, приложение их результатов и трансляция знаний обществу. Гаузе гармонично сочетал все ипостаси. Как ученого его отличала одна интересная особенность: после законченной серии трех-четырёх-летних исследований он обычно суммировал итоги своих с соавторами работ в виде монографии, небольшой, но концентрированной. Таковы были и его первая, составившая ему имя в науке монография 1934 г., и последняя — «Противоопухолевые антибиотики» (в соавторстве с его преемником по институту Ю.В.Дудником). Вышла она в 1987 г., т.е. уже после ухода из жизни Гаузе.

Галл очень подробно описывает, как был организован и функционировал институт, созданный и руководимый Георгием Францевичем (по существу это самостоятельная историческая ветвь в книге). Там проводился весь цикл работ — от систематики почвенных микроорганизмов, поиска новых продуцентов, выделения антибиотиков, установления их химического состава и изучения их фармакологии до полупромышленного выпуска. «Обстановка в институте была творческой и дружеской, а сам Гаузе полагал, что должен знать по имени каждого сотрудника, поэтому штат сотрудников составлял 200—250 человек, включая лаборантов и административных работников. При этом отвергались всякие предложения сверху по увеличению штата ... Очень требовательный, он вызывал желание у всех сотрудников хорошо работать, и все очень старались. Его тактичность поражала. Когда Георгий Францевич вызывал сотрудника для бе-



За рабочим столом. 1984 г.

седы, он говорил: — Я хочу с вами посоветоваться» (с.55, 56).

Гаузе совместно с З.В.Ермольевой (замечательным микробиологом, сумевшей за короткое время наладить во время войны производство и успешное испытание отечественного пенициллина) организовали в 1956 г. профильный журнал «Антибиотики». Он концентрировал все проводившиеся в стране исследования по этой теме. Фактически, полагает Галл, это был международный журнал, который читали специалисты по антибиотикам в любой стране. И еще одна, на мой взгляд, уникальная особенность Гаузе как директора института и организатора науки. Он не только читал и знал всю новейшую зарубежную литературу по антибиотикам, но и регулярно писал в журнал рецензии почти на все монографии, труды симпозиумов и съездов в этой области. Такие материалы были тогда малодоступны для научных работников и врачей. На основе приведенного в биографии списка публикаций я сделал подсчет. Так вот, за шесть лет, с 1974 по 1979 г. Гаузе опублико-

вал 47 рецензий, а в следующие шесть лет, с 1980 по 1986 г., — 32 рецензии. Уверен, в этом смысле ни один директор академического, да и любого другого института не может сравниться с Гаузе — ни раньше, ни теперь! Эта поразительная активность, подобная неустанному биению пульса, поддерживала тонус и повышала знания научного и врачебного «антибиотикового» сообщества.

Полная библиография работ ученого, приведенная в книге Галла, позволяет понять один важный для истории науки момент: как объявленная партией «борьба с космополитизмом» (эвфемизм времени «железного занавеса») привела не только к прекращению публикаций в международных научных журналах, но и резко снизила их число в отечественных. Вот динамика числа статей Гаузе в журналах по десятилетиям: 14 в советских и 12 в международных (1930—1935); соответственно 24 и 8 (1936—1943); 25 и 10 (1942—1947); 9 и 0 (1948—1953); 28 и 6 (1954—1959).

Видно, что даже «большой террор» 1937 г. и война не за-

крывали полностью международные контакты. Возможность издавать в Англии и США свои работы во время войны связана с тем, что на Тегеранской конференции 1943 г. СССР и США взяли обязательство постоянно обмениваться информацией по разным аспектам медицинских исследований, интересным для обеих стран. Было создано Общество американо-советской медицины, выпускающее раз в два месяца журнал «American Review of Soviet Medicine». История деятельности этого Общества давно забыта и заслуживает специального исследования, справедливо полагает Галл. Ведь в тех журналах были напечатаны основные результаты по грамицидину С, что способствовало быстрому изучению его структуры известными британскими коллегами.

Но вот опустился «железный занавес» 1948 г., в чем немалую роль сыграла сессия ВАСХНИЛ, — ни одной статьи в международных журналах и в три раза меньше, чем обычно, публикаций на русском языке. Такой упадок, видимо, был характерен для всех областей науки, не только для биологии. Лишь в следующие шесть лет «оттепели» начинается некоторая нормализация.

Судьба хранила

Георгий Францевич жил и творил в трудное и трагическое время: тоталитарный контроль над мыслью и судьбой каждого члена общества, репрессии 1937—1938 гг., затем лысенковщина, «железный занавес». Правящая компартия с ее тотальной вертикалью власти — как единственный и непререкаемый источник истины. Страшный по своей сути лозунг «Партия — ум, честь и совесть нашей эпохи» означал реально для партийцев требование отдать свою свободу, свой интеллект и свои честь и совесть во власть партии, а практически — в полную власть

стоявшего в данный момент во главе партии временщика. Членство в КПСС резко облегчало возможность подняться по ступеням научной и социальной иерархии в соответствии со своими способностями (а нередко и без оных). Но непременно наступало время платить за это. Георгий Францевич для себя выбор сделал. Он не был ни членом комсомола, ни партии. Когда в 1953 г. на базе основанной и столь успешно руководимой им в течение пяти лет лаборатории было принято решение о создании Научно-исследовательского института по изысканию новых антибиотиков, Георгий Францевич получил должность заместителя директора. Ведь, как пишет Галл, «он не принял предложение вступить в КПСС, а это было непременным условием для главы института, во всяком случае поставленным для него лично» (с.49).

Естественно возникает вопрос: как же при таких высоких моральных принципах Георгий Францевич избежал событий «большого террора» и последующих административных преследований? Ведь его соавтора математика Витта в 1937 г. репрессировали; выдающегося микробиолога и генетика, академика, директора Института микробиологии АН СССР Г.А.Надсона (1867—1939) арестовали в 1937 г. (в возрасте 70 лет!) и расстреляли в 1939 г. Конечно, всегда была и есть игра случайности, говоря пушкинским словами, «судьба хранила» Гаузе. А потом помог неожиданный и резкий переход в область изыскания антибиотиков. Их чудодейственный в то время лечебный эффект послужил своего рода защитной «крышей», подобной той, которая в «Собачем сердце» М.А.Булгакова спасала профессора Преображенского, лечившего в числе прочего венерические болезни у коммунистов, от притязаний домового комитета звонком «наверх».

В книге описана поразительно сходная, почти детек-

тивная ситуация. После сессии ВАСХНИЛ, инициированной Сталиным, в августе 1948 г. начались массовые увольнения профессоров, научных сотрудников и преподавателей вузов, причастных к классической генетике. Вскоре Президиум АМН принял постановление об освобождении от работы трех биологов — Г.Ф.Гаузе, Л.Я.Бляхера и Д.Н.Насонова за их «менделизм-морганизм». Далее уже в отношении только Гаузе события развивались драматически. В это же время в «Правде» появилась статья, в которой Гаузе был обвинен в шпионаже за передачу грамицидина С Великобритани. На Гаузе писали доносы в ЦК ВКП(б), прорабатывали на различных собраниях и совещаниях, но он никогда не посещал мероприятия подобного рода. И все же большая трагедия прошла мимо Гаузе и его сотрудников. По словам Марии Георгиевны, ночью раздался звонок, и тихим голосом Георгию Францевичу было сказано: «Завтра выходите на работу».

Действительность оказалась очень близкой к фантазии Булгакова.

Диапазон биологических проблем, которыми занимался Георгий Францевич, столь велик, что можно быть только благодарным историку науки Я.М.Галлу, что он сумел за долгие годы изучить и представить все это научное богатство в одной книге. Конечно, желательны были бы некоторые рисунки, таблицы из оригинальных классических работ. Хотелось бы немного познакомиться и с эпистолярным наследием ученого, которое автору биографии хорошо известно. Но читатель всегда может обратиться к оригинальным работам самого Гаузе и к статьям, указанным в списке литературы. Если все же при изложении трудных и спорных эволюционных проблем возникнут трудности, то можно утешиться словами поэта, изменив одно слово: «Есть речи — значенье темно

или сложно, — но им без волнения внимать невозможно».

Читатель научной биографии Георгия Францевича Гаузе получит полное представление о деятельности этого крупного биолога 20-го столетия. Он не

только внес ценный вклад в популяционную биологию, экологию, теорию эволюции, проблему асимметрии молекул живых организмов. Длительные и неустанные исследования Гаузе по изысканию новых антибиоти-

ков привели к успешному внедрению их в практическую медицину. Найденные в институте Гаузе антибиотики спасли и продолжают спасать тысячи и тысячи жизней. Благодеяние продолжается. ■

Литература

1. Галл Я.М. Два Гаузе // Природа. 2010. №12. С.54—64.
2. Галл Я.М. Г.Ф.Гаузе (1910—1986): творческий образ. Экология и теория эволюции // Биосфера. 2011. Т.3. №3. С.423—444.
3. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М., 1999.
4. Витковски Н. Сентиментальная история науки. М., 2007.
5. Crease R.P. Righting the Antibiotic Record // Science. 1989. V.246. P.883—884.
6. Морья А. Жизнь Александра Флеминга. М., 1964.
7. Dubo R. Pasteur and Modern Science. NY., 1960.
8. Заварзин Г.А. Три жизни великого микробиолога. Документальная повесть о Сергее Николаевиче Виноградском. М., 2010.
9. Krätzschar J., Krause M., Marabel M. Gramicidin S biosynthesis operon containing the structural genes grsA and grsB has an open reading frame encoding a protein homologous to fatty acid thioesterases // J. Bacteriol. 1989. V.171. P.5422—5429.

География

А.А.Величко. ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.

В книге представлены избранные труды доктора географических наук профессора А.А.Величко, напечатанные в ведущих отечественных и зарубежных журналах, в ряде сборников и монографий. Публикации сгруппированы в разделы, отражающие основные научные интересы ученого в области эволюционной географии. После краткого раздела, посвященного теоретическим аспектам эволюционной географии, дан подробный разбор закономерностей разномасштабных изменений ландшафтов и климатов Земли, происходивших в течение кайнозоя, а также сопряженности их колебаний, имевших различную амплитуду и период. Здесь же рассмотрены вопросы устойчивости компонентов ландшафтной оболочки в меняющихся условиях. Следующий раздел посвящен оценке предстоящих глобальных изменений климата и реакции ландшафтных компонентов с помощью ретроспективного анализа, т.е. возможности оценить предстоящие изменения климата и ожидаемую реакцию ландшафтов на эти изменения на основе знаний о прошлых изменениях ландшафта. Отдельный раздел посвящен палеогеографии четвертичного периода. Завершающий раздел содержит подборку публикаций, в которых рассматриваются взаимоотношения человека и окружающей среды на ранних этапах становления человеческого общества. В конце книги приведен список трудов ученого, опубликованных с 1957 по 2012 г.

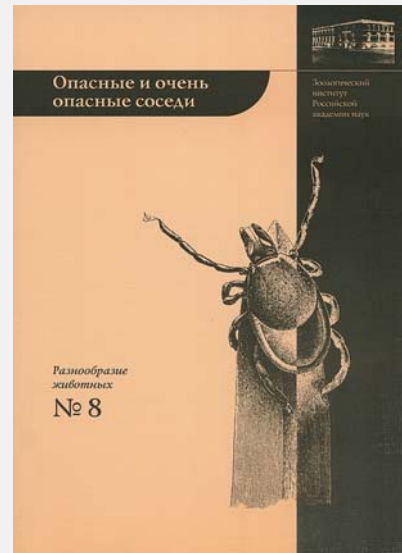


Зоология. Паразитология

А.Н.Алексеев, Е.В.Дубинина. ОПАСНЫЕ И ОЧЕНЬ ОПАСНЫЕ СОСЕДИ: «ЭНЦЕФАЛИТНЫЕ» КЛЕЩИ / Сер. «Разнообразие животных». Вып.8. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 81 с.

Кровососущие иксодовые, или энцефалитные (как их часто называют), клещи — неотъемлемая часть нашей среды, прекрасно приспособившаяся к условиям, в которых они жили, живут и будут существовать независимо от нас. Эти клещи — переносчики тяжелых заболеваний человека, но их возбудители постоянно существуют в природе как «паразиты» самих клещей. Человек же — пришлый элемент, вторгшийся на чужую территорию, случайно вовлеченный в жизнь иных организмов и страдающий от того, чем клещи могут его наградить.

Книга в популярной форме рассказывает от этих клещей, их строении, образе жизни, питании и о том, как складываются их отношения с человеком. В ее основу легли результаты многолетних исследований, проведенных целым поколением ученых паразитологов и медиков, в нее включены непосредственные наблюдения и эксперименты авторов. Заключительный раздел содержит ряд рекомендаций по предохранению себя и окружающих от заражения клещевыми инфекциями в местах, где можно столкнуться с клещами.



Ботаника. История науки

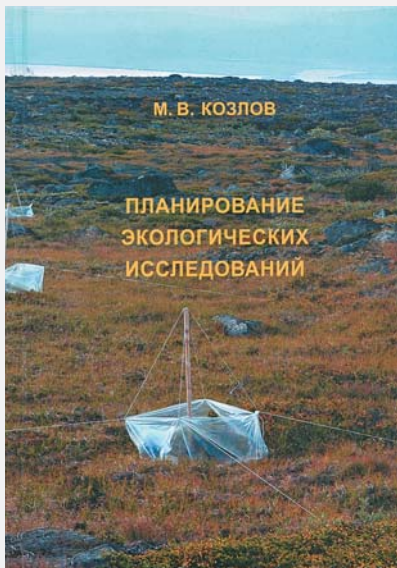
А.К.Сытин. БОТАНИК ПЕТР СИМОН ПАЛЛАС. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 456 с.



Книга посвящена ботаническим трудам Петра Симона Палласа (1741—1811), крупнейшего естествоиспытателя XVIII в., академика Петербургской академии наук, члена многих зарубежных академий и научных обществ. В восьми главах описаны основные этапы жизни и деятельности ученого. При анализе трудов Палласа-ботаника автор стремился реконструировать его метод — новаторский для своего времени, основанный на полевых исследованиях и направленный на выявление связей между субстратом, растениями и животными. Важный акцент сделан на опыте географической интерпретации таксономического изучения флоры. В «Приложении 1» приведены маршруты путешествий 1768—1774 гг. и путешествия по югу европейской части Российской империи в 1793—1794 гг. Параллельные списки топонимов на немецком и русском языках, снабженные ссылками на страницы, могут служить указателем к многотомным описаниям экспедиций исследователя. В приложениях также даны: аннотированный список названий описанных Палласом родов и видов сосудистых растений (его не было в первом издании книги в 1997 г.); список таксонов, названных в честь ученого; перечень видов растений, описанных и изображенных в его неопубликованном сочинении; словарь латинизированных географических названий; письма к Н.Л.Бурману и П.И.Шангину; список основных трудов Палласа, содержащих сведения о растениях. Второе издание книги существенно переработано и дополнено множеством новых данных и документов, в нем обновлены иллюстрации, появился именной указатель.

Биология. Организация науки

М.В.Козлов. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 171 с.



На современном этапе развития экологии при проведении научных исследований невозможно обойтись без применения всего арсенала статистических методов. Тщательное планирование всех этапов работ, в первую очередь процедуры сбора данных, позволяет минимизировать затраты, необходимые для получения максимально информативного и доказательного заключения. Теория планирования эксперимента сформировалась немногим более полувека назад для решения прикладных сельскохозяйственных задач, в настоящее же время она развивается на стыке вычислительной математики, математической статистики и теории оптимизации, а методы ее применяются в первую очередь в точных науках. Книга в известном смысле представляет собой набор инструкций, оптимизирующих проведение экологических экспериментов как составной части научно-исследовательских работ. Подробно обсуждены все этапы планирования — от постановки цели и задач исследования до составления инструкций и подготовки форм для записи полученной информации. Для всех рассмотренных случаев приведены примеры в стиле «что такое хорошо и что такое плохо», большинство из которых взято из публикаций отечественных ученых или основано на личном опыте автора. Помимо чисто практических рекомендаций автор знакомит читателей с некоторыми максимально адаптированными разделами математической статистики. Книга основана на лекционном курсе для студентов и сотрудников университетов.

Зоология. Эволюционное учение

Е.Н.Панов. ПОЛОВОЙ ОТБОР: ТЕОРИЯ ИЛИ МИФ? ПОЛЕВАЯ ЗООЛОГИЯ ПРОТИВ КАБИНЕТНОГО ЗНАНИЯ. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 412 с.

Книга посвящена трудной теме — критике адапционизма, т.е. выдвигаемой без особых доказательств теории, согласно которой различные признаки живых существ обладают выделенной функцией, служащей выживанию вида. Автор считает, что выяснение действительного значения поведенческого акта возможно лишь в рамках описания всей системы поведения вида. В книге критикуется не весь адапционизм, а только его приложение к теории полового отбора.

В первых двух главах книги рассмотрены история проблемы и спорность деления естественного и полового отборов. В последующих главах каждое из построений теории полового отбора проанализировано на предмет его соответствия или несоответствия эмпирическим результатам, полученным в наиболее представительных исследованиях по данной теме. Приведены обширные материалы по организации половых отношений в самых разных группах животных — от членистоногих до млекопитающих. Завершает книгу рассмотрение социально-психологических мотивов конформизма в современной зоологии, основанного на отсутствии попыток фальсифицировать (естественно, в науковедческом смысле) гипотезы, лежащие в основе господствующих положений.



Анна Миссуна — геолог и педагог

Новые материалы к биографии

Г.И.Любина,

кандидат исторических наук

Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН
Москва

Анна Болеславовна Миссуна (1869—1922) открывает список первых русских женщин-геологов. Она, безусловно, знакома геологам, но у широкой публики не пользуется такой громкой известностью, как ее соотечественницы Софья Ковалевская, Надежда Суслова, Юлия Лермонтова. В отличие от них, Миссуна не имела диплома иностранного университета и получила высшее и научное образование на родине. Рожденная на территории Российской Империи, полька по крови, она стала гордостью трех славянских народов: русского, белорусского, польского. Мы по праву считаем ее соотечественницей, поскольку свою жизнь и научную судьбу она связала с Россией. При этом она всегда оставалась сторонницей государственной независимости Польши, унаследовав от отца, участника Польского восстания 1863 г., неприязненное отношение к царскому режиму.

В увлечении геологией она была далеко не единственной. В конце XIX — начале XX вв. трудная, но романтичная и широко востребованная профессия геолога привлекала многих женщин в России и на Западе. Миссуна возглавила движение и способствовала созданию отечественной школы геологов. В начале ее карьеры в середине 1880-х годов женщин среди геологов в России были единицы, к концу жизни Анны Болеславовны счет велся уже на десятки, среди ее учениц такие видные исследовательницы, как В.А.Варсонофьева, Е.Д.Сошкина, О.Г.Туманская, М.Н.Шульга-Нестеренко [1, 2].

Как и многие геологи, Миссуна сочетала теоретические кабинетные исследования с широкой работой в поле. Для ее поколения это было внове, ведь экспедиции и полевые работы считались слишком тяжелым испытанием для хрупкой женской природы.

Скитальческая и короткая жизнь помешали выстраиванию классической академической карьеры, да и не было у Миссуны стремления к достижению профессорской кафедры. Она имела скромный официальный статус преподавательницы



Анна Болеславовна Миссуна. Иконотека МОИП.

Высших женских курсов в Москве, но ее научный авторитет был высок. Коллеги ценили ее работы за широкий подход к геологии как ведущей науке в ряду дисциплин, изучающих многомиллионную историю Земли. Анна Болеславовна одинаково свободно ориентировалась в вопросах общей и исторической геологии, палеонтологии, стратиграфии, петрографии, была хорошо подготовлена в биологических дисциплинах. Глубокое погружение в проблему, независимость мысли — вот что привлекало в ее работах. На некоторые загадки природы она дала свой оригинальный от-

вет, основанный на тщательных наблюдениях и проработке собранного материала. К числу таких ее достижений можно отнести изучение четвертичных ледниковых отложений на территории России, в этой области она «считается единственным в своем роде общепризнанным специалистом» [3, с.9]. Она высказала новую точку зрения на возраст магматической фазы в Крыму, первой в России обратила внимание на изучение диатомовых водорослей, юрских кораллов. Впрочем, такое «безумное многотемье», по мнению академика Д.В.Наливкина, стало причиной того, что Миссуна не полностью реализовала свои возможности в исследовании конечных морен, наиболее сильном направлении ее творчества. Будь она более сосредоточена на этом сюжете, считал академик, она вполне бы могла конкурировать с М.В.Павловой, первой женщиной-геологом — академиком АН СССР; он находил этих женщин равными по исследовательскому таланту. Но такая была особенность творческой натуры Миссуны, требовавшей разнообразия занятий.

Биографические заметки о Миссуне оставили ее ученицы М.Е.Мирчинк и В.А.Варсановьева [3, 4], позднее Наливкин добавил к рассказу Мирчинк интересный материал, почерпнутый из польских источников. Серьезный анализ сочинений Миссуны сочетается в этих воспоминаниях с живыми подробностями личного общения. Было бы вполне достаточно этого материала для обстоятельного биографического очерка о Миссуне. Но новые архивные находки дополняют представления о нашей героине*. Особенно интересны письма Анны Болеславовны к супругам Владимиру Ивановичу и Наталье Егоровне Вернадским, хранящиеся в фонде ученого (ф.518) в Московском отделении Архива РАН, а также материалы в фонде Варсановьевой (ф.3) в Российском государственном архиве экономики.

Путь в науку

Миссуна родилась в 1869 г. в деревне Быковщина Лепельского уезда Витебской губернии в семье обедневшего польского дворянина. «Свилла» (так называлась усадьба отца) навсегда осталась для Анны родным домом, единственным местом, где она позволяла себе отдохнуть от напряженного умственного труда, азартно занимаясь ремонтом дома, устройством сада и огорода, уходом за скотом. В одном из писем 1913 г., адресованном Н.Е.Вернадской, она сообщала, что в свой последний приезд собственноручно посадила в имении около 100 деревьев [5, л.4 об.]. В этой холмистой местности с огромными валунами и глубокими озерами, оставленными движением ледника, ро-

дилась любовь девочки к природе, этот живописный край позднее надолго приковал ее внимание как геолога-исследователя.

Среднее образование Анна получила в польской частной гимназии в Риге, откуда вышла с хорошим знанием немецкого языка. По окончании гимназии в 1887 г. она в течение трех лет преподавала в ней польский язык и арифметику. Семья Миссуны жила трудно. Пришлось сдавать часть земель в аренду, но и это не спасло положения. В 1890 г. умер отец, не оставив никаких средств.

Анна вернулась в усадьбу и три года помогала матери в воспитании младших братьев. Она усердно занималась самообразованием по выпущенным учебникам, отдавая предпочтение естественным наукам. Тогда же, пользуясь руководствами естественнонаучного общества в Варшаве, она составила обширные коллекции растений и насекомых, которые позднее подарила научным обществам Варшавы и Москвы. В варшавских научно-популярных журналах она опубликовала наблюдения о сезонном цветении растений, описание своего гербария, статьи по истории естествознания. Первоначально ее научные интересы сосредоточились на биологии.

В 1893 г., когда Анне удалось добыть небольшую частную стипендию, она отправилась в Москву, надеясь получить высшее образование. Но именно к этому времени распоряжением министра народного просвещения были закрыты частные Высшие женские курсы профессора В.И.Герье. Некоторое время Анне пришлось довольствоваться занятиями в 1-й московской зубоветеринарной школе, вскоре к ним прибавилось посещение так называемых «коллективных уроков» при Обществе воспитательниц и учительниц. Около года Миссуна совмещала обучение в двух местах, но вынуждена была забросить зубоветеринарные курсы. Закончилась стипендия, и приходилось зарабатывать на жизнь.

Своеобразная форма высшего образования для женщин — коллективные уроки — была создана вместо закрытых курсов Герье. Свое время и труд безвозмездно отдавали крупные ученые и педагоги Москвы: геологи и минералоги В.И.Вернадский, А.П.Павлов, В.Д.Соколов; биологи И.М.Сеченов, К.А.Тимирязев и Д.Н.Прянишников; химик А.И.Коновалов; физики В.Ф.Давыдовский и А.В.Цингер; зоолог М.А.Мензбир и др. Теоретические лекции по университетской программе сопровождались работой в лабораториях.

Миссуна последовательно прошла весь курс обучения, оставив свой выбор на геологии. Павлов читал ей курс исторической, Соколов — динамической геологии. Тогда же произошло ее знакомство с Вернадским.

В 1896 г. Анна Болеславовна окончила обучение и осталась неоплачиваемым ассистентом у профессора химии А.И.Коновалова. С возобновлением

* Благодарю свою коллегу О.А.Валькову за помощь в разыскании новых архивных документов о Миссуне.

деятельности Высших женских курсов в Москве (МВЖК) в 1900 г. она участвовала в административной работе. С 1906 г. состояла ассистентом при Геологическом кабинете этих курсов, в создании которого сыграла исключительно важную роль, ведь начинать приходилось с нуля. Анна Болеславовна преподавала на курсах: сначала вела практические занятия по всем отраслям геологических наук, позднее сосредоточилась на исторической геологии, организовывала экскурсии в Подмосковье, Крым, на Волгу и на Урал, руководила работами начинающих исследовательниц, много общаясь с ними в неформальной обстановке. После преобразования в 1918 г. МВЖК во 2-й московский университет (позднее — Московский государственный педагогический институт) Миссуна занимала в нем должность преподавателя (с 1919 г.).

Высшие женские курсы

Активный член коллектива Геологического кабинета МВЖК, Миссуна много занималась организацией учебного процесса. Сохранился черновик «Записки геологической комиссии МВЖК» в физико-химический факультет курсов от 27 февраля 1916 г., написанный рукой Анны Болеславовны, в котором она высказала свои соображения о предполагаемом увеличении приема слушательниц на курсы после расширения их помещений [6, л.173, 174]. В начале записки Миссуна привела статистику слушательниц за 1912—1915 гг. Она показала, что количество принятых оставалось довольно стабильным, примерно 100 женщин с отклонением от этого числа на 3—10 человек. Зато количество отсеявшихся к 1914/1915 учебному году существенно возросло, с 1 до 34%. Стоило ли расширять прием при таких обстоятельствах? Миссуна допускала такую возможность лишь при повышении уровня преподавания. Для этого понадобилось бы дополнительное оснащение Геологического музея необходимыми материалами и научными приборами, в том числе микроскопами, и расширение его помещения. Необходимо было повысить оплату труда преподавателя, нагрузка которого и без того в шесть раз превышала допустимую норму; ввести должность третьего ассистента для помощи практическим занятиям слушательниц и для руководства исследованиями начинающих специалистов по исторической и физической геологии. До сих пор, отмечала она, эта должность не оплачивалась. Из этой записки видно, какого бескорыстия требовало преподавание на курсах. Благодаря стараниям Анны Болеславовны и подобным ей энтузиастов МВЖК превратились в одно из наиболее популярных и массовых высших учебных заведений Москвы. Приняв в 1900 г. в общей сложности 250 женщин, они насчитывали к декабрю 1914 г. более 7 тыс. слушательниц всех существующих в России националь-

ностей, сословий и вероисповеданий, включая самые немногочисленные (караимы, армяно-грегорианцы, сектанты). Восточная традиция сдерживала появление мусульманок на курсах, их было мало, зато не было ограничений в доступе женщинам иудаистской веры, они составляли наиболее многочисленную группу после православных. В 1915/1916 учебном году курсам было представлено право принимать выпускные экзамены и выдавать дипломы о высшем образовании. К этому времени многие бывшие выпускницы курсов превратились в их преподавателей [7, л.15 об., 22 об.].

Миссуна считала своими учителями Владимира Дмитриевича Соколова и Владимира Ивановича Вернадского. Соколов привил ей интерес к полевым геологическим исследованиям, привлек к участию в целом ряде геолого-поисковых партий. Под его началом она занималась поисками железной руды и каменного угля в Тульской губернии (1898), проводила геологические исследования в Тверской губернии (1903), изучала гидрологические отложения, связанные с процессом торфообразования (1921). Именно Соколов подсказал своей ученице малоисследованную в России тему ледниковых отложений, которая стала главной в ее творчестве. Изучая четвертичные толщи, главным образом конечные морены, Анна Болеславовна обошла пешком чаще всего в одиночестве огромные расстояния в Лифляндии, белорусских землях (Минская, Витебская, Гродненская губернии),



Вернадский в годы работы в Московском университете и на Высших женских курсах. Москва. 1905 г. (АРАН. Ф.518. Оп.2. Д.112. Л.6).

Тверской губернии. Результаты этой работы обобщены в ряде статей, напечатанных в «Бюллетене Московского общества испытателей природы» и в немецких геологических журналах. Они были замечены и высоко оценены современниками. «Она первая в России ввела методiku изучения морфологии и структуры конечных морен и выявила стратиграфию ледниковых отложений. В частности, она пришла к выводу о множественности оледенений, основываясь на точном изучении приводимых ею многочисленных разрезов... Всеми этими работами А.Б. делает особо ценный вклад в познание истории России и Литвы в четвертичный период, что всецело сохраняет значение в настоящее время», — писала в 1940 г. ее ученица Мирчинк [3, с.9—10]. Работы Анны Болеславовны и современных ей геологов заложили фундамент для последующего изучения стратиграфии отложений четвертичной системы, определили направления последующих работ, которые были завершены уже после ее смерти [8, с.92].

Вернадский ввел Миссуну в мир изучения минералов. Он рассматривал минералогию не как простое описание состава и физических свойств, а как историю образования и изменения минеральных форм. Изучение парагенезиса минералов привело к созданию геохимии — «истории не минералов, а химических элементов в земной коре» [9, с.107]. В 1890 г. Вернадский стал хранителем, а с 1892 г. заведующим Минералогическим кабинетом Московского университета, который сразу же превратился в своеобразный исследовательский институт. В 1890-х годах Вернадский проводил в Минералогическом кабинете практические занятия с курсистками коллективных уроков: видимо, здесь и произошло его знакомство с Миссунной [10, с.154].

При кабинете существовала хорошо оснащенная лаборатория, созданная стараниями профессора М.А.Толстопятова и хранителя Минералогического и геологического кабинетов Московского университета Е.Д.Кислаковского, предшественников Вернадского. Из лаборатории Минералогического кабинета вышла в 1898 г. первая научная работа Миссуны «О кристаллической форме сернокислого аммония», напечатанная в «Бюллетене МОИП». В архиве Вернадского сохранились материалы (анализы, дневники минералогических наблюдений) его совместных с Миссунной исследований о трепеловидном сланце [11].

В мае 1898 г. Миссуна отправилась в Берлин, чтобы пополнить там свое научное образование. Она спешила поделиться своими впечатлениями с учителем. Ее удивил холодный и безразличный, как ей показалось, прием немцев. Он казался особенно досадным в сравнении с тем вниманием, каким она пользовалась в Москве у Вернадского и Соколова. Она жалела, что не заручилась рекомендательным письмом от Павлова. Визитная карточка, данная ей Вернадским, казалась ей мало-

представительной, в ту пору Вернадского еще плохо знали на Западе.

В конечном счете обошлось без рекомендаций: известный геолог профессор Гейнитц (Geinitz) и его ассистент Гагель (Gagel) изъявили полную готовность помочь ей в изучении ледниковой геологии. Ее палеонтологическими исследованиями взялся руководить профессор Дамес (Dames). Но берлинский специалист по диатомовым водорослям повел себя двусмысленно. Он отсоветовал Миссуне заниматься диатомеями, сославшись на то, что их препарирование — «искусство почти недостижимое для простого смертного». Он посетовал попутно на отсутствие в университетской библиотеке соответствующей литературы, на дороговизну ее приобретения и предложил практикантке, что он сам исследует ее образцы. Такая постановка дела возмутила Миссуну, ведь она уже отпрепарировала некоторую часть своего собрания [12, л.1—4]. Она самостоятельно вполне успешно справилась с задачей изучения этих водорослей и назвала открытые ею виды в честь своих учителей — Соколова и Вернадского [13, с.146, 166].

Вдали от Вернадского

В 1911 г. семья Вернадских переехала в Петербург. Это обстоятельство очень огорчило Миссуну. Из своей усадьбы «Свилла» она писала Владимиру Ивановичу: «Слов не хватает для того, чтобы Вам выразить, как грустно мне думать, что Вас не будет в Москве. Твердо решила, если буду еще пользоваться свободой передвижения, посетить Вас в Петербурге и до этого времени надеюсь повидаться» [12, л.6]. Миссуне явно не хватало общества Вернадских. При внешней строгости и сдержанности у нее была страстная, увлекающаяся и любящая натура. Своей семьи у Анны Болеславовны не было, но она много души вложила в воспитание младших братьев, любимой племянницы Марыси, младших детей Соколова. В дружеской атмосфере семьи Вернадских она буквально расцвела, распространяя любовь и внимание на всех ее членов: Наталью Егоровну, жену Вернадского, на Ниночку, его дочку, на тещу Анну Сергеевну, для всех у нее находились теплые, ласковые слова. Для Миссуны близкое участие Вернадского в ее делах стало привычным, она обращалась к нему за советом, обсуждала профессиональные проблемы, просила о помощи в случае житейских и научных затруднений.

Анна Болеславовна знала о чрезвычайной занятости Вернадского и деликатно старалась не обременять его лишними просьбами, прибегая к его помощи лишь в крайних случаях. Иногда она пользовалась посредничеством Натальи Егоровны, передавая через нее разные поручения к Владимиру Ивановичу. Довольно часто в своих письмах она вспоминала Елизавету Дмитриевну Ревуцкую, ученицу Вернадского и хорошую знакомую



В.И.Вернадский с семьей: жена Наталья Егоровна, дети Георгий и Нина, брат жены П.Е.Старицкий. Полтава. 1907 г. (АРАН. Ф.518. Оп.2. Д.119. Л.10).

по коллективным урокам. В 1912 г. Ревуцкая провела огромную работу по каталогизации десятков тысяч образцов минералов, велика ее заслуга в сохранении целостности минералогической коллекции Московского университета [14, с.301]. Елизавета Дмитриевна была в курсе всех семейных дел Вернадских, знала маршруты их поездок, адреса тех мест, где они останавливались, но не отличалась аккуратностью в переписке, Миссуна на это часто жаловалась.

Анна Болеславовна не зря вспоминала о «свободе передвижения». Вернадскому не раз приходилось помогать ученице, чтобы вернуть ей эту свободу. Одинокая странница с молотком в руках и рюкзаком за плечами, она часто вызывала подозрение у полицейских, ее останавливали, задерживали в участках. Бывали более серьезные поводы для неудовольствия властей, так как Анна занималась раздачей среди населения агитационной литературы против царизма.

Особенно тяжелым оказался 1912 г. В феврале Миссуна жаловалась Вернадскому на свое неопределенное положение, которое стопорит дела, портит настроение. Она жила в ожидании какого-то судебного процесса. Она считала приезд Вернадского на процесс необходимым лишь в том случае, если это не повредит здоровью Владимира Ивановича [12, л.14]. В недатированном письме, относящемся, вероятно, к тому же времени, она просила Вернадского не приезжать на суд без ее телеграммы. Она сообщала о тяжелом физическом состоянии, которое не покидает ее вот уже несколько недель. Похоже, что это был бурный процесс туберкулеза. В своем случае она видела подтверждение тезиса о влиянии духа на тело. «Я твердо верю, — писала она, — что можно умереть от одного отсут-

ствия желания жить без всякого насилия над собой. Жить же в этом тумане, в который я затянута, без всяких перспектив, без проблеска, я больше не могу. Хотелось бы писать работу по Крыму и по диатомеям, но не знаю, удастся ли мне это» [12, л.40]. Как и предполагала Анна, разбирательство ее дела было отложено из-за болезни.

В 20-х числах ноября того же года она сообщила своему корреспонденту о слушании дела 15 декабря и повторила просьбу совершить поездку в г.Кашин, место судебного разбирательства, только в крайнем случае. Миссуна надеялась на благополучный исход ввиду предстоящего юбилея (трехсотлетия дома Романовых — Г.Л.) [12, л.9, 10]. Наконец в декабре суд состоялся, неприят-

ная процедура длилась несколько минут — и Анна Болеславовна, и Владимир Иванович остались довольны решением суда. Несмотря на печальные обстоятельства их встречи, Анна была в восторге от общения с Вернадским. От ст.Бологое они разъехались в разные стороны: Вернадский проследовал в Петербург, Миссуна — в Москву. «Большое Вам спасибо за все, дорогой Владимир Иванович!», — благодарила она. Эти несколько месяцев ожидания расстроили нервы, вызвали ощущение тревоги, неуверенности в том, что удастся продолжить работу.

И все же Миссуне пришлось провести некоторое время в тюрьме. В феврале 1913 г. она писала Вернадскому, что какая-то «канитель», возможно, смешает ее летние планы. Апрель застал ее в Бутырке, в одиночной камере. Она держалась стойко, ее согревало сознание, что она скоро выйдет на свободу и смахнет с себя «эту гнетущую, роковую силу» [12, л.22]. Собственные мучения казались ей «пустячной неприятностью» в сравнении с той «бездной страданий», которую она наблюдала вокруг себя. Ее сострадательное существо терзалось от сознания того, что с ее уходом «тюрьма ведь останется на своем месте и не рухнут ее столпы» [12, л.22 об.]. Во время отсидки в Бутырской тюрьме Миссуну посетил А.А.Чернов, ученик Вернадского. В письме Варсанюфьевой 13 апреля 1913 г. он писал о суровых условиях содержания заключенной и самом тяжелом для нее лишении — отсутствии бумаги (правда, разрешили читать беллетристику). В голосе Миссуны он заметил «очень нервную ноту» [15, л.94 об., 95].

Во время ожидания суда Миссуна ни на минуту не прерывала научной работы. Опасение, что ее деятельность может быть «насильственно пре-

рвана», заставляло ее торопиться, придавало особую лихорадочность работе. Она писала Вернадскому о своем страстном желании поработать «в ледниковой области», с минералами Крыма, по диатомеям.

Крымский материал

В своих скитаниях Миссуна посетила верхнее Поволжье, притоки р.Вычегды на севере европейской части России. Она много работала в Крыму, эту местность рекомендовал ей Соколов, хорошо изучивший геологию полуострова. В начале лета 1911-го Миссуна совершила экскурсию по горам, а осенью того же года засела за обработку крымского материала. Она взялась за описание камышбурунского горизонта и за обработку диатомовых водорослей, предполагая, что можно будет опубликовать статью по геологии Крыма в «Записках Минералогического общества». Попутно она занялась обработкой минералов из Алагеза и Ахалцихе для публикации в «Трудах Геологического музея», выражая готовность передать Академии наук весь подручный материал [12, л.11]. Ей удалось получить «приличные результаты» в составлении таблиц даже без помощи специальных линз Цейса, заказанных для этого случая, но не успевших прибыть.

Минералы из керченского обнажения Миссуна получила от Вернадского, они хранились в геологическом кабинете Московского университета. У Н.И.Андрусова, известного исследователя геологии Керченского п-ова, она не нашла указаний на данное местонахождение, хотя он описал протяженные выходы пород этого горизонта к востоку от Керчи, в районе деревни Камыш-Бурун, и привел подробное описание ископаемой фауны из этого региона. Анна Болеславовна отметила общность некоторых форм камышбурунского и керченского местонахождений, но не смогла установить, где точно на Керченском п-ове находятся обнажения горных пород, откуда происходят изучаемые ею образцы. С этим вопросом она обратилась к Вернадскому и намеревалась также получить консультацию у Андрусова [12, л.11 об.].

Для Миссуны было недостаточно пользоваться чужими находками, с 1904 г. она предпринимает серию поездок в Крым для поиска и определения горных пород. В феврале 1912 г. она писала Вернадскому, что работа над горными породами

Крыма ее «страшно влечет». Она сообщала об непреодолимых для нее трудностях оптического определения какого-то минерала, который весьма распространен и, по ее предположению, является продуктом изменения вулканических пород. Этим заинтересовался В.В.Аршинов и обещал сделать анализ образца. В конце того же года Миссуна продолжила работу над минералами и страшно торопилась «ввиду всевозможных случайностей» [12, л.16 об.].

В недатированном письме (из контекста явствует, что это начало Первой мировой войны) Миссуна рассказала Вернадскому о своих исследованиях горы Пиляки близ Симеиза. Эту поездку она предприняла на небольшие деньги, выданные ей Московским обществом испытателей природы. Ей показалось, что она окончательно разобралась в «крайне запутанных здесь отложениях», чего не удалось сделать ее предшественникам. Одним из объектов исследований была гора Пиляки-Кая — остаток конуса потухшего вулкана, северный обрывистый склон которой обращен к яйле. Этот склон сложен переслаиванием сланцев с туфами и лавами. Для исследователей оставалась загадкой последовательность формирования этих пластов. В течение нескольких сезонов Анна Болеславовна собирала образцы породы на крутом склоне. Для нее стало несомненным контактно-метаморфическое происхождение чрезвычайно распространенных здесь скалолитовых пород.

В Кикенеизе, маленькой деревушке в заливе Лимены, Миссуна повстречалась с известным геологом, знатоком Крыма К.К.Фохтом. В жилах и лавовых покровах Пиляки-Кая он был склонен видеть отложения, синхронные морским сланцам. Анна Болеславовна показала ему места, где лавы срезают вертикально стоящие сланцы, а также признаки контактного метаморфизма. Все это, по ее мнению, указывало на то, что сланцы древнее изверженных пород. «Это, вероятно, заставит его призадуматься. Вообще же люди с трудом расстаются со своими заблуждениями», — заключала она [12, л.37 об.]. На Пиляки-Кая Миссуна нашла антраконит, пирит, литовит, цеолит и другие минералы, которые собиралась переслать Вернадскому. Ей хотелось бы продолжить работу на Фаросе, но в военное время это оказалось невозможным.

В более позднем письме Миссуна сообщала своему корреспонденту, что вернулась в Москву «с громадным запасом сил



Титульный лист «Сборника в честь двадцатипятилетия научной деятельности Владимира Ивановича Вернадского», в котором помещена статья Миссуны о диатомеях.

и страшной жаждой работы». Она занялась петрографической обработкой привезенного материала. По ее убеждению, геолог, занимающийся полевыми исследованиями, должен сам делать предварительные изыскания по петрографии. Иначе он будет слишком зависеть от специалиста петрографа, и многие его выводы будут выглядеть недостаточно убедительными. Она определяла свои задачи как довольно скромные: «Хотелось бы провести кристаллографическое исследование всей серии пород для каждого выхода в отдельности и получить, таким образом, ответ на вопрос: изменяется ли порода с возрастом последовательных извержений и в каком направлении идет это изменение? Где находится источник для обломочного материала, слагающего конгломерат и брекчии, которыми, как я могу теперь утверждать положительно, заканчиваются все выходы изверженных пород на пространстве между Лименами и Форсом?» [12, л.32 об.]. Для определения состава метаморфических пород и туфов пришлось бы проделать серию исследований. В метаморфических отложениях определить по углу погасания и по показателям преломления кислые и основные полевые шпаты, констатировать наличие или отсутствие в породах кварца, определить типы других силикатов. Миссуна сообщала, что подобные исследования для горы Пиляки и ее окрестностей были уже проделаны до нее. Сравнение результатов ее работы с выводами предшественников обнаружили большее разнообразие минералов, чем это предполагалось раньше. Для нее определение кристаллов, уверяла она, не такая уж трудная задача. Об этом свидетельствуют слова об опыте, приобретенном еще во время преподавания петрографии на курсах: «...много раз и весьма добросовестно с различными пособиями просматривала коллекцию минералов и старалась разобраться в различных легко уловимых признаках наиболее важных минералов, и таким образом у меня до некоторой степени набит глаз» [12, л.33 об.].

Ее исследования продвигались успешно, но над ней уже в который раз нависала угроза «насильственно прерванной работы». Она расстраивалась из-за невозможности личного общения с Вернадским: «Мне так хотелось поделиться с Вами тем, что я делаю. Как страшно больно чувствую я Ваше отсутствие в Москве! Единственное утешение, что я теперь работаю, работаю, работаю!» [12, л.34].

Осенью 1915 г. Миссуна опять оказалась в Крыму, но мирные занятия пришлось вскоре прекратить. По вызову тяжело больного брата она срочно отправилась в г.Вильно, а оттуда, захватив брата и его жену, в родную «Свиллу». Немцы не успели захватить усадьбу, но в результате кавалерийской атаки обратный путь оказался временно отрезанным. Одна, без сопровождения, верхом на лошади Миссуна с трудом окольными путями добралась до Витебска [12, л.29]. Больше в Крым она уже не возвращалась. Ее работы по геологии полуострова

и выводы о сравнительно позднем времени действия магматической фазы на нем высоко оценили специалисты, к сожалению, они остались неопубликованными. Немногое, что ей удалось издать, — статьи по ископаемым кораллам, по диатомовым водорослям — стали ценным вкладом в изучение палеонтологии и стратиграфии Крыма [3, с.9].

Конечные морены

Наряду с изучением Крыма Миссуна не оставляла работу над ледниковыми отложениями, отчасти связывая ее с преподаванием истории «гляциальных отложений» на МВЖК. В феврале 1913 г. в письме к Вернадскому она высказала намерение несколько обновить текст статьи на эту тему. «А то статья моя уж слишком будет походить на пошертное издание, совершенно неприличное при жизни автора». Дело в том, что эта статья, переданная в 1912 г. Ф.Н.Чернышеву вместе с таблицами, застряла в редакции «Записок Минералогического общества», а таблицы к ней и вовсе потерялись. После вмешательства (по просьбе Миссуны) Вернадского Чернышев прислал ей не только письмо, но и корректуру статьи*. Пришлось восстанавливать сложные таблицы по черновикам [12, л.19].

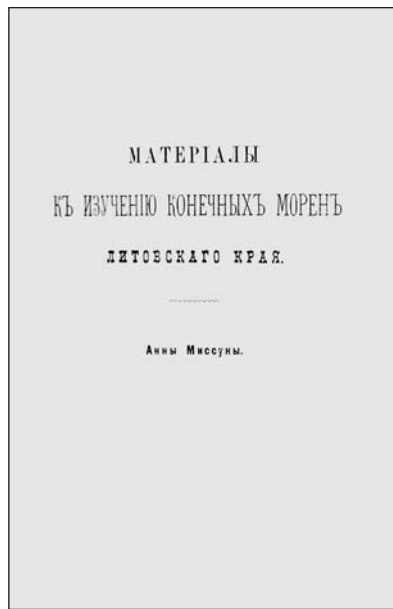
Для пополнения полевого материала для этой статьи Миссуна просила Вернадского выхлопотать для нее в Минералогическом обществе командировку на две летние недели, которую оценила в 300 руб. Она думала отправиться в Сувалковскую губернию Царства Польского, где надеялась встретить конечные морены. В случае неприемлемости этой губернии она была готова перенести свои исследования в Ковенскую, где можно встретить продолжение большой балтийской морены, или в менее обследованные ею места Новгородского уезда, что дало бы возможность обновить его карту. Она уже успела раньше побывать в этих местностях и доложила о результатах своих наблюдений на заседаниях МОИП в 1909 г. Миссуна просила передать ее прошение в совет Минералогического общества и подробно разъяснить ее мотивировку. Она признавалась, как важно для нее «не потерять лето и вновь начать исследования в поле, которые были прерваны так надолго» [12, л.25 об., 26].

Вернадский просьбу Миссуны выполнил, и в письме к его жене Анна Болеславовна сообщала, что провела месяц в Сувалковской губернии. Как всегда, при выполнении научных наблюдений ей пришлось проявить хладнокровие и выдержку. Среди пьяного угара постоялых дворов она убедилась, что в Царстве Польском напиваются не

* Вероятно, речь идет о статье: Краткий очерк геологического строения Новгородского уезда Минской губернии // Записки Минералогического общества. 1914. Ч.1.

меньше, чем в России, но ведут себя при этом более благоприятно [5, л.4]. В научном плане поездка оказалась удачной, о чем свидетельствуют упоминавшаяся выше статья в «Записках Минералогического общества» и выступление с докладом «О связях литовско-польских конечных морен с северогерманскими» [3, с.11] на заседании Московского общества испытателей природы в 1914 г.

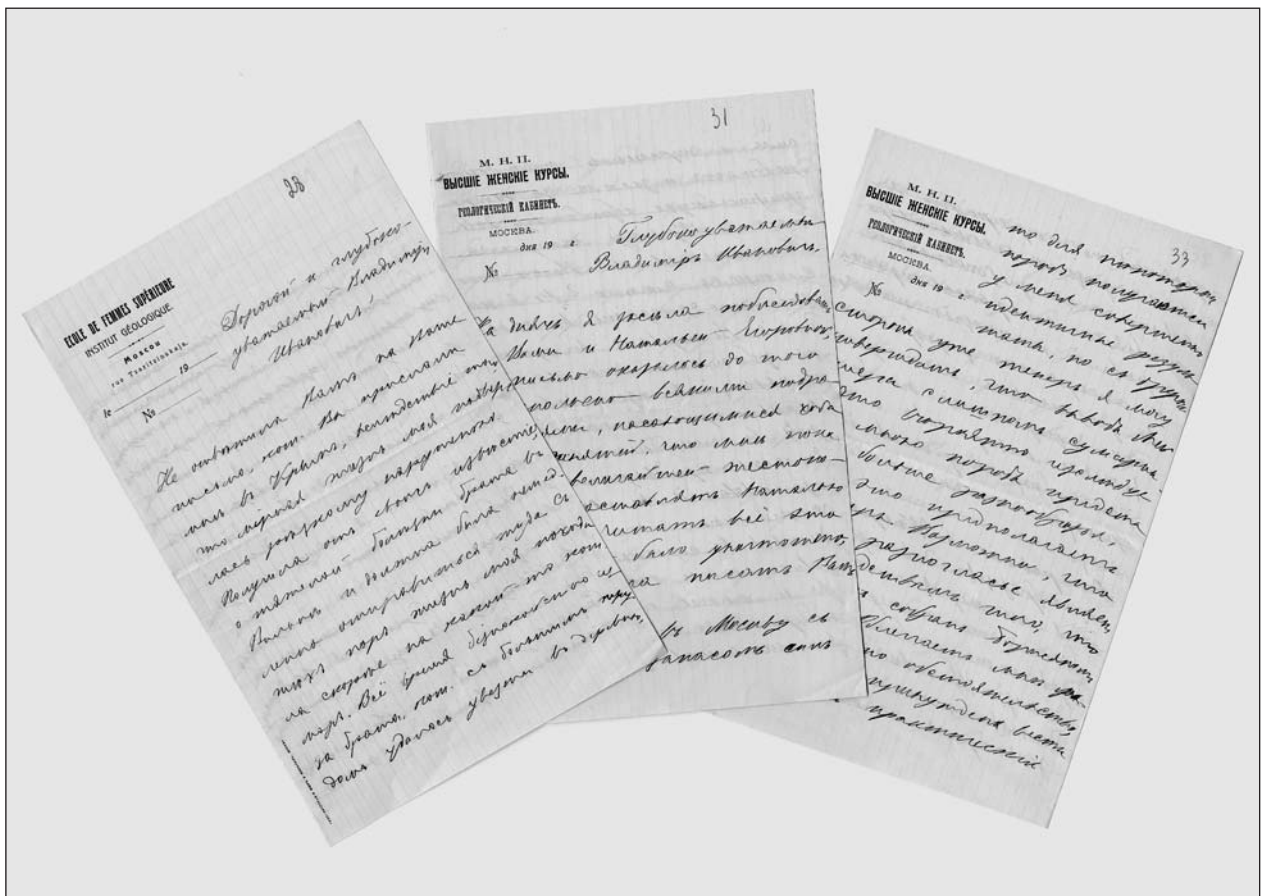
Одно из последних писем Миссуны к Вернадскому датировано 28 сентября 1915 г. Она сообщила, что Аршинов, ученик Вернадского, затеял исследование месторождений бокситов и предложил поучаствовать в этой работе геологическому и минералогическому кабинетам МВЖК. Миссуна спрашивала у Вернадского, нет ли в России другого материала для добычи алюминия, возможно ли откры-



Титульный лист статьи Миссуны в книге «Материалы к познанию геологического строения Российской Империи» (М., 1899. Вып.1. С.135—170).



Титульный лист статьи Миссуны в книге «Материалы для геологии России» (СПб., 1903. Т.21. Вып.1. С.385—402).



Некоторые письма Миссуны Вернадскому [12].

тие достаточно богатых залежей, не проводятся ли уже подобные исследования в Петербурге, не будет ли участие в этом проекте пустой потерей времени и проч. [12, л.29 об.]. В тяжелых условиях войны Миссуна продолжала интенсивные исследования, не прерывая работы по четвертичным отложениям, она занималась поисками полезных ископаемых, торфа, необходимых для экономики страны.

Последние годы

Революция 1917 г. изменила привычное течение жизни. В 1917 г. умер Соколов — страшная для Миссуны потеря. Пошатнулось и без того слабое ее здоровье. Переписка с Владимиром Ивановичем прервалась, а последнее свое письмо Миссуна адресовала его супруге. В новой действительности она не находила применения своим силам. На физико-математическом отделении 2-го МГУ для нее нашлось лишь место руководителя практическими занятиями студентов, всего 24 часа в осеннем полугодии 1919 г. [16, л.98]. Привычное для Миссуны дело, но раньше оно связывалось для нее с исследованиями. В годы гражданской войны и разрухи такой возможности не существовало.

Литература

1. Левинсон-Лессинг Ф. Женщины-геологи. СПб., 1901.
2. Наливкин Д.В. Наши первые женщины-геологи. Л., 1979.
3. Мирчинк М.Е. Анна Болеславовна Миссуна (1869—1922). М., 1940.
4. Варсанюфьева В.А. Анна Болеславовна Миссуна (Некролог) // Известия научно-экспериментального торфяного института. 1922. №2. С.1—4 (Отдельный оттиск).
5. АРАН. Ф.518. Оп.7. Д.333.
6. РГАЭ. Ф.3 Оп.1. Д.541.
7. ЦХД до 1917. Ф.459. Оп.2. №7488.
8. Писарчук Н.М. Палинологическая обеспеченность и история изучения отложений муравинского межледниковья на территории Беларуси. Вестник БГУ. Сер.2. Химия. Биология. География. 2012. №2. С.90—94.
9. Бессуднова З.А. Геологические исследования в Музее естественной истории Московского университета. М., 2006.
10. Вернадский В.И. Дневники. 1926—1934. М., 2001.
11. АРАН. Ф.518. Оп.1. Д.109.
12. АРАН. Ф.518. Оп.3. Д.1080.
13. Миссуна А.Б. Beitrag zur Kenntniss der fossilen Diatomeen Südrusslands // Сборник в честь двадцатипятилетия научной деятельности В.И.Вернадского (Приложение к «Материалам к познанию геологического строения Российской империи»). М., 1914. С.138—174.
14. Вернадский В.И. Дневники. 1941—1943. М., 2010.
15. РГАЭ. Ф.3. Оп.1. Д.274.
16. АРАН. Ф.311. Оп.1а. Д.98.
17. Крымгольц Г.Я., Крымгольц Н.Г. Имена отечественных геологов в палеонтологических названиях. СПб., 2000.

В письме от 3 ноября 1921 г. она сетовала на то, что редко видится с Вернадскими. «Вообще жизнь такая тошная и нелепая, — признавалась она, — что по временам не хочется даже жить». Она сообщила Наталье Егоровне, что подумывает уехать в Варшаву, где живут ее брат и племянница, вышедшая замуж за ученого-химика. «Там я, быть может, еще окажусь на что-нибудь способной и спасу свой мозг от полного вырождения, ведь по возрасту я могла бы еще пожить и поработать лет десять, а тут нет на это ни сил, ни желания», — писала пятидесятидвухлетняя женщина [5, л.6]. В письме к младшему брату Эдварду она высказалась еще более откровенно о причине своего нежелания жить: «Мучит меня страшно невозможность вести научную работу. А ведь тот, кто не движется вперед — движется назад. Жизнь теряет свой смысл и значение. Иногда ложусь спать и думаю, как было бы хорошо больше не просыпаться» [2, с.54]. Утратив желание жить, которое до того поддерживало ее хрупкое тело, Миссуна перестала сопротивляться смерти. Она умерла 2 мая 1922 г., оставив после себя учениц, достойно продолживших любимое дело. Одна из них, упоминавшаяся выше Мария Мирчинк, назвала в честь Миссуны описанный ею вид замковых брахиопод — *Productus missunae* Mirchink [17, с.73]. ■

Контуры протоэволюции

Лучше не сказать: «Ничто в биологии не имеет смысла, кроме как в свете эволюции»¹. Давно сложились и широко известны два пласта эволюционных работ. *Микроэволюция* исследует законы существования популяций и процессы видообразования методами генетики и популяционной экологии. Предметом *макроэволюции* служит формирование надвидовых таксонов преимущественно на основании сравнительной анатомии. Подвигло меня к написанию этого письма то обстоятельство, что буквально в последнее десятилетие быстро складывается новое направление исследований биологической эволюции, которое логично назвать *протоэволюцией*. Несколько забегаю вперед, отмечу и функциональные рамки этого явления-процесса — от первых шагов зарождения жизни в «калиевой среде» до выхода сформированных эукариот в «натриевое море», подобное в химическом отношении современному океану. Далее эти понятия будут уточнены.

Следует отметить, что протоэволюция утверждается на развалинах двух аксиом, прочно господствовавших в середине ушедшего столетия. Первая — Энгельсова точка зрения о жизни как о форме существования белковых тел — пошатнулась, когда выяснилось, что белки не могут образовываться иначе как при участии нуклеиновых кислот, ДНК и РНК. А затем были описаны такие РНК, которые, обладая, подобно белкам, каталитическими свойствами, могут самовоспроизводиться. Возникло представление о том, что первым проявлением жизни мог быть безбелковый «мир РНК»². Вторая аксиома, утверждающая, что жизнь зародилась в море, с химическим составом, близким современному, базировалась на столетней

давности работе А.Макаллума³. Он обнаружил сходство жидкостей внутренней среды (лимфы, гемолимфы, полостной жидкости) с морской водой и счел это «море внутри нас» следствием происхождения по крайней мере животных в океане. Этой же позиции придерживался и я, приводя в качестве доказательства⁴ тот факт, что величина солености морской воды, при которой происходили первые шаги жизни, была около 5—8%.

В последнее десятилетие Ю.В.Наточин⁵ энергично обращает внимание на то обстоятельство, что нуклеиновые кислоты, РНК и ДНК, биологически активны, т.е. витальны, только в «калиевой среде». Тем самым была возрождена вторая, более поздняя теория А.Макаллума⁶, который на основе анализа на этот раз внутриклеточной жидкости с доминированием в ней ионов калия над катионами натрия и с повышенной концентрацией ряда металлов, предположил, что жизнь зародилась не в современном «натриевом море», а в древней «калиевой среде». В целом мы можем сейчас утверждать, что первые формы жизни возникли в виде «мира РНК» в калиевой среде и в бескислородной атмосфере.

Очень неожиданными оказались поиски аналогов таких животворящих калиевых сред. Современный натриевый океан не подходит именно по причине обилия вредного натрия и постоянной опасности гидролиза спонтанно синтезированных слагаемых РНК — сахаров, азотистых оснований и фосфатов. По той же причине не годились и излияния на дне океанов «черных курильщиков». Неожиданно убедительными оказались дан-

¹ «Nothing in biology makes sense except in the light of evolution» — ставшее афоризмом название статьи выдающегося генетика, одного из основателей синтетической теории эволюции Ф.Г.Добржанского (The American Biology Teacher. 1973. V.35. №3. P.125—129). — *Примеч. ред.*

² См. обзор А.С.Спирина: Рибонуклеиновые кислоты как центральное звено живой материи // Вестник РАН. 2003. Т.73. №3. С.117—127; Происхождение, возможные формы существования и размеры первозданных особей // Палеонтол. журн. 2005. №4. С.25—32.

³ Macallum A.B. The inorganic composition of the blood in invertebrates and vertebrates and its origin // Proc. Roy. Soc. London. Ser.D. 1910. V.82. P.602—624.

⁴ Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов. Л., 1974.

⁵ См. работы Ю.В.Наточина: Физико-химические детерминанты физиологической эволюции: от протоклетки к человеку // Физиол. журн. 2006. Т.92. №1. С.57—71; Физиологическая эволюция животных: натрий — ключ к разрешению противоречий // Вестник РАН. 2007. Т.77. №11. С.999—1010.

⁶ Macallum A.B. The paleochemistry of the body fluids and tissues // Physiol. Rev. 1926. V.6. P.316—357.

ные и соображения о том, что все, что необходимо для возникновения жизни, можно найти в градиенте условий наземных геотермальных полей⁷. Важным моментом разных этапов биогенеза, естественно, всегда нужно было считать энергетическое обеспечение соответствующих процессов⁸. Анализ процессов протоэволюции начиная с мира РНК проводится как «снизу» (по эволюционной лестнице), так и «сверху». Ярким примером анализа «сверху» служат работы под руководством Е.В.Кунина⁹. В них сначала определена доля общих генов у представителей двух царств прокариот — архей и бактерий, затем на этом основании выявлены структура и функция общих белков и в конце концов реконструирован общий предок — LUCA (Last Universal Common Ancestor).

Первый субъект жизни — самовоспроизводящаяся в калиевой среде РНК — начал свой путь в два-три миллиарда лет, постоянно прерываемый индивидуальной смертью и благодаря ей совершенствуясь в потомках (истинно: «Смертию смерть поправ!»). Вокруг РНК должно было образоваться нечто защитное и изолирующее. Появились ДНК, белки, мембраны. Отмечается, что с самого начала организмы, подобные LUCA (да и ниже их), могли существовать только обмениваясь специализированными продуктами. Действительно, организмы возникли вместе с их биотическими экологическими отношениями.

Тип питания (фагоцитоз) и изначальное отсутствие иммунитета привели к далеко зашедшему симбиогенезу — превращению симбионтов в оргanelлы.

Величайшим экологическим кризисом Наточин¹⁰ считает встречу калиевой среды организма с натриевым океаном. Увеличение концентрации натрия вокруг внутриклеточных нуклеиновых кислот оказалось грозным препятствием всему живому (а оно к тому времени стало довольно разнообразным). Предки водорослей получили мощные углеводно-белковые оболочки, грибы — хитиновые. И только животные приобрели для спасения от вторжения в клетку натрия активный механизм натриевого насоса — калий-натриевую аденозинфосфатазу. Встроенный в наружную мембрану натриевый насос одновременно изгонял из клетки вредный натрий и вводил в нее полезный калий. На основе этого механизма вторично возникли другие виды транспорта через мембраны.

⁷ *Mulkiidjanian AY, Bychkov AYu, Dibrova DV. et al. Origin of first cells at terrestrial, anoxic geothermal fields // Proc. Nat. Acad. Sci. 2012. V.109. №14. P.821—830.*

⁸ *Lane N, Martin W.F. The origin of membrane bioenergetics // Cell. 2012. V.151. P.1406—1417; Mulkiidjanian AY, Galperin MY, Makarova KS. et al. Evolutionary primacy of sodium bioenergetics // Biol. Direct. 2008. V.3. P.3—13.*

⁹ *Кунин Е.В. Логика случая. О природе и происхождении биологической эволюции. М., 2014.*

¹⁰ См. упомянутые работы Ю.В.Наточина.

Наточин считает, что на основе работы натриевого насоса возникла поляризация животных клеток, способствовавшая возникновению многоклеточности и клеточной дифференцировке. На основе действия натриевого насоса возник и электрогенез — предтеча нервной системы. Одним словом, особая биологическая активность животных связана с работой в них натриевого насоса. На это тратится до 30% потребляемой энергии.

Интересно, что есть еще одна стратегия вхождения эукариот в опасный натриевый океан. Все микроспоридии — внутриклеточные паразиты только животных и все лишены натриевого насоса¹¹ — очевидно «въехали» в натриевое море и затем разошлись по всем средам, используя регулирующую калиевую среду клеток своих хозяев.

Удивительно, но сейчас уже можно обсуждать ту концентрацию ионов натрия, начиная с которой он стал вреден и возникла острая необходимость в появлении натриевого насоса у предков животных. Такая (названная мной критической) соленость внешней и внутренней среды составляет около 5—8%. Ниже этого барьера пойкилоسمотические (т.е. не способные регулировать внутреннюю соленость и осмотическое давление) морские организмы жить не могут, а пресноводные животные благодаря осморегуляции — могут. Когда соленость натриевого моря достигла около 8%, период протоэволюции завершился. К тому времени уже сформировались таксоны эукариот, была освоена кислородная атмосфера; приближался кембрийский взрыв с образованием знакомых нам типов животных.

Можно думать, что процессы протоэволюции, завершившиеся выходом организмов в натриевый океан, имели некоторую специфику, которая в более позднее время не проявлялась или была выражена в меньшей степени. Очевидно, раньше неизмеримо большую роль играли процессы симбиогенеза и горизонтального переноса генов.

Это письмо — обращение к коллегам-биологам разных поколений: внимательно следите за бурно развивающимся разделом эволюционного учения, что должно обогатить ваши знания и деятельность. Велика роль в этих исследованиях наших настоящих или бывших соотечественников. Их имена — Д.В.Диброва (D.V.Dibrova), М.Гальперин (M.Y.Galperin), А.С.Кондрашов (A.S.Kondrashov), Е.В.Кунин (E.V.Koonin), К.С.Макарова (K.S.Makarova), А.Я.Мулкиджян (A.Y.Mulkiidjanian) и др. — надежные ключевые слова при поиске в Интернете.

© **В.В.Хлебович,**

доктор биологических наук
Зоологический институт РАН
Санкт-Петербург

¹¹ Проверено по моей просьбе в авторитетной лаборатории, которой руководит И.В.Исси, во Всероссийском научно-исследовательском институте защиты растений.

О сайте:

«Биомолекула» — это научно-популярный сайт, посвященный молекулярным основам современной биологии и практическим применениям научных достижений в медицине и биотехнологии.

«Биомолекула» существует благодаря энтузиазму ее авторов — отечественных молодых ученых, работающих в разных странах.

«Биомолекула» доступным языком освещает только проверенные факты в противовес лженауке и тотальному оболваниванию.

«Биомолекула» стремится создать у читателей правильное представление о современных достижениях молекулярной науки.



Авторы сайта «Биомолекула» в очередной раз проводят конкурс на лучшую научно-популярную статью о достижениях современной биологии — молекулярной биологии, биофизики, биомедицины, био- и нанотехнологий, а также биоинформатики.

Участвовать в конкурсе могут все желающие (независимо от возраста, специальности и гражданства), способные корректно и доступно рассказать неподготовленному читателю о биомолекулярной науке.

Номинации конкурса:

- обзорная статья (не менее 10 тыс. знаков), раскрывающая небольшую научную область, премия — 20 тыс. руб.;
- короткое сообщение (не менее 5 тыс. знаков) о результатах научного исследования, опубликованных с начала 2014 г., премия — 10 тыс. руб.;
- статья по теме своей научной работы (не менее 10 тыс. знаков), премия — 20 тыс. руб.;
- статья по биоинформатике (не менее 10 тыс. знаков), премия — 20 тыс. руб.

Статьи по биоинформатике оцениваются Евгением Куниным — ведущим научным сотрудником Национального института здравоохранения США, одним из «отцов-основателей» биоинформатики. Кроме денежной премии, предоставленной Институтом биоинформатики, победитель в этой номинации получит книгу «Логика случая» с автографом автора.

По результатам интернет-голосования один из участников конкурса получит приз зрительских симпатий — новейший планшетный компьютер «Samsung Galaxy Tab S» от российской компании «Helicon».

Участник вправе представить не более одной работы на каждую из четырех номинаций; в интернет-голосовании примут участие все статьи, прошедшие редакционный отбор и опубликованные на сайте.

Работы принимаются до 31 октября 2014 г.
Результаты будут объявлены в декабре 2014 г.

Лучшие статьи будут опубликованы в журналах «Природа», «Наука и жизнь», «Химия и жизнь».

Подробности: <http://biomolecula.ru/content/1437>

Правила для авторов

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

ся и проходят редакционную подготовку.

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

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

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

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

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

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

Над номером работали

Ответственный секретарь

Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы

О.О.АСТАХОВА

М.Б.БУРЗИН

Т.С.КЛЮВИТКИНА

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

О.И.ШУТОВА

А.О.ЯКИМЕНКО

Выпускающий редактор

Л.П.БЕЛЯНОВА

Литературный редактор

Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор

Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией

И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Перевод:

С.В.ЧУДОВ

Корректоры:

М.В.КУТКИНА

Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:

А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77
Факс: (499) 238-24-56

E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 17.07.2014
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать
Заказ 423
Набрано и сверстано в редакции

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